

Manual de datos para ingeniería de los alimentos

George D. Hayes

Senior Lecturer in Food Engineering
Department of Food Manufacture and Distribution
Manchester Polytechnic

Traducido por el

Dr. Justino Burgos González

Catedrático de Tecnología de los Alimentos
Facultad de Veterinaria
Universidad de Zaragoza

Editorial ACRIBIA, S. A.
ZARAGOZA (España)

Titulo original: Food Engineering Data Handbook

Autor: G. D. Hayes

Editorial: Longman Group, UK.

«This translation of Food Engineering Data Handbook, First Edition is published by arrangement with Longman Group UK Limited, London».

© Longman Group UK Limited, 1987

© De la edición en lengua española
Editorial Acribia, S. A. Apartado 466
50080 ZARAGOZA (España)

I.S.B.N. 84-200-0727-7

IMPRESO EN ESPAÑA

PRINTED IN SPAIN

Reservados todos los derechos para los países de habla española. Este libro no podrá ser reproducido en forma alguna, total o parcialmente, sin el permiso de los editores.

Depósito legal: Z-1.316-92

Editorial ACRIBIA, S.A. - Royo, 23 - 50006 Zaragoza

Imprime: Tipo Línea, S.A. - Isla de Mallorca, s/n. - 50014 Zaragoza, 1992

INDICE DE CONTENIDO

<i>Prólogo</i>	ix
CAPITULO 1 INTRODUCCION	
Contenido del capítulo	1
1.1 El sistema internacional de unidades	2
1.2 Otros sistemas de unidades	3
1.3 Ejemplos de unidades derivadas y sus símbolos	5
1.4 Constantes químicas y físicas fundamentales	6
1.5 Tablas de conversiones comunes	8
1.6 Unidades de irradiación	22
1.7 Vitaminas — Unidades internacionales	22
CAPITULO 2 DATOS DE INGENIERIA	
Contenido del capítulo	25
2.1 Signos y símbolos utilizados normalmente en ingeniería de alimentos .	27
2.2 Propiedades de los gases	30
2.3 Calores de combustión	32
2.4 Poder calorífico de los combustibles modernos	33
2.5 Propiedades termodinámicas del vapor — Tablas de vapor	34
2.6 Propiedades físicas y térmicas del «Thermex»	35
2.7 Propiedades de sólidos utilizados en ingeniería	37
2.8 Datos sobre cedazos estándar	44
2.9 Tamaños estándar de tuberías y datos relativos a las mismas	45
2.10 Materiales de construcción para uso en las industrias alimentarias	46
2.11 Propiedades físicas de los fluidos frigorígenos (refrigerantes)	48
2.12 Datos de transferencia de calor	54
2.13 Transferencia de calor en estado no estacionario (transiente) — Diagramas	56

2.14	Datos del voltaje de un termopar	59
2.15	Iluminación recomendada para superficies destinadas al tratamiento de los alimentos	60
2.16	Hidrogenación de aceites comestibles — Necesidades de hidrógeno	62
2.17	Selección de bombas y compresores	63

CAPITULO 3 PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS ALIMENTOS

Contenido del capítulo	65
3.1 Compendio de datos sobre alimentos	67
3.2 pH de los alimentos	68
3.3 Contenido en agua de diversos alimentos	71
3.4 Viscosidad de los alimentos líquidos	75
3.5 Punto de ebullición de las disoluciones de sacarosa (azúcar de caña y de remolacha)	79
3.6 Datos reológicos de los alimentos	80
3.7 Densidad de distintos productos sólidos	82
3.8 Características físicas de alimentos en polvo	83
3.9 Resistencia y propiedades mecánicas de los alimentos	87
3.10 Propiedades físicas y químicas de grasas, aceites y productos lácteos ..	91
3.11 Datos dilatométricos de contenido en sólidos y de análisis por RMN de grasas y aceites	100
3.12 Densidad y peso específico de las disoluciones acuosas	101
3.13 Datos de disoluciones tampón	102
3.14 Datos psicrométricos de los alimentos, incluyendo diagramas, tablas de actividad de agua y datos de ERH	103

CAPITULO 4 DATOS TERMICOS RELACIONADOS CON LOS ALIMENTOS Y LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

Contenido del capítulo	113
4.1 Cálculo de las propiedades térmicas de los alimentos	113
4.2 Fórmulas y programas de ordenador	115
4.3 Valores tabulados de las propiedades térmicas de los alimentos	119
4.4 Energía de activación e inactivación enzimática	128
4.5 Datos relativos a microorganismos y enzimas	129
4.6 Datos para el cálculo de tratamientos térmicos referidos a algunos microorganismos importantes como causa de deterioro de los alimentos .	130
4.7 Contenido calórico de algunos alimentos	131
4.8 Propiedades dieléctricas de los alimentos	132

CAPITULO 5 DATOS RELATIVOS AL PROCESADO, ALMACENAMIENTO Y ENVASADO DE LOS ALIMENTOS

Contenido del capítulo	133
5.1 Definición de términos en conservería	135
5.2 Terminología de los botes de conservas	139
5.3 Tamaño y capacidad de los botes	141
5.4 Tamaños de bote recomendados	143
5.5 Detalles sobre la hojalata	144

5.6	Detalles de las lacas o esmaltes de revestimientos	145
5.7	Detalles sobre el procesado de algunos productos	146
5.8	Cálculo de tratamientos térmicos — Definición de términos y símbolos	154
5.9	Valores F_0 requeridos para la esterilización comercial	156
5.10	Origen de los defectos hallados en el sertido — Tabla de la Metal Box plc, Worcester	157
5.11	Tabla de coeficientes de letalidad	158
5.12	Propiedades de los materiales para envasados flexibles	159
5.13	Datos sobre aditivos alimentarios	162
5.14	Condiciones de almacenamiento recomendadas	171
	<i>Índice alfabético</i>	177

PROLOGO

El autor ha podido comprobar en sus estudios sobre ingeniería de alimentos y diseño de fábricas de industrias alimentarias, durante las tres últimas décadas, la necesidad de una fuente de datos concisa y compacta que contenga información técnica relativa a la Ciencia y Tecnología de los Alimentos; ha dedicado incontables horas a buscar datos relativos a los alimentos, aunque a menudo solo necesitaba valores groseramente aproximados respecto a un determinado alimento o una propiedad importante desde el punto de vista de la ingeniería.

El presente manual pretende, por consiguiente, presentar de forma conveniente y accesible datos de interés para tecnólogos e ingenieros de los alimentos; sin embargo, dado el rápido desarrollo y la enorme variedad de las industrias alimentarias en el Mundo Occidental, es inevitable que haya algunas omisiones. Espero que esto no reduzca dramáticamente el valor del texto.

Todos aquellos a los que se pidió consejo coincidieron en opinar que el éxito de esta publicación iba a depender mucho de la presentación, por lo que el manual se ha dividido en cinco capítulos, cada uno de los cuales va precedido de un índice amplio y detallado de su contenido.

El primer capítulo se ha pretendido estructurar como una sección introductoria que recogiera el amplio abanico de unidades empleadas en la industria alimentaria y su interconversión. Se consideró prudente reunir todos los datos que no se refieren a alimentos en una sección separada denominada «Datos de Ingeniería». El Capítulo 2 contiene una buena parte de la información que es probable que el ingeniero de alimentos necesite. Las propiedades químicas y físicas de los alimentos aparecen en el Capítulo 3, que incluye datos sobre alimentos y sobre sólidos particulados y gases empleados en la industria alimentaria. El Capítulo 4 contiene numerosos datos sobre las propiedades térmicas de los alimentos, junto con las fórmulas necesarias para predecir esas propiedades y un programa de ordenador apropiado para ello. Todos los datos relativos a envasado y almacenamiento de alimentos se incluyen en el último capítulo, que contiene un resumen de términos referentes al enlatado y listas de las condiciones recomendadas para el tratamiento térmico; también figuran en él algunas recetas.

El autor se halla en deuda con numerosos colegas, académicos e industriales, que han contribuido a hacer posible este libro y quiere dar sus más sinceras gracias, en particular, a David Browning, que «echó a rodar la bola»; al profesor Alan Bailey y su equipo del AFRC (Institute of Food Research, Bristol); a Metal Box plc; a Lyn Bates de Ajax Equipment Ltd. y, finalmente, a Tina Mason de Vuman Computer Systems Ltd., que llevó a cabo la penosa tarea de mecanografiar el texto.

G. D. Hayes

INTRODUCCION

- 1.1 El sistema internacional de unidades.
 - 1.1.1 Prefijos.
 - 1.1.2 Definiciones.
- 1.2 Otros sistemas de unidades.
 - 1.2.1 Sistema ingenieril anglosajón.
 - 1.2.2 Sistema CGS.
 - 1.2.3 Sistema FPS.
- 1.3 Ejemplos de unidades derivadas y sus símbolos.
- 1.4 Constantes químicas y físicas fundamentales.
 - 1.4.1 Tabla de elementos y sus números atómicos.
 - 1.4.2 Constantes físicas.
- 1.5 Tablas de conversiones comunes.
 - 1.5.1 Tabla de conversiones habituales.
 - 1.5.2 Conversión de grados Celsius en grados Fahrenheit.
 - 1.5.3 Grados tradicionales observables durante el calentamiento de los jarabes.
 - 1.5.4 Presión reducida — Tabla de conversiones aproximadas.
 - 1.5.5 Comparación de varias escalas hidrométricas (peso específico a 15,5 °C).
 - 1.5.6 Relación entre grados Brix, grados Baumé, índice de refracción (IR) y peso específico (PE) para disoluciones de azúcar (sacarosa).
 - 1.5.7 Relación entre lecturas salométricas, peso específico (PE), grados Baumé y concentración de salmueras.
 - 1.5.8 Representación del porcentaje de sal en función de los grados Twaddell en salmueras.
- 1.6 Unidades de irradiación.
 - 1.6.1 Conservación por irradiación — Dosis de irradiación necesarias.
- 1.7 Vitaminas — Unidades internacionales.

1.1 El sistema internacional de unidades

Este sistema se basa en las siguientes siete unidades fundamentales: metro (m); kilogramo (kg); segundo (s); amperio (A); kelvin (K); candela (cd) y mol.

Además, se utilizan las siguientes unidades suplementarias o derivadas:

Fuerza = masa \times aceleración

La unidad SI de fuerza es el newton (N)

$$1 \text{ (N)} = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ kg m/s}^2$$

La unidad SI de trabajo o energía es el julio (J),

$$1 \text{ julio (J)} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ Nm}$$

La unidad SI de potencia es el watio (W) = 1 J/s ya que,

potencia = velocidad a que se realiza el trabajo (trabajo realizado en la unidad de tiempo)
= J/s = watio

1.1.1 Prefijos

Prefijos adoptados para los múltiplos y submúltiplos de cada unidad:

Factor	Prefijo	Símbolo	Factor	Prefijo	Símbolo
10^{18}	exa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	mili	m
10^9	giga	G	10^{-6}	micro	μ
10^6	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^3	kilo	k	10^{-12}	pico	p
10^2	hecto	h	10^{-15}	femto	f
10^1	deca	da	10^{-18}	atto	a

1.1.2 Definiciones

Magnitud	Denominación unidad	Símbolo	Definición
Longitud	metro	m	1.650.763,73 veces la longitud de onda, en vacío, de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles 2P y 5d del átomo de Kriptón — 86.

Magnitud	Denominación unidad	Símbolo	Definición
Tiempo	segundo	s	Duración de 9.192.631 770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de Cesio 133.
Masa	kilogramo	kg	Masa del prototipo de Platino-Iridio conservada en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas. El kilogramo es la única unidad básica definida por un objeto artificial.
Intensidad de corriente	amperio	A	La corriente que mantenida entre dos conductores paralelos de longitud infinita y sección transversal circular despreciable, situados a 1 m de distancia en el vacío, produce entre ambos conductores una fuerza igual a 2×10^{-7} N por metro de longitud.
Temperatura	kelvin	K	Unidad utilizada para expresar un intervalo o diferencia de temperatura igual a la fracción $1/273,16$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.
Cantidad de sustancia	mol	mol	La cantidad de sustancia de un sistema que contiene tantas unidades elementales como átomos hay en 0,012 kg de carbono.
Intensidad luminosa	candela	cd	La intensidad luminosa de $1/600.000$ de un metro cuadrado de un cuerpo negro a la temperatura de fusión del platino (2.042 K).

1.2 Otros sistemas de unidades

Se han propuesto numerosos sistemas de unidades. Los ingenieriles han gozado de una amplia aceptación en el pasado. Se basan en la segunda ley del movimiento de Newton:

$$\text{Fuerza} = (\text{factor de proporcionalidad}) (\text{masa}) (\text{aceleración})$$

El valor a dar a este factor de proporcionalidad depende sólo de las unidades adoptadas para medir la fuerza, pero desgraciadamente, por haber sido tradicional representar este factor por el símbolo $1/g$, los estudiantes tienden a asociarlo con la aceleración debida a la gravedad.

La segunda ley de Newton puede escribirse:

$$F = 1/g Ma$$

de modo que, cuando la fuerza se mide en newtons, la masa en kilogramos y la longitud en metros:

$$1 \text{ N} = 1/g (1 \text{ kg}) (1 \text{ m/s}^2)$$

$$\text{y } g = 1 \text{ kg m/s}^2$$

1.2.1 Sistema ingenieril anglosajón

En este sistema, la libra masa se define como la fracción $1/2.2046$ del kilogramo, la unidad de longitud es el pie, y la unidad de tiempo es el segundo.

Una libra-fuerza (1 lbf) se define como la fuerza que aplicada a una libra masa (1 lbm) produce una aceleración de $32,174 \text{ ft/s}^2$.

$$1 \text{ lbf (F)} = (\text{factor de proporcionalidad}) (1 \text{ lbm}) (32,174 \text{ ft/s}^2)$$

$$1 \text{ lbf} = 1/g (1 \text{ lbm}) (32,174 \text{ ft/s}^2)$$

$$g = 32,174 \frac{\text{ft } 1 \text{ lbm}}{1 \text{ lbf s}^2}$$

1.2.2 Sistema CGS

En este sistema, las unidades básicas son las siguientes: longitud = 1 centímetro; masa = 1 gramo; tiempo = 1 segundo.

La unidad de fuerza que comunica a una masa de 1 gramo una aceleración de 1 cm/s^2 se conoce como dina.

1 dina acelerará a 1 gramo a razón de 1 cm/s^2

1.2.3 Sistema FPS

En el Sistema FPS las unidades básicas son: longitud = 1 pie (ft); masa = 1 libra (lb); tiempo = 1 segundo.

La unidad de fuerza, el poundal, es aquella fuerza que comunicará una aceleración de 1 ft/s^2 a la masa de 1 libra.

1 poundal acelerará 1 lbm a razón de 1 ft/s^2

1.3 Ejemplos de unidades derivadas y sus símbolos

Magnitud	Símbolo	Unidades
Aceleración	a	ms^{-2}
Velocidad angular	ω	rad s^{-1}
Area	A	m^{-2}
Densidad	ρ	kgm^{-3}
Capacidad eléctrica	C	CV^{-1}
Carga eléctrica	Q	As^{-1}
Potencial eléctrico	V	WA^{-1}
Resistencia eléctrica	R	VA^{-1}
Energía	J	J
Entalpía	H	J
Fuerza	F	N
Frecuencia	f	s^{-1}
Flujo de calor	-	Wm^{-2}
Coefficiente de transferencia de calor	h	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Intensidad luminosa	-	cd
Flujo luminoso	-	cd sr
Coefficiente de transferencia másica	Kg	$\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$
Fracción molar	M	
Velocidad de flujo másico	G	$\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$
Número	n	
Coefficiente global de transferencia de calor	U	$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
Angulo plano	θ	rad
Presión	P	Nm^{-2}

(continúa)

(continuación)

Magnitud	Símbolo	Unidades
Potencia	P	$J s^{-1}$
Energía específica	E	$J kg^{-1}$
Calor específico	C_p	$J kg^{-1} K^{-1}$
Volumen específico	V	$m^3 kg^{-1}$
Difusividad térmica	α	$m^2 s^{-1}$
Conductividad térmica	λ	$W m^{-1} K^{-1}$
Velocidad	u	$m s^{-1}$
Viscosidad absoluta	μ	$N s^{-1} m^{-1}$
Viscosidad cinemática	ν	$m^2 s^{-1}$
Volumen	V	m^3
Contenido en agua	W	kg^{-1}

1.4 Constantes químicas y físicas fundamentales

1.4.1 Tabla de elementos y sus números atómicos

Número atómico Z	Símbolo	Nombre	Número atómico Z	Símbolo	Nombre
1	H	Hidrógeno	17	Cl	Cloro
2	He	Helio	18	A	Argón
3	Li	Litio	19	K	Potasio
4	Be	Berilio	20	Ca	Calcio
5	B	Boro	21	Sc	Escandio
6	C	Carbono	22	Ti	Titanio
7	N	Nitrógeno	23	V	Vanadio
8	O	Oxígeno	24	Cr	Cromo
9	F	Flúor	25	Mn	Manganeso
10	Ne	Neón	26	Fe	Hierro
11	Na	Sodio	27	Co	Cobalto
12	Mg	Magnesio	28	Ni	Níquel
13	Al	Aluminio	29	Cu	Cobre
14	Si	Silicio	30	Zn	Cinc
15	P	Fósforo	31	Ga	Galio
16	S	Azufre	32	Ge	Germanio

Número atómico Z	Símbolo	Nombre	Número atómico Z	Símbolo	Nombre
33	As	Arsénico	70	Yb	Iterbio
34	Se	Selenio	71	Lu	Lutecio
35	Br	Bromo	72	Hf	Hafnio
36	Kr	Kriptón	73	Ta	Tántalo
37	Rb	Rubidio	74	W	Wolframio
38	Sr	Estroncio	75	Re	Renio
39	Y	Itrio	76	Os	Osmio
40	Zr	Circonio	77	Ir	Iridio
41	Nb	Niobio	78	Pt	Platino
42	Mo	Molibdeno	79	Au	Oro
43	Tc	<i>Tecnecio</i>	80	Hg	Mercurio
44	Ru	Rutenio	81	Tl	Talio
45	Rh	Rodio	82	Pb	Plomo
46	Pd	Paladio	83	Bi	Bismuto
47	Ag	Plata	84	Po	Polonio
48	Cd	Cadmio	85	At	<i>Astato</i>
49	In	Indio	86	Rn	Radón
50	Sn	Estaño	87	Fr	<i>Francio</i>
51	Sb	Antimonio	88	Ra	Radio
52	Te	Teluro	89	Ac	Actinio
53	I	Iodo	90	Th	Torio
54	Xe	Xenón	91	Pa	Protactinio
55	Cs	Cesio	92	U	Uranio
56	Ba	Bario	93	Np	<i>Neptunio</i>
57	La	Lantano	94	Pu	<i>Plutonio</i>
58	Ce	Cerio	95	Am	<i>Americio</i>
59	Pr	Praseodimio	96	Cm	<i>Curio</i>
60	Nd	Neodimio	97	Dk	<i>Berkelio</i>
61	Pm	Promecio	98	Cf	<i>Californio</i>
62	Sm	Samario	99	E	<i>Eistenio</i>
63	Eu	Europio	100	Fm	<i>Fermio</i>
64	Gd	Gadolinio	101	Mv	<i>Mendelevio</i>
65	Tb	Terbio	102	No	<i>Nobelio</i>
66	Dy	Disproso	103	Lw	<i>Laurencio</i>
67	Ho	Holmio	104	Ku	<i>Kurchatovio</i>
68	Er	Erbio	105	Ha	<i>Hahnio</i>
69	Tm	Tulio			

Los elementos escritos en *itálica* no existen en la naturaleza, pero han sido producidos artificialmente.

1.4.2 Constantes físicas

(i) Base de logaritmos naturales	e	$=$	2.7183
(ii) Aceleración de la gravedad	g	$=$	9.80665 m/s ²
(iii) Número Pi	π	$=$	3.1416
(iv) Constante de Planck	h	$=$	6.626 x 10 ⁻³⁴ J.s
(v) Velocidad de la luz	c	$=$	3 x 10 ⁸ m/s
(vi) Constante universal de los gases	R	$=$	8.314 J/mol.K

1.5 Tablas de conversiones comunes

1.5.1 Tabla de conversiones habituales

Aceleración	1 cm/s ²	:	1.000 0 x 10 ⁻² m/s ²
	1 m/h ²	:	7.716 0 x 10 ⁻³ m/s ²
	1 ft/s ²	:	3.048 0 x 10 ⁻¹ m/s ²
Area	1 cm ²	:	1.000 0 x 10 ⁻⁴ m ²
	1 ft ²	:	9.290 3 x 10 ⁻² m ²
	1 in ²	:	6.451 6 x 10 ⁻⁴ m ²
	1 yd ²	:	8.361 3 x 10 ⁻² m ²
	1 acre	:	4.046 9 x 10 ³ m ²
	1 mile ²	:	2.590 0 x 10 ⁴ m ²
Potencia calorífica	1 cal/cm ³	:	4.186 8 x 10 ⁶ J/m ³
	1 kcal/m ³	:	4.186 8 x 10 ⁹ J/m ³
	1 Btu/ft ³	:	3.726 0 x 10 ⁴ J/m ³
	1 Chu/ft ³	:	6.706 7 x 10 ⁴ J/m ³
	1 therm/ft ³	:	3.726 0 x 10 ⁹ J/m ³
	1 kcal/ft ³	:	1.478 6 x 10 ⁵ J/m ³
Coeficiente de expansión (volumétrico)	1 g/cm ³ °C	:	1.000 0 x 10 ³ °C
	1 lb/ft ³ °F	:	2.883 3 x 10 kg/m ³ °C
	1 lb/ft ³ °C	:	1.601 8 x 10 kg/m ³ °C
Densidad	1 g/cm ³	:	1.000 0 x 10 ³ kg/m ³
	1 lb/ft ³	:	1.601 8 x 10 kg/m ³
	1 lb/UK gal	:	9.977 9 x 10 kg/m ³
	1 lb/US gal	:	1.198 3 x 10 ² kg/m ³
	1 kg/ft ³	:	3.531 5 x 10 kg/m ³

Energía	1 cal	:	4.186 8 J
	1 kcal	:	4.186 8 $\times 10^3$ J
	1 Btu	:	1.055 1 $\times 10^3$ J
	1 erg	:	1.000 0 $\times 10^{-7}$ J
	1 hp h(métrico)	:	2.647 7 $\times 10^6$ J
	1 kW h	:	3.600 0 $\times 10^6$ J
	1 ft pdl	:	4.213 9 $\times 10^{-2}$ J
	1 ft lbf	:	1.355 8 J
	1 Chu	:	1.899 1 $\times 10^3$ J
	1 hph(imp)	:	2.684 5 $\times 10^6$ J
	1 termia	:	4.185 5 $\times 10^6$ J
	1 ft kgf	:	2.989 1 J
	Fuerza	1 dina	:
1 kgf		:	9.806 7 N
1 pdl		:	1.382 5 $\times 10^{-1}$ N
1 lbf		:	4.448 2 N
1 tonf		:	9.964 $\times 10^3$ N
Flujo de calor	1 cal/s cm ²	:	4.186 8 $\times 10^4$ W/m ²
	1 kcal/h m ²	:	1.163 0 W/m ²
	1 Btu/h ft ²	:	3.154 6 W/m ²
	1 Chu/h ft ²	:	5.678 4 W/m ²
	1 kcal/h ft ²	:	1.251 8 W/m ²
Velocidad de cesión de calor (másica)	1 cal/s g	:	4.186 8 $\times 10^3$ W/kg
	1 kcal/h kg	:	1.163 0 W/kg
	1 Btu/h lb	:	6.461 2 $\times 10^{-2}$ W/kg
Velocidad de cesión de calor (volumétrica)	1 cal/s cm ³	:	4.186 8 $\times 10^6$ W/m ³
	1 kcal/h m ³	:	1.163 0 W/m ³
	1 Btu/h ft ³	:	1.035 0 $\times 10$ W/m ³
	1 Chu/h ft ³	:	1.863 0 $\times 10$ W/m ³
Coefficiente de transferencia calorífica	1 cal/s cm ² °C	:	4.186 8 $\times 10^6$ W/m ² K
Longitud	1 cm	:	1.000 0 $\times 10^{-3}$ m
	1 ft	:	3.048 0 $\times 10^{-1}$ m
	1 Angstrom	:	1.000 0 $\times 10^{-10}$ m
	1 micrómetro	:	1.000 0 $\times 10^{-6}$ m
	1 pulgada (in)	:	2.540 0 $\times 10^{-2}$ m
	1 yarda (yd)	:	9.144 0 $\times 10^{-1}$ m
	1 milla	:	1.609 3 $\times 10^3$ m
Masa	1 g	:	1.000 0 $\times 10^{-3}$ kg
	1 lb	:	4.535 9 $\times 10^{-1}$ kg
	1 ton (métrica)	:	1.000 0 $\times 10^3$ kg
	1 grano	:	6.480 0 $\times 10^{-5}$ kg
	1 onza (oz)	:	2.835 0 $\times 10^{-2}$ kg
	1 cwt	:	5.080 2 $\times 10$ kg

(continúa)

(continuación)

Masa por unidad de área	1 g/cm ²	:	1.000 0 × 10 kg/m ²
	1 lb/ft ²	:	4.883 4 kg/m ²
	1 lb/in ²	:	7.030 7 × 10 ² kg/m ²
	1 ton/milla ²	:	3.923 0 × 10 ⁻⁴ kg/m ²
	1 kg/ft ²	:	1.076 4 × 10 kg/m ²
Gasto másico	1 g/s	:	1.000 0 × 10 ⁻³ kg/s
	1 kg/h	:	2.777 8 × 10 ⁻⁴ kg/s
	1 lb/s	:	4.535 9 × 10 ⁻⁴ kg/s
	1 ton/h	:	2.777 8 × 10 ⁻³ kg/s
	1 lb/h	:	1.260 0 × 10 ⁻¹ kg/s
Flujo másico	1 g/s cm ²	:	1.000 0 × 10 kg/s m ²
	1 kg/h m ²	:	2.777 8 × 10 ⁻⁶ kg/s m ²
	1 lb/s ft ²	:	4.882 4 kg/s m ²
	1 lb/h ft ²	:	1.356 2 × 10 ⁻³ kg/s m ²
	1 kg/h ft ²	:	2.990 0 × 10 ⁻³ kg/s m ²
Velocidad de cesión de masa	1 g/s cm ³	:	1.000 0 × 10 ³ kg/s m ³
	1 kg/h m ³	:	2.777 8 × 10 ⁻⁵ kg/s m ³
	1 lb/s ft ³	:	1.601 8 × 10 kg/s m ³
	1 lb/h ft ³	:	4.449 6 × 10 ⁻³ kg/s m ³
	1 kg/h ft ³	:	9.899 6 × 10 ⁻³ kg/s m ³
Coeficiente de transferencia de masa	1 g/s cm ² atm	:	9.868 7 × 10 ⁻⁵ N/m ²
	1 kg/h m ² atm	:	2.741 3 × 10 ⁻⁹ N/m ²
	1 lb/h ft ² atm	:	1.338 4 × 10 ⁻⁶ N/m ²
	1 kg/h ft ² atm	:	2.959 7 × 10 ⁻³ N/m ²
Impulso, angular	1 g cm ² /s	:	1.000 0 × 10 ⁻² kg m ² /s
	1 lb ft ² /s	:	4.214 0 × 10 ⁻² kg m ² /s
	1 lb ft ² /h	:	1.170 6 × 10 ⁻⁶ kg m ² /s
Impulso, lineal	1 g cm/s	:	1.000 0 × 10 ⁻⁶ kg m/s
	1 lb ft/s	:	1.382 5 × 10 ⁻³ kg m/s
	1 lb ft/h	:	3.840 4 × 10 ⁻² kg m/s
Momento de inercia	1 g cm ²	:	1.000 0 × 10 ⁻⁷ kg m ²
	1 lb ft ²	:	4.214 0 × 10 ⁻² kg m ²
Potencia	1 cal/s	:	4.186 8 W
	1 kcal/h	:	1.163 0 W
	1 Btu/s	:	1.055 1 × 10 ³ W
	1 erg/s	:	1.000 0 × 10 ⁷ W
	1 ton cal/h	:	1.163 0 × 10 ³ W
	1 hp (métrico)	:	7.354 8 × 10 ² W
	1 ft pdl/s	:	4.213 9 × 10 ⁻² W
	1 ft lbf/s	:	1.355 8 W
	1 Btu/h	:	2.930 8 × 10 ⁻¹ W
	1 Chu/h	:	5.275 4 × 10 ⁻¹ W
	1 hp (británico)	:	7.457 0 × 10 ² W
	1 ton (refrigeración)	:	3.516 9 × 10 ³ W

Presión	1 dina/cm ²	:	1.000 0 × 10 ⁻¹ N/m ²
	1 kgf/m ²	:	9.806 7 N/m ²
	1 pdl/ft ²	:	1.488 1 N/m ²
	1 atmos cst	:	1.013 3 × 10 ⁵ N/m ²
	1 atmos	:	9.806 7 × 10 ⁴ N/m ²
	1 bar	:	1.000 0 × 10 ⁵ N/m ²
	1 lbf/ft ²	:	4.788 0 × 10 N/m ²
	1 tonf/in ²	:	1.544 4 × 10 ⁷ N/m ²
	1 in agua	:	2.490 9 × 10 ² N/m ²
	1 ft agua	:	2.989 1 × 10 ³ N/m ²
	1 mm Hg	:	1.333 3 × 10 ² N/m ²
	1 in Hg	:	3.386 6 × 10 ³ N/m ²
Entalpía específica	1 cal/g	:	4.186 8 × 10 ³ J/kg
	1 Btu/lb	:	2.326 0 × 10 ³ J/kg
	1 Chu/lb	:	4.186 8 × 10 ³ J/kg
Calor específico	1 cal/g °C	:	4.186 8 × 10 ³ J/kg °C
	1 Btu/lb °F	:	4.186 8 × 10 ³ J/kg °C
Volumen específico	1 cm ³ /g	:	1.000 0 × 10 ⁻³ m ³ /kg
	1 ft ³ /lb	:	6.242 8 × 10 ⁻² m ³ /kg
	1 ft ³ /kg	:	2.831 7 × 10 ⁻² m ³ /kg
Superficie por unidad de masa	1 cm ² /g	:	1.000 0 × 10 ⁻¹ m ² /kg
	1 ft ² /lb	:	2.048 2 × 10 ⁻¹ m ² /kg
	1 m ² /g	:	1.000 0 × 10 ³ m ² /kg
	1 ft ² /kg	:	9.290 3 × 10 ⁻² m ² /kg
Superficie por unidad de volumen	1 cm ² /cm ³	:	1.000 0 × 10 ² m ² /m ³
	1 ft ² /ft ³	:	3.280 8 m ² /m ³
Tensión superficial	1 dina/cm	:	1.000 × 10 ⁻³ N/m
Diferencia de temperatura	1 grado F (°R)	:	5/9 grado C (K)
Conductividad térmica	1 cal/s cm ²	:	4.186 8 × 10 ² W/m ²
	1 kcal/h m ²	:	1.163 0 W/m ²
	1 Btu/h ft ²	:	1.730 8 W/m ²
	1 Btu/h ft ² (°F/in)	:	1.412 3 × 10 ⁻¹ W/m ²
	1 kcal/h ft ²	:	3.815 6 W/m ²
Tiempo	1 h	:	3.600 0 × 10 ³ s
	1 min	:	6.000 0 × 10 s
	1 día	:	8.640 0 × 10 ⁴ s
	1 año	:	3.155 8 × 10 ⁷ s
Velocidad	1 cm/s	:	1.000 0 × 10 ⁻² m/s
	1 m/h	:	2.777 8 × 10 ⁻⁴ m/s
	1 ft/s	:	3.048 0 × 10 ⁻¹ m/s
	1 ft/h	:	8.466 7 × 10 ⁻⁵ m/s
	1 milla/h	:	4.470 4 × 10 ⁻¹ m/s

(continúa)

(continuación)

Viscosidad (absoluta)	1 g/cm s	:	1.000 0	$\times 10^{-1}$	N s/m ²
	1 kg/m h	:	2.777 8	$\times 10^{-4}$	kg/ms
	1 lb/ft s	:	1.488 2		kg/m s
	1 lb/ft h	:	4.133 8	$\times 10^{-4}$	kg/ms
	1 kg/ft h	:	9.113 4	$\times 10^{-4}$	kg/ms
Viscosidad (cinemática)	1 cm ² /s	:	1.000 0	$\times 10^{-4}$	m ² /s
	1 m ² /h	:	2.777 8	$\times 10^{-4}$	m ² /s
	1 ft ² /s	:	9.290 3	$\times 10^{-2}$	m ² /s
	1 ft ² /h	:	2.580 6	$\times 10^{-5}$	m ² /s
Volumen	1 cm ³	:	1.000 0	$\times 10^{-6}$	m ³
	1 ft ³	:	2.831 7	$\times 10^{-2}$	m ³
	1 litro	:	1.000 0	$\times 10^{-3}$	m ³
	1 in ³	:	1.638 7	$\times 10^{-5}$	m ³
	1 yd ³	:	7.645 5	$\times 10^{-1}$	m ³
	1 UK gal	:	4.546 0	$\times 10^{-3}$	m ³
	1 US gal	:	3.785 3	$\times 10^{-3}$	m ³
Flujo volumétrico	1 cm ³ /s	:	1.000 0	$\times 10^{-6}$	m ³ /s
	1 m ³ /h	:	2.777 8	$\times 10^{-4}$	m ³ /s
	1 ft ³ /s	:	2.831 7	$\times 10^{-2}$	m ³ /s
	1 cm ³ /min	:	1.666 7	$\times 10^{-3}$	m ³ /s
	1 litro/min	:	1.666 7	$\times 10^{-5}$	m ³ /s
	1 ft ³ /min	:	4.719 5	$\times 10^{-4}$	m ³ /s
	1 ft ³ /h	:	7.865 8	$\times 10^{-6}$	m ³ /s
	1 UK gal/min	:	7.576 6	$\times 10^{-5}$	m ³ /s
	1 US gal/min	:	6.308 9	$\times 10^{-5}$	m ³ /s
	1 UK gal/h	:	1.262 8	$\times 10^{-6}$	m ³ /s
	1 US gal/h	:	1.051 5	$\times 10^{-6}$	m ³ /s
Velocidad de humedecimiento (volumétrico)	1 litro/h in	:	1.093 6	$\times 10^{-5}$	m ³ /sm

1.5.2 Conversión de grados Celsius en grados Fahrenheit

°C	°F	°C	°F	
-273.1	-459.4	-17.2	1	33.8
-268	-450	-16.7	2	35.8
-262	-440	-16.1	3	37.4
-257	-430	-15.6	4	39.2
-251	-420	-15	5	41
-246	-410	-14.4	6	47.8
-240	-400	-13.9	7	44.6
-234	-390	-13.3	8	46.4
-229	-380	-12.8	9	48.7
-223	-370	-12.2	10	50
-218	-360	-11.7	11	51.8
-212	-350	-11.1	12	53.6
-207	-340	-10.6	13	55.4
-201	-330	-10	14	57.2
-196	-320	-9.44	15	59
-190	-310	-9.89	16	60.8
-184	-300	-8.33	17	62.6
-179	-290	-7.78	18	64.4
-173	-280	-7.22	19	66.2
-169	-273	-6.67	20	68
-168	-270	-6.11	21	69.8
-162	-260	-5.56	22	71.6
-157	-250	-5	23	73.4
-151	-240	-4.44	24	75.2
-146	-230	-3.89	25	77
-140	-220	-3.33	26	78.88
-134	-210	-2.78	27	80.6
-129	-200	-2.22	28	82.4
-123	-190	-1.67	29	84.2
-118	-180	-1.11	30	86
-112	-170	-0.56	31	87.8
-107	-160	0	32	89.6
-101	-150	0.56	33	91.4
-95.6	-140	1.11	34	93.2
-90	-130	1.67	35	95
-84.4	-120	2.22	36	96.8
-78.9	-110	2.78	37	98.6
-73.3	-100	3.33	38	100.4
-67.8	-90	3.89	39	102.2
-62.2	-80	4.44	40	104
-56.7	-70	5	41	105.8
-51.1	-60	5.56	42	107.6
-45.6	-50	6.11	43	109.4
-40	-40	6.67	44	111.2
-34.4	-30	7.22	45	113
-28.9	-20	7.78	46	114.8
-23.3	-10	8.33	47	116.6
-17.8	0	8.89	48	118.4

(continúa)

(continuación)

$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$
9.44	49	120.2	66
10	50	122	71
10.6	51	123.8	77
11.1	52	125.6	82
11.7	53	127.4	88
12.2	54	129.2	93
12.8	55	131	99
13.3	56	132.8	100
13.9	57	134.6	104
14.4	58	136.4	110
15	59	138.2	116
15.6	60	140	121
16.1	61	141.8	127
16.7	62	143.6	132
17.2	63	145.4	138
17.8	64	147.2	149
18.3	65	149	154
18.9	66	150.8	160
19.4	67	152.6	166
20	68	154.4	171
20.6	69	156.2	177
21.1	70	158	182
23.9	75	167	188
26.7	80	176	193
29.4	85	185	199
32.2	90	194	204
35	95	203.3	210
35.6	96	204.8	216
36.1	97	206.6	221
36.7	98	208.4	227
37.2	99	210.2	232
37.8	100	212	238
43	109	230	243
49	120	248	249
54	130	266	254
60	140	284	260

Interpolación

$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$
0.56	1
1.11	2
1.67	3
2.22	4
2.78	5
3.33	6
3.89	7
4.44	8

INTRODUCCION

15

1.5.3 Grados tradicionales observables durante el calentamiento de los jarabes

Denominación	Prueba	Observación	Temperatura °C
Hebra fina	A	Se forman hebras débiles	103
Hebra gruesa	A	Se forman hebras más gruesas y resistentes	104
Perla pequeña	B	Se forman gotitas	105
Perla gruesa	B	Se forman gotas grandes	106
Soflón	C	Se forman burbujas en el jarabe	110
Pluma	B	Se constituyen hebras en forma de plumas	111
Caramelo blando (bola pequeña)	B	El jarabe forma bolas blandas	116
Caramelo duro (bola grande)	B	El jarabe forma bolas duras	120
Crack ligero	B	Forma láminas finas	129
Crack medio	B	Forma láminas ligeramente quebradizas	133
Crack duro	B	Las láminas se forman rápidamente	143
Crack extraduro	B	Las láminas muestran indicios de pardeamiento	168
Caramelo	B	Se forman láminas marrones y quebradizas	180

Detalles de la pruebas

- Prueba A Colóquese una muestra de jarabe entre dos dedos humedecidos y sepárense estos.
- Prueba B Introdúzcase el dedo o una espátula (a temperaturas superiores a 110 °C) en agua, luego en una porción del jarabe y nuevamente en agua.
- Prueba C Sóplese sobre la espátula introducida en el jarabe.

1.5.4 Presión reducida — Tabla de conversiones aproximadas

Pulgadas de Hg		mm Hg (torr)	lb/in ² P. absol.	Pulgadas agua P. absol.
Presión absoluta	Lectura en vacuómetro			
29	1	735	14.2	394
28	2	709	13.7	381
27	3	684	13.2	367
26	4	659	12.7	354
25	5	633	12.2	340
24	6	608	11.8	326
23	7	583	11.3	313
22	8	557	10.8	299
21	9	532	10.3	286
20	10	507	9.8	272
19	11	481	9.3	258
18	12	456	8.8	245
17	13	431	8.3	231
16	14	405	7.8	218
15	15	380	7.3	204
14	16	355	6.9	190
13	17	329	6.4	177
12	18	304	5.9	163
11	19	279	5.4	150
10	20	253	4.9	136
9	21	228	4.4	122
8	22	203	3.9	109
7	23	177	3.4	95
6	24	152	2.9	82
5	25	127	2.4	68
4	26	101	2.0	54
3	27	76	1.5	41
2	28	51	1.0	27
1	29	25	0.49	14
0.8	29.2	20	0.39	11
0.6	29.4	15	0.29	8
0.4	29.6	10	0.20	5
0.2	29.8	5	0.10	3

1.5.5 Comparación de varias escalas hidrométricas (peso específico a 15,5 °C)

Grados Baumé	Peso específico	Grados Twaddell 60 °F (15,6 °C)	Grados Brix 60 °F (15,6 °C)
0	1.000	0	0
1	1.007	1.4	2.8
2	1.014	2.8	5.5
3	1.021	4.2	8.2
4	1.028	5.6	10.9
5	1.036	7.2	13.9
6	1.043	8.6	16.5
7	1.051	10.2	19.4
8	1.058	11.6	21.9
9	1.066	13.2	24.8
10	1.074	14.8	27.5
11	1.082	16.4	30.3
12	1.090	18.0	33.0
13	1.098	19.6	36.0
14	1.107	21.4	39.0
15	1.115	23.0	41.3
16	1.124	24.8	44.2
17	1.133	26.6	46.5
18	1.142	28.4	49.7
19	1.151	30.2	52.5
20	1.160	32.0	55.2
22	1.179	35.8	60.7
24	1.198	39.4	66.1
26	1.218	43.6	71.6
28	1.239	47.8	77.2
30	1.261	52.2	82.8
32	1.283	56.6	88.3
34	1.306	61.2	93.7
36	1.330	66.0	99.2
38	1.355	71.0	104.7
40	1.381	76.2	110.3
42	1.408	81.6	115.9
44	1.436	87.0	121.3
46	1.465	93.0	126.7
48	1.495	99.0	132.4
50	1.526	105.2	137.9
52	1.559	111.8	143.4
54	1.593	118.6	148.9
56	1.629	125.8	154.5
58	1.666	133.4	160.0
60	1.706	141.2	165.5
62	1.747	149.4	171.0
64	1.790	158.0	176.5
66	1.835	167.0	182.0
68	1.883	176.6	187.5
70	1.933	186.6	193.0
72.5	2.000	200.0	200.0

1.5.6 Relación entre grados Brix, grados Baumé, índice de refracción (IR) y peso específico (PE) para disoluciones de azúcar (sacarosa)

Grados Brix	IR a 20 °C	Grados Baumé	PE 20°/20C	Grados Brix	IR a 20 °C	Grados Baumé	PE 20°/20C
0.0	1.3330	0.00	1.0000	9.4	1.3469	5.24	1.0376
0.2	1.3333	0.11	1.0008	9.6	1.3472	5.35	1.0384
0.4	1.3336	0.22	1.0016	9.8	1.3475	5.46	1.0392
0.6	1.3339	0.34	1.0023	10.0	1.3478	5.57	1.0400
0.8	1.3341	0.45	1.0031	10.2	1.3481	5.68	1.0408
1.0	1.3344	0.56	1.0039	10.4	1.3485	5.80	1.0416
1.2	1.3347	0.67	1.0047	10.6	1.3488	5.91	1.0425
1.4	1.3350	0.79	1.0055	10.8	1.3491	6.02	1.0433
1.6	1.3353	0.90	1.0062	11.0	1.3494	6.13	1.0441
1.8	1.3356	1.01	1.0070	11.2	1.3497	6.24	1.0450
2.0	1.3359	1.12	1.0078	11.4	1.3500	6.35	1.0458
2.2	1.3362	1.23	1.0086	11.6	1.3503	6.46	1.0466
2.4	1.3365	1.34	1.0094	11.8	1.3506	6.57	1.0475
2.6	1.3368	1.46	1.0102	12.0	1.3509	6.68	1.0483
2.8	1.3370	1.57	1.0109	12.2	1.3512	6.79	1.0492
3.0	1.3373	1.68	1.0117	12.4	1.3516	6.90	1.0500
3.2	1.3376	1.79	1.0125	12.6	1.3519	7.02	1.0508
3.4	1.3379	1.90	1.0133	12.8	1.3519	7.13	1.0517
3.6	1.3382	2.02	1.0141	13.0	1.3525	7.24	1.0525
3.8	1.3385	2.13	1.0149	13.2	1.3528	7.35	1.0534
4.0	1.3388	2.24	1.0157	13.4	1.3531	7.46	1.0542
4.2	1.3391	2.35	1.0165	13.6	1.3534	7.57	1.0551
4.4	1.3394	2.46	1.0173	13.8	1.3538	7.68	1.0559
4.6	1.3397	2.57	1.0181	14.0	1.3541	7.79	1.0568
4.8	1.3400	2.68	1.0189	14.2	1.3544	7.90	1.0576
5.0	1.3403	2.79	1.0197	14.4	1.3547	8.01	1.0585
5.2	1.3406	2.91	1.0205	14.6	1.3550	8.12	1.0593
5.4	1.3409	3.02	1.0213	14.8	1.3554	8.23	1.0602
5.6	1.3412	3.13	1.0221	15.0	1.3557	8.34	1.0610
5.8	1.3415	3.24	1.0229	15.2	1.3560	8.45	1.0619
6.0	1.3418	3.35	1.0237	15.4	1.3563	8.56	1.0628
6.2	1.3421	3.46	1.0245	15.6	1.3566	8.67	1.0636
6.4	1.3424	3.57	1.0253	15.8	1.3570	8.78	1.0645
6.6	1.3427	3.69	1.0261	16.0	1.3573	8.89	1.0653
6.8	1.3430	3.80	1.0269	16.2	1.3576	9.00	1.0662
7.0	1.3433	3.91	1.0277	16.4	1.3579	9.11	1.0671
7.2	1.3436	4.02	1.0285	16.6	1.3582	9.22	1.0679
7.4	1.3439	4.13	1.0294	16.8	1.3586	9.33	1.0688
7.6	1.3442	4.24	1.0302				
7.8	1.3445	4.35	1.0310				
8.0	1.3448	4.46	1.0318				
8.2	1.3451	4.58	1.0326				
8.4	1.3454	4.69	1.0334				
8.6	1.3457	4.80	1.0343				

8.8	1.3460	4.91	1.0351	17.0	1.3589	9.45	1.0697
9.0	1.3463	5.02	1.0359	17.2	1.3592	9.56	1.0706
9.2	1.3466	5.13	1.0367	17.4	1.3596	9.67	1.0714

INTRODUCCION

19

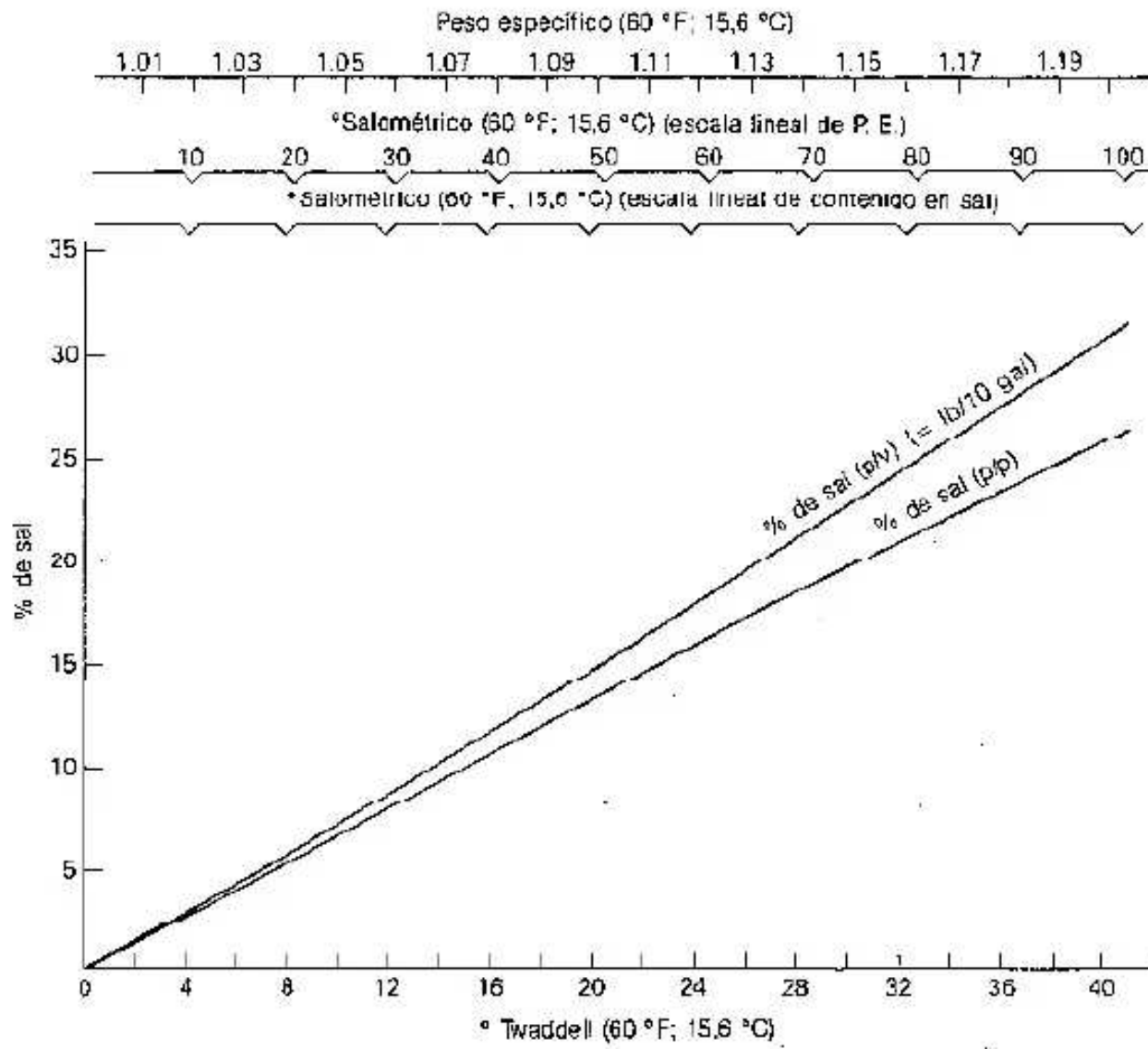
Grados Brix	IR a 20 °C	Grados Baumé	PE 20°/20C	Grados Brix	IR a 20 °C	Grados Baumé	PE 20°/20C
17.6	1.3599	9.78	1.0723	27.0	1.3758	14.93	1.1148
17.8	1.3602	9.89	1.0732	27.2	1.3761	15.04	1.1157
18.0	1.3605	10.00	1.0740	27.4	1.3765	15.15	1.1167
18.2	1.3609	10.11	1.0749	27.6	1.3768	15.26	1.1176
18.4	1.3612	10.22	1.0758	27.8	1.3772	15.37	1.1186
18.6	1.3615	10.33	1.0767	28.0	1.3775	15.48	1.1195
18.8	1.3618	10.44	1.0776	28.2	1.3779	15.59	1.1204
19.0	1.3622	10.55	1.0784	28.4	1.3782	15.69	1.1214
19.2	1.3625	10.66	1.0793	28.6	1.3786	15.80	1.1223
19.4	1.3628	10.77	1.0802	28.8	1.3789	15.91	1.1233
19.6	1.3632	10.88	1.0811	29.0	1.3793	16.02	1.1242
19.8	1.3635	10.99	1.0820	29.2	1.3797	16.13	1.1252
20.0	1.3638	11.10	1.0829	29.4	1.3800	16.24	1.1261
20.2	1.3642	11.21	1.0838	29.6	1.3804	16.35	1.1271
20.4	1.3645	11.32	1.0847	29.8	1.3807	16.46	1.1280
20.6	1.3648	11.43	1.0855	30.0	1.3811	16.57	1.1290
20.8	1.3652	11.54	1.0864	30.2	1.3815	16.67	1.1299
21.0	1.3655	11.65	1.0873	30.4	1.3818	16.78	1.1309
21.2	1.3658	11.76	1.0882	30.6	1.3822	16.89	1.1319
21.4	1.3662	11.87	1.0891	30.8	1.3825	17.00	1.1328
21.6	1.3665	11.98	1.0903	31.0	1.3829	17.11	1.1338
21.8	1.3668	12.09	1.0909	31.2	1.3833	17.22	1.1347
22.0	1.3672	12.20	1.0918	31.4	1.3836	17.33	1.1357
22.2	1.3675	12.31	1.0927	31.6	1.3840	17.43	1.1367
22.4	1.3679	12.42	1.0936	31.8	1.3843	17.54	1.1376
22.6	1.3682	12.52	1.0945	32.0	1.3847	17.65	1.1386
22.8	1.3685	12.63	1.0955	32.2	1.3851	17.76	1.1396
23.0	1.3689	12.74	1.0964	32.4	1.3854	17.87	1.1406
23.2	1.3692	12.85	1.0973	32.6	1.3858	17.98	1.1415
23.4	1.3696	12.96	1.0982	32.8	1.3861	18.08	1.1425
23.6	1.3699	13.07	1.0991	33.0	1.3865	18.19	1.1435
23.8	1.3703	13.18	1.1000	33.2	1.3869	18.30	1.1445
24.0	1.3706	13.29	1.1009	33.4	1.3872	18.41	1.1454
24.2	1.3709	13.40	1.1018	33.6	1.3876	18.52	1.1464
24.4	1.3713	13.51	1.1028	33.8	1.3879	18.63	1.1474
24.6	1.3716	13.62	1.1037	35.0	1.3902	19.28	1.1533
24.8	1.3720	13.73	1.1046	40.0	1.3997	21.97	1.1785
25.0	1.3723	13.84	1.1055	45.0	1.4096	24.63	1.2047
25.2	1.3726	13.95	1.1064	50.0	1.4200	27.28	1.2317
25.4	1.3730	14.06	1.1074	55.0	1.4307	28.54	1.2451
25.6	1.3733	14.17	1.1083	60.0	1.4418	32.49	1.2887
25.8	1.3737	14.28	1.1092	65.0	1.4532	35.04	1.3187
26.0	1.3740	14.39	1.1101	70.0	1.4651	37.56	1.3496
26.2	1.3744	14.49	1.1111	75.0	1.4774	40.03	1.3814

26.4	1.3747	14.60	1.1120	80.0	1.4901	42.47	1.4142
26.6	1.3751	14.71	1.1129	85.0	1.5033	44.86	1.4479
26.8	1.3754	14.82	1.1139				

1.5.7 Relación entre lecturas salométricas, peso específico (PE), grados Baumé y concentración de salmueras

°Salométrico	PE	°Baumé	% NaCl en peso	Punto de congelación °C
0	1.000	0.0	0.000	-0.00
2	1.004	0.6	0.528	-0.26
4	1.007	1.1	1.056	-0.50
6	1.011	1.6	1.584	-0.83
8	1.015	2.1	2.112	-1.10
10	1.019	2.7	2.640	-1.50
12	1.023	3.3	3.167	-1.77
14	1.026	3.7	3.695	-2.11
16	1.030	4.2	4.223	-2.44
18	1.034	4.8	4.751	-2.77
20	1.038	5.3	5.279	-3.11
22	1.042	5.8	5.807	-3.50
24	1.046	6.4	6.335	-3.83
26	1.050	6.9	6.863	-4.22
28	1.054	7.4	7.391	-4.61
30	1.058	7.9	7.919	-5.0
32	1.062	8.5	8.446	-5.39
34	1.066	9.0	8.974	-5.78
36	1.070	9.5	9.502	-6.17
38	1.074	10.0	10.030	-6.55
40	1.078	10.5	10.558	-7.00
42	1.082	11.0	11.086	-7.39
44	1.086	11.5	11.614	-7.83
46	1.090	12.0	12.142	-8.27
48	1.094	12.5	12.670	-8.78
50	1.098	12.9	13.198	-9.22
60	1.118	15.3	15.837	-11.72
70	1.139	17.7	18.477	-14.6
80	1.160	20.0	21.116	-18.00
90	1.182	22.3	23.755	-18.38
100	1.204	24.6	26.395	

1.5.8 Representación del porcentaje de sal en función de los grados Twaddell en salmueras



1.6 Unidades de irradiación

Las radiaciones ionizantes que tienen mayor importancia en tecnología de los alimentos son: los rayos β los rayos X y las radiaciones γ . Estas últimas son unas radiaciones electromagnéticas emitidas continuamente por radionúclidos tales como el Cesio-137 y el Cobalto-60.

La unidad SI de irradiación es el Gray (Gy)

1 Gray (Gy)	= 100 rads	= 1 julio de energía absorbida por kilogramo de producto irradiado
1 Mrad	= 10^6 rads	= 10^4 Gy
1 Krad	= 10^3 rads	= 10 Gy

1.6.1 Conservación por irradiación — Dosis de irradiación necesarias

Objetivo perseguido	Rango de dosis (10^3 rad)
Esterilización	1 000-5 000
Pasteurización	50-1 000
Destrucción de insectos	5-100
Evitar el crecimiento de yemas	5-100

1.7 Vitaminas — Unidades internacionales

Informe del subcomité de medición del British National Committee for Nutritional Sciences.

Sección 14

Descripción genérica de vitaminas y cantidades equivalentes. En los siguientes apartados se indican valores equivalentes de algunos compuestos con actividad vitamínica. Los valores se refieren al hombre y no pueden ser aplicados a otras especies.

1 equivalente de 1 μ g de retinol	= 1 μ g retinol
	= 1.147 μ g de acetato de retinilo (estándar internacional)
	= 6 μ g β -caroteno
	= 12 μ g de otros carotenoides activos
	= 3.33 UI de actividad vitamina A

(1 UI de actividad vitamina A = 0.3 μ g de retinol = 0.344 μ g de acetato de retinilo)

Sección 16

Convenio internacional para equivalentes de niacina. Para la niacina el cálculo se ha hecho en términos de equivalentes de nicotinamida, utilizando los siguientes factores:

1 equivalente de un mg nicotinamida	= 1 mg nicotinamida
	= 1 mg de ácido nicotínico
	= 60 mg de L - o DL -triptófano

Sección 17

Cantidades (provisionalmente) equivalentes para la actividad vitamina D. El IUNS propone expresar las actividades vitamina D en términos de colecalciferol y sugiere las siguientes equivalencias para los seres humanos:

INTRODUCCION

23

1 equivalente de 1 ug colecalciferol (hombre) = 1 ug de colecalciferol
= 1 ug de ergocalciferol
= 40 UI de actividad de vitamina D

Sección 18

Cantidades provisionalmente equivalentes de vitamina E. El IUNS propone expresar las actividades vitamina E en términos de equivalentes de tocoferol y sugiere los siguientes factores:

1 equivalente de 1 mg de α -tocoferol = 1 mg D- α -tocoferol
= 1.1 mg acetato de D- α -tocoferol
= 1.36 mg acetato de DL - α -tocoferol
= 1.49 UI de actividad vitamina E

Capítulo 2

DATOS DE INGENIERIA

- 2.1 Signos y símbolos utilizados normalmente en ingeniería de alimentos.
- 2.2 Propiedades de los gases.
 - 2.2.1 Propiedades de los gases a la presión atmosférica.
 - 2.2.2 Propiedades de los gases ideales.
 - 2.2.3 Calor específico de los gases kJ/kg K.
 - 2.2.4 Propiedades físicas del nitrógeno.
- 2.3 Calores de combustión.
- 2.4 Poder calorífico de los combustibles modernos.
- 2.5 Propiedades termodinámicas del vapor — Tablas de vapor.
- 2.6 Propiedades físicas y térmicas del «Thermex».
 - 2.6.1 Propiedades termodinámicas del «Thermex».
- 2.7 Propiedades de sólidos utilizados en ingeniería.
 - 2.7.1 Propiedades de metales y no metales.
 - 2.7.2 Propiedades de otros materiales utilizados en ingeniería.
 - 2.7.3 Materiales sólidos a granel, clasificación y codificación.
 - 2.7.4 Velocidades del aire precisas para el transporte fluidizado.
- 2.8 Datos sobre cedazos estándar.
- 2.9 Tamanos estándar de tuberías y datos relativos a las mismas.

- 2.10 Materiales de construcción para uso en las industrias alimentarias.
- 2.11 Propiedades físicas de los fluidos frigorígenos (refrigerantes).
 - 2.11.1 Clasificación de los fluidos frigorígenos (refrigerantes).
 - 2.11.2 Propiedades de las salmueras de cloruro sódico.
 - 2.11.3 Propiedades de las salmueras de cloruro cálcico.
 - 2.11.4 Comportamiento teórico de los halocarburos criogénicos (refrigerantes) funcionando a una temperatura de evaporación de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una temperatura de condensación de $37,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

25

26 MANUAL DE DATOS PARA INGENIERIA DE LOS ALIMENTOS

- 2.12 Datos de transferencia de calor.
 - 2.12.1 Coeficientes previstos de transferencia de calor.
 - 2.12.2 Valores típicos de los factores de incrustación.
 - 2.12.3 Propiedades de algunos líquidos utilizados para el intercambio calórico.
- 2.13 Transferencia de calor en estado no estacionario (transiente) — Diagramas.
- 2.14 Datos de voltaje de un termopar.
- 2.15 Iluminación recomendada para superficies destinadas al tratamiento de los alimentos.
- 2.16 Hidrogenación de aceites comestibles — Necesidades de hidrógeno.
- 2.17 Selección de bombas y compresores.

2.1 Signos y símbolos utilizados normalmente en ingeniería de alimentos

Símbolo	Propiedad	Unidades
a	Aceleración	m/s ²
A	Abertura, luz	mm
b	Anchura	-
c	Calor específico	J/kg K
D	Diámetro	m
D	Difusividad	m ² /s
e	Base de los logaritmos naturales	-
E	Energía	J
f	Coefficiente de fricción	J/kg
F	Tasa o velocidad de alimentación	kg/s
g	Aceleración de la gravedad	m/s ²
G	Energía libre	-
h	Coefficiente de transferencia de calor	W/m ² K
h	Entalpía por unidad de peso	J/kg
H	Entalpía	J/kg
H	Humedad	kg/kg
I	Momento de inercia	kg m
j	Factor de transferencia de calor	-
J	Equivalente mecánico del calor	J/kg
K	Factor de transferencia de masa	kg/m ² s
L	Longitud	m
L	Velocidad de transferencia de un líquido	kg/s
m	Masa	kg
m	Pendiente	-
M	Malla	mm
N	Velocidad de rotación	rpm
N	Número de platos	-
P	Presión	N/m ²
q	Flujo volumétrico	m ³ /s
Q	Calor total transferido	W
r	Radio	m
R	Coefficiente de reducción o de reflujo	-
S	Entropía	J/kg
S	Solubilidad	kg/100 kg
T	Temperatura	K
t	Tiempo	s
u	Velocidad	m/s
V	Volumen	m ³

V _s	Volumen húmedo	m ³ /kg
W	Flujo másico, velocidad	kg/s
W	Contenido en agua	%
W	Residuos, desechos, posos	kg
x	Distancia en la dirección del flujo	m
X	Fracción molar (líquidos)	-
Y	Fracción molar o másica (vapor)	-
Z	Distancia superior al dato	m

Símbolo	Letra del alf. gri.	Propiedad	Unidades
α	alfa	Angulo	grados radiales
α	alfa	Coefficiente de expansión lineal	m/m ² K
α	alfa	Difusividad térmica	m ² /s
α	alfa	Volatilidad relativa	—
β	beta	Coefficiente de expansión (volumétrico)	m/m ³ K
γ	gamma	Coefficiente de actividad, tipo de radiación	—
Δ	delta	Diferencia finita	—
ϵ	epsilon	Emisividad	—
η	eta	Rendimiento	—
θ	theta	Temperatura	K
κ	kappa	Cociente de calores específicos	—
λ	lamda	Conductividad térmica	W/m K
μ	mu	Viscosidad	kg/m s
ρ	rho	Densidad	kg/m ³
σ	sigma	Tensión superficial	—
τ	tau	Esfuerzo	N/m ²
φ	phi	Función	—
ω	omega	Angulo sólido	grados radianes
ω	omega	Velocidad angular	rad/s

DATOS DE INGENIERIA

29

Signos y símbolos matemáticos

±	más o menos	dx	diferencial de x
∝	proporcional a	d^2y/dx^2	segunda derivada de y con respecto a x
≥	no menor que		
≤	no mayor que	∫	Integral de
∝	similar a	/ :	dividido por; razón
≠	no igual a	√	raíz cuadrada
∞	infinito	∠	ángulo
<	menor que	f(x)	función de x
>	mayor que	∑	suma de
≈	aproximadamente igual a	dy/dx	derivada de y con respecto a x
≡	equivalente a		
∝	varía con	$\partial y/\partial x$	derivada parcial de y con respecto a x
∴	por lo tanto		
$\sqrt[n]{\quad}$	raíz n-sima	\int_a^b	integral entre los límites a y b
⊥	perpendicular a		
Δ x	incremento de x		

2.2 Propiedades de los gases

2.2.1 Propiedades de los gases a la presión atmosférica

Gas	Conductividad térmica W/m °C	Calor específico KJ/kg °C	Densidad kg/m ³	Temperatura °C
Aire	0.024	1.005	1.29	0
	0.031	1.005	0.94	100
Dióxido de carbono	0.015	0.80	1.98	0
	0.022	0.92	1.46	100
Nitrógeno	0.024	1.05	1.3	0
	0.031	-	-	100
Refrigerante 12	0.008	0.92	-	0
	0.014	-	-	100

2.2.2 Propiedades de los gases ideales

Gas	Peso molecular	R kJ/kg K	C _p kJ/kg K	C _v kJ/kg K
Aire	28.97	0.287	1.0035	0.7665
Ar	39.94	0.208	0.5203	0.3122
CO ₂	44.01	0.189	0.8418	0.6529
CO	28.01	0.297	0.0413	0.7445
N ₂	28.01	0.297	0.1926	0.1156

He	4.00	2.077	3.1926	3.1156
H ₂	2.02	4.124	14.2091	10.0849
CH ₄	16.04	0.518	2.2537	1.7354
N ₂	28.02	0.297	1.0416	0.7448
O ₂	32.00	0.260	0.9216	0.6618
H ₂ O	18.02	0.461	1.8723	1.4108

DATOS DE INGENIERIA

31

2.2.3 Calor específico de los gases kJ/kg K

Calor específico de los gases (C_p) a 1 atmósfera de presión (kJ/kg K)

Temperatura °C	Oxígeno	Nitrógeno	Aire	CO ₂	Vapor de agua
0	0.92	1.05	1.01	0.87	1.87
100	0.94	1.07	1.03	0.93	1.91
200	0.98	1.09	1.07	1.01	1.93
300	1.00	1.10	1.08	1.09	2.01
400	1.05	1.11	1.09	1.17	2.05
500	1.07	1.13	1.10	1.26	2.14

Nota: El calor específico de un gas a presión constante C_p es mayor que el calor específico a volumen constante, debido al trabajo que se necesita para expandir el gas frente a la presión externa.

2.2.4 Propiedades físicas del nitrógeno

Peso molecular	28.02
Volumen específico (20 °C, 1 atm)	860 ml/g
Punto de ebullición (1 atm)	-195.8 °C
Punto de fusión (1 atm)	-209.9 °C
Densidad (gas, 20 °C, 1 atm)	1.16 g/l
Densidad (líquido, p. ebul.)	0.808 g/ml
Temperatura crítica	-147 °C
Presión crítica	34 bar(g)
Calor latente de vaporización (a la temp. de ebul.)	1330 cal/g-mole
Solubilidad en agua (20 °C, 1 atm)	1.56 %vol
Peso específico (aire = 1)	0.963
Incoloro	
Inodoro	

2.3 Calores de combustión

Los compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno, o carbono, hidrógeno y oxígeno, pueden quemarse en atmósfera de oxígeno rindiendo dióxido de carbono y agua (líquida) como únicos productos. El cambio de calor que acompaña a la combustión completa de un mol de un compuesto, a una temperatura dada y 1 atmósfera de presión, se llama calor de combustión. Los calores de combustión de sólidos y líquidos se miden generalmente a volumen constante en una «bomba calorimétrica».

Se ha propuesto un gran número de métodos para calcular los calores de combustión, a partir del conocimiento de la fórmula de la sustancia. El examen de los calores de combustión de los compuestos orgánicos revela que los isómeros presentan valores muy similares, y que en algunas series homólogas hay un cambio de 150-160 kcal por mol por cada grupo CH_2 .

Compuesto	Fórmula	Estado	Calor de combustión	
			H ₂ O/CO ₂ liq/gas kJ/kg	H ₂ O/CO ₂ gas/gas kJ/kg
Hidrógeno	H ₂	gas	141,880.6	120,033.8
Carbono	C	sólido	32,782.2	-
Monóxido de carbono	CO	gas	10,109.9	-
Metano	CH ₄	gas	55,538.3	50,047.3
Etano	C ₂ H ₆	gas	51,913.0	47,518.5
Propano	C ₃ H ₈	gas	50,381.9	46,386.4
Propano	C ₃ H ₈	líquido	49,560.4	45,771.4
<i>n</i> -Butano	C ₄ H ₁₀	gas	49,190.3	45,401.2
<i>n</i> -Exano	C ₆ H ₁₄	gas	48,711.3	45,133.7
<i>n</i> -Exano	C ₆ H ₁₄	líquido	47,980.1	44,766.1

2.4 Poder calorífico de los combustibles modernos

Combustible	kJ/kg	Btu/lbm
Madera	20 470	8 800
Turba	20 930	9 000
Carbón (lignito)	25 590	11 000
Carbón (sub-bituminoso)	29 070	12 500
Carbón (bituminoso)	34 890	15 000
Carbón (antracita)	30 240	14 000
Metano (gas natural)	50 010	21 500
Propano	46 350	19 930
Octano (gasolina)	44 800	19 260
Fuel oil (Nº 2)	45 520	19 570

Nota: El gas natural se vende normalmente por unidades de volumen y no por unidades de masa, el valor calorífico de metano es de 33.750 kJ/m³ o 906 Btu/ft³ (densidad 0,674 kg/m³ o 0,042 lbm/ft³ a 1 atm y 60 °F (15,6 °C). En las mismas condiciones, el valor calorífico de la gasolina es de 34.870 kJ/l o 125.000 Btu/gal.

El valor calorífico del fuel-oil (Nº 2) es 39.300 kJ/l o 14.100 Btu/gal.

2.5 Propiedades termodinámicas del vapor — Tablas de vapor

Temperatura °C	Presión kPa	Entalpía (vap sat) kJ/kg	Calor latente kJ/kg	Volumen específico m ³ /kg
0	0.611	2501	2501	206
1	0.66	2503	2499	193
2	0.71	2505	2497	180
4	0.81	2509	2492	157
6	0.93	2512	2487	138
8	1.07	2516	2483	121
10	1.23	2520	2478	106
12	1.40	2523	2473	93.8
14	1.60	2527	2468	82.8
16	1.82	2531	2464	73.3
18	2.06	2534	2459	65.0
20	2.34	2538	2454	57.8
22	2.65	2542	2449	51.4
24	2.99	2545	2445	45.9
26	3.36	2549	2440	40.0
28	3.78	2553	2435	36.7
30	4.25	2556	2431	32.9
40	7.38	2574	2407	19.5
50	12.3	2592	2383	12.0
60	19.9	2610	2359	7.67
70	31.2	2627	2334	5.04
80	47.4	2644	2309	3.41
90	70.1	2660	2283	2.36
100	101.35	2676	2257	1.673
105	120.8	2684	2244	1.42
110	143.3	2692	2230	1.21
115	169.1	2699	2217	1.04
120	198.5	2706	2203	0.892
125	233.1	2714	2189	0.773

125	252.1	2714	2189	0.771
130	270.1	2721	2174	0.669
135	313.0	2727	2160	0.582
140	361.3	2734	2145	0.509
150	475.8	2747	2114	0.393
160	617.8	2758	2083	0.307
180	1002	2778	2015	0.194
200	1554	2793	1941	0.127

2.6 Propiedades físicas y térmicas del «Thermex»

«Thermex» es una marca registrada de un medio de transferencia de calor fabricado por la División Petroquímica de ICI Ltd.

El «Thermex» puede ser utilizado tanto en fase líquida como en fase de vapor, donde tiene la ventaja de una baja presión de vapor frente al vapor de agua a la misma temperatura; se puede usar a temperaturas entre 20 y 400 °C.

El «Thermex» es un producto líquido, poco coloreado, formado por una mezcla eutéctica de óxido de difenilo y difenilo (en la relación 73,5:26,5 % en peso). Solidifica a 12 °C.

Propiedades físicas

Punto de ebullición a 760 mm Hg	275 °C
Punto de congelación	12 °C
Temperatura de inflamabilidad (Pensky-Martens)	116 °C (241 °F)
Punto de ignición	128 °C
Temperatura de autoignición	640 °C
Tensión superficial (20 °C)	43 dinas/cm
Resistividad específica (45 °C)	3.4×10^{11} ohm-cm

Especificaciones

Punto de cristalización	11.5-12.5 °C
Rango de destilación (760 mm Hg)	
PEI (punto de ebullición inicial)	250 °C mín
PEF (punto de ebullición final)	260 °C max
% de agua p/p	0.05 max
Azufre total, ppm	25 max
Cloro total, ppm	5 max

2.6.1 Propiedades termodinámicas del «Thermex»

Temp. °C	Temp. °F	Presión de vapor kg/cm ³	Entalpía del líquido Kcal/kg	Entalpía del vapor Kcal/kg	Calor de vapori- zación kcal/kg	Capacidad calorífica (líquido) cal/g °C	Visco- sidad cp	Densidad líquido g/ml	Densidad de vapor kg/m ³
20	68		3.0	94.1	91.1	0.379	0.00	1.063	0.000
25	77		4.8	95.5	90.7	0.382		1.059	
30	86		6.7	97.0	90.3	0.385	3.30	1.055	
35	95		8.6	98.5	89.9	0.389	2.92	1.050	
40	104		10.5	100.0	89.5	0.392	2.60	1.046	0.001
45	113		12.4	101.6	89.2	0.395	2.34	1.042	0.002
50	122		14.4	103.2	88.8	0.399	2.12	1.038	0.002
55	131		16.5	104.9	88.4	0.402	1.94	1.033	0.003
60	140		18.6	106.6	88.0	0.406	1.77	1.029	0.004
65	149		20.6	108.2	87.6	0.409	1.62	1.025	0.005
70	158		22.7	109.9	87.2	0.413	1.48	1.021	0.007
75	167		24.8	111.6	86.8	0.416	1.37	1.016	0.009
80	176		26.9	113.3	86.4	0.419	1.27	1.012	0.011
85	185		29.0	115.0	86.0	0.423	1.18	1.008	0.014
90	194		31.2	116.8	85.6	0.426	1.11	1.003	0.018
95	203		33.3	118.5	85.2	0.429	1.04	0.999	0.023
100	212		35.4	120.2	84.8	0.433	0.97	0.995	0.028
105	221		37.6	122.0	84.4	0.436	0.92	0.990	0.036
110	230	0.009	39.8	123.8	84.0	0.439	0.87	0.986	0.045
115	239	0.011	42.0	125.7	83.7	0.443	0.82	0.982	0.057
120	248	0.014	44.3	127.6	83.3	0.446	0.78	0.977	0.069
125	257	0.018	46.5	129.4	82.9	0.450	0.74	0.973	0.086
130	266	0.022	48.8	131.3	82.5	0.453	0.70	0.969	0.104
135	275	0.027	51.1	133.2	82.1	0.457	0.67	0.964	0.127
140	284	0.032	53.3	135.0	81.7	0.460	0.63	0.960	0.150
145	293	0.039	55.7	137.0	81.1	0.0	0.60	0.955	0.183
150	302	0.047	58.0	138.9	80.5	0.0	0.57		

150	302	0.047	58.0	138.8	80.8	0.467	0.57	0.951	0.216
160	320	0.067	62.7	142.7	80.0	0.473	0.52	0.942	0.300
170	338	0.095	67.5	146.8	79.3	0.480	0.48	0.933	0.410
180	356	0.132	72.2	150.6	78.4	0.487	0.45	0.924	0.541
190	374	0.180	77.1	154.7	77.6	0.494	0.42	0.915	0.709
200	392	0.245	82.1	158.8	76.7	0.501	0.39	0.905	0.943
210	410	0.325	87.2	163.0	75.8	0.507	0.36	0.896	1.25
220	428	0.423	92.3	167.2	74.9	0.514	0.34	0.887	1.68
230	446	0.547	97.6	171.6	74.0	0.521	0.31	0.877	2.22
240	464	0.699	102.8	175.8	73.0	0.528	0.29	0.868	2.87
250	482	0.882	108.2	180.2	72.0	0.534	0.27	0.858	3.60

Datos suministrados por la Marketing Division de ICI.

DATOS DE INGENIERIA

37

2.7 Propiedades de sólidos utilizados en ingeniería

2.7.1 Propiedades de metales y no metales

Material	Conductividad térmica W/m °C	Calor específico kJ/kg °C	Densidad kg/m ³	Temperatura °C
1. Metales				
Aluminio	220	0.87	2640	0
Latón	97	0.38	8650	0
Hierro fundido	55	0.42	7210	0
Cobre	388	0.38	8900	0
Acero (templado)	45	0.47	7840	18
Acero (inoxidable)	21	0.48	7950	20
2. No metales				
Asbesto (lámina)	0.17	0.84	890	51
Ladrillo	0.7	0.92	1760	20
Cantón	0.07	1.26	640	20
Hormigón	0.87	1.05	2000	20
Celuloide	0.21	1.55	1400	30
Algodón en rama	0.04	1.26	80	30
Corcho	0.043	1.55	160	30
Goma expandida	0.04		72	0
Fibra vulcanizada	0.052		240	21
Vidrio, soldado	0.52	0.84	2240	20
Hielo	2.25	2.10	920	0

Lana mineral	0.04		145	30
Polietileno	0.55	2.30	950	20
Espuma de poliestireno	0.036		24	0
Espuma de poliuretano	0.026		32	0
Cloruro de polivinilo	0.29	1.30	1400	20
Virutas de madera	0.09	2.50	150	0
Madera	0.28	2.50	700	30

2.7.2 Propiedades de otros materiales utilizados en ingeniería

Material	Conductividad térmica W/m °C	Calor específico kJ/kg °C	Densidad kg/m ³
Asbesto, tablero de cemento	0.61	0.84	1400
Asbesto, cartón grueso	0.14	0.84	1000
Asfalto	-	1.67	1100
Cera de abejas	-	3.43	950
Ladrillo normal	0.73	0.92	1750
Ladrillo duro	1.30	1.00	2000
Tiza	0.83	0.90	2000
Carbón vegetal, madera	0.09	1.00	400
Carbón, antracita	-	1.26	1500
Carbón, bituminoso	-	1.38	1200
Hormigón, ligero	0.43	0.96	1400
Hormigón, pesado	1.73	0.75	2200
Corcho aglomerado	0.04	1.88	200
Tierra, seca	1.47	1.26	1400
Tablero de fibra prensada	0.21	2.09	1100
Vidrio de ventana	0.95	0.84	2500
Yeso, panel	0.17	1.09	800
Filtro de pelo	0.05	2.04	100
Cuero, seco	0.16	1.51	900
Piedra caliza	0.64	0.91	2500
Magnesia (85 %)	0.07	0.84	250
Mármol	2.60	0.88	2600
Mica	0.69	0.50	2700
Manta de lana mineral	0.042	0.04	100

Manta de lana mineral	0.045	0.84	100
Papel	0.12	1.38	900
Parafina	0.26	2.89	900
Yeso, ligero	0.26	1.00	700
Plástico, espuma	0.03	1.26	200
Plástico, sólido	0.19	1.67	1200
Porcelana	1.6	0.92	2500
Arenisca	1.7	0.92	2300
Serrín	0.09	0.88	150
Sílice, aerogel	0.026	0.84	110
Vermiculita	0.061	0.84	130
Madera, balsa (<i>Ochroma bicolor</i>)	0.05	2.93	160
Madera, roble	0.17	2.09	700
Madera, pino blanco	0.12	2.51	500
Madera, fieltro	0.07	1.38	300
Lana suelta	0.03	1.26	100

Adaptado del Handbook of Tables of Applied Engineering Science, CRC Press Inc.

2.7.3 Materiales sólidos a granel, clasificación y codificación

La información y los datos contenidos en la siguiente «tabla de materiales» han sido compilados por miembros del CEMA y representan muchos años de experiencia en el diseño y uso de equipos para la manipulación de materiales. La tabla muestra en la primera columna el rango de densidades que puede encontrarse en la manipulación de un determinado material; en la segunda columna figura el número de código del material, que se compone de la densidad promedio, el tamaño, las propiedades de flujo, la abrasividad, y aquellas características que se han llamado «riesgos de transporte».

Así, un material muy fino de 100 mallas con un promedio de densidad aparente de 50 lbs/ft³ (801 kg/m³), que tiene una fluencia media y es moderadamente abrasivo, tendría un código 50A₁₀₀36. Si este material fuera muy pulverulento y moderadamente corrosivo, el número de código sería entonces 50A₁₀₀36LT.

La tabla de materiales comprende datos relativos a diversos granos, semillas y piensos comúnmente manipulados utilizando cintas transportadoras de distintos tipos. Los datos que se dan y especialmente el factor Fm, se refieren a las condiciones promedio. Así, por ejemplo, el trigo si está seco o contiene menos de un 10 % de agua, es de flujo muy libre y es habitual un factor Fm de 0,4; en cambio, cuando la humedad es más alta se sugiere la utilización de un Fm de 0,5-0,6.

La tabla de materiales es sólo una guía; los datos que contiene no han sido obtenidos por medio de pruebas de laboratorio muy precisas; son fruto de la experiencia de diversos fabricantes de cintas transportadoras.

Clave de la tabla de materiales

Densidad	Densidad del producto a granel sin apretar		lbs/ft ³
Tamaño	Muy fino	Pasa a través de un cedazo de n.º de malla 200 o inferior	A ₂₀₀
		Pasa a través de un cedazo de n.º de malla 100 o inferior	A ₁₀₀
		Pasa a través de un cedazo de n.º de malla 40 o inferior	A ₄₀
	Fino	Pasa a través de un cedazo de n.º de malla 6 o inferior	B ₆
	Granular	De piezas no mayores de 1/2"	C _{1/2}
		De piezas no mayores de 3"	D ₃
		De piezas no mayores de 7"	D ₇
En terrones o aglomerados	Piezas de tamaño no superior a 16"	D ₁₆	
	Piezas de tamaño superior a 16"; tamaño máximo X a especificar	D _x	
Irregular	En tiras, fibroso, cilíndrico, en rodajas, etc.	E	
Flujo	Muy libre; función de flujo > 10	1	
	Libre; función de flujo > 4 y < 10	2	
	Medio; función de flujo > 2 y < 4	3	
	Lento; función de flujo < 2	4	

(continúa)

(continuación)

Propiedades	Características de los materiales	Nomenclatura en código
Abrasividad	Poco abrasivo; índice 1-17	5
	Moderadamente abrasivo, índice 18-67	6
	Muy abrasivos, índice 68-416	7
Otras propiedades o riesgos	Se endurece	F
	Genera electricidad estática	G
	Se descompone y deteriora durante el almacenamiento	H
	Inflamable	J
	Adquiere características plásticas o tiende a ablandarse	K
	Genera mucho polvo	L
	Se fluidifica	M
	Explosivo	N
	Es pegajoso, se adhiere	O
	Contaminable	P
	Degradable	Q
	Libera gases o humos tóxicos o peligrosos	R
	Muy corrosivo	S
	Poco corrosivo	T
	Higroscópico	U
Se engancha y enreda o se aglomera	V	

Contiene aceite	W
Disminuye de volumen bajo presión	X
Muy ligero-puede ser arrastrado por el viento	Y
Temperatura elevada	Z

Nota: Los materiales en cuyo código figura una x pueden ser transportados mediante sinfines verticales. Para convertir lbs/ft³ en kg/m³, multiplíquese por 16.018.

DATOS DE INGENIERIA

41

Material	lbs/ft ³	Código	Serie	Material Factor	V Fm
Acido adipico	45	45A ₁₀₀ 35	2B	0.5	x
Alfalfa, harina	14-22	18B ₆ 45WY	2D	0.6	x
Alfalfa, semilla	10-15	13B ₆ 15N	1A-1B-1C	0.4	x
Almendras	27-30	29C _{1/2} 35Q	2D	0.9	
Almendras con cáscara	28-30	29C _{1/2} 35Q	2D	0.9	
Alumbre, fino	45-50	48B ₆ 35U	1A-1B-1C	0.6	
Alumbre, aglomerado	50-60	55B ₆ 25	2A-2B	1.4	
Alúmina	55-65	58B ₆ 27MY	3D	1.8	
Alúmina, finos	35	35A ₁₀₀ 27MY	3D	1.6	
Oxido de aluminio	60-120	90A ₁₀₀ 17M	3D	1.8	
Impulsor para panadería	40-55	48A ₁₀₀ 35	1B	0.6	x
Impulsor para panad. sodado	40-55	48A ₁₀₀ 25	1B	0.6	x
Cebada finamente triturada	24-38	31B ₆ 35	1A-1B-1C	0.4	x
Cebada malteada	31	31C _{1/2} 35	1A-1B-1C	0.4	x
Cebada, harina	28	28C _{1/2}	1A-1B-1C	0.4	x
Cebada entera	36-48	42B ₆ 25N	1A-1B-1C	0.5	x
Sangre desecada	35-45	40D ₃ 45U	2D	2.0	x
Sangre, harina	30	30A ₁₀₀ 35U	1A-1B	1.0	x
Salvado, trigo, centeno, arroz	16-20	18B ₆ 35NY	1A-1B-1C	0.5	
Pan, miga	20-25	23B ₆ 35PQ	1A-1B-1C	0.6	
Bagazos de cervecería secos	14-30	22C _{1/2} 45	1A-1B-1C	0.5	x
Bagazos de cervecería húmedos	55-60	58C _{1/2} 45T	2A-2B	0.8	

Alforfón	37-42	40B ₆ 25N	1A-1B-1C	0.4	x
Lactato cálcico	26-29	28D ₃ 45QTR	2A-2B	0.6	
Cascina	36	36B ₆ 35	2D	1.6	
Anacardo	32-37	35C ₁ 45	2D	0.7	
Chocolate, cake, prensado	40-45	43D ₃ 25	2B	1.5	
Cacao, granos	30-45	38C ₁ 25Q	1A-1B	0.5	
Cacao, descascarillado y desprovisto de germen	35	35C ₁ 25	2D	0.5	
Cacao en polvo	30-35	33A ₁₀₀ 45XY	1B	0.9	
Coco en tiras	20-22	21E45	2B	1.5	x
Café, desechos	20	20B ₆ 25MY	1A-1B	1.0	x
Café, grano verde	25-32	29C ₁ 25PQ	1A-1B	0.5	
Café molido seco	25	25A ₄₀ 35P	1A-1B	0.6	x
Café molido húmedo	35-45	40A ₄₀ 45X	1A-1B	0.6	
Café tostado	20-30	25C ₁ 25PQ	1B	0.4	x
Café soluble	19	19A ₄₀ 35PUY	1B	0.4	x
Copra, torta molida	40-45	43B ₆ 45HW	1A/B/C	0.7	x
Copra, trozos	25-30	28D ₃ 35HW	2A/B/C	0.8	
Copra, harina	40-45	42B ₆ 35HW	2D	0.7	x
Maíz machacado	40-50	45B ₆ 25P	1A/B/C	0.6	
Maíz, zuro molido	17	17C ₁ 25Y	1A/B/C	0.6	
Maíz, zuro entero	12-15	14E35	2A-2B		
Maíz, mazorca	56	56E35	2A-2B		
Maíz, germen	21	21B ₆ 35PY	1A/B/C	0.4	x
Maíz, sémola	40-45	43B ₆ 35P	1A/B/C	0.5	x
Maíz, harina	32-40	36B ₆ 35P	1A-1B	0.5	x
Maíz, torta	25	25D ₇ 45HW	1A-1B	0.6	x

(continúa)

(continuación)

Material	lbs/ft ³	Código	Serie	Material Factor	V f'm
Maíz, grano	45	45C ₁ 25PQ	1A-1B-1C	0.4	
Maíz descascarillado	45	45C ₁ 25	1A-1B-1C	0.4	x
Maíz, azúcar de	30-45	33B ₆ 35PU	1B	1.0	x
Algodón, torta	40-45	43C ₁ 45HW	1A-1B	1.0	x
Algodón, harina	25-30	28B ₆ 45HW	3A-3B	0.5	x
Huevo en polvo	16	16A ₄₀ 35MPY	1B	1.0	
Pescado, harina	35-40	38C ₁ 45HP	1A-1B-1C	1.0	x
Pescado desmenuzado	40-50	45D ₇ 45H	1A-1B-1C	1.5	
Trigo, harina	33-40	37A ₄₀ 45L P	1B	0.6	
Tierra de diatomeas seca	30-40	35A ₄₀ 25	2D	2.0	
Tierra de diatom. agotada seca	60-65	63C ₁ 45OW	3D	2.0	
Gelatina granular	32	32B ₆ 35PU	1B	0.8	
Gluten, harina	40	40B ₆ 35P	1B	0.6	
Heno troceado	8-12	10C ₁ 35JY	2A-2B	1.6	
Lúpulo agotado seco	35	35D ₃ 35	2A-2B-2C	1.0	x
Lúpulo agotado húmedo	50-55	53D ₃ 45V	2A-2B	1.5	
Hielo machacado	35-45	40D ₃ 35O	2A-2B	0.4	
Hielo en escamas	40-45	43C ₁ 35O	1B	0.6	x
Hielo en cubos	33-35	34D ₃ 35O	1B	0.4	x
Lactosa	32	32A ₄₀ 35PU	1B	0.6	

Malta seca molida	20-30	25B ₆ ⁴⁰ 35NP	1A-1B-1C	0.5	x
Malta, harina	36-40	38B ₆ 25P	1A-1B-1C	0.4	x
Malta seca entera	20-30	25C ₁ 35N	1A-1B-1C	0.5	x
Malta, brotes	13-15	14C ₁ 35P	1A-1B-1C	0.4	x
Carne picada	50-55	53E ₄ 5HQ1X	2A-2B	1.5	
Carne, recortes	40	40E46H	2D	1.5	
Leche deshidratada en escamas	5-6	6B ₆ 35PUY	1B	0.4	
Leche maltada	27-30	29A ₄₀ 45PX	1B	0.9	
Leche en polvo	20-45	33B ₆ 25PM	1B	0.5	
Leche, azúcar de	32	32A ₁₀₀ 35PX	1B	0.6	
Leche entera en polvo	20-36	28B ₆ 35PUX	1B	0.5	
Molino, limaduras de, (acero)	120-125	123E46T	3D	3.0	
Mostaza, semillas	45	45B ₆ 15N	1A-1B-1C	0.4	x
Niacina	35	35A ₄₀ 35P	2D	0.8	
Avena	26	26C ₁ 25MN	1A-1B-1C	0.4	x
Avena machacada	22	22B ₆ 45NY	1A-1B-1C	0.6	x
Avena, harina	35	35A ₁₀₀ 35	1A-1B-1C	0.5	x
Avena, cascarilla	8-12	10B ₆ 35NY	1A-1B-1C	0.5	x
Avena, copos	19-24	22C ₁ 35NY	1A-1B-1C	0.6	x
Olcomargarina	59	59E ₄ 5HKPWX	2A-2B	0.4	
Naranjas, cáscara seca de,	15	15E45	2A-2B	1.5	
Cacahuets con cáscara	15-20	18D ₃ 35Q	2A-2B	0.6	
Cacahuets, harina	30	30D ₆ 35P	1B	0.6	x
Cacahuets crudos	15-20	18D ₃ 36Q	3D	0.7	
Cacahuets descascarillados	35-45	40C ₁ 35Q	1B	0.4	x
Guisantes deshidratados	45-50	48C ₁ 15NQ	1A-1B-1C	0.5	x
Poliestireno, perlas	40	40B ₆ 35PQ	1B	0.4	
PVC, en polvo	20-30	25A ₁₀₀ 45KT	2B	1.0	
PVC, en pastillas o tabletas (pellets)	20-30	25E45KPQT	1B	0.6	

DATOS DE INGENIERIA

43

Material	lbs/ft ³	Código	Serie	Material Factor	Fm	V
Poliétileno, pastillas o tabletas	30-35	33C ₁ 45Q	1A-1B	0.4		x
Patata, harina	48	48A ₂₀₀ 35MNP	1A-1B	0.5		x
Arroz, salvado	20	20B ₆ 35NY	1A-1B-1C	0.4		x
Arroz, sémola	42-45	44B ₆ 35P	1A-1B-1C	0.4		x
Arroz pulido	30	30C ₁ 15P	1A-1B-1C	0.4		x
Arroz descascarillado	45-49	47C ₁ 25P	1A-1B-1C	0.4		x
Arroz, cascarilla	20-21	21B ₆ 35NY	1A-1B-1C	0.4		x
Arroz sin pulir	32-36	34C ₁ 35N	1A-1B-1C	0.6		x
Centeno	42-48	45B ₆ 15N	1A-1B-1C	0.4		x
Centeno, salvado	15-20	18B ₆ 35Y	1A-1B-1C	0.5		x
Centeno, harina	35-40	38B ₆ 35	1A-1B-1C	0.5		x
Cártamo, harina	50	50B ₆ 35	1A-1B-1C	0.6		x
Cártamo, semillas	45	45B ₆ 15N	1A-1B-1C	0.4		x
Sal seca gorda	45-60	53C ₁ 36TU	3D	1.0		x
Sal seca fina	70-80	75B ₆ 36TU	3D	1.7		x
Sésamo, semilla	27-41	34B ₆ 26	2D	0.6		x
Soda, cenizas pesadas	55-65	60B ₆ 36	2D	1.0		
Soda, cenizas ligeras	20-35	28A ₄₀ 36Y	2D	0.8		x
Nitrato sódico	70-80	75D ₃ 25NS	2A-2B	1.2		
Soja, torta	40-43	42D ₃ 35W	2A-1B-1C	1.0		x

Soja, harina	27-30	29A ₄₀ 35MN	1A-1B-1C	0.8	x
Soja molida, caliente	40	40B ₆ 35T	2A-2B	0.5	
Almidón	25-50	38A ₄₀ 15M	1A-1B-1C	1.0	x
Remolacha azucarera, pulpa seca	12-15	14C ₂ 26	2D	0.9	
Remolacha azucarera, pulpa húmeda	25-45	35C ₂ 35X	1A-1B-1C	1.2	
Azúcar refinado, granulado, seco	50-55	53B ₆ 35PU	1B	1.0-1.2	x
Azúcar refinado, granulado, húmedo	55-65	60C ₂ 35X	1B	1.4-2.0	
Azúcar en polvo	50-60	55A ₁₀₀ 35PX	1B	0.8	x
Azúcar sin refinar	55-65	60B ₆ 35PX	1B	1.5	
Girasol, semillas	19-38	29C ₂ 15	1A-1B-1C	0.5	x
Fosfato tricálcico	40-50	45A ₄₀ 45	1A-1B	1.6	
Fosfato trisódico, granular	60	60B ₆ 36	2D	1.7	
Fosfato trisódico pulverizado	50	50A ₄₀ 36	2D	1.6	x
Nueces, cáscaras	35-45	40B ₆ 36	2D	1.0	x
Trigo	45-48	47 ₂ 25N	1A-1B-1C	0.4	x
Trigo machacado	40-45	43B ₆ 25N	1A-1B-1C	0.4	x
Trigo, germen	18-28	23B ₆ 25	1A-1B-1C	0.4	x

2.7.4 Velocidades del aire precisas para el transporte fluidizado

Densidad a granel kg/m ³	Velocidad del aire m/s	Densidad a granel kg/m ³	Velocidad del aire m/s
160	14.7	1120	39.1
240	18.2	1200	40.6
320	20.9	1280	41.9
400	23.4	1360	43.2
480	25.7	1440	44.2
560	27.9	1520	45.7
640	29.7	1600	46.7
720	31.4	1680	48.0
800	33.0	1760	49.3
880	34.5	1840	52.0
960	36.3	1920	53.3
1040	37.8		

2.8 Datos sobre cedazos estándar

Se consignan a continuación algunos datos relativos a los cedazos o tamices de uso más frecuente. Los estándares británico y norteamericano difieren muy poco.

Nº de malla	Apertura (μ)	Area abierta %	Diámetro del hilo mm	Tela de nylon equivalente n.º
20	860	46.2	0.016	860
30	505	35.3	0.0135	505
40	390	36.0	0.010	390
60	223	27.2	0.008	223
80	183	31.4	0.0055	183
100	130	30.3	0.0045	130
120	116	30.7	0.0037	116
150	102	37.4	0.0026	102
180	86	34.7	0.0023	86
200	73	33.6	0.0021	73
250	64	36.0	0.0016	64
325	44	30.0	0.0014	44

DATOS DE INGENIERIA

45

2.9 Tamaños estándar de tuberías y datos relativos a las mismas

Se utilizan tubos de diámetros entre 16 y 50 mm. Las características mecánicas del diseño, al igual que otros datos relativos a las mismas, figuran en el British Standard, Bs 3274. Universalmente se emplean también los estándares de la American Tubular Heat Exchanger Manufacturers Association, estándares TEMA.

Dimensiones estándar para tubos de acero

Diámetro externo mm	Grosor de pared mm				
16	1.2	1.6	2.0	-	-
20	-	1.6	2.0	2.6	-
25	-	1.6	2.0	2.6	3.2

30	-	1.6	2.0	2.6	3.2
38	-	-	2.0	2.6	3.2
50	-	-	2.0	2.6	3.2

2.10 Materiales de construcción para uso en las industrias alimentarias

Composición de algunos tipos de acero inoxidable

Composición	Tipo					
	302	304	316	430	440C	502
Carbono	0.08-0.20	0.08	0.10	0.12	0.95	0.10
Manganeso	2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00
Fósforo	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Azufre	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Silice	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Níquel	8.00-10.00	8-10	10-14	0.00	0.00	0.00
Cromo	17.00-19.00	18-20	16-18	14-18	16-18	4.0-6.0
Molibdeno	0.00	0.00	2.00-3.00	0.00	0.75	0.00

Grados o calidades de los aceros austeníticos

BS 1501	AISI	C max	Si max	Mn max	Cr rango	Ni rango	Mo	Ti
801R	304	0.08	-	2.00	17.5-20	8.0-11	-	-
810C	304 ELC	0.03	1.00	2.00	17.5-20	10 min	-	-
801 Ti	321	0.12	1.00	2.00	17-20	7.5min	-	4xC
801 Nb	347	0.08	1.00	2.00	17-20	9 min	-	-
821 Ti	-	0.12	1.00	2.00	17-20	25min	-	4xC
845 B	316	0.08	1.00	2.00	16.5-18.5	10min	2.25-3	4xC
845 Ti	-	0.08	0.06	2.00	16.5-18.5	10min	2.25-3	4xC
846	-	0.08	1.00	2.00	18-20	11-14	3-4	-

Nota: Riqueza en Nb del grado 801 Nb: $10 \times C$; S y P 0,0045 % en todos los grados AISI American Iron & Steel Institute.

Origen de los datos: Chemical Engineering, Coulsen & Richardson, Vol 6.

DATOS DE INGENIERIA

47

Propiedades mecánicas de los aceros inoxidable austeníticos

Los aceros inoxidable austeníticos tienen mayor resistencia que los aceros ordinarios, en especial a temperaturas elevadas. Los aceros inoxidable austeníticos no devienen, como los aceros ordinarios, quebradizos a bajas temperaturas y una vez templados no son magnéticos.

	300°C	400°C	500°C	600°C
Esfuerzo máximo típicamente previsto N/mm ²				
Acero templado	77	62	31	-
Acero inoxidable 18/8	108	100	92	62

Resistencia de los aceros inoxidable a la corrosión

Resistencia de los aceros inoxidables a la corrosión. Cuanto mayor sea su riqueza en aleación, mayor es su resistencia a la corrosión, dentro de un amplio rango de condiciones que abarca de las extremadamente oxidantes a las reductoras, pero mayor resulta también su costo. A continuación se citan, en orden de resistencia a la corrosión, algunos tipos y se dan sus resistencias tomando como unidad la del 304.

304	304L	321	316	316L	310
1.0	1.1	1.1	1.25	1.3	1.6

Los problemas que plantea el uso de aceros inoxidables son la corrosión intergranular o inter-cristalina y la fisuración por tensocorrosión. En general, se usan aceros inoxidables para conseguir una mayor resistencia a la corrosión bajo condiciones oxidantes.

Origen de los datos Chemical Engineering, Vol 6, Design, J. M. Coulson, J. F. Richardson y R. K. Sinnott. Pergamon Press Oxford, England.

2.11 Propiedades físicas de los fluidos frigorígenos (refrigerantes)

En esta sección se consignan las propiedades físicas de los fluidos frigorígenos (refrigerantes) utilizados por la industria alimentaria; figuran en ella el número, el nombre químico, la fórmula, el peso molecular y el punto de ebullición.

2.11.1 Clasificación de los fluidos frigorígenos (refrigerantes)

Nº	Nombre químico	Fórmula	Peso molecular	Punto de ebullición °C
----	----------------	---------	----------------	------------------------

Compuestos halocarbonados

10	Tetracloruro de carbono	CCl_4	153.8	170.2
11	Tricloromonofluorometano	CCl_3F	137.4	74.8
12	Diclorodifluorometano	CCl_2F_2	120.9	-21.6
13	Monoclorotrifluorometano	$CClF_3$	104.5	114.6
13B1	Monobromotrifluorometano	$CBrF_3$	148.9	-72.0
14	Tetrafluoruro de carbono	CF_4	88.0	-198.4
20	Cloroformo	$CHCl_3$	119.4	142
21	Dicloromonofluorometano	$CHCl_2F$	102.9	48.1
22	Monoclorodifluorometano	$CHClF_2$	86.5	-41.4
23	Trifluorometano	CHF_3	70.0	-119.9
30	Cloruro de metileno	CH_2Cl_2	84.9	105.2
31	Monocloromonofluorometano	CH_2ClF	68.5	48.0
32	Fluoruro de metileno	CH_2F_2	52.0	-61.4
40	Cloruro de metilo	CH_3Cl	50.5	-10.8
41	Fluoruro de metilo	CH_3F	34.0	-109
50	Metano †	CH_4	16.0	-259
110	Hexacloroetano	CCl_3CCl_3	236.8	365
111	Pentacloromonofluorometano	CCl_3CCl_2F	220.3	279
112	Tetraclorodifluoroetano	CCl_2FCCl_2F	203.8	199.0
112a	Tetraclorodifluoroetano	CCl_3CClF_2	203.8	195.8
113	Triclorotrifluoroetano	CCl_2FCClF_2	187.4	117.6
113a	Triclorotrifluoroetano	CCl_3CF_3	187.4	114.2
114	Diclorotetrafluoroetano	$CClF_2CClF_2$	170.9	38.4
114a	Diclorotetrafluoroetano	CCl_2FCF_3	170.9	38.5
114B2	Dibromotetrafluoroetano	$CBrF_2CBrF_2$	259.9	117.5
115	Monocloropentafluoroetano	$CClF_2CF_3$	154.5	-37.7
116	Hexafluoroetano	CF_3CF_3	138	-108.8
120	Pentacloroetano	$CHCl_3CCl_3$	202.3	324
123	Diclorotrifluoroetano	$CHCl_2CF_3$	153	83.7
124	Monoclorotetrafluoroetano	$CHClFCF_3$	136.5	10.4

DATOS DE INGENIERIA

49

Nº	Nombre químico	Fórmula	Peso molecular	Punto de ebullición °C
124a	Monoclorotetrafluoroetano	CHF_2CClF_2	136.5	14
125	Pentafluoroetano	CHF_2CF_3	120	-55
133a	Monoclorotrifluoroetano	CH_3ClCF_3	118.5	43
140a	Tricloroetano	CH_3CCl_3	133.4	165
142b	Monoclorodifluoroetano	CH_3CClF_2	100.5	12.2
143a	Trifluoroetano	CH_3CF_3	84	-53.5
150a	Dicloroetano	CH_3CHCl_2	98.9	140
152a	Difluoroetano	CH_3CHF_2	66	-12.4
160	Cloruro de etilo	CH_3CH_2Cl	64.5	54
160	Etano †	CH_3CH_3	30	-127.5

170	Etano †	CH_3CH_3	30	-88.5
218	Octofluoropropano	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_3$	188	-36.4
290	Propano	$\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	44	-44.2
Compuestos orgánicos cíclicos				
C316	Diclorohexafluorociclo- butano	$\text{C}_4\text{Cl}_2\text{F}_6$	233	140
C317	Monocloroheptafluorociclo- butano	C_4ClF_7	216.5	77
C318	Octafluorociclobutano	C_4F_8	200	21.1
Azeotropos				
500	Refrigerante 12/152a	$\text{CCl}_2\text{F}_2/\text{CH}_3\text{CHF}_2$	99.29	-28
501	Refrigerante 22/12	$\text{CHClF}_2/\text{CCl}_2\text{F}_2$	93.1	-42
502	Refrigerante 23/15	$\text{CHClF}_2/\text{CClF}_2\text{CF}_3$	112	-50.1
503	Refrigerante 23/13	$\text{CHF}_3/\text{CClF}_3$	87.5	-126.1
504	Refrigerante 32/115	$\text{CH}_2\text{F}_2/\text{CCl}_2\text{CF}_3$	79.9	-11
Miscelánea de hidrocarburos				
600	Butano	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	58.1	31.3
601	Isobutano	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$	58.1	14
1150	Etileno †	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	28	-155
1270	Propileno †	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	42.1	-53.7
Compuestos oxigenados				
610	Eter etílico	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	74.1	94.3
611	Formato de metilo	HCOOCH_3	60	89.2

† El metano y el etano aparecen bajo la sección halocarburos pese a ser hidrocarburos, por lo que deberían aparecer en la misma sección que el etileno y el propileno.

(continúa)

50 MANUAL DE DATOS PARA INGENIERIA DE LOS ALIMENTOS

(continuación)

Nº	Nombre químico	Fórmula	Peso molecular	Punto de ebullición °C
Compuestos nitrogenados				
630	Metilamina	CH_3NH_2	31.1	20.3
631	Etilamina	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	45.1	61.8
Compuestos inorgánicos				

717	Amoniaco	NH ₃	17	-28
718	Agua	H ₂ O	18	212
729	Aire		29	-318
744	Dióxido de carbono	CO ₂	44	-109
744A	Oxido nitroso	N ₂ O	44	-127
764	Dióxido de azufre	SO ₂	64	14

Compuestos orgánicos insaturados

1112a	Diclorodifluoro- etileno	CCl=CF ₂	133	67
1113	Monoclorotrifluoro- etileno	CClF=CF ₂	116.5	-18.2
1114	Tetrafluoroetileno	CF ₂ =CF ₂	100	-105
1120	Tricloroetileno	CHCl=CCl ₂	131.4	187
1130	Dicloroetileno	CHCl=CHCl	96.9	118
1132a	Fluoruro de vinilideno	CH ₂ =CF ₂	64	-119
1140	Cloruro de vinilo	CH ₂ =CHCl	62.5	7
1141	Fluoruro de vinilo	CH ₂ =CHF	46	-98

DATOS DE INGENIERIA

2.11.2 Propiedades de las salmueras de cloruro sódico

Peso específico a 4 °C	Grados Baumé a 15,6 °C (60 °F)	Grados sa- lométricos a 15,6 °C (60 °F)	kg de sal por m ³	% de sal (en peso)	Punto de congela- ción		Calor específico kJ/kg °C
					°C	°F	
1.007	1	4	10.06	1	0	31.8	4.153
1.015	2	8	20.25	2	-1.7	29.3	4.119
1.023	3	12	30.66	3	-2	27.8	4.086
1.030	4	16	41.21	4	-3	26.6	4.052

1.037	5	20	51.86	5	-4	25.2	4.019
1.045	6	24	62.66	6	-4	23.9	3.960
1.053	7	28	73.92	7	-5	22.5	3.901
1.061	8	32	84.82	8	-6	21.2	3.847
1.068	9	36	96.08	9	-7	19.9	3.788
1.076	10	40	107.46	10	-7	18.7	3.734
1.091	12	48	138.03	12	-9	16.0	3.659
1.115	15	60	166.41	15	-11	12.2	3.579
1.155	20	80	230.99	20	-14	6.1	3.470
1.187	24	96	284.67	24	-17	1.2	3.328
1.196	25	100	298.11	25	-18	0.5	3.278
1.204	26	104	312.72	26	-17	1.1	3.227

2.11.3 Propiedades de las salmueras de cloruro cálcico

Grados Baumé a 15.6 °C	Grados salométricos a 15.6 °C	Peso específico a 15.6 °C	% de Cl ₂ Ca (en peso)	Punto de congelación °C	°F	Calor específico kJ/kg °C
0	0	1.000	0	0	32	4.1868
1	4	1.007	1	-0.6	31.1	4.145
2.1	8	1.015	2	-1	30.4	4.061

3.4	12	1.024	3	-1	29.5	4.019
4.5	16	1.032	4	-2	28.6	3.936
5.7	22	1.041	5	-2	27.7	3.894
6.8	26	1.049	6	-3	26.6	3.810
8	32	1.058	7	-4	25.5	3.768
9.1	36	1.067	8	-4	24.3	3.684
10.2	40	1.076	9	-5	22.8	3.643
11.4	44	1.085	10	-6	21.3	3.601
12.5	48	1.094	11	-7	19.7	3.517
13.5	52	1.103	12	-8	18.1	3.475
14.6	58	1.112	13	-9	16.3	3.433
15.6	62	1.121	14	-10	14.3	3.412
16.8	68	1.131	15	-11	12.2	3.329
17.8	72	1.140	16	-12	10	3.266
19	76	1.151	17	-13	7.5	3.224
20	80	1.160	18	-15	4.6	3.161
21	84	1.160	19	-17	1.7	3.098
22	88	1.179	20	-18	1.4	3.056
23	92	1.188	21	-21	-4.9	3.014
24	96	1.198	22	-23	-8.6	2.973
25	100	1.208	23	-24	-11.6	2.931
26	104	1.218	24	-27	-17.1	2.889
27	108	1.229	25	-30	-21.8	2.868
28	112	1.239	26	-33	-27	2.847
29	116	1.250	27	-36	-32.6	2.805
30	120	1.261	28	-39	-39.2	2.784
31	124	1.272	29	-43	-46.2	2.763
32	128	1.283	30	-48	-54.4	2.721

DATOS DE INGENIERIA

53

2.11.4 Comportamiento teórico de los halocarburos criogénicos (refrigerantes) funcionando a una temperatura de evaporación de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una temperatura de condensación de $37.7\text{ }^{\circ}\text{C}$

Propiedad	R11	R-12	R-13B1	R-21
Temperatura de sobrecalentamiento $^{\circ}\text{C}$	18.3	18.3	18.3	18.3
Presión en el evaporador absoluta bares	0.48	3.56	9.55	0.85

Presión en el evaporador, absoluta, bares	0.175	0.355	0.115	0.115
Presión en el condensador, absoluta, bares	1.62	9.08	21.72	2.76
Relación de compresión	3.34	2.55	2.27	3.25
Eficacia refrigerante neta kJ/kg	165.83	125.91	70.80	216.78
Refrigerante circulado kg/min	1.269	1.671	2.969	9.706
Volumen específico del vapor m ³ /kg	0.357	0.0516	0.0145	0.296
Volumen desplazado por el compresor m ³ /min	0.459	0.086	0.043	0.288
Temperatura de descarga °C	59.5	56.1	58.6	75

2.12 Datos de transferencia de calor

2.12.1 Coeficientes previstos de transferencia de calor

Proceso y condiciones del mismo

Coeficiente de transferencia
de calor W/m² K

Aire, circulación natural o quieto	
Aire, congelación	5-10
Aire, congelación relámpago	17-30
Congelador de placas	50-150
Congelación por inmersión en líquidos	550
Salmuera, circulante	55-85
Nitrógeno líquido, congelación	150-500
Aire o vapor sobrecalentados	25-300
Accite, circulación forzada	55-1500
Agua, convección forzada	280-1200
Agua hirviendo	$1.7-57 \times 10^3$
Vapor, condensación por goteo	$28.4-114 \times 10^3$
Vapor condensación en película	$5.7-17 \times 10^3$
Refrigeración por contacto a través de una superficie metálica (de leche a agua)	$1.1-2.3 \times 10^3$
Pasterizador de circulación por gravedad	990
Caldera abierta provista de camisa, con agitador	850
Caldera provista de camisa (en proceso de evaporación)	1.7×10^3
Caldera a vacío (en proceso de evaporación)	2.8×10^3
Pasteurizador relámpago	3.4×10^3

2.12.2 Valores típicos de factores de incrustación

Fluido

Coficiente $W/m^2 \text{ } ^\circ C$

Agua de río	3000-12000
Agua de mar	1000-3000
Agua de enfriamiento (torres)	3000-6000
Agua de suministro urbano (blanda)	3000-5000
Agua de suministro urbano (dura)	1000-2000
Condensado de vapor de agua	1500-5000
Vapor (exento de aceite)	4000-10000
Vapor (con trazas de aceite)	2000-5000
Salmuera refrigerada	3000-5000
Aire y gases industriales	5000-10000
Gases de combustión	2000-5000
Vapores orgánicos	5000
Líquidos orgánicos	5000
Hidrocarburos ligeros	5000
Hidrocarburos pesados	2000
Productos orgánicos hirviendo	2500
Condensado de productos orgánicos	5000
Fluidos utilizados para la transferencia de calor	5000
Disoluciones salinas acuosas	3000-5000

Nota: Estos valores para cambiadores de calor tubulares desprovistos de aletas proceden del «Chemical engineering», Vol 6, de J. M. Coulson y J. F. Richardson.

2.12.3 Propiedades de algunos líquidos utilizados para el intercambio calórico

Líquido	PE °C	Calor específico J/kg °C	Conductividad térmica W/m °C	Entalpía por encima de 0 °C	Intervalo °C
Agua	100	4.2×10^3	0.684	627.0	0-204
o-Diclorobenceno	-	2.3	0.111	500.7	0-260
Aceite mineral	-	2.3	0.116	314.0	10-299
Organosilicatos	>316	2.01	0.125	167.5	10-316
Difenilos clorados	>316	1.30	0.093	180.5	10-316
Difenilo/ Oxido de difenilo	260	2.20	0.132	578.4	20-370

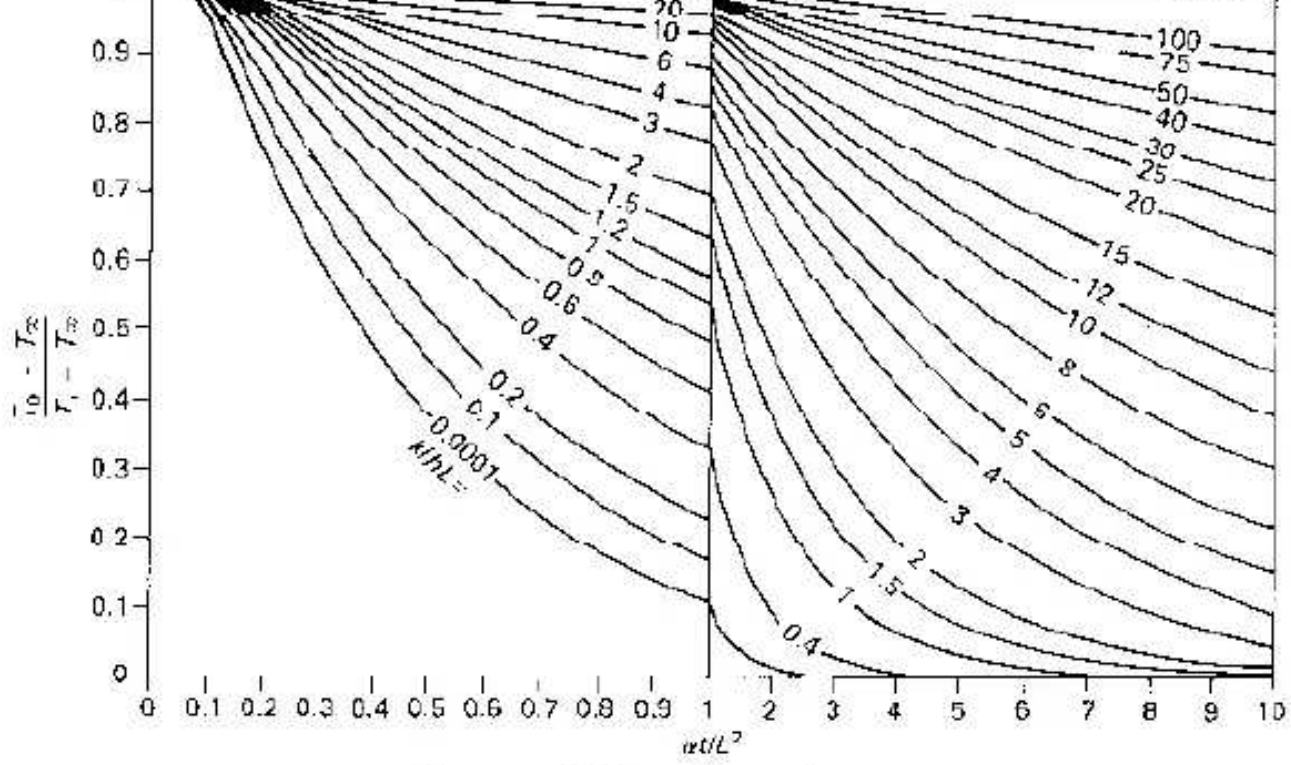


Diagrama de Heisler para una lámina infinita

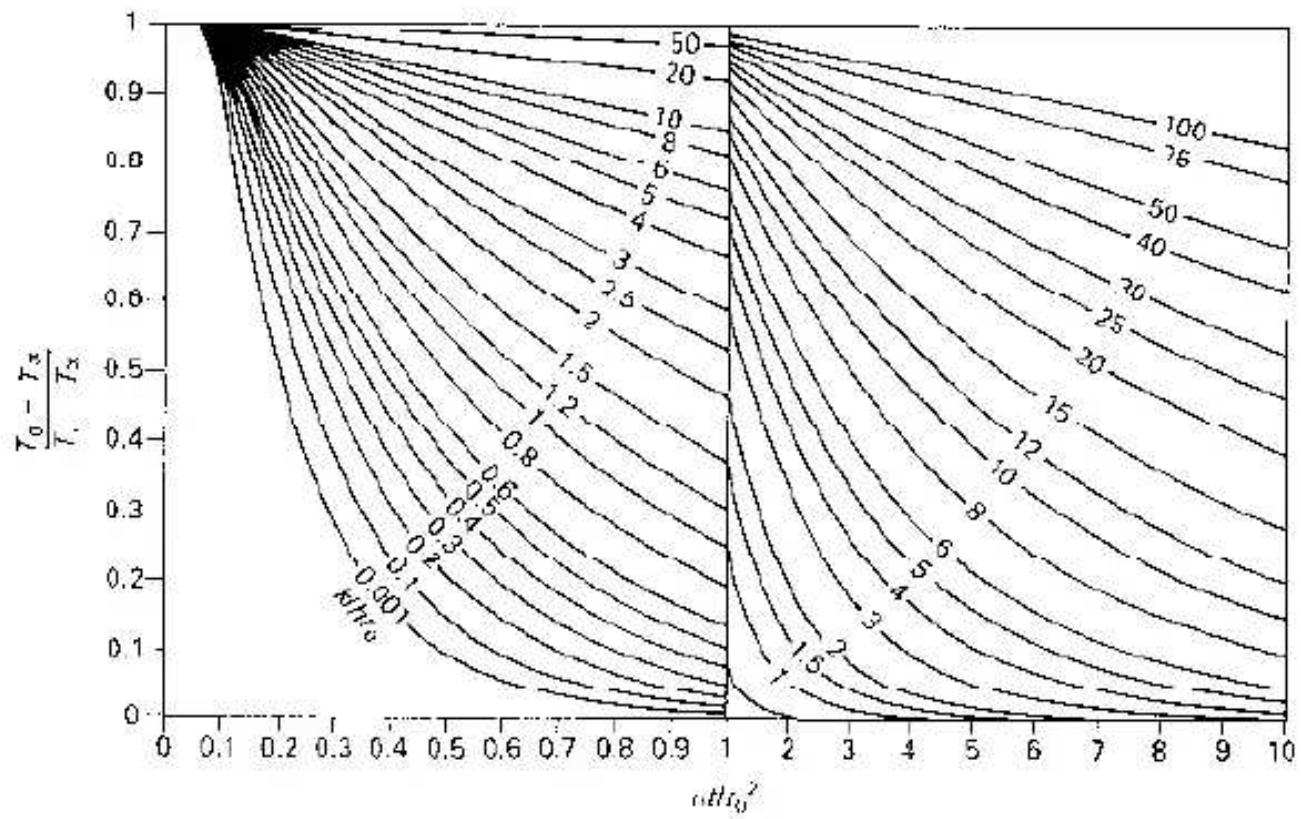
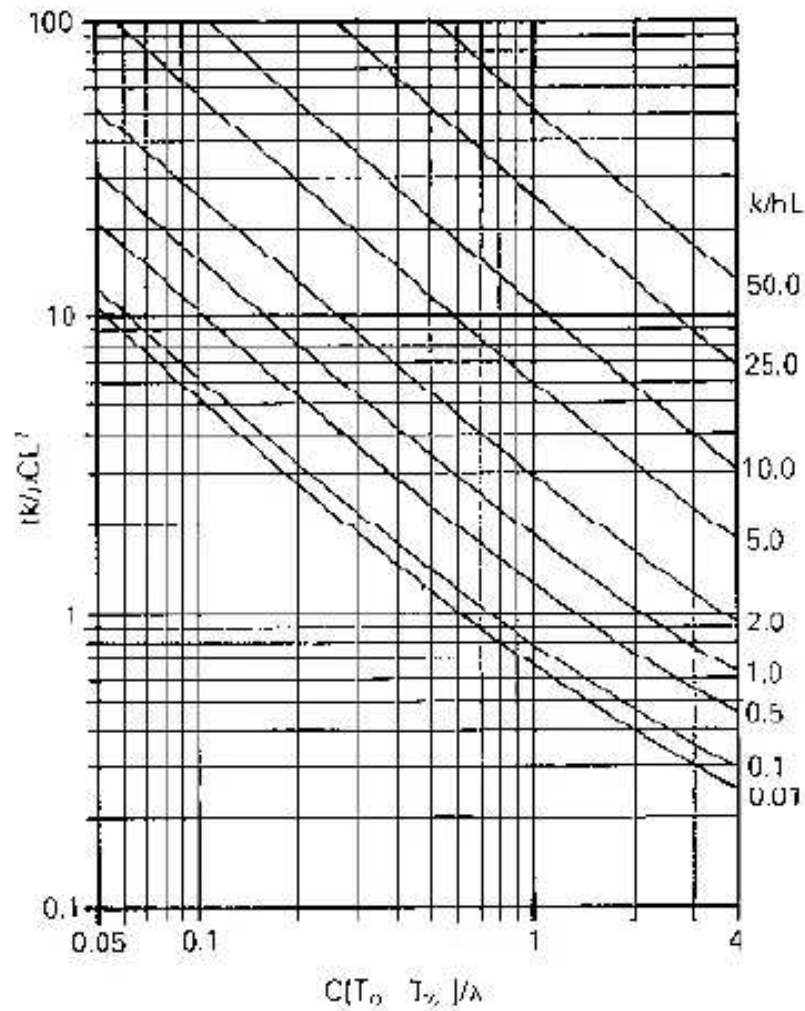
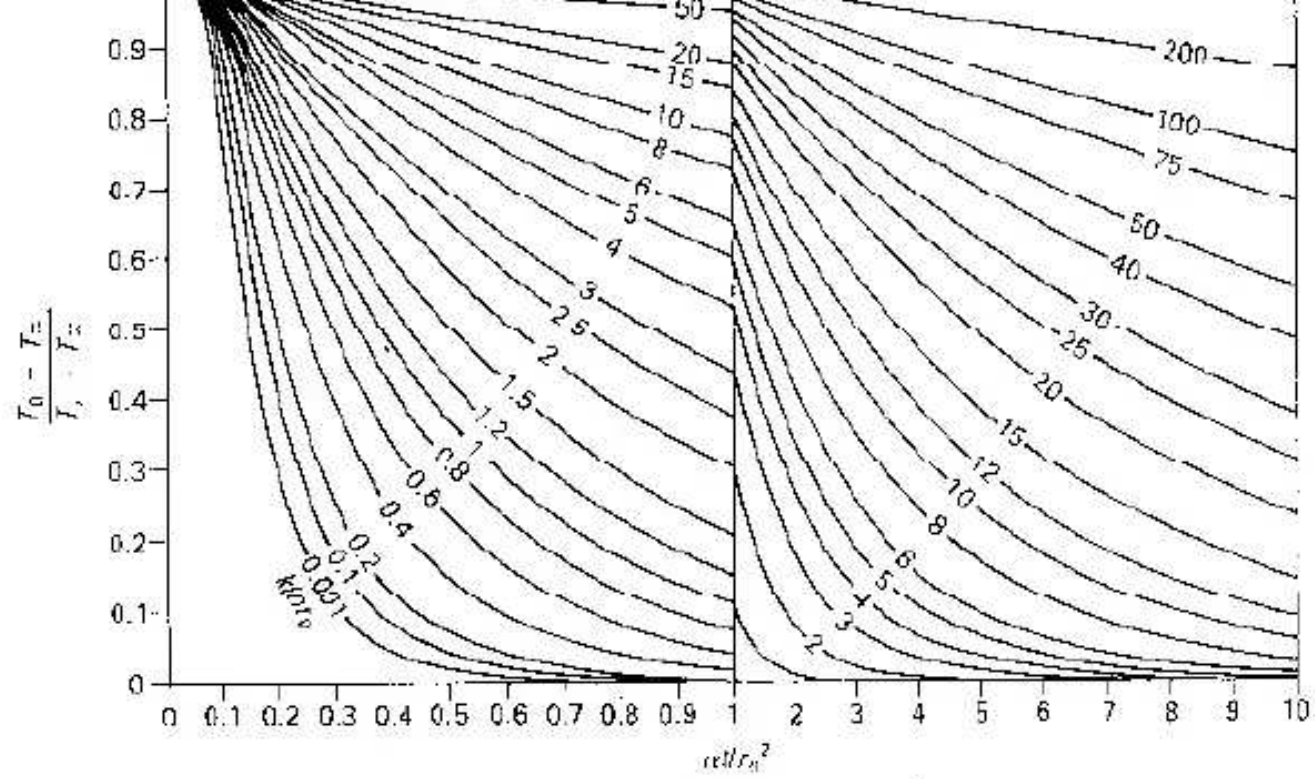
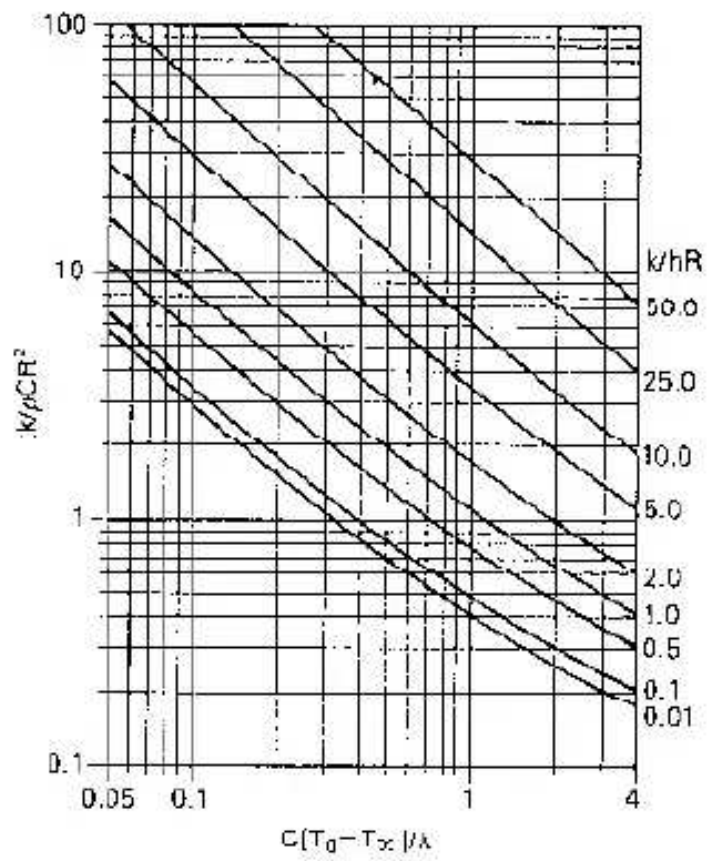
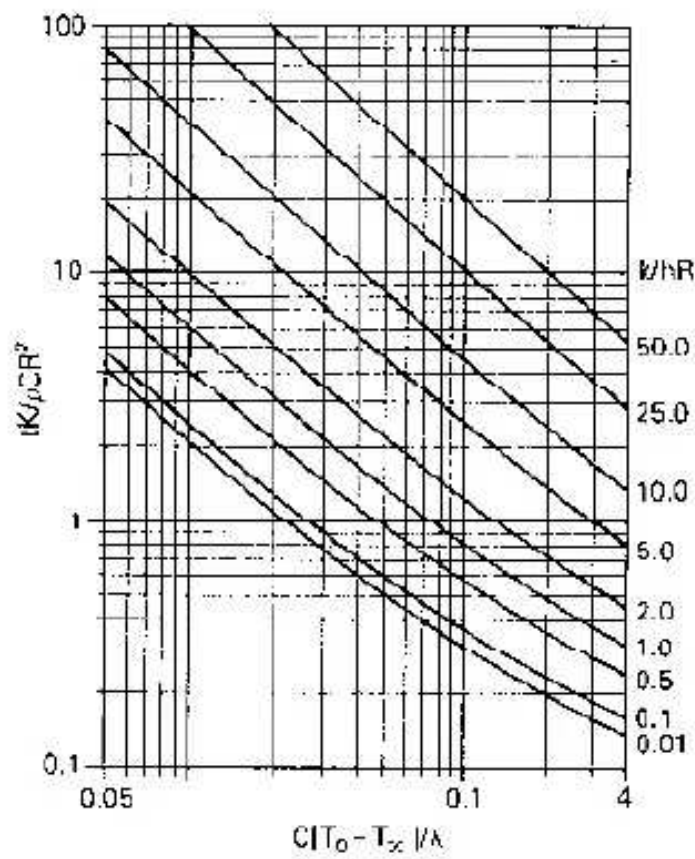


Diagrama de Heisler para un cilindro infinito





Congelación y descongelación de un cilindro infinito



Congelación y descongelación de una esfera

Temperatura		Cobre-Alumel	Hierro-Constantan	Cobre-Constantan
°C	°F	(Mv)	(Mv)	(Mv)
-129	-200	-4.29	-5.76	-4.111
-101	-150	-3.52	-4.68	-3.380
-73.3	-100	-2.65	-3.49	-2.559
-45.6	-50	-1.70	-2.22	-1.654
-40	-40	-1.50	-1.96	-1.463
-28.9	-20	-1.10	-1.43	-1.072
	0	-0.68	-0.89	-0.670
-6.67	20	-0.20	-0.34	-0.254
4.44	40	0.18	0.22	0.171
15.6	60	0.62	0.79	0.609
26.7	80	1.06	1.36	1.057
37.8	100	1.52	1.94	1.517
49	120	1.97	2.52	1.987
60	140	2.43	3.11	2.467
71	160	2.89	3.71	2.958
82	180	3.36	4.31	3.458
93	200	3.82	4.91	3.967
104	220	4.28	5.51	4.486
116	240	4.74	6.11	5.014
127	260	5.20	6.72	5.550
138	280	5.65	7.33	6.094
149	300	6.09	7.94	6.647
177	350	7.20	9.48	8.064
204	400	8.31	11.03	9.525
232	450	9.43	12.57	11.030
260	500	10.57	14.12	12.575
316	600	12.86	17.18	15.773
371	700	15.18	20.26	19.100

Zona	Bujías, mínimo permanente durante las horas de trabajo
Panaderías y reposterías	
Cervecerías	30
Sala de amasado	30
Sala de fermentación	30
Sala de pesado y volteado (panadería)	30
Sala de esponjamiento en moldes	30
Sala de horneado	30
Rellenos y otros ingredientes	30
Decoración y glaseado	
Manual	100
Mecánico	50
Sala de envoltura	30
Cervecerías	
Extracción y fermentación	30
Ebullición del mosto; lavado de barriles	30
Envasado (botellas, latas y barriles)	50
Confitería y repostería	
Departamento de empaquetado	50
Departamento de chocolate	
Desgranado, descascarillado, extracción de grasa, refinado etc.	50
Limpieza y clasificación de granos, engredado, envoltura	50
Molienda	100
Elaboración de crema (amasado, cocción y moldeado)	50
Elaboración de pastillas de goma y preparados gelificados	50
Decoración manual	100
Elaboración de caramelos duros y Toffee	
Mezcla cocción y moldeado	50
Troceado, selección y envoltura	100
Elaboración de conservas	
Clasificación inicial de la materia prima	100-200
Preparación, inspección inicial, troceado, deshuesado e inspección final	100-150

Zona	Bujías, mínimo permanente durante las horas de trabajo
Llenado automático	100
Llenado manual	50
Inspección	200
Etiquetado y embalaje	30
Planta auxiliar	
Salas de baterías, áreas de generadores de vapor, emplazamiento de bombas, salas de control, planta de aire acondicionado etc.	10-50
Industrias lácteas	
Procesado de leche líquida	
Inspección y lavado de botellas	30-50
Lavado de botes	30
Refrigeración	30
Llenado e inspección	100
Laboratorios	100
Pasteurizadores y centrífugas separadoras	30
Inspección	50-1000
Taller de reparaciones	50-1000
Molinería	
Molienda y tamizado	50
Envasado	30
Control de productos	100
Elevadores, pasillos, etc.	30
Industrias cárnicas	
Establos y salas de reposo	10-50
Sacrificio	30
Limpieza, despicado, picado, tratamiento térmico, envasado y empaquetado	100
Refinado de azúcar	
Selección	50
Inspección del color	200
Control	50-200

Datos adaptados de Hall *et al.* (1971).

2.16 Hidrogenación de aceites comestibles — Necesidades de hidrógeno

El índice de iodo indica la cantidad de iodo que reacciona con una grasa, en términos de tanto por ciento en peso. Por consiguiente, cuando se hidrogena un aceite la ganancia en peso como consecuencia de la fijación de hidrógeno es igual al índice de iodo dividido por 127. Para el control del proceso resulta conveniente conocer el volumen de hidrógeno seco necesario para reducir en una unidad el índice de iodo de una muestra del aceite en cuestión. La tabla que a continuación figura muestra las necesidades teóricas de hidrógeno y las que se dan en las plantas de endurecimiento, con factores de hidrogenación de 1,05 y 1,10 (pérdidas de hidrógeno del 5 y 10 % respectivamente).

Necesidades de hidrógeno para reducir en una unidad el índice de iodo

(para 1.000 kg de aceite)

Factor de hidrogenación	Necesidades de hidrógeno	
	0 °C, 760 mm Hg	15 °C, 760 mm Hg
1	0.8835 m ³	0.9319 m ³
1.05	0.9277 m ³	0.9785 m ³
1.1	0.9719 m ³	1.025 m ³

2.17 Selección de bombas y compresores

Transporte de gases

La elección del equipo a utilizar en el transporte de gases depende de la velocidad de flujo, el diferencial de presión y la presión de trabajo. Cuando la caída de presión es escasa (< 35 cm H₂O; 0,03 bares) se emplean ventiladores. Cuando las diferencias de presión son moderadas y las velocidades de flujo son altas se eligen compresores de flujo axial. Cuando las diferencias de presión o las velocidades de flujo son altas, se eligen compresores centrífugos. Los eyectores de vapor son bombas de vacío económicas y versátiles, de amplio uso en la industria alimentaria.

Transporte de líquidos

Condiciones normales de operación de las bombas

Tipo	Capacidad m ³ /h	Presión de cabeza m de agua
Centrífuga	0,25-10 ³	10-50
Alternativa	0,5-500	50-200
De diafragma	0,05-500	5-60
Rotatorias de engranajes y similares	0,05-500	60-200
Rotatorias con deflectores	0,25-500	7-70

Fuente de los datos: Coulson, Richardson y Sinnott. Equipment Selection, Specification and Design. Chemical Engineering.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ALIMENTOS

- 3.1 Compendio de datos sobre alimentos.
- 3.2 pH de los alimentos.
 - 3.2.1 pH de diversos alimentos.
 - 3.2.2 Valores típicos de pH de productos y materias primas de confitería y repostería.
 - 3.2.3 pH postmortem de los tejidos animales.
 - 3.2.4 Valores de pH de disoluciones patrón.
 - 3.2.5 Valores de pH de productos biológicos.
- 3.3 Contenido en agua de diversos alimentos.
 - 3.3.1 Contenido en agua de algunas hortalizas.
 - 3.3.2 Contenido en agua de las frutas.
 - 3.3.3 Contenido en agua de las frutas en haya
 - 3.3.4 Contenido en agua de los productos lácteos y ovoproductos.
 - 3.3.5 Contenido en agua de alimentos misceláneos.
 - 3.3.6 Contenido en agua de la carne.
 - 3.3.7 Humedad típica de los productos y materias primas de confitería y repostería.
- 3.4 Viscosidad de los alimentos líquidos.
 - 3.4.1 Variación de la viscosidad del agua con la temperatura.
 - 3.4.2 Densidad y viscosidad de disoluciones acuosas.
 - 3.4.3 Densidad y viscosidad de la leche y de la nata.
 - 3.4.4 Densidad y viscosidad de líquidos misceláneos de interés en la industria alimentaria.
 - 3.4.5 Viscosidad y composición de distintos tipos de jarabes de glucosa.
- 3.5 Punto de ebullición de las disoluciones de sacarosa (azúcar de caña y de remolacha).
 - 3.5.1 Relación entre punto de ebullición y concentración.
 - 3.5.2 Influencia del vacío sobre el punto de ebullición.
- 3.6 Datos reológicos de los alimentos.

- 3.7 Densidad de distintos productos sólidos.
 - 3.7.1 Densidad a granel aproximada y contenido en agua de diversos productos en polvo.
 - 3.7.2 Densidad de producto sólido de alimentos e ingredientes particulados.
- 3.8 Características físicas de alimentos en polvo.
 - 3.8.1 Análisis por tamizado típico del azúcar granulado.
 - 3.8.2 Tamaños de partícula típicos de las mezclas para cakes.
 - 3.8.3 Análisis por tamizado típico de una mezcla sazonadora.
 - 3.8.4 Evaluación de las propiedades de flujo de los alimentos en polvo.
- 3.9 Resistencia y propiedades mecánicas de los alimentos.
 - 3.9.1 Dureza de partícula.
 - 3.9.2 Determinación de la cohesión de un producto en polvo.
 - 3.9.3 Determinación de las propiedades mecánicas de los alimentos.
- 3.10 Propiedades físicas y químicas de grasas aceites y productos lácteos.
 - 3.10.1 Composición y características analíticas de los productos grasos de los Estados Unidos.
 - 3.10.2 Composición en ácidos grasos de las grasas y aceites más comunes.
 - 3.10.3 Compendio de las propiedades físicas y químicas de grasas y aceites.
 - 3.10.4 Viscosidad grasas y aceites.
 - 3.10.5 Punto de solidificación de las grasas y aceites más comunes.
 - 3.10.6 Punto de humo de inflamabilidad y de ignición de grasas y aceites.
 - 3.10.7 Composición de la mantequilla y productos similares.
 - 3.10.8 Formulación de mezclas de grasas típicas de las margarinas.
 - 3.10.9 Composición y propiedades físicas de la leche.
 - 3.10.10 Composición de los productos lácteos.
- 3.11 Datos dilatométricos, de contenido en sólidos y de análisis por RMN de grasas y aceites.
- 3.12 Densidad y peso específico de las disoluciones acuosas.
- 3.13 Datos de disoluciones tampón.
- 3.14 Datos psicrométricos de los alimentos, incluyendo diagramas, tablas de actividad de agua y datos de ERH.
 - 3.14.1 Diagrama psicrométrico — Temperaturas normales.
 - 3.14.2 Diagrama psicrométrico — Temperaturas elevadas.
 - 3.14.3 Tablas de depresión de la temperatura en el bulbo húmedo.
 - 3.14.4 Tabla de actividad de agua.
 - 3.14.5 Tabla de disoluciones de humedad constante.
 - 3.14.6 Clasificación de los tipos comunes de deshidratadores.
 - 3.14.7 Relaciones entre el contenido en agua y el peso en un proceso de deshidratación o secado.

3.1 Compendio de datos sobre alimentos

Tipo de alimento	% en agua	pH	Punto de congelación °C	Calor específico kJ/kg °C		Calor latente kJ/kg	Conductividad térmica W/m °C
				A*	B*		
Frutas							
Manzana	80-84	3.0-3.3	-2	3.60	1.88	280	0.39-0.42
Plátano	75-76	-	-2	3.35	1.76	255	-
Pomelo	89	-	-2	3.81	1.93	293	0.40-0.45
Naranja	87	3.2-3.8	-2	3.77	1.93	288	0.43
Melocotón	87	3.4-3.6	-2	3.78	1.93	289	0.35-0.45
Piña	85	-	-2	3.68	1.88	285	0.35-0.45
Sandía	92	-	-2	4.06	2.01	306	0.56-0.63
Hortalizas							
Espárragos	93	5.6-5.7	-1	3.93	2.01	310	-
Judías verdes	89	-	-1	3.81	1.97	297	0.39-0.92
Repollo	92	5.1-5.3	-1	3.93	1.97	306	-
Zanahoria	88	-	-1	3.60	1.88	293	0.62-0.67
Maíz	76	6.3-6.5	-1	3.35	1.80	251	0.14-0.18
Guisantes	74	6.1-6.3	-1	3.31	1.76	247	0.32-0.48
Patatas	80	5.4-5.8	-2	3.39	1.74	258	0.55
Tomates	95	-	-1	3.98	2.01	310	0.40-0.66
Carnes							
Bacon	20	-	-	2.09	1.26	71	-
Vacuno	75-79	5.5-6.5	-2	3.22	1.67	255	0.43-0.48
Pescado	70	6.0	-2	3.18	1.67	276	0.56
Cordero	70-80	-	-2	3.18	1.67	276	0.42-0.45
Cerdo	60-76	-	-2	3.18	1.67	276	0.44-1.3
Aves	69-75	6.4-6.6	-2	-	-	-	0.41-0.52
Ternera	63	-	-2	2.97	1.67	209	0.44-0.49
Misceláneos							
Cerveza	92	4.1-4.3	-2	4.19	2.01	301	0.52-0.64
Pan	32-37	-	-2	2.93	1.42	109-121	-
Mantequilla	15-16	-	-	1.4-2.7	1.2	53.5	0.197
Cereales	12-14	-	-	1.5-1.9	1.2	-	0.13-0.18
Queso	30-38	4.0-6.5	-2	1.94	1.24	-	-
Chocolate	55	-	-1	1.26	2.30	93	-
Nata, 40 % de grasa	73	-	-2	3.52	1.65	-	0.33
Huevos	49	-	-3	3.2	1.67	276	0.34-0.62
Helados	58-66	-	-3, -18	3.3	1.88	222	-
Leche	87.5	6.5-6.7	-1	3.9	2.05	289	0.53
Zumo de naranja	89	3.9	-	-	-	-	0.48-0.68
Uvas pasas	24.5	3.6-4.2	-	1.94	-	-	0.55
Salchichas	65	-	-3	3.68	2.32	216	0.38-0.43
Salmón	64	6.2-6.4	-3	2.97	1.84	-	0.50-1.3

* A = por encima del punto de congelación; B = por debajo del punto de congelación.

3.2 pH de los alimentos

3.2.1 pH de diversos alimentos

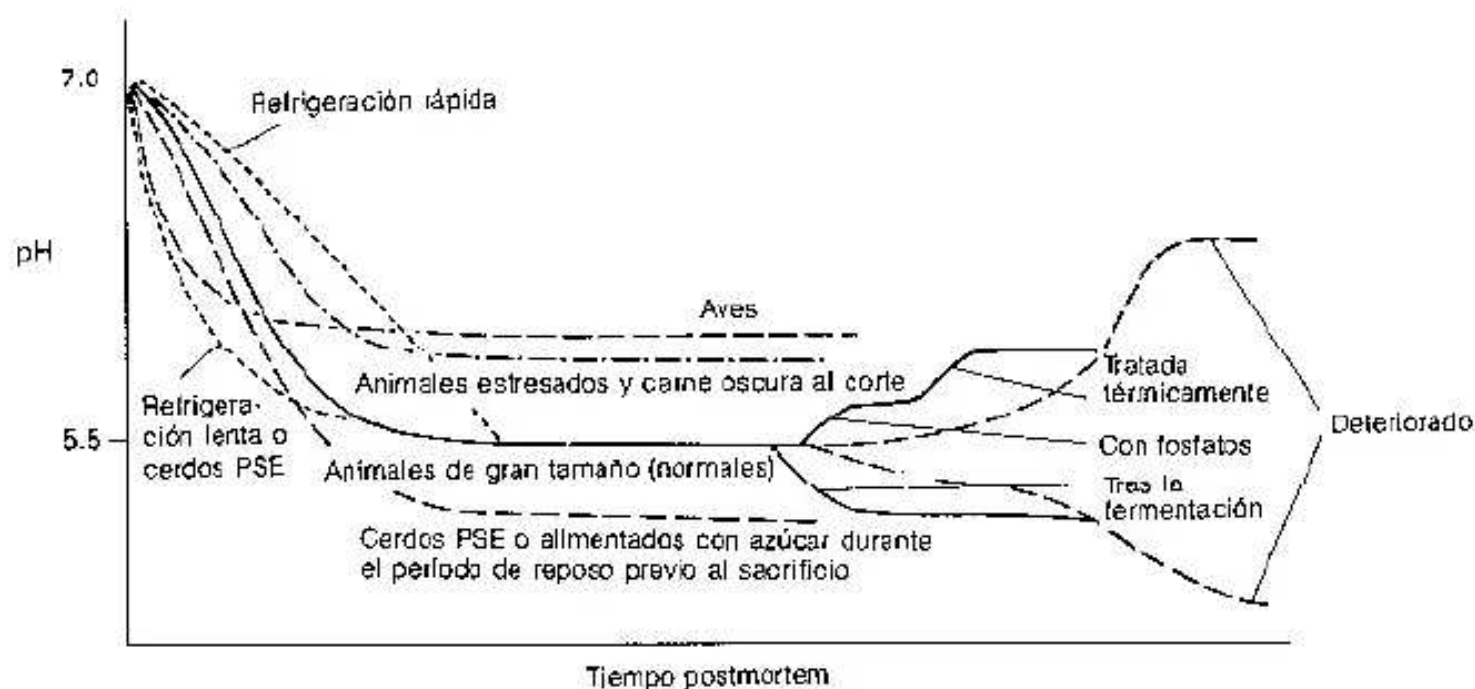
Alimento	pH	Alimento	pH
Límones	2.3-2.6	Queso (Port Salut)	5.2-5.5
Vinagre	2.4-2.8	Sopas	5.3
Vino	2.8-3.2	Patatas	5.4-5.8
Ciruelas, grosellas	2.9-3.2	Espárragos	5.5
Olivas	3.1	Alubias con carne de cerdo	5.5
Pepinos	3.1	Carnes	5.5-6.5
Manzanas	3.0-3.3	Espinacas	5.5-5.6
Escabeches	3.0-3.3	Coliflor	5.6-5.7
«Apple butter» *	3.3	Queso duro	5.6-6.2
Pomelo	3.4	Judías verdes	5.7
Compota de manzana	3.8	Salchichas Frankfurt	5.8
Zumo de piña	3.5	Pescado	6.0
Col ácida	3.5-4.0	Jamón	6.1
Naranjas	3.2-3.8	Guisantes	6.1-6.4
Fresas	3.3-3.4	Sardinias	6.1-6.4
Melocotones	3.4-3.6	Salmón	6.2-6.4
Cerezas	3.4-4.0	Ostras	6.2-6.5
Uvas pasas	3.6-4.2	Corn beef	6.3
Albaricoques	3.7-3.8	Judías verdes (lima)	6.4
Zumo de naranja	3.9	Maíz a la nata	6.3-6.5
Yogurt/queso fresco	4.0-4.5	Carne de ave	6.4-6.6
Cerveza	4.1-4.3	Setas	6.4
Calabacín	4.2	Leche	6.5-6.7
Zumo de ciruelas	3.9	Legumbres (escaldado alcalino)	6.5-7.5
Zumo de tomate	4.3	Gambas	6.8-7.0
Queso	4.8	Maíz	6.9
Nabo/coles	5.1-5.3	Pollo	7.3
Alubias de riñón	5.2-5.4	Crackers sodadas	7.5

* Un tipo de mermelada de manzana.

3.2.2 Valores típicos de pH de productos y materias primas de confitería y repostería

Producto	pH	Producto	pH
Caramelos duros (ácidos)	2.2	Gelatina (tratamiento alcalino)	5.1
Pulpa de manzana	2.5	Jarabe de glucosa	5.2
Acido láctico (tamponado)	3.0	Geles de alginato	5.3
Gel de pectina	3.1	Mazapán	6.0
Miel (según el origen)	3.4-6.0	Nata	6.2
Jaleas	3.8	Cacao	6.3
Pulpa de piña	3.8	Leche evaporada	6.4
Lactosa	3.9	Azúcares líquidos	6.4
Cremas	4.2	Manteca de cacao	6.6
Gelatina (tratamiento ácido)	4.2	Leche en polvo	6.6
Geles de gelatina	4.4	Mantequilla	6.6
Fondán	4.4	Agua pura desionizada (neutra)	7.0
Albúmina de huevo	4.7	Alginato sódico (alcalino)	7.7
Goma de adracanto	5.0		

3.2.3 pH postmortem de los tejidos animales



De: Ockerman H. W. — Chemistry of Muscle and Major Organs.
 En Libby, J. A. (Ed) — Meat Hygiene.
 Lea & Febiger. Philadelphia. 1975.

3.2.4 Valores de pH de disoluciones patrón

Normalidad	Valores de pH			
	HCl	CH ₃ COOH	NaOH	NH ₃
1	0.10	2.37	14.05	11.77
0.1	1.07	2.87	13.07	11.27
0.01	2.02	3.37	12.12	10.77
0.001	3.01	3.87	11.13	10.27
0.0001	4.01			

3.2.5 Valores de pH de productos biológicos

Producto	pH	Producto	pH
Sangre (límites normales)	7.3-7.5	Jugo gástrico (adultos)	0.9-1.6
Sangre (límites extremos)	7.0-7.8	Leche de vaca, límites	6.2-7.3
Rango de actividad enzimática:		Leche humana	7.0-7.2
Amilopsina, óptimo	7.0	Jugo muscular	6.8
Erepsina, óptimo	7.8	Vegetales (jugos extraídos)	
Invertasa, óptimo	5.5	Alfalfa	5.9
Lipasa, pancreática	7.0-8.0	Zanahoria	5.2
Maltasa, óptimo	6.1-6.8	Pepino	5.1
Pepsina, óptimo	1.5-2.4	Guisantes, en el campo	6.8
Tripsina, óptimo	8-9	Patata	6.1
Zumos de fruta		Ruibarbo (tallos)	3.4
Manzana	3.8	Indias verdes (string)	5.2
Plátano	4.6	Saliva	6.2-7.6
Pomelo	3.0-3.3	Sudor	4.5-7.1
Naranja	3.1-4.1	Lágrimas	7.2
Tomate	4.2	Orina humana, límites	4.2-8.2

3.3 Contenido en agua de diversos alimentos

3.3.1 Contenido en agua de algunas hortalizas

Producto	Contenido en agua %	Producto	Contenido en agua %
Alcachofas		Puerros (verdes)	88.2-92.0
Globe	83.7	Lentejas	12.0
de Jerusalén	79.5	Lechuga	94.8
Espárragos	93.0	Setas (frescas)	90.1-91.1
Aguacates	65.4	Setas (secas)	30.0
Judías		Okra	89.8
Secas	12.5	Cebolla	87.5
Verdes		Perejil	65.0-95.0
Francesas	90.0	Chirivía	78.6
Comunes (snap)	88.9-90.0	Guisantes (secos)	9.5
Lima	65.5-66.5	Guisantes (verdes)	74.4-76.0
Comunes (string)	88.9	Guisantes (secados al aire)	14.0
Remolachas (descabezadas)	87.6	Pimiento (dulce)	92.4
Brocoli con brotes	89.9	Guindilla seca	12.0
Coles de Bruselas	84.9	Palomitas de maíz (sin inflar)	13.5
Repollo (tardío)	92.4	Patatas	75.0
Repollo (blanco, fresco)	90.0-92.0	Boniatos	68.5
Zanahorias		Calabacín	90.5
Frescas	86.0-90.0	Rábanos (primavera)	93.6
Hervidas	92.0	Rutabagas	89.1
Coliflor	91.7	Acedera	92.0
Apionabo	88.3	Salsifi	79.1
Apio	93.7	Espinaca	85.0-92.7
Maíz (dulce)	73.9	Calabaza	88.6-95.0
Maíz (verde)	75.5	Tomate	
Maíz (seco)	10.5	(verde-maduro)	85.0-94.7
Pepinos	96.1-97.0	Tomate (maduro)	94.1
Berenjenas	92.7	Nabo	90.9
Endivias	93.3		
Ajos (secos)	74.2		
Col rizada	86.6		
Colinabo	90.0		

3.3.2 Contenido en agua de las frutas

Producto	Contenido en agua %	Producto	Contenido en agua %
Manzana	75.0-85.0	Naranja	87.2
Albaricoque	85.4	Papaya	90.8
Plátano	74.8	Melocotón	86.0-90.0
Dátiles (secos)	20.0	Pera	82.7
Dátiles (frescos)	78.0	Caqui	78.2
Higos (pasos)	24.0	Piña	85.3
Higos (frescos)	78.0	Ciruela	81.0-85.7
Pomelo	88.8	Ciruelas pasas	28.0-35.0
Limón	89.3	Granada	85.3
Lima	86.0	Membrillo	85.3
Mango	81.4	Tangerinas	87.3
Melón	92.1-92.7		
Nectarina	82.9		

3.3.3 Contenido en agua de las frutas en baya

Producto	Contenido en agua %	Producto	Contenido en agua %
Zarzamora (tipo erecto)	84.8	Uvas (USA)	81.9
Vacinio	82.3	Uvas (Europa)	81.6
Cercza	83.0	Frambuesa norteamericana	82.9
Arándano	87.4	Frambuesa (negra)	80.6
Grosella	87.4	Frambuesa (roja)	84.1
Zarzamora rastrera	87.4	Fresa (fresca)	89.9-91.0
Uvaespina	88.9	Fresa (congelada)	72.0

3.3.4 Contenido en agua de los productos lácteos y ovoproductos

Producto	Contenido en agua %	Producto	Contenido en agua %
----------	---------------------	----------	---------------------

Clara de huevo (fermentada)	3.0-15.0	Huevo en polvo (entero)	5.0
Clara de huevo (deshidratada)	6.0	Huevo, yema en polvo	3.0
Mantequilla	15.0-16.0	Huevo (congelado)	73.0
Queso (magro)	50.0	Huevo (con cáscara)	67.0-76.0
Queso	30.0-38.0	Helados	58.0-66.0
Nata (ácida)	57.0-73.0	Leche en polvo	12.5
Nata (edulcorada)	75.0	Leche desnatada	91.0
Crema de queso	80.0	Leche entera	87.5

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS ALIMENTOS

73

3.3.5 Contenido en agua de alimentos misceláneos

Producto	Contenido en agua %	Producto	Contenido en agua %
Pan (blanco)	44.0-45.0	Nueces (secas)	3.0-10.0
Pan (integral)	48.5	Nueces (enteras)	3.0-6.0
Harina	12.0-13.5	Oleomargarina	15.5
Granos	15.0-20.0	Olivas frescas	75.2
Macarrones	13.0	Uvas pasas	24.5
Azúcar de arce	5.0	Arroz	10.5-13.5
Jarabe de arce	36.0	Levadura	70.9

3.3.6 Contenido en agua de la carne

Producto	Contenido en agua %	Producto	Contenido en agua %
Bacon	13.0-39.0	Cordero (fresco)	60.0-70.0
Vacuno (fresco)	62.0-67.0	Ovino adulto	90.0
Vacuno (graso)	50.0	Cerdo (fresco)	35.0-42.0
Vacuno (magro)	70.0-76.0	Cerdo (fresco, graso)	39.0
Vacuno (deshidratado)	5.0-15.0	Cerdo (fresco, magro)	57.0
Jamón (pernil fresco)	47.0-54.0	Cerdo (ahumado)	57.0
Jamón curado	40.0-45.0	Salchichas (frescas)	65.0

3.3.7 Humedad típica de los productos y materias primas de confitería y repostería*Productos de confitería y repostería*

Producto	Humedad %	Producto	Humedad %
Caramelos duros (alta)	2.0	Geles de gelatina	22.0
Butterscotch (dulce de azúcar con mantequilla)	3.5	Geles de pectina	22.0
Frutas confitadas	20.0	Geles de mesa	25.0
Caramelos	8.0	Pasta de regaliz	18.0
Chocolates	1.0	Tosanges	2.5
Cremas	14.0	Marshmallow moldeada	18.0
Pasta de crema	6.0	Marshmallow en grano	12.0
Fondan	12.0	Turrón	8.0
Fudge*	7.0	Tabletas	1.0
Geles de agar	24.0	Delicias turcas (rahat)	20.0

* Caramelo blando granulado.

Materias primas

Ingrediente	Humedad %	Ingrediente	Humedad %
Agar	16.0	EG* alto	18.0
Bloque de jugo de regaliz	18.7	Rico en maltosa	16.7
Azúcar sin refinar	2.9	De conversión enzimática	16.7
Mantequilla	13.8	Jarabe dorado	16.7
Peladuras confitadas	20.0	Azúcar granulado	0.01
Chocolate	1.0	Goma arábiga	9.9
Chocolate desmenuzado	1.0	Goma de adracanto	9.9
Acido cítrico hidratado	8.3	Miel	18.0
Leche condensada	27.0	Azúcar para glasear	0.01
Harina de maíz	12.3	Azúcar invertido	28.0

Dátiles	24.8	Lactosa	0.1
Glucosa, hidrato	9.1	Leche en polvo	22.9
Pulpa de fruta	39.8	Nueces	2.0
Gelatina	12.3	Sorbitol	30.0
Jarabe de glucosa		Harina de soja	7.4
EG* bajo	19.4	Almidón	10.7
EG* medio	18.7	Harina de trigo	13.8

* EG - Equivalente en glucosa.

3.4 Viscosidad de los alimentos líquidos

3.4.1 Variación de la viscosidad del agua con la temperatura

Temperatura °C	Viscosidad centipoises	Temperatura °C	Viscosidad centipoises
0	1.7921	51	0.5404
1	1.7313	52	0.5315
2	1.6728	53	0.5229
3	1.6191	54	0.5146
4	1.5674	55	0.5064
5	1.5188	56	0.4985
6	1.4728	57	0.4907
7	1.4284	58	0.4832
8	1.3860	59	0.4759
9	1.3462	60	0.4688
10	1.3077	61	0.4618
11	1.2713	62	0.4550
12	1.2363	63	0.4483
13	1.2028	64	0.4418
14	1.1709	65	0.4355
15	1.1404	66	0.4293
16	1.1111	67	0.4233
17	1.0828	68	0.4174
18	1.0559	69	0.4117
19	1.0299	70	0.4061
20	1.0050	71	0.4006
20	1.0000	72	0.3952
21	0.9810	73	0.3900
22	0.9579	74	0.3849
23	0.9358	75	0.3799
24	0.9142	76	0.3750
25	0.8937	77	0.3702
26	0.8737	78	0.3655
27	0.8545	79	0.3610
28	0.8360	80	0.3565

28	0.8500	80	0.3585
29	0.8180	81	0.3521
30	0.8007	82	0.3478
31	0.7840	83	0.3436
32	0.7679	84	0.3395
33	0.7523	85	0.3355
34	0.7371	86	0.3315
35	0.7225	87	0.3276
36	0.7085	88	0.3239
37	0.6947	89	0.3202
38	0.6814	90	0.3165
39	0.6685	91	0.3130
40	0.6560	92	0.3095
41	0.6439	93	0.3060
42	0.6321	94	0.3027
43	0.6207	95	0.2994
44	0.6097	96	0.2962

3.4.2 Densidad y viscosidad de disoluciones acuosas

Producto	Concentración %	Temp. °C	Densidad kg/m ³	Viscosidad Ns/m ² × 10 ³
Acido acético	-	20	1050	1.2
Cloruro cálcico	24	-23	1238	12.5
	25	0	-	4.55
	25	20	-	2.4
	25	40	-	1.28
	25	60	-	0.72
Cloruro sódico	22	2	1240	2.7
	22	0	1190	6.1
Sacarosa	20	20	1070	1.92
	20	80	-	0.59
	60	20	-	60.2
	60	80	-	5.4
	60	95	-	3.7
Acido sulfúrico	-	20	1830	25.0

3.4.3 Densidad y viscosidad de la leche y de la nata

Producto	Concentración	Temp.	Densidad	Viscosidad
----------	---------------	-------	----------	------------

	%	°C	kg/m ³	Ns/m ² × 10 ³
Leche entera	-	20	1030	2.12
	-	0	1035	4.28
	-	20	1030	2.12
	-	70	1012	0.7
Leche desnatada	-	25	1040	1.4
Nata	20 % de grasa	3	1010	6.2
	30 % de grasa	3	1000	13.8

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS ALIMENTOS

77

3.4.4 Densidad y viscosidad de líquidos misceláneos de interés en la industria alimentaria

Producto	Temperatura °C	Densidad kg/m ³	Viscosidad Ns/m ² × 10 ³
Amoníaco	-15	660	0.25
	27	600	0.21
Cerveza	0	1000	1.3
Aceite de ricino	10	969	2420
	20		986
	40		231
Etanol	20	790	1.2
Freón 12	-15	1440	0.33
	27	1300	0.26
Miel	25	1400	6000
Alcohol metílico	0	810	0.813
	20		0.591
Melazas	21	1430	6600
	37.8	1380	1872
	49	1310	920
	66	1160	374

3.4.5 Viscosidad y composición de diversos tipos de jarabes de glucosa

Tipo	Equivalente en glucosa					Rico en maltosa
	bajo	bajo	moderado	intermedio	alto	
Grados Baumé	41.2	43.2	43.2	43.2	43.2	43.2
Sólidos totales %	75.97	80.67	80.67	81.55	82.03	80.67
Equivalente en glucosa %	26	38	42	55	64	42
Cenizas	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Monosacáridos %	8.0	15.0	19.3	30.8	37.0	5.9
Disacáridos (maltosa)	7.5	12.5	14.3	18.1	31.5	44.4
Trisacáridos	7.5	11.0	11.8	13.2	11.0	12.7
Tetrasacáridos	7.0	9.0	10.0	9.5	5.0	3.3
Pentasacáridos	6.5	8.0	8.4	7.2	4.0	1.3
Hexasacáridos	5.0	7.0	6.6	5.1	3.0	1.5
Heptasacáridos	4.5	5.0	5.6	4.2	2.0	1.0
Octasacáridos y otros azúcares de peso molecular alto	54.0	32.5	24.0	11.9	6.9	29.4
Viscosidad, centipoises a 16 °C × 10 ⁶	5.0	3.6	3.4	2.2	1.3	3.4
Obtención	conv. ácida	conv. ácida	conv. ácida	conv. ácida y enzimática	conv. enzimática	conv. enzimática

3.5 Punto de ebullición de las disoluciones de sacarosa (azúcar de caña y de remolacha)

3.5.1 Relación entre punto de ebullición y concentración

Concentración de sacarosa %	Punto de ebullición	
	°C	°F
40	101.4	214.5
50	102	215.5
60	103	217.5
70	105.5	222
75	108	227
80	111	232
85	116	241
90	122	252
95	130	266

3.5.2 Influencia del vacío sobre el punto de ebullición

Solidos totales %	Punto de ebullición en caldera abierta		Ebullición al vacío		
	°C	°F	°C	°F	Bares

96	143.4	290	129.5	265	0.176
97	150	302	135	275	0.190
98	160.1	320	140.6	285	0.197

3.6 Datos reológicos de los alimentos

Producto	Temp. °C	Concen- tración, sólidos totales %	Consisten- cia Pa s ⁿ	Índice de compor- tamiento de flujo (n)	Método	Referen- cia bibli- ográfica
Zumo de manzana	27	20° Brix	0.0021	1.0	Tubo cap	1
Zumo de manzana	27	60° Brix	0.03	1.0	Tubo cap	1
Compota de manz.	24	Desc	0.66	0.408	Tubo cap	2
Compota de manz.	25	31.7	22.0	0.4	Cil coax	3
Compota de manz.	27	11.6	12.7	0.28	Tubo cap	1
Conc de albaricoque	25	26	67.0	0.3	Cil coax	3
Puré de albaricoque	21	17.7	5.4	0.29	Cil coax	4
Puré de albaricoque	25	19	20.0	0.3	Cil coax	4

Puré de albaricoque	27	13.8	7.7	0.41	Tubo cap	1
Puré de plátano	20	Desc	6.89	0.46	Tubo cap	2
Puré de plátano	24	Desc	10.7	0.333	Tubo cap	2
Puré de plátano	42	Desc	5.26	0.486	Tubo cap	2
Puré de plátano	49	Desc	4.15	0.478	Tubo cap	2
Jarabe de maíz	27	48.4	0.053	1.0	Cil coax	4
Nata (20 % de grasa)	3		0.0062	1.0	Desc	5
Nata (30 % de grasa)	3		0.0138	1.0	Desc	5
Mosto	27	20° Brix	0.0025	1.0	Tubo cap	1
Mosto	27	60° Brix	0.11	1.0	Tubo cap	1
Miel	24	Normal	5.6-6.2	1.0	Tubo cap	2
Aceite de oliva	20	Normal	0.084	1.0	Desc	5
Puré de melocotón	27	10.0	0.94-4.5	.34-.44	Cil coax	6
Puré de pera	27	14.6	5.3	0.38	Tubo cap	1

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DE LOS ALIMENTOS

81

Producto	Temp. °C	Concen- tración, sólidos totales %	Consisten- cia Pa s ⁿ	Indice de compor- tamiento de flujo (n)	Método	Referen- cia bibli- ográfica
Puré de pera	27	15.2	4.25	0.35	Cil coax	4
Puré de pera	32	18.31	2.25	0.486	Cil coax	6
Puré de pera	32	45.75	35.5	0.479	Cil coax	6
Leche desnatada	25	Normal	0.0014	1.0	Desc	5
Aceite de soja	30	Normal	0.04	1.0	Desc	5
Conc de tomate	32	5.8	0.223	0.59	Cil coax	7
Conc de tomate	32	30	18.7	0.4	Cil coax	7

Nota: Tubo cap = Tubo capilar, Cil coax = Cilindro coaxial, Desc = Desconocido, Conc = Concentrado.

Referencias bibliográficas

- 1 Saravacos 1968
- 2 Charm 1970
- 3 Watson 1968
- 4 Harper 1960
- 5 Mohsenin 1970
- 6 Harper & Lebermann 1964
- 7 Harper & El Sahrigi

3.7 Densidad de distintos productos sólidos

Densidad a granel y porosidad

Densidad a granel es la masa de las partículas que ocupan la unidad de volumen y porosidad es la fracción de volumen no ocupada por el producto sólido.

$$\text{Porosidad total} = 1 - \frac{\text{Densidad a granel}}{\text{Densidad de producto sólido}}$$

Como los productos pulverulentos se pueden comprimir, su densidad a granel se suele dar especificando las condiciones: vertido, tras vibración o comprimido.

3.7.1 Densidad a granel aproximada y contenido en agua de diversos productos en polvo

Producto	Densidad a granel kg/m ³	Contenido en agua %
----------	--	------------------------

	kg/m ³	
Fórmula para alimentos infantiles	400	2.5
Cacao	480	3-5
Café tostado molido	330	7
Café instantáneo	330	2.5
Café (creamer)	470	3
Maíz molido	660	12
Almidón de maíz	560	12
Huevo entero	340	2-4
Gelatina molida	680	12
Celulosa microcristalina	680	6
Leche	610	2-4
Avena molida	430	8
Cebolla en polvo	510	1-4
Sal (granulada)	960	0.2
Sal (en polvo)	950	0.2
Proteína de soja (precipitada)	280	2-3
Azúcar (granulado)	800	0.5
Azúcar (en polvo)	480	0.5
Harina de trigo	480	12
Lactosuero	560	4.5

3.7.2 Densidad de producto sólido de alimentos e ingredientes particulados

Producto	Densidad de producto sólido kg/m ³
Celulosa	1270-1610
Acido cítrico	1540
Grasa	900-950
Glucosa	1560
Proteína (globular)	1400
Sal	2160
Almidón	1500
Sacarosa	1590

3.8 Características físicas de alimentos en polvo

3.8.1 Análisis por tamizado típico del azúcar granulado

% retenido en cedazos Tyler	% retenido en cedazos US	De grano medio	De grano fino	De grano extrafino	Pulverizado estándar	Fondant y para glaseado
10 mallas	10 mallas	5.6				
14 mallas	16 mallas	59.0				
20 mallas	20 mallas	27.4				
28 mallas	30 mallas	7.4	4.3	0.1		
35 mallas	40 mallas	0.4	74.5	13.8		
48 mallas	50 mallas	—	18.6	40.2		
80 mallas	80 mallas	—	2.3	40.6		
100 mallas	100 mallas				0.3	
150 mallas	140 mallas				1.8	
200 mallas					6.6	
270 mallas					8.2	
325 mallas					10.8	
Pasa a través del último cedazo		0.2	0.3	5.0	72.3	99.0

Nota: El grano extremadamente fino de los azúcares fondant y para glaseado hace inútil el análisis por tamizado utilizando los sistemas de cedazos ordinarios. El tamaño de partícula promedio de los azúcares fondant y para glaseado es del orden de 20 micrómetros.

3.8.2 Tamaños de partícula típicos de las mezclas para cakes

Dimensiones	Harina para pasteles y cakes	Premezcla enriquecida para cakes*	Premezcla, pasteles y cakes de chocolate
Micrómetros	% tamaño superior	% tamaño superior	% tamaño superior
2.0	—	—	98.2
2.5	99.2	98.9	94.9
3.2	97.5	97.1	90.0
4.0	94.4	93.7	83.0
5.0	89.6	88.5	74.7
6.4	84.0	83.3	65.9
8.0	78.8	78.6	58.5
10.1	74.1	73.8	52.1
12.7	66.0	66.2	44.5

12.7	39.8	58.2	44.5
16.0	48.7	51.6	31.9
20.2	27.4	33.3	15.9
25.4	13.6	20.7	6.3
32.0	9.2	16.4	1.8
40.3	7.3	13.2	-

Tamaño de la partícula promedio	15.8	16.4	10.5
---------------------------------	------	------	------

* Premezcla seca que contiene los ingredientes básicos y grasa.

3.8.3 Análisis por tamizado típico de una mezcla sazonadora

Componentes	% en peso
Colorante	3
Fijador del colorante	6
Coriandro	2
Glucosa	8
Bizcocho fino	9
Jengibre	1
Nuez moscada	3
Pimienta	8
Polifostato	6
Conservante	4
Sal	50

+ 10 mallas	0
+ 20 mallas	42 %
+ 40 mallas	34 %
- 40 mallas	24 %

3.8.4 Evaluación de las propiedades de flujo de los alimentos en polvo

Uno de los métodos estándar de ensayo de las mezclas de partículas sólidas implica el cálculo del «cociente de Hausner», definido como la relación entre su densidad a granel sin aplicar ninguna maniobra compactadora y la densidad a granel tras compactar el polvo por golpeteo del recipiente que lo contiene. Representa un índice de su facilidad de flujo.

$$\text{Cociente de Hausner} = \frac{\text{Densidad a granel del producto compactado}}{\text{Densidad a granel sin compactar}} \times \frac{\text{Volumen sin compactar}}{\text{Volumen del producto compactado}}$$

Cociente de Hausner	Tipo de flujo
1.0-1.1	Libre
1.1-1.25	Intermedio
1.25-1.4	Difícil
> 1.4	Muy difícil

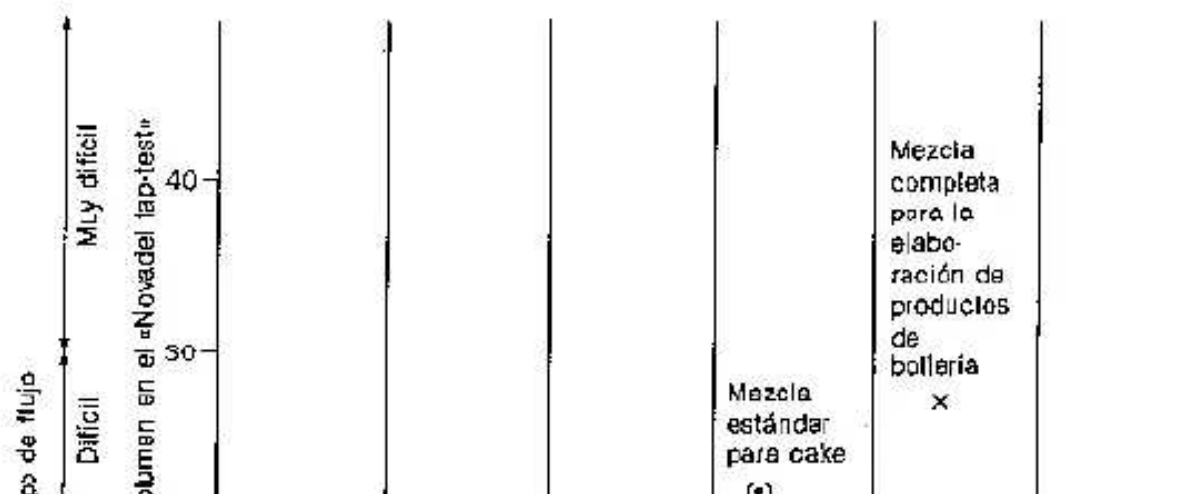
Para determinar el volumen sin compactar se coloca el producto a ensayar en una probeta que, una vez tapada, se invierte varias veces, midiéndose el volumen y anotando el valor promedio.

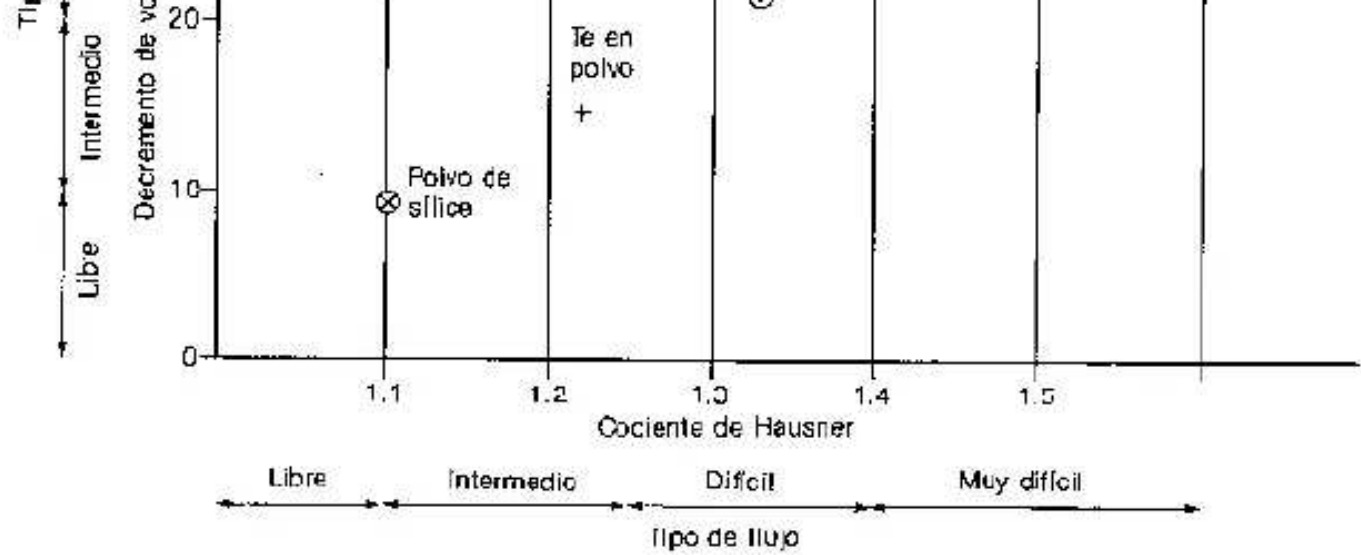
Una técnica similar utilizada para valorar las propiedades de flujo de los alimentos en polvo implica el cálculo del índice de fluencia utilizando el «Novadel Tap Test», para lo cual se coloca la probeta que contiene el producto sobre una «Englesman Tapping Machine» programada para dar 70 golpes. Terminada la operación, se expresa el decremento de volumen en tanto por ciento.

<i>Decremento de volumen</i>	<i>Tipo de flujo</i>
< 10 %	Flujo libre
10-20 %	Flujo intermedio-pegajoso
20-35 %	Flujo difícil
> 35 %	Flujo muy difícil

Una combinación gráfica de los dos métodos permite una estimación más fidedigna de las propiedades de flujo del polvo. En la página siguiente se ilustra esta técnica y se dan algunos coeficientes de Hausner típicos.

Comparación y combinación de los ensayos de las propiedades de flujo





Cocientes típicos de Hausner y resultados del «Novadel Tap-Test»

Producto	Densidad del producto compactado	Novadel Tap Test	Cociente de Hausner
Mezcla completa para productos de bollería	-	27	1.43
Fosfato cálcico	1.0	12.5	1.72
Harina de soja desengrasada	0.487	24	1.85
Monoesterarato de glicerol	0.551	21	1.67
Oxido de magnesio	2.041	12	1.2
Harina malteada	0.656	20	1.33
Metilcelulosa	0.546	9	1.18
Peróxido de benzoilo	1.436	11	1.51
Te en polvo	0.732	14	1.77
Mezcla estándar para cake	-	22	1.33
Polvo de sílice (control)	-	9	1.10
Preparado de vitamina C	0.766	12	1.15
Preparado vitamínico (riboflavina)	0.654	20	1.35

3.9 Resistencia y propiedades mecánicas de los alimentos

3.9.1 Dureza de partícula

La dureza de partícula de un producto ofrece un interés considerable en relación con su abrasividad potencial y su mayor o menor facilidad de desintegración. Ningún método de valoración conocido es universalmente aplicable a todos los productos brutos. En 1822 Mohs estableció la escala de durezas relativas que a continuación se cita y que, aunque sea puramente cualitativa, es ampliamente usada para comparar la dureza de minerales y rocas. Se dispone sólo de una información muy limitada con respecto a la dureza de alimentos particulados, como cereales, nueces, toffee y caramelos.

Escala de dureza de Mohs

1.0	Talco	6.0	Feldespató
2.0	Yeso	6.0	Arena
2.5	Uña	7.0	Cuarzo
3.0	Calcita	7.0	Arena de sílice
3.0	Monedas de cobre	7.5	Zirconio
	Piedra caliza	8.0	Topacio
	Bauxita	8.5	Crisoberilo
4.0	Fluorita	9.0	Zafiro
4.0	Piedra para fabricar cemento	9.0	Oxido de aluminio
	Tabletas de taconita	9.5	Carborundo
5.0	Aspartito	10	Diamante
5.5	Hoja de cuchillo		
6.0	Ortoclasa		

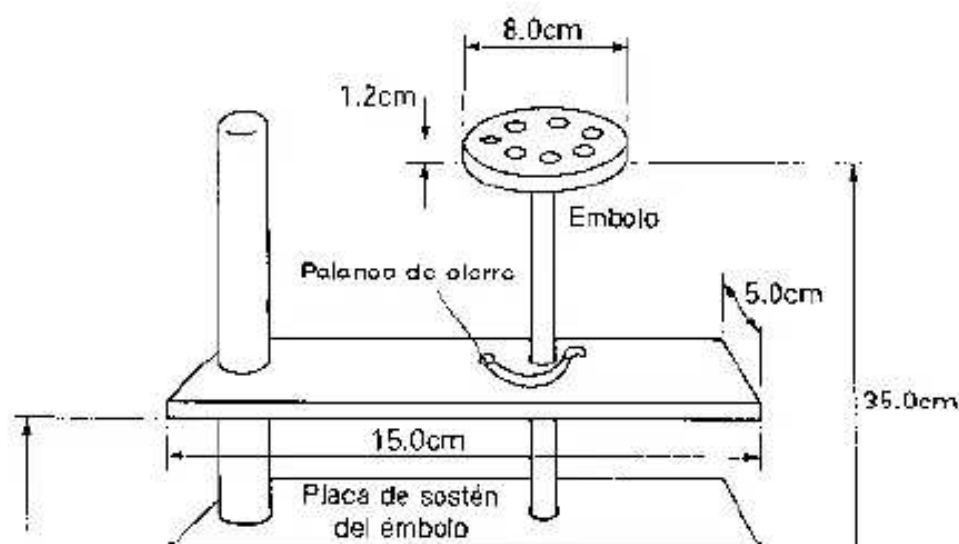
3.9.2 Determinación de la cohesión de un producto en polvo

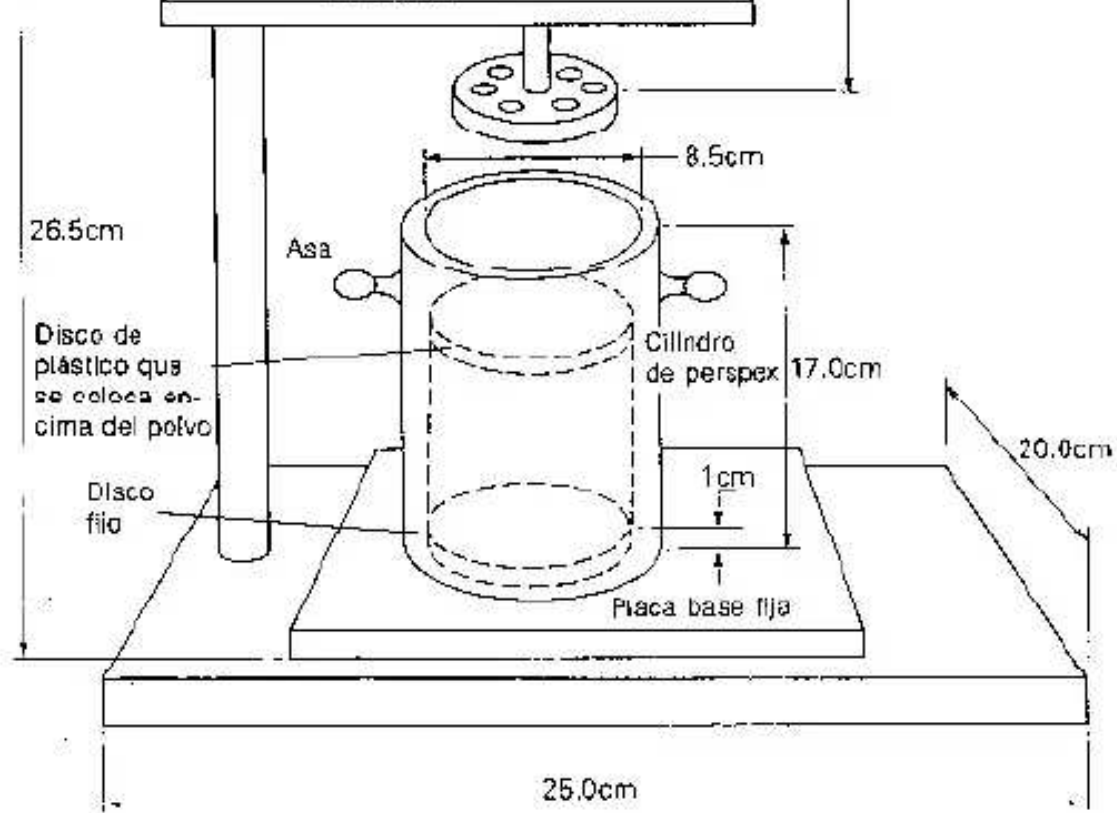
La función de flujo de un alimento pulverulento cohesivo puede determinarse mediante la técnica UCT, desarrollada en la Universidad de Bradford por Williams, Birks y Bhattacharya, en la que primero se compacta el polvo en un molde cilíndrico y luego se colapsa el cilindro de polvo compactado, mediante la aplicación de un esfuerzo de magnitud creciente colocándole encima una serie de pesos.

Utilizando esta técnica y una carga de compactación estándar de 10 kg, se observa que entre las propiedades de flujo y w se dan las siguientes relaciones:

Buen flujo	$w < 1 \text{ kg}$
Flujo moderadamente bueno	$1 \text{ kg} < w < 2 \text{ kg}$
Cohesivo	$2 \text{ kg} < w < 5 \text{ kg}$
Muy cohesivo	$5 \text{ kg} < w$

donde w es el peso total que determina el colapso del cilindro compactado.





Aparato UCT

En las determinaciones rutinarias para el control de calidad, las propiedades de flujo se determinan sólo a partir del peso que produce la desintegración del cilindro compactado.

Resultados típicos obtenidos utilizando el equipo UCT (mezcla para cake)

Carga de compactación		Desintegración
kg	kN/m ²	kN/m ²

0.91	2.37	0.849
1.36	3.13	0.849
1.82	3.89	1.041
2.27	4.65	1.231
2.72	5.41	1.611
3.18	6.17	1.801
3.63	6.93	1.801
4.09	7.69	2.374
4.54	8.45	2.561

3.9.3 Determinación de las propiedades mecánicas de los alimentos

Son numerosas las publicaciones en las que se describe la instrumentación utilizada para cuantificar aquellas propiedades mecánicas de los alimentos que están relacionadas con sus características reológicas y texturales. La tendencia actual es hacia la utilización de una máquina universal de ensayos, como la Instron, para impulsar el mecanismo, junto con elementos sensores, de lectura y registro; se dispone de una amplia gama de sondas y dispositivos que permiten su empleo para casi cualquier determinación de este tipo en los alimentos.

Características básicas de los instrumentos para la determinación de propiedades texturales

Elementos básicos

Sonda	Embolo plano; elemento de punción; mandíbula mecánica; cono de penetración; cuchilla; sierra; mordazas de tracción; elemento extrusor; celdilla zizallante.
Impulsión	Sistema hidráulico; motor eléctrico de potencia variable.
Sensor	Medidor de deformación; célula de carga.
Sistema de lectura	Osciloscopio; registrador XY; microprocesador.

Clasificación de los instrumentos para la medida de propiedades texturales de acuerdo con la variable que determinan

Método	Variable medida	Unidades (dimensionales)	Ejemplos
--------	-----------------	--------------------------	----------

Medida de fuerza	Fuerza (F)	ML/T ²	Tenderómetro
Medida de distancia	Distancia	L	Penetrómetro
	Area	L ²	Consistómetro
	Volumen	L ³	Desplazamiento de semillas
	Tiempo	T	Viscosímetro de Oswald
Medida de energía	Trabajo (F × L)	ML ² /T ²	Farinógrafo
Medida de cocientes	F, L o T	ninguna	Valoración de la cohesión
Múltiples medidas	F, L y T	ML/T ²	Texturómetro
	F × L		
Múltiples variables	F, L o T	—	Durómetro
Análisis químico	Concentración	%; ppm	Contenido en sólidos insolubles

3.10 Propiedades físicas y químicas de grasas, aceites y productos lácteos

3.10.1 Composición y características analíticas de los productos grasos

	Grasas plásticas de uso doméstico		Grasas plásticas industriales		Aceite para ensaladas
	Grasa vegetal	Mezcla de grasas de mamíferos y vegetales	Grasa vegetal	Mezcla de grasas de mamíferos y vegetales	Aceite de algodón
Composición %					
Acido oleico	53-75	37-57	40-65	42-79	17-36
Acido linoleico	3-74	6-13	3-13	3-13	47-55
Acido linolénico	0-0.5	0-0.6	0-0.7	0-0.8	0-0.7
Acido araquidónico	0	0-0.5	0	0-0.5	0
Acidos saturados totales	16-31	30-50	15-40	28-40	18-30
Características analíticas					
Indice de iodo	70-81	57-74	65-90	55-67	107-117
Punto de fusión °C	42-52	45-54	39-51	43-51	-
Indice de sólidos a 21.1 °C	15-30	16-28	16-26	19-30	-
Indice de sólidos a 32.2 °C	10-20	10-22	7-21	7-21	-
	Grasa de vacuno	Grasa de leche anhidra	Manteca de coco	Aceite de coco	
Composición %					
Acido oleico	35-45	30-32	34-38	6-9	
Acido linoleico	0.5-3	1-2.5	3-3.5	1-4	
Acido linolénico	0.2-0.6	0.2-0.5	0.1-0.2	0-0.1	
Acido araquidónico	0.05-0.2	0.2-0.4	-	-	
Acidos grasos saturados totales	45-58	63-68	57-61	86-91	
Características analíticas					
Indice de iodo	38-44	30-40	37-44	8-15	
Punto de fusión °C	46.5-49.5	36-38	30-35	26-28	
Indice de sólidos a 21.1 °C	23-30	11-13	47-49	19-27	
Indice de sólidos a 32.2 °C	18-24	2.5-4	0	0	

(continúa)

	Aceite de maíz	Aceite de semillas de algodón	Manteca de cerdo	Aceite de oliva
Composición %				
Acido oleico	25-37	17-37	47-83	62-83
Acido linoleico	50-56	44-55	7-13	8-15
Acido linolénico	0.1-0.7	0-0.6	0.2-1.4	0.5-0.7
Acido araquidónico	-	-	0.2-0.4	-
Acidos grasos saturados totales	9-15	17-31	29-37	9-22

Características analíticas

Indice de iodo	122-125	103-112	63-69	76-88
Punto de fusión °C	-	-	37-44	-
Indice de sólidos a 21.1 °C	-	-	17-21	-
Indice de sólidos a 32.2 °C	-	-	4-6	-

	Aceite de cacahuete	Aceite de soja	Aceite de de palma	Aceite de almendra de palma	Aceite de colza	Aceite de cártamo
Composición %						
Acido oleico	30-58	16-47	34-56	14	59-62	10-23
Acido linoleico	21-37	39-53	10-11	2-3	15	69-78
Acido linolénico	0-0.5	4-9	0.1-0.4	-	9-10	0.2
Acido araquidónico	-	-	-	-	-	-
Acidos grasos saturados totales	16-26	5-24	34-50	84	14-16	5-13

Características analíticas

Indice de iodo	90-99	125-130	51-58	16-18	103-109	141-150
Punto de fusión °C	-	-	39.5-40.5	29-30	-	-
Indice de sólidos a 21.1 °C	-	-	11-11	31-33	-	-
Indice de sólidos a 32.2 °C	-	-	6-8	-	-	-

3.10.2 Composición en ácidos grasos de las grasas y aceites más comunes

Acido; nombre común	Notac. ordin. en CG	Babassu	Grasa de leche anhidra	Mante-ca de cacao	Coco	Maíz	Semilla de algodón	Man-teca de cerdo
Caprílico	C8.0	7	1.5	-	8	-	-	-
Cáprico	C10.0	5	3	-	7	-	0.1	-
Láurico	C12.0	45	4	-	48.2	-	0.1	0.1
Mirístico	C14.0	15	12	0.5	18	0.2	0.9	1
Palmítico	C16.0	9	25	25	8.5	12	23.5	23
Estearico	C18.0	3	9	35	2.3	2.2	2.5	9
Oleico	C18.1	13	-	37.5	6	27	18	46
Linoleico	C18.2	2	-	2	2	57	54	14
Araquídico	C20.0	0.1	1	-	-	0.3	0.3	0.2
Linolénico	C18.3	-	-	-	-	-	-	-
Gadoleico	C20.1	-	-	-	1	0.3	1	-
Behénico	C22.0	-	-	-	-	-	-	Tr
Lignocérico	C24.0	-	-	-	-	-	-	-
Índice de iodo típico		16	30	40	9	125	110	73
Índice de iodo, intervalo		15-19	25-35	35-43	8-12	120-128	105-116	65-80
Índice de saponificación (intervalo)		247-250	216-240	190-200	254-262	189-193	189-198	190-
Punto de fusión de Wiley °C		26	28-35	26-37	24.5	-	-	31-43

Acido nombre común	Aceite de palma	Aceite de almendra de palma	Aceite de cacahuate	Aceite de colza	Aceite de salvado de arroz	Aceite de soja	Aceite de girasol
Caprílico	-	4	-	-	-	-	-
Cáprico	-	4	-	-	-	-	-
Láurico	-	50	0.2	-	-	-	-
Mirístico	1	16	0.1	-	0.5	-	-
Palmítico	46	8	11	3	17	11	8
Estearico	4	2.5	3	1.5	2.5	4	3
Oleico	37	12	46	32	46	25	20
Linoleico	10	3	31	19	32	50	67.8
Araquídico	0.4	0.1	1.5	-	0.5	0.4	0.5
Linolénico	0.3	0.1	-	10	-	-	-
Gadoleico	-	-	-	-	-	-	-
Behénico	-	-	3.3	0.5	-	0.3	0.2
Lignocérico	-	-	1.3	-	-	-	-
Índice de iodo típico	50	17	100	101	145	130	40
Índice de iodo intervalo	45-55	16-20	90-110	95-108	135-150	125-140	35-45
Índice de saponificación (intervalo)	196-200	244-255	170-180	183-194	188-192	188-194	196-200
Punto de fusión de Wiley °C	40-43	26.5	-	-	-	-	-

3.10.3 Compendio de las propiedades físicas y químicas de grasas y aceites

Grasa o aceite	Punto de fusión °C	Peso específico*	Índice de refracción	Índice de iodo	Índice de saponificación
Animales terrestres					
Grasa de leche	32.2	0.911 ₄₀	1.4548	36.1	227
Manteca de cerdo	[30.5]	0.919 ₁₅	1.4615	58.6	198.5
Sebo de vacuno	49.5	-	-	-	197
Sebo de ovino	[42.0]	0.945 ₂₅	1.4565	40	194
Animales marinos					
Ac. de hí. de bacalao	-	0.925 ₂₅	1.481 ₂₅	165	186
Aceite de arenque	-	0.900 ₆₀	1.4610 ₆₀	140	192
Aceite de lacha	-	0.903 ₆₀	1.4645 ₆₀	170	191
Aceite de sardina	-	0.905 ₆₀	1.4660 ₆₀	185	193
Ac. cachalote, cuerpo	-	-	-	76-88	122-130
Ac. cachalote, cabeza	-	-	-	70	140-144
Aceite de ballena	-	0.892 ₆₀	1.460 ₆₀	120	195
Vegetales					
Aceite de babassu	22-26	0.893 ₆₀	1.443 ₆₀	15.5	247
Aceite de ricino	[-18]	0.961 ₁₅	1.4770	85.5	180.3
Manteca de cacao	34.1	0.964 ₁₅	1.4568	36.5	195
Aceite de coco	25.1	0.924 ₁₅	1.4493	10.4	257
Aceite de maíz	[-20]	0.922 ₁₅	1.4734	122.6	190
Ac. de se. de algodón	[-1.0]	0.917 ₂₅	1.4735	105.7	194.3
Aceite de oliva	[-6.0]	0.918 ₁₅	1.4679	81.1	192
Aceite de palma	35.0	0.915 ₁₅	1.4578	54.2	199.1
Ac. de alm. de palma	24.1	0.923 ₁₅	1.4569	37.0	250
Aceite de cacahuete	[3.0]	0.914 ₁₅	1.4691	93.4	192.1
Aceite de colza	[-10]	0.915 ₁₅	1.4706	98.6	174.7
Aceite de cártamo	-	0.900 ₆₀	1.462 ₆₀	145	192
Aceite de soja	[-16]	0.927 ₁₅	1.4779	130	190.6
Aceite de girasol	[-17.0]	0.923 ₁₅	1.4694	125.5	188.7
Ac. de germ. de trigo	-	0.929 ₂₅	1.4745	125	174.5

* Peso específico, a la temperatura indicada por el subíndice.

3.10.4 Viscosidad de grasas y aceites

Aceite	Peso específico	Viscosidad cinemática 37.8 °C	Viscosidad cinemática 99 °C	Viscosidad de Saybolt 37.8 °C	Viscosidad de Saybolt 99 °C
Almendra	0.9188	43.20	8.74	201	54.0
Oliva	0.9158	46.68	9.09	216	55.2
Semilla de colza	0.9114	50.64	10.32	234	59.4
Mostaza	0.9237	45.13	9.46	209	56.9
Semilla de algodón	0.9187	35.88	8.39	181	52.7
Soja	0.9228	28.49	7.60	134	50.1
Girasol	0.9207	33.31	7.68	156	50.3
Coco	0.9226	29.79	6.06	140	45.2
Almendra de palma	0.9190	30.92	6.50	145	46.5
Manteca de cerdo	0.9138	44.41	8.81	206	54.2
Sardina	0.9384	27.86	7.06	131	48.3
Hígado de bacalao	0.9138	32.79	7.80	153	50.7

3.10.5 Punto de solidificación de las grasas y aceites más comunes

Grasa o aceite	Punto de solidificación °C	Grasa o aceite	Punto de solidificación °C
Aceite de babassu	22-23	Aceite de almendra de palma	20-28
Manteca de Borneo	51-53	Aceite de cacahuete	26-32
Grasa de leche anhidra	33-38	Aceite de colza	11-15
Manteca de cacao	45-50	Aceite de salvado de arroz	26-28
Aceite de coco	20-24	Aceite de cártamo	15-18
Aceite de hígado de bacalao	18-24	Aceite de sardina	27-28
Aceite de maíz	14-20	Aceite de sésamo	20-25
Aceite de semilla de algodón	30-37	Aceite de soja	21-23
Aceite de semilla de cáñamo	14-17	Aceite de cachalote	8-14
Grasa de caballo	34-38	Aceite de girasol	16-20
Aceite de kapok	27-32	Sebo de vacuno	40-47
Manteca de cerdo	32-43	Sebo de ovino	43-48
Aceite de semilla de lino	19-21	Aceite de semilla de te	13-18
Aceite de mostaza negra	6-8	Aceite de madera	36-37
Aceite de mostaza blanca	8-10	Aceite de nueces	14-16
Aceite de oliva	17-26	Aceite de ballena	22-24
Aceite de palma	40-47	Grasa de lana	38-40

De: Mahlenbacker, C. V. The Analysis of Fats and Oils, Garrard Press, Champaign, Illinois.

3.10.6 Punto de humo de inflamabilidad y de ignición de grasas y aceites

Los puntos de humo de inflamabilidad e ignición de las grasas y aceites constituyen una medida de su estabilidad térmica durante su calentamiento al aire.

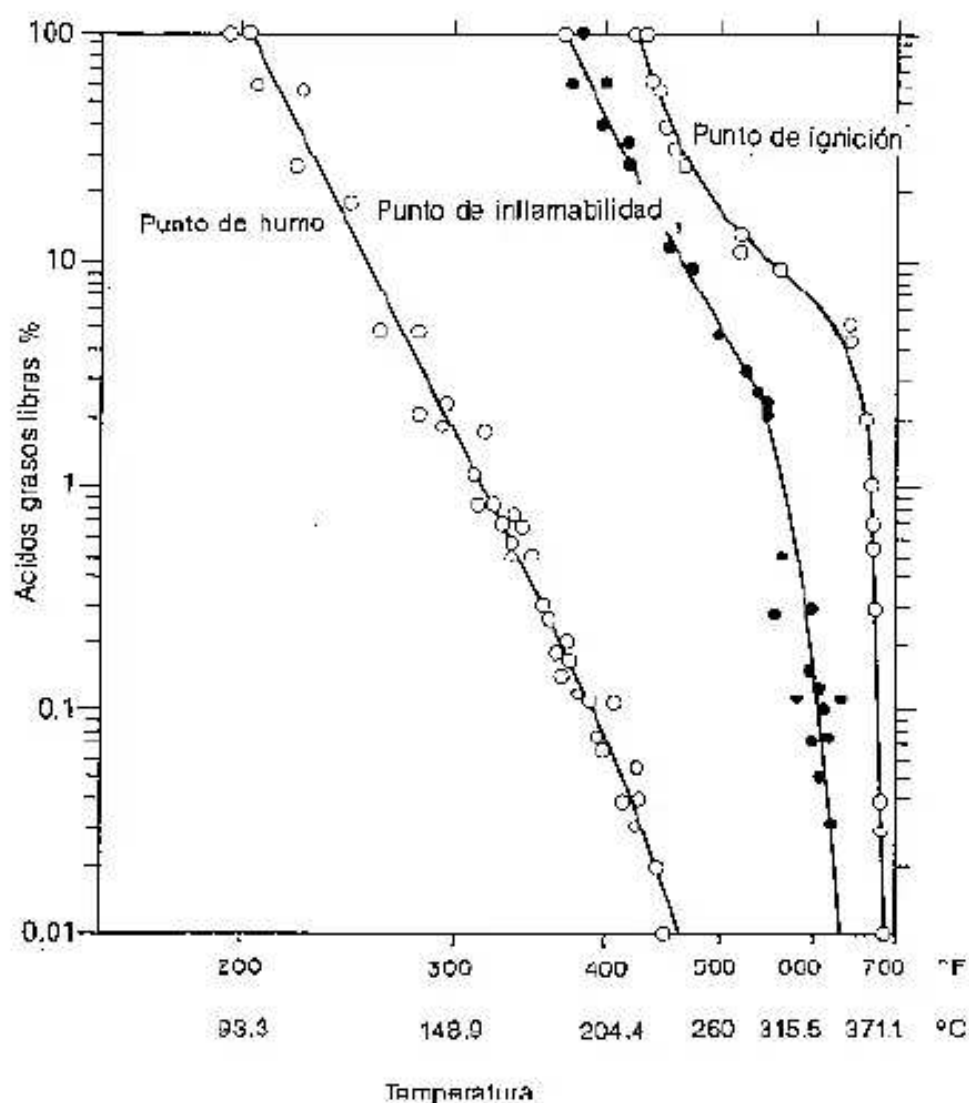
El punto de humo es la temperatura más baja a la que se detecta humo, cuando la prueba se lleva a efecto en un aparato estándar (B.S.I. 19776b; métodos oficiales de la AOCS 1973c), con iluminación especial. La temperatura a la que se produce humo libremente suele ser varios grados más elevada que aquella a la que el humo se detecta con este aparato.

El punto de inflamabilidad es la temperatura a la que se desprenden volátiles en la velocidad suficiente para que sean capaces de incendiarse pero no de mantener la combustión. La prueba se lleva a efecto en una copa cerrada de «Pensky-Martens» (AOC, método oficial, 1973d).

El punto de ignición es la temperatura a la que la producción de volátiles es suficientemente rápida como para sostener una combustión continua.

Dado que los ácidos grasos, los monoglicéridos y los diglicéridos son menos estables que los triglicéridos, el punto de humo de los aceites depende considerablemente de la riqueza en aquellos compuestos. La figura que se incluye en este apartado ilustra las relaciones que existen entre los puntos de humo, inflamabilidad e ignición y la riqueza en ácidos grasos libres de las grasas y aceites.

Relación entre los puntos de humo, inflamabilidad e ignición y la riqueza de las grasas y aceites en ácidos grasos libres



3.10.7 Composición de la mantequilla y productos similares

Producto	Grasa %	H ₂ O %	Sal %	Cuajada %
Mezcla de mantequilla y grasa vegetal	82.5	15.0	1.5	1.0
Mantequilla fundida	99.0	1.0	-	-
Grasa de leche deshidratada	99.9	0.1	-	-
Margarina	80.5	15.4	2.4	1.65
Mantequilla salada	80.5	15.8	2.4	0.9
Mantequilla sin sal	81.0	18.05	-	0.95

De: Arbuckle, W S 1973, Dairy Products in Quality Control for the Food Industry, vol 2, 3^a Edic., A. Kramer y B. A. Twigg (Editors), AVI Publishing Co Westport, Conn.

3.10.8 Formulación de mezclas de grasas típicas de las margarinas

Margarina para pastelería	%	Margarina rica en ácidos grasos esenciales	%
Premier jus	25	Aceite de coco	30
Aceite de palma hidrogenado	25	Aceite de palma	10
Aceite de cacahuete hidrogenado	10	Aceite de almendra de palma	15
Aceites líquidos	40	Aceite de palma hidrogenado	10
		Aceite de girasol hidrogenado	35

Margarina rica en ácidos grasos poliinsaturados	%	Margarina interesterificada	%
Aceite de girasol	88	Aceite de girasol	20
Aceite de almendra de palma hidrogenado	6	Aceite de girasol hidrogenado (33 °C)	40
Aceite de palma hidrogenado	6	Aceite de girasol hidrogenado (42 °C)	20
		Aceite de girasol	20

De: Stuyvenberg J. H., Margarine 1969, Liverpool University Press, UK.

3.10.9 Composición y propiedades físicas de la leche

Propiedad	Intervalo de valores
Acidez	0.16±0.02
Punto de ebullición °C	100.17
Conductividad eléctrica (mho)	45-48 x 10 ⁻⁴
Punto de congelación °C	-0.55
pH	6.6 ± 0.2
Peso específico	1.032±0.004
Calor específico a 0 °C	3.852 kJ/kg °C
Calor específico a 15 °C	3.927 kJ/kg °C
Calor específico a 40 °C	3.894 kJ/kg °C
Tensión superficial (dinas)	55.3
Viscosidad (centipoises)	1.6314

Componente	De vaca	Humana	De cabra	De oveja
Proteínas del suero %	0.5	0.7	0.7	1.3
Cenizas %	0.7	0.21	0.73	0.93
Caseína %	2.9	0.9	2.8	3.6
Grasa %	4.0	3.7	4.25	7.92
Lactosa %	4.9	7.0	4.2	4.8
Proteína total	3.5	1.6	3.52	5.2
Peso específico	1.032	1.029	1.035	1.034
Sólidos totales %	13.1	12.5	13.0	19.29

Adaptada de Arbuckle W. S. Dairy Products, Quality Control for the Food Industry.

3.10.10 Composición de los productos lácteos

Producto	Proteína	Minerales	Lactosa	Grasa
Mantequilla	0.6	0.2	0.4	80.5
Caseína (comercial)	88.5	3.8	-	0.2
Queso «cottage»	19.2	1.7	4.3	0.8
Queso (graso, todos los tipos)	24.5	3.4	1.8	32.0
Queso (parcialmente desengrasado)	39.0	5.4	2.8	15.0
Leche condensada	7.5	1.5	10.5	8.5
Mazada condensada	10.6	3.3	13.0	2.0
Leche desnatada condensada	11.0	2.6	13.5	0.2
Nata	2.9	0.6	4.0	20.0
Bebidas con mazada fermentada y chocolate	3.5	0.7	4.6	2.0
Mazada deshidratada	32.0	10.0	46.0	5.0
Sólidos de mazada deshidratada	34.0	8.0	48.0	5.8
Nata deshidratada	13.4	2.9	18.0	65.0
Helado deshidratado	10.5	2.3	15.0	27.0
Leche desnatada en polvo	35.0	8.2	51.0	0.8
Suero en polvo	13.0	9.5	71.0	0.5
Sólidos de suero en polvo	13.0	8.0	73.0	1.0
Leche entera en polvo	26.5	6.0	38.5	26.75
Leche evaporada	7.0	1.5	9.9	7.9
Helados y mezclas para helados	3.8	0.9	5.3	12.0
Lactosa	0	0	99.5	0
Leche líquida desnatada	3.3	0.8	4.8	0.06
Suero de quesería	0.8	0.6	4.5	0.05
Leche malteada	7.3	1.6	9.9	8.25
Sólidos de leche desnatada en polvo	36.9	8.15	50.75	0.88
Sólidos de leche parcialmente desnatada en polvo	31.2	7.0	45.3	13.8
Mazada semi-sólida	10.6	3.3	13.0	2.0
Leche desnatada condensada no edulcorada	7.3	1.6	10.8	0.3
Leche desnatada condensada edulcorada	8.8	2.0	12.7	0.5
Leche entera	3.3	0.7	4.5	3.75

De: Cook H. L. y Day G. H., The Dry Milk Industry, American Dry Milk Institute, Chicago 1967.

3.11 Datos dilatométricos de contenido en sólidos y de análisis por RMN de grasas y aceites

La dilatometría es la técnica por la que se determinan los cambios en densidad o volumen que se dan cuando se modifica la temperatura, para lo que se utiliza un instrumento conocido con el nombre de dilatómetro. Constituye uno de los pocos métodos directos utilizados en la práctica para valorar y controlar el intervalo plástico y la consistencia de las mezclas comerciales de grasas y aceites.

Las grasas y aceites solidificados están formados con frecuencia por una mezcla de productos en estado sólido y en estado líquido, por lo que su densidad no es la correspondiente a las grasas sólidas o a los aceites líquidos. La densidad de una mezcla comercial de grasas depende considerablemente de las proporciones relativas de ambas fases; proporciones que pueden cambiar rápidamente con la temperatura.

Durante los últimos años, las técnicas dilatométricas han sido sustituidas para el control rutinario del porcentaje de grasa en estado sólido por las de pulsos de RMN; sin embargo, la relación entre las medidas dilatométricas y el contenido en sólidos determinado por técnicas de RMN no es lineal.

Conversión del contenido en sólidos determinado por RMN en valores dilatométricos

Contenido en sólidos determinado por RMN, usando un «Bruker Minispec Pc 20». Dilataciones determinadas de acuerdo con el British Standard Method.

Factores de conversión para productos grasos con puntos de deslizamiento de:

Temperatura °C	Hasta 35 °C	De 35 a 45 °C	de 46 a 55 °C
0	16.7	17.4	18.5
20	20.9	20.9	21.1
25	22.7	23.1	22.0
30	24.6	25.6	24.1
35	27.0	29.6	26.1
40	-	34.4	30.2
45	-	43.4	36.5
50	-	-	44.7

Nota: Los factores de conversión que figuran en la tabla precedente representan el valor por el cual un 1 % de sólidos determinado por el método de RMN se transforma en dilatación (a T °C). Punto de deslizamiento es la temperatura a la que una muestra solidificada, colocada en un tubo abierto introducido en agua, se ablanda lo suficiente para elevarse por flotación.

La conversión en dilataciones se efectúa así:

$$@ 0 \text{ °C } \quad 50 \times 17,4 = 870$$

$$@ 20 \text{ °C } \quad 35 \times 20,9 = 731$$

Por tanto, a 0 °C D = 870 y a 20 °C D = 731

Conversión del índice de grasas en estado sólido (SFI) en unidades de dilatación

Aunque no exista una relación clara y directa entre el índice de grasa sólida SFI, y unidades de dilatación, se puede emplear como guía aproximada la siguiente técnica de conversión:

- 1 SFI = 25 unidades de dilatación (hasta 30 °C)
 1 SFI = 18-20 unidades de dilatación (por encima de 30 °C)

3.12 Densidad y peso específico de las disoluciones acuosas*Cambios del peso específico del ácido fosfórico con la temperatura y la concentración*

°C	2%	6%	14%	20%	26%	35%	50%	75%	100%
0	1.0113	1.0339	1.0811	1.1192	-	-	-	-	-
10	1.0109	1.0330	1.0792	1.1167	1.1567	1.341	1.341	-	-
20	1.0092	1.0309	1.0764	1.1134	1.1529	1.216	1.335	1.579	1.9
30	1.0065	1.0279	1.0728	1.1094	1.1484	1.211	1.329	1.572	1.9
40	1.0029	1.0241	1.0685	1.1048	-	-	-	-	-

Variación de la densidad relativa de las disoluciones de cloruro sódico con la concentración y la temperatura

%	0°C	10°C	25°C	40°C	60°C	80°C	100°C
1	1.00747	1.00707	1.00409	0.99908	0.9900	0.9785	0.9651
2	1.01509	1.01442	1.01112	1.00593	0.9967	0.9852	0.9719
4	1.03038	1.02920	1.02530	1.01977	1.0103	0.9988	0.9855
8	1.06121	1.05907	1.05412	1.04798	1.0381	1.0264	1.0134
12	1.09244	1.08946	1.08365	1.07699	1.0667	1.0549	1.0420
16	1.12419	1.12506	1.11401	1.10688	1.0962	1.0842	1.0713
20	1.15663	1.15254	1.14533	1.13774	1.1268	1.1146	1.1017
24	1.18999	1.18557	1.17776	1.16971	1.1584	1.1463	1.1331
26	1.20709	1.20254	1.19443	1.18614	1.1747	1.1626	1.1492

3.13 Datos de disoluciones tampón

Tampón de ácido clorhídrico		Tampón de ftalato ácido		Tampón de ftalato neutralizado	
Añádanse a 50 ml de ClK 0,2M los siguientes volúmenes de ClH 0,2M		Añádanse a 50 ml de $\text{CH}_6\text{H}_4(\text{COO})_2 \text{K}$ 0,2M, los siguientes volúmenes de ClH 0,2M		Añádanse a 50 ml de $\text{CH}_6\text{H}_4(\text{COO})_2 \text{K}$ 0,2M, los siguientes volúmenes de NaOH 0,2M	
pH	ml de ClH 0,2M	pH	ml de ClH 0,2M	pH	ml de NaOH 0,2M
1.2	85.0	2.2	49.5	4.2	3.0
1.3	67.2	2.4	42.2	4.4	6.6
1.4	53.2	2.6	35.4	4.6	11.1
1.5	41.4	2.8	28.9	4.8	16.5
1.6	32.4	3.0	22.3	5.0	22.6
1.7	26.0	3.2	15.7	5.2	28.8
1.8	20.4	3.4	10.4	5.4	34.1
1.9	16.2	3.6	6.3	5.6	38.8
2.0	13.0	3.8	2.9	5.8	42.3
2.1	10.2	4.0	0.1	-	-
2.2	7.8	-	-	-	-

Tampón fosfato

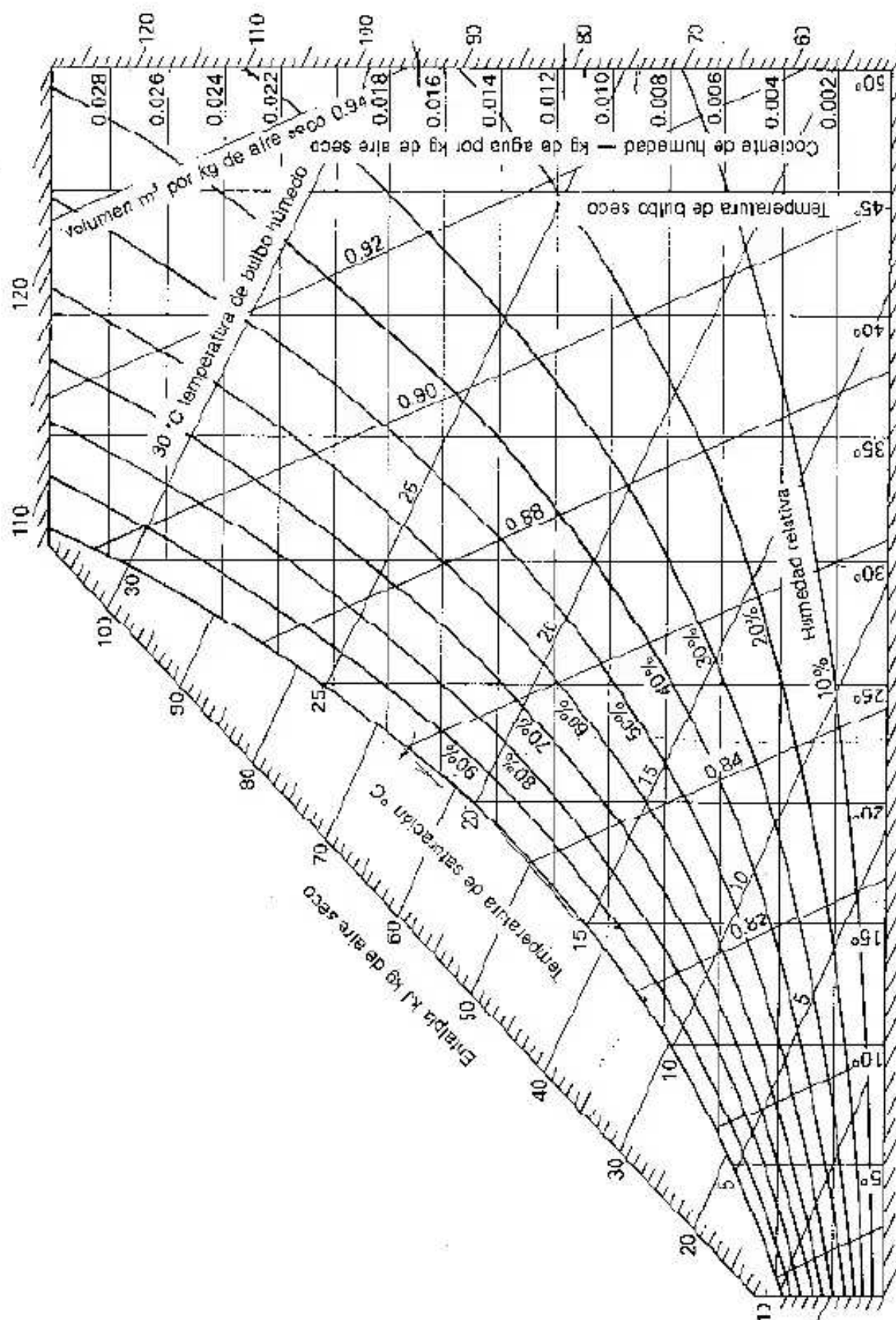
Tampón de borato alcalino

Añádanse a 50 ml de $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ 0,2M los siguientes volúmenes de NaOH 0,2MAñádanse a 50 ml de $\text{BO}_3\text{H}_3\text{-ClK}$ 0,2M los siguientes volúmenes de NaOH 0,2M

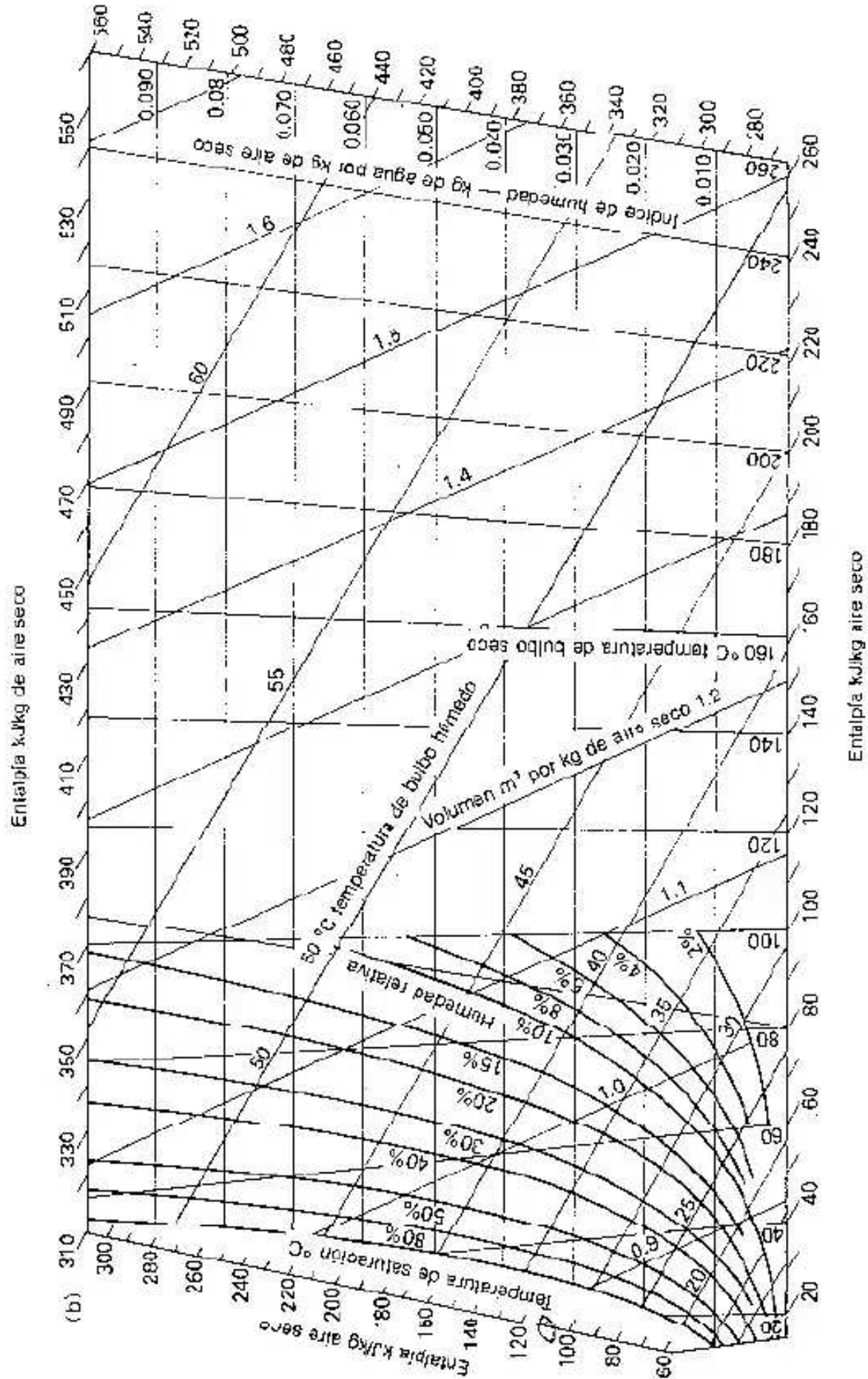
pH	ml de NaOH 0,2M	pH	ml de NaOH 0,2M
5.8	3.6	8.0	3.9
6.0	5.6	8.2	6.0
6.2	8.1	8.4	8.6
6.4	11.6	8.6	11.8
6.6	16.4	8.8	15.8
6.8	22.4	9.0	20.8
7.0	29.1	9.2	26.4
7.2	34.7	9.4	32.1
7.4	39.1	9.6	36.9
7.6	42.4	9.8	40.6
7.8	44.5	10.0	43.7
8.0	46.1	-	-

3.14 Datos psicrométricos de los alimentos, incluyendo diagramas, tablas de actividad de agua y datos de ERH

3.14.1 Diagrama psicrométrico — Temperaturas normales



3.14.2 Diagrama psicrométrico — Temperaturas elevadas



3.14.3 Tablas de depresión de la temperatura en el bulbo húmedo

Humedad relativa %															Depresión de la temperatura en el bulbo húmedo °C
34	33	32	32	31	30	29	28	27	26	25	23	22	21	19	16.6
36	35	34	33	32	32	31	30	29	28	26	25	24	23	21	16.1
37	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	23	15.6
39	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	25	15
41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	27	14.4
42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	13.9
44	44	43	42	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	13.3
46	45	44	44	43	42	42	41	40	39	38	37	36	35	34	12.8
48	47	46	46	45	44	44	43	42	41	40	39	38	37	36	12.2
50	49	49	48	47	46	46	45	44	43	42	42	41	40	39	11.7
52	51	51	50	49	48	48	47	46	45	45	44	43	42	41	11.2
54	53	53	52	52	51	50	49	48	48	47	46	45	44	43	10.6
56	55	55	54	54	53	52	51	51	50	49	48	48	47	46	10
58	58	57	56	56	55	54	54	53	52	52	51	50	49	48	9.4
60	59	59	58	58	57	57	56	55	55	54	53	52	52	51	8.9
62	61	61	60	60	59	59	58	58	57	56	56	55	54	53	8.4
64	64	63	63	62	62	61	61	60	59	59	58	58	57	56	7.7
66	66	66	65	65	64	64	63	63	62	61	61	60	60	59	7.2
69	68	68	68	67	67	66	66	65	65	64	63	63	62	62	6.7
71	71	71	70	70	69	69	68	68	67	67	66	66	65	64	6.1
73	73	73	72	72	72	71	71	70	70	69	69	68	68	67	5.6
76	76	75	74	74	74	74	73	73	73	72	72	71	71	70	5
78	78	78	77	77	77	76	76	76	75	75	75	74	74	73	4.5
81	81	80	80	80	79	79	79	79	78	78	78	77	77	76	3.9
83	83	83	82	82	82	82	82	81	81	81	81	80	80	80	3.3
86	86	85	85	85	85	85	85	84	84	84	84	83	83	83	2.8
89	88	88	88	88	88	88	88	87	87	87	87	87	86	86	2.2
91	91	91	91	91	91	91	91	90	90	90	90	90	90	89	1.7
94	94	94	94	94	94	94	94	94	93	93	93	93	93	93	1.1
97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	96	96	0.6
54.4	53.3	52.2	51.1	50	48.9	47.8	46.7	45.6	44.5	43.4	42.3	41.2	40.1	39	
temperatura de bulbo seco °C															

(continúa)

(continuación)

Humedad relativa %																		Depresión de la temperatura en el bulbo húmedo °C	
18	16	15	13	11	9	7	5	2										16.6	
20	18	17	15	13	11	9	7	5	2									16.1	
22	20	19	17	15	14	12	9	7	5	2								15.6	
24	23	21	19	18	16	14	12	10	7	5	2							15	
26	25	23	22	20	18	16	14	12	10	8	5	2						14.4	
28	27	26	24	22	21	19	17	15	13	10	8	5	3					13.9	
31	29	28	26	25	23	21	20	18	16	13	11	8	6	3				13.3	
33	32	30	29	27	26	24	22	20	18	16	14	11	9	6	3	1		12.8	
35	34	33	31	30	28	27	25	23	21	19	17	15	12	9	6	3		12.2	
37	36	35	34	32	31	29	28	26	24	22	20	18	15	13	10	7	4	11.7	
40	39	38	36	35	34	32	30	29	27	25	23	21	19	16	14	11	8	11.2	
42	41	40	39	38	36	35	33	32	30	28	26	24	22	20	17	14	12	9	10.6
45	44	43	42	40	39	38	36	35	33	31	30	28	25	23	21	18	16	13	10
47	46	45	44	43	42	41	39	38	36	35	33	31	29	27	25	22	20	17	9.4
50	49	48	47	46	45	44	42	41	39	38	36	34	33	31	28	26	24	21	8.9
53	52	51	50	49	48	47	45	44	43	41	40	38	36	34	32	30	28	25	8.4
55	54	54	53	52	51	50	48	47	46	45	43	42	40	38	36	34	32	30	7.7
58	57	57	56	55	54	53	52	51	49	48	47	45	44	42	40	38	36	34	7.2
61	60	59	59	58	57	56	55	54	53	52	50	49	48	46	44	43	41	39	6.7
64	63	62	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	51	50	49	47	45	43	6.1
67	66	66	65	64	63	63	62	61	60	59	58	57	55	54	53	51	50	48	5.6
70	69	69	68	67	67	66	66	64	64	63	62	61	60	58	57	56	54	53	5
73	72	72	71	71	70	69	69	68	67	66	66	65	64	63	62	60	59	58	4.5
76	76	75	75	74	74	73	72	72	71	70	70	69	68	67	66	65	64	63	3.9
79	79	78	78	78	77	77	76	76	75	74	74	73	72	71	71	70	69	68	3.3
83	82	82	81	81	81	80	80	79	79	78	78	77	77	76	75	75	74	73	2.8
86	86	85	85	85	84	84	84	83	83	83	82	82	81	81	80	79	79	78	2.2
89	89	89	89	88	88	88	88	87	87	87	86	86	86	85	85	84	84	83	1.7
93	93	93	92	92	92	92	92	92	91	91	91	91	90	90	90	90	89	89	1.1
96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	95	95	95	95	95	95	95	94	0.6
37.8	36.7	35.6	34.5	33.4	32.3	31.2	30.1	28.9	27.8	26.7	25.6	24.5	23.4	22.3	21.2	20	18.9	17.8	
Temperatura de bulbo seco °C																			

Humedad relativa %																Depresión de la temperatura en el bulbo húmedo °C
																16.1
																16.1
																15.6
																15
																14.4
																13.9
																13.3
																12.8
																12.2
																11.7
																11.2
																10.6
5	2															10
9	6															9.4
14	11	7	3													8.9
18	15	12	8	5												8.4
23	20	17	13	10	6	2										8.4
27	25	22	19	15	12	8	4									7.7
32	29	27	24	21	17	14	10	6								7.2
37	34	32	29	26	23	20	16	12	8							6.7
41	39	37	35	32	29	26	23	19	15							6.1
46	44	42	40	38	35	32	29	26	22	18						5.6
51	49	48	46	43	41	38	36	33	30	26						5
56	55	53	51	49	47	45	42	40	37	34	30					4.5
61	60	59	57	55	53	51	49	47	44	42	39					3.9
67	65	64	63	61	60	58	56	54	52	50	47	44				3.3
72	71	70	69	68	66	65	63	62	60	58	56	53				2.8
77	77	76	75	74	73	72	70	69	68	66	64	62	60			2.2
83	82	82	81	80	79	79	78	77	75	74	73	72	70			1.7
88	88	88	87	87	86	86	85	84	84	83	82	81	80	79		1.1
94	94	94	94	93	93	93	92	92	92	91	91	90	90	89		0.6
16.7	15.6	14.4	13.3	12.2	11.1	10	8.9	7.8	6.7	5.6	4.4	3.3	2.2	1.1		
Temperatura de bulbo seco °C																

3.14.4 Tabla de actividad de agua

a_w intervalo	Tipo microbiano inhibido por el valor más bajo del intervalo	Tipo de alimento cuya a_w se corresponde con el valor más bajo de este intervalo
1.00-0.95	Bacilos Gram negativos; esporos de las Bacillaceae	Alimentos con alrededor de un 40 % (en peso) de sacarosa o un 7 % de cloruro sódico Miga de pan
0.95-0.91	La mayoría de los cocos, lactobacilos y formas vegetativas	Alimentos con cera de un 55 % de sacarosa, o un 12 % de cloruro sódico
0.91-0.88	La mayoría de las levaduras	Alimentos con alrededor de un 65 %, en peso, de sacarosa o un 15 % de cloruro sódico Salami Harina de pescado con alrededor de un 10 % de agua
0.88-0.80	La mayoría de los hongos Staphilococcus aureus	Harina, arroz, legumbres con alrededor de un 17 % de agua Cakes de fruta Embutidos crudos madurados
0.80-0.75	La mayoría de las bacterias halófilas	Alimentos con alrededor de un 26 % en peso de ClNa Mermeladas y fondáns
0.75-0.65	Mohos xerófilos	Mazapán, marshmallow Harina de pescado con un 5 % de agua
0.65-0.60	Levaduras osmófilas	Regaliz, bacalao moderadamente salado.

< 0.60 Todos los microorganismos Toffees, caramelos duros, pasas

De: Mossel D.A.A. Microbial Spoilage of Proteinaceous Foods, 1970.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS ALIMENTOS

109

3.14.5 Tabla de disoluciones de humedad constante

Sustancia disuelta y fase sólida	Temp °C	Humedad %
Nitrato de plomo $Pb(NO_3)_2$	20	98
Fosfato sódico dibásico $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$	20	95
Fosfato amónico monobásico $NH_4H_2PO_4$	20 25	93
Sulfato de zinc $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	20	90
Cromato potásico K_2CrO_4	20	88
Bisulfato potásico $KHSO_4$	20	86
Bromuro potásico KBr	20	84
Sulfato amónico $(NH_4)_2SO_4$	20	81
Cloruro amónico NH_4Cl	20 25	79
Acetato sódico $NaC_2H_3O_2 \cdot 3H_2O$	20	76
Clorato sódico $NaClO_3$	20	75
Nitrito sódico $NaNO$	20	66
Bromuro sódico $NaBr \cdot 2H_2O$	20	58
Nitrito magnésico $Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	18.5	56
Tiocianato potásico $KSCN$	20	47
Nitrato de zinc $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	20	42
Trióxido de cromo CrO_3	20	35
Cloruro cálcico $CaCl_2 \cdot 6H_2O$	24.5	31
Acetato potásico $KC_2H_3O_2$	20	20
Cloruro de litio $LiCl \cdot H_2O$	20	15

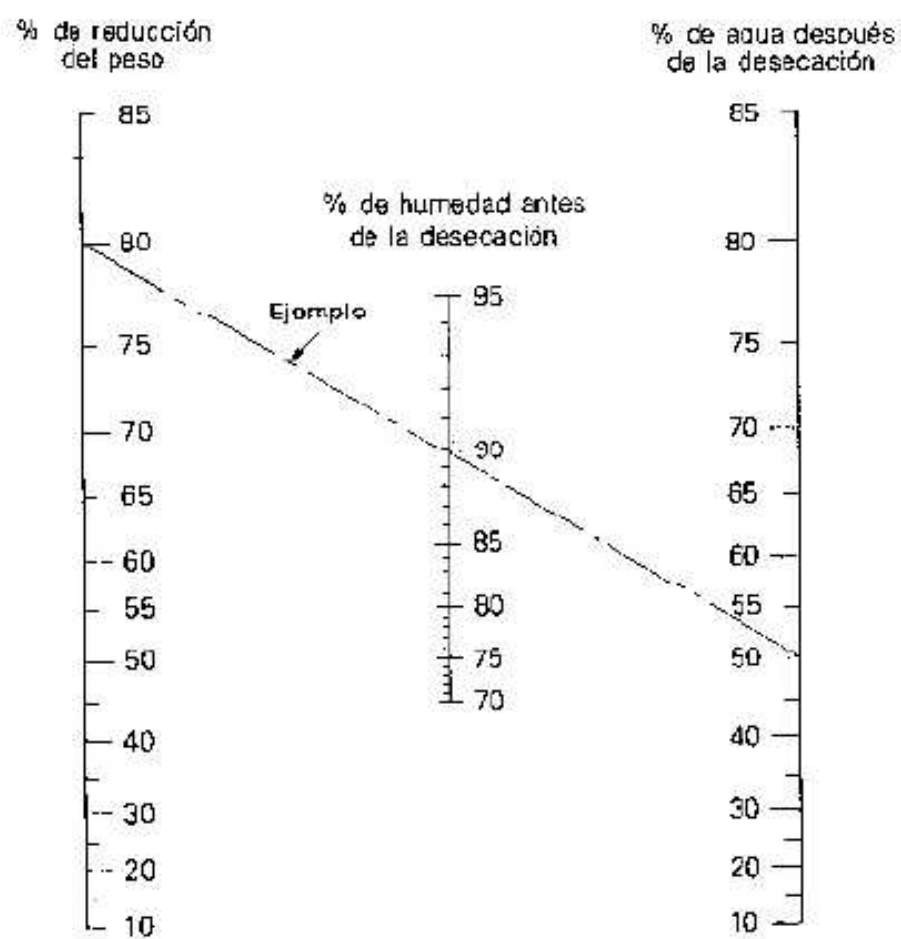
De: The Merck Index, 8ª Edición (1968), Merck & Co, Rahway, NJ.

3.14.6 Clasificación de los tipos comunes de deshidratadores

Tipo de deshidratador	Tipo de alimento para el que se usa
Por contacto con aire	
Neumático	Piezas pequeñas, gránulos
De cinta y artesa	Troceado en piezas
De armario	Troceado, purés, líquidos
De cinta transportadora continua	Purés, líquidos
De lecho fluidizado	Piezas pequeñas, gránulos
De torre	Troceado
Atomizador	Líquidos, purés
De túnel	Troceado
De rodillos o tambores	
A presión atmosférica	Purés, líquidos
A vacío	Purés, líquidos
De vacío	
Liofilizadores	Piezas, líquidos
De cinta y vacío	Purés, líquidos
De armario, a vacío	Piezas, purés

De: Potter Norman N (editor) 1973 Food Dehydration and Concentration, en Food Science, 2ª edición Avi Publishing Co, Westport Conn.

3.14.7 Relaciones entre el contenido en agua y el peso en un proceso de deshidratación o secado



Capítulo 4

DATOS TERMICOS RELACIONADOS CON LOS ALIMENTOS Y LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

- 4.1 Cálculo de las propiedades térmicas de los alimentos.
- 4.2 Fórmulas y programas de ordenador.
- 4.3 Valores tabulados de las propiedades térmicas de los alimentos.
 - 4.3.1 Propiedades térmicas del pescado, la carne de mamífero y la carne de ave.
 - 4.3.2 Propiedades térmicas de otros alimentos.
 - 4.3.3 Propiedades térmicas de frutas, hortalizas frescas y zumos.
 - 4.3.4 Conductividad térmica de los medios utilizados en Tecnología de los Alimentos.
 - 4.3.5 Propiedades térmicas de los materiales utilizados para la elaboración de envases.
 - 4.3.6 Difusividad térmica de algunos productos alimenticios.
- 4.4 Energía de activación e inactivación enzimática.
- 4.5 Datos relativos a microorganismos y enzimas.

- 4.6 Datos para el cálculo de tratamientos térmicos referidos a algunos microorganismos importantes como causa de deterioro de los alimentos.
- 4.7 Contenido calórico de algunos alimentos.
- 4.8 Propiedades dieléctricas de los alimentos.

4.1 Cálculo de las propiedades térmicas de los alimentos

Como un subcomité de Cost 90, se constituyó recientemente un grupo de trabajo para estudiar la posibilidad de calcular las propiedades térmicas de los alimentos teniendo en cuenta su naturaleza, su composición química, su temperatura y su densidad.

La primera tarea del grupo de trabajo consistió en la recogida de la lista de ecuaciones ya publicadas para la predicción de la entalpía, el calor específico, el contenido en hielo, la conducti-

113

114

MANUAL DE DATOS PARA INGENIERIA DE LOS ALIMENTOS

vidad térmica y la densidad; en reducir las ecuaciones a un sistema común de unidades; en recoger las observaciones y comentarios de los autores sobre sus posibles aplicaciones y en compilar datos y ecuaciones sobre las propiedades térmicas de los componentes de los alimentos.

Para estimar la «robustez» de las ecuaciones a usar para cálculos relativos a los alimentos, se contrastaron los valores calculados haciendo uso de las mismas, con los determinados experimentalmente. Con permiso de los autores, incluimos a continuación una descripción abreviada de un programa de ordenador para el cálculo de algunas propiedades, que está basado en las ecuaciones seleccionadas.

4.2 Fórmulas y programas de ordenador

Ecuaciones seleccionadas

En virtud de la contrastación efectuada entre los datos calculados y los experimentalmente determinados, se seleccionaron las ecuaciones siguientes.

$T > T_f$

$$\lambda = \sum \epsilon_i \chi_i \quad \lambda(1.20)$$

$$h = \sum c_i \chi_i T \quad h(1.3)$$

$$c = \sum c_i \chi_i \quad c(1.10)$$

Todas las T

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho c} \quad \alpha(3.1)$$

$$P(c = 0) = \frac{1}{\sum \frac{\chi_i}{P_i}} \quad p(1.2)$$

$T < T_f$

$$\lambda = \sum \epsilon_i \chi_i$$

$$h = c_s(1 - \chi_w)(T - T_f) + c_w \chi_w T_f \ln T$$

$$= c_{\text{hielo}} x_w (T - T_f) - c_{\text{hielo}} x_w T_f \ln \frac{T}{T_f}$$

$$\left[1 - \frac{T_f}{T} \right] + T_f \sum c_i x_i \quad \text{h(2.2)}$$

$$c = c_s(1-x_w) + c_w x_w \frac{T_f}{T} + c_{\text{hielo}} \left[1 - \frac{T_f}{T} \right] x_w - L x_w \frac{T_f}{T} \quad \text{c(2.3)}$$

Productos a granel

$$\lambda (\text{a granel}) = [1 - \epsilon (\text{a granel})] \times \lambda$$

Para aplicar el programa se necesitan introducir los siguientes datos.

- composición del alimento, es decir % de agua, grasa, etc.
- densidad a 20 °C
- punto de congelación inicial

Formato del programa y ejemplo

- | | |
|-------------------|----------------------------|
| 1 Cereales | 8 Azúcares |
| 2 Leche, huevos | 9 Frutas |
| 3 Grasas, aceites | 10 Bebidas |
| 4 Carne | 11 Salsas, sopas |
| 5 Pescado | 12 Productos de repostería |
| 6 Hortalizas | 13 Quesos |
| 7 Frutos secos | 14 Miscelánea |

***** Grupo de productos ? : 9

Nombre del producto : Fresa

Contenido en agua %

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1 Húmedo 70-100 | 2 Semi-húmedo 40-69.9 |
| 3 Semi-seco 20-39.9 | 4 Seco 0-19.9 |

*** ¿Qué grupo? : 1

Composición conocida (0=NO; 1=SI) : 1

Sobre base seca (0) o en fresco (1) ? : 1

Composición en %

Si no se dispone de datos sobre un componente introdúzcase un número negativo.

Proteína	: 0
Grasa	: 0
Carbohidratos	: 8
Minerales	: 0

CONTROL

Componente	% (input)	% que resta	Fracción
Agua	92.0		0.920
Proteína	0		0.000
Carbohidratos	8.0		0.080
Minerales	0		0.000
Total en términos de peso fresco	100.000		

DATOS TERMICOS

117

Es producto sólido (1) o líquido (2) ? : 1
 Homogéneo (1) o a granel (2) ? : 2
 Densidad de producto homogéneo (kg/m**3) ?
 Si no se conoce, tecléese cero : 0
 Diámetro equivalente de producto homogéneo (cm) : ?
 Si no se conoce, tecléese cero : 4
 Densidad a granel (kg/m**3) : ?
 Si no se conoce, tecléese cero : 0
 Punto de congelación inicial (°C) : ?
 Si no se conoce, tecléese un número positivo : -0.5
 Preguntas sobre el output :

Temperaturas específicas (1) o intervalo (2) ? : 2
 Tecléense los límites superior e inferior de temperatura y los saltos térmicos, separados por una coma : -40, 40, 5
 Propiedades que se quiere calcular (0 = NO y 1 = SI)
 ¿Conductividad? : 1
 ¿Difusividad? : 1
 ¿Entalpía? : 1
 ¿Calor específico? : 1

Fin del input

Output del ordenador

Producto a granel : Fresas

Composición (fracciones)

Agua : 0.920

Proteína	:	0.000
Grasa	:	0.000
Carbohidratos	:	0.080
Minerales	:	0.000
Punto de congelación	:	-0.50 °C

Propiedades térmicas de las fresas — predicciones del ordenador

Temp. °C	Conductividad térmica W/m °K	Difusividad térmica m ² /s	Entalpía kJ/kg	Calor específico kJ/kg °K
-40.0	1.489	0.1353E-05	-359.8	2.033
-35.0	1.450	0.1298E-05	-349.5	2.064
-30.0	1.413	0.1237E-05	-339.1	2.110
-25.0	1.375	0.1162E-05	-328.4	2.186
-20.0	1.338	0.1064E-05	-317.2	2.322
-15.0	1.299	0.9175E-06	-304.9	2.613
-10.0	1.255	0.6745E-06	-290.2	3.477
-5.0	1.183	0.2804E-06	-265.8	7.744
0.0	0.3345	0.1433E-06	0.000	3.978
5.0	0.3392	0.1451E-06	19.89	3.978
10.0	0.3439	0.1474E-06	39.78	3.978
15.0	0.3486	0.1496E-06	59.67	3.978
20.0	0.3533	0.1518E-06	79.56	3.978
25.0	0.3580	0.1540E-06	99.45	3.978
30.0	0.3628	0.1563E-06	119.3	3.978
35.0	0.3675	0.1583E-06	139.2	3.978
40.0	0.3722	0.1608E-06	159.1	3.978

Los iniciadores del programa reconocen que, puesto que la información publicada sobre datos térmicos es muy limitada con respecto a la naturaleza y el estado de los alimentos, no fue posible comprobar el programa de un modo adecuado. Otra de las limitaciones con las que se tropezó, fue la necesidad, en algunos casos, de calcular el agua ligada, no congelable, de los alimentos. Como solución transitoria, el agua no congelable se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\chi \text{ (agua no congelable)} = 0.3\chi_p + 0.1\chi_c$$

donde χ_p = fracción másica de las proteínas y χ_c = fracción másica de los carbohidratos

4.3 Valores tabulados de las propiedades térmicas de los alimentos

La mayor parte de los datos de la sección siguiente se han obtenido de un artículo publicado en «Food Technology», en noviembre de 1980, titulado «A Compilation of the thermal properties of Foods», del que son autores S. L. Polley, O. P. Snyder y P. Kotnour.

Los datos relativos al almidón fueron recogidos por mis colegas industriales del CPC (United Kingdom) Ltd.

4.3.1 Propiedades térmicas del pescado, la carne de mamífero y la carne de ave

Alimento	% H ₂ O	P. C. °C	Calor específico (kJ/kg °C)		Conductivi- dad térmica (W/m °K)	Calor latente
			Por encima del punto de congela- ción	Por debajo del punto de congela- ción		

PESCADO

Bacalao fresco	-	-2.2	3.770	2.050	-	277
Bacalao frito	60	-	3.020	-	-	-

Bacalao frito	60	-	3.520	1.840	-	235
Bacalao congelado	70	-2.2	3.180	1.720	-	235
<i>Filetes</i>						
Eglefino	80	-	3.520	1.840	-	-
Caballa	57	-	2.760	1.550	-	-
Gallineta	80	-	3.520	1.840	-	-
Abadejo	79	-	3.480	1.840	-	-
Merlán	82	-	3.600	1.840	-	-
Pescado seco	70	-2	3.180	1.717	-	235
<i>Crustáceos, moluscos y otros productos de la pesca</i>						
Langosta	79	-	3.480	1.840	-	-
Ostras	80.4	-3	3.480	1.840	-	270
Ostra, caja de	87	-3	3.770	1.930	-	291
Vieira	80.3	-	3.520	1.840	-	270
Vieiras	80.3	-2.2	3.730	2.010	-	270
Quisquilla	70.8	-2.2	3.480	1.880	-	277
Atún	70	-	3.180	1.720	-	-

(continúa)

120

MANUAL DE DATOS PARA INGENIERIA DE LOS ALIMENTOS

(continuación)

Alimento	% H ₂ O	P. C. °C	Calor específico (kJ/kg °C)		Conductivi- dad térmica (W/m °K)	Calor latente
			Por encima del punto de congela- ción	Por debajo del punto de congela- ción		
PRODUCTOS CARNICOS						
<i>Bacon</i>	57	-	2.010	-	-	-
Bacon fresco						
Magro	68	-1.7	3.220	1.680	-	233
Bacon ahumado	13-29	-	1.26-1.8	1.0-1.2	-	42-96
<i>Carne de vacuno</i>						
Desecada	5-15	-	0.92-1.4	0.7-1.1	-	16-52
Fresca, grasa	-	-2.2	2.510	1.470	-	184
<i>Cordero</i>						
Fresco	60-70	-2.2	2.8-3.2	1.5-2.2	0.41-0.48	194-276
Hígado	65.5	-1.7	3.02	1.68	-	217

<i>Cerdo</i>						
Fresco	60-75	-2	2.85	1.6	0.44-0.54	201
Salchichas						
Franfurt	60	-1.7	3.73	2.35	-	200
Frescas	65	-3.3	3.4-3.7	2.35	-	-
Ahumadas	60	-3.9	3.60	2.35	-	200
<i>Tenera</i>	58-80	-2	2.95-3.4	1.6-2.0	-	211
POLLO						
Fresco y congelado	74	-2.8	3.31	1.55	-	247

DATOS TERMICOS

121

4.3.2 Propiedades térmicas de otros alimentos

Nota: Conductividad térmica a las temperaturas que indica el subíndice.

Alimento	% H ₂ O	P. C. °C	Calor específico (kJ/kg °C)		Conductivi- dad térmica (W/m °K)	Calor latente
			Por encima del punto de congela- ción	Por debajo del punto de congela- ción		
Manzanas	84	-2	3.60	1.8-1.9	0.4153 ₆₀	280-282
Albaricoques	85.4	-2	3.68	1.93	-	284
Alcachofas						
Globe	83.7	-2	-	1.88	-	279
Jerusalén	79.5	-2.5	3.48	1.84	-	265
Espárragos	93.0	-1.2	3.94	2.01	-	310-312
Aguacates	94.0	-2.7	3.81	2.05	-	316
Plátanos	74.8	-2.2	3.35	1.76	-	251-255
Judías secas	12.5	-	1.35	1.01	-	42
Judías verdes	90.0	-18	3.94	2.39	-	297
Judías, lima, verd.	66.5	-1.1	3.06	1.68	-	219

Judías, string verd.	88.9	-1.3	3.81	1.97	-	298
Remolacha	87.6	-2.8	3.77	1.68	-	293
Frambuesa americ.	82-85	-30	3.6-3.7	1.68-1.9	-	284
Vacinios	82.3	-1	3.6	1.88	-	275
Pan, blanco	44-45	-2	2.72-2.93	1.42	-	109-121
Brocoli	89.9	-1.6	3.85	1.97	-	302
Coles de Bruselas	84.9	-0.6	3.68	1.67	-	284
Repollo	92.4	-0.5	3.94	1.97	-	306-307
Cantalupo	92.7	-1.7	3.94	2.01	-	307
Zanahoria	88.2	-1.3	3.6-3.8	1.8-1.9	-	293
Coliflor	91.7	-	3.89	1.97	-	307
Apionabo	88.3	-	3.81	1.93	-	293
Apio	93.7	-1.3	3.98	2.01	-	314
Queso	37-38	-2.2	2.09	1.30	-	126
Limburger	55	-7.2	2.93	1.68	-	200
Roquefort	55	-16.1	2.72	1.34	-	184
Suizo	55	-9.4	2.68	1.51	-	184
Magro	50	-	2.68	1.47	-	-
Cerezas	83	-3.3	3.65	1.89	-	279
Recubrimiento de chocolate	55	-	1.26	2.30	-	93
Maíz, seco	10.5	-	1.17	0.96	-	35
Maíz, verde	73.9	-1.7	3.31	1.76	-	247
Arándano	87.4	-2.6	3.77	1.93	-	288
Nata						
Helado de	58-66	-3-18	3.3	1.88	-	222
Edulcorada	75	-	3.56	2.09	-	-
40 % de grasa	73	-2.2	3.56	1.68	-	209

(continúa)

(continuación)

Alimento	% H ₂ O	P. C. °C	Calor específico (kJ/kg °C)		Conductivi- dad térmica (W/m °K)	Calor latente
			Por encima del punto de congela- ción	Por debajo del punto de congela- ción		
Acida	57-73	-	2.93	1.26	-	-
Cuajada, queso «cottage»	60-70	-	3.27	-	-	-
Dátiles secos	20	-20	1.51	1.09	-	67.5
Huevos, en carto.	-	-3	3.18	1.68	-	233
Huevo	-	-3	3.2	1.67	0.33-0.97	276
Berenjena	92.7	-0.9	3.94	2.01	-	307
Endivia	93.3	-0.6	3.94	2.01	-	307
Higos secos	24	-	1.63	1.13	-	79
Higos frescos	78	-2.7	3.43	1.80	-	261
Harina	12-13.5	-	1.8-1.9	1.17	-	-
Trigo	8.8	-		0.450	-	-

Mango	88.8	-	-	0.450	-	-
Ajo seco	74.2	-3.7	3.31	1.76	-	247
Uvaespina	88.3	-1.7	3.77	1.93	0.28-	293
					0.33- ₁₆	
Pomelo	88.8	-2	3.81	1.93	-	293
Uva, USA	81.9	-2.5	3.60	1.84	-	270
Rabanitos	73.4	-3.1	3.27	1.76	-	247
Puerros verdes	88.2	-1.6	3.77	1.93	-	293
Limones	89.3	-2.2	3.85	1.93	-	295
Lechugas	94.8	-0.4	4.02	2.01	-	316
Limas	86	-1.7	3.73	1.93	-	284
Macarrones	12-14	-	1.84	1.88	0.490	-
Mangos	93	0	3.77	1.93	-	312
Azúcar de arce	5	-	1.01	0.88	-	16.3
Jarabe de arce	36	-	2.05	1.30	-	121
Margarina	9-15	-	1.8-2.1	-	0.234	-
Melón	92.6	-6.7	3.94	2.01	-	307
Melón	92.7	-1.7	3.94	2.01	-	307
Sandía	92.1	-1.6	4.06	2.01	-	307
Leche	87.5	-0.6	3.89	2.05	-	288
Setas	91.1	-1	3.89	1.97	-	302
Nectarinas	82.9	-1.7	3.77	2.05	0.585 _g	277
Nueces secas	3-10	-	0.8-1.2	0.8-1.0	-	10-32
Olivas	75.2	-1.9	3.35	1.76	-	251
Cebollas	87.5	-1.1	3.77	1.93	-	288
Naranjas	87.2	-2.2	3.77	1.93	0.415 _{15.6}	288
Zumo de naranja	89	-1.2	3.89	-	0.544 _{15.6}	-
Chirivía	78.6	-1.7	3.52	1.93	-	261
Melocotones	86.9	-1.4	3.77	1.93	-	288
Peras	83.5	-1.9	3.60	1.88	-	275
Guisantes secos	9-14	-	1.1-1.8	0.9-1.9	-	33
Guisantes verdes	74.3	-1.1	3.31	1.76	0.502 _{15.6}	247

DATOS TERMICOS

123

Alimento	% H ₂ O	P. C. °C	Calor específico (kJ/kg °C)		Conductivi- dad térmica (W/m °K)	Calor latente
			Por encima del punto de congela- ción	Por debajo del punto de congela- ción		
Pimientos	92.4	-1.1	3.94	1.97	-	307
Nisperos	78.2	-2.1	3.52	1.80	-	261
Piñas	85.3	-1.4	3.68	1.88	0.5486	284
Ciruelas	85.7	-2.2	3.68	1.88	0.24-0.55	286
Granada	77	-2.2	3.68	2.01	-	261
Patata	77.8	-1.7	3.43	1.80	0.42-1.1	258
Calabacines	90.5	-	3.85	1.97	-	302
Membrillo	85.3	-2.2	3.68	1.88	-	284
Rábano	93.6	-	3.98	2.01	-	312
Frambuesa	82	-1.1	3.56	1.88	-	284

Rulbarbo	94.9	-2	4.02	2.01	-	312
Arroz	10-14	-	-	1.7-1.9	-	-
Salsifi	79.1	-2	3.48	1.84	-	263
Espinaca	85-93	-1	3.94	2.01	-	307
Almidón de maíz	-	-	1.2-1.3	-	0.12-	-
					0.2 ₂₅	
Fresa	90	-1.2	3.89	1.1-2.0	0.67-	290
					1.2 _{13,-16}	
Zumo de fresa	92	-1	3.98	-	0.571 _{15.6}	-
Boniato	68.5	-2	3.14	1.68	-	226
Tangerinas	87.3	-2.2	3.89	2.09	-	293
Tomates	94	-1	3.98	2.01	0.46-0.53	312
Nabos	90.9	-1	3.89	1.97	0.56	-

4.3.3 Propiedades térmicas de frutas, hortalizas frescas y zumos

Producto	Contenido en agua %	Conductividad térmica W/m K	Densidad aparente kg/m ³	Calor específico medio	Difusividad térmica m ² /s × 10 ⁷
Manzana	84-85	0.415	878	3.77	1.25
Zumo de manzana	87.2	0.554	1051	3.85	1.37
Zumo de manzana concentrado	49.8	0.433	1227	3.01	1.17
Compota de manzana	82.8	-	-	3.73	-
Zumo de arándano	89.5	0.554	1041	3.89	1.37
Zumo de cereza	86.7	0.554	1052	3.85	1.37
Pomelo	84.7	0.537	1062	3.81	1.33
Naranja	87.1	0.415	878	3.77	1.25
Zumo de naranja	89.0	0.554	1042	3.89	1.37

Zumo de naranja	89.0	0.554	1045	3.89	1.37
Zumo de frambuesa	88.5	0.554	1046	3.89	1.36
Zumo de fresa	91.7	0.571	1033	3.98	1.39

Adaptado de los datos publicados por Gane (1936), Riedel (1951) y Slavicek *et al.* (1962).
Difusividad térmica calculada a partir de los datos citados.

DATOS TERMICOS

125

4.3.4 Conductividad térmica de los medios utilizados en Tecnología de los Alimentos para el intercambio calórico

Medio	Temperatura °C	Conductividad térmica
Hielo	-25	2.42
	0	1.28
Agua líquida	0	0.594
	37.8	0.628
	93	0.680
Aire	0	0.024
	100	0.032
	200	0.039
Aceite de oliva	20	0.168
	100	0.164

Salmuera de cloruro sódico (25 %)	100	0.104
(12.5 %)	30	0.571
Nitrógeno	30	0.588
	-100	0.016
	0	0.024
	100	0.031
Dióxido de azufre	0	0.023
	100	0.031
Vapor de agua (saturado)	0	0.023
	93	0.028
	204	0.034
	315.6	0.044

Adaptado de:

Keith, Frank: Principals of Heat Transfer, International Text Book Co, Scranton, Pa. Mc-Adams, William H: Heat Transmission, McGraw-Hill Book Co.

Perry, John H: 1950, Chemical Engineer's Handbook, McGraw-Hill, 3.^a Edición.

4.3.5 Propiedades térmicas de los materiales utilizados para la elaboración de envases

Material	Conductividad térmica W/m °K	Calor específico kJ/kg °K	Densidad aparente kg/m ³	Difusividad térmica m/s × 10 ⁷
Aluminio	202.5-268.2	0.963	2700	537 × 10 ²
Vidrio borosilicatado	1.125	0.837	2243	5.99
Nylon (tipo 6/6)	0.242	1.675	1121	1.29
Polietileno (HD)	0.485	2.303	961	2.19
Polietileno (LD)	0.329	2.303	929	1.54
Polipropileno	0.118	1.926	913	0.67

lellón	0.260	1.217	2082	1.03
Acero inoxidable, tipo (302)	15.87	0.494	7912	40.6
Acero	36-45	0.502	7100	114
Estaño	57-62	-	-	-

Nota: HD = densidad alta; LD = densidad baja.

DATOS TERMICOS

127

4.3.6 Difusividad térmica de algunos productos alimenticios

Producto	Contenido en agua %	Temperatura °C	Difusividad térmica $m^2/s \times 10^7$
Frutas y hortalizas			
Manzana entera, Red Delicious	85	0-30	1.37
Compota de manzana	37	5	1.05
Compota de manzana	37	65	1.12

Compota de manzana	80	5	1.22
Compota de manzana	80	65	1.40
Compota de manzana	-	26-129	1.67
Aguacate, porción comestible	-	24, 0	1.24
Aguacate, semillas	-	24, 0	1.29
Aguacate, entero	-	41, 0	1.54
Plátano, porción comestible	76	5	1.18
Plátano, porción comestible	76	65	1.42
Judías horneadas	-	4-122	1.68
Cerezas, porción comestible	-	30, 0	1.32
Patas cocidas, puré	78	5	1.23
Fresas, porción comestible	92	5	1.27
Carne y productos de la pesca			
Bacalao	81	5	1.22
Bacalao	81	65	1.42
Corned beef	65	5	1.32
Corned beef	65	65	1.18
Vaca, aguja	66	40-65	1.23
Vaca, pierna	71	40-65	1.33
Vaca, lengua	68	40-65	1.47
Eglefino	76	40-65	1.47
Jamón ahumado	64	5	1.18
Jamón ahumado	64	40-65	1.38
Agua	-	30	1.48
Agua	-	65	1.60

Adaptado de Ashrae (1981) y Gaffney *et al.* (1980).

4.4 Energía de activación e inactivación enzimática

Reacción	Catalizador	Energía de activación Cal/mol
Descomposición de H ₂ O ₂	Ninguno	18 000
	Platino coloidal	11 700
	Catalasa hepática	5 500

Hidrólisis de la caseína	HCl	20 600
	Tripsina	12 000
Inversión de la sacarosa	Iones de hidrógeno	26 000
	Invertasa de levadura	11 500
Hidrólisis del butirato de etilo	Hidrogeniones	13 200
	Lipasa pancreática	4 200

Enzima	Energía de inactivación por el calor
Catalasa (sanguínea)	45 000
Amilasa (de malta)	42 500
Lipasa (pancreática)	46 000
Bromelina	76 000
Sacarasa	100 000
Tripsina	41 000

DATOS TERMICOS

129

4.5 Datos relativos a microorganismos y enzimas

Alimento	Microorganismos ordinariamente presentes cuando se ha alterado
Leche y productos lácteos	Estreptococos, Lactobacilos, Microbacterium, Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Bacillus
Carne fresca	Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococos, Clados-

Carne fresca	Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococcus, Cladosporium, Thamnidium
Carne de aves	Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococcus, Penicillium
Carnes curadas ahumadas	Micrococcus, Lactobacillus, Streptococcus, Debaryomyces, Penicillium
Pescados y crustáceos	Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococcus
Moluscos	Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium, Micrococcus
Huevos	Pseudomonas, Cladosporium, Penicillium, Sporotrichum
Hortalizas	Penicillium, Rhizopus, Lactobacillus, Achromobacter, Pseudomonas, Flavobacterium
Frutas y zumos de frutas	Sacharomyces, Torulopsis, Botrytis, Penicillium, Rhizopus, Acetobacter, Lactobacilos

Termófilo	Importancia industrial	Temperatura de crecimiento °C
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Crece durante la pasteurización de la leche; participa en la maduración del queso suizo	48 25-60
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	En la leche búlgara y en la fabricación de ácido láctico	49 25-60
<i>Lactobacillus thermophilus</i>	Se multiplica durante la pasteurización de la leche	55 30-65
<i>Lactobacillus delbrukii</i>	Acidifica la masa; se usa para la fabricación de ácido láctico	45 21-60
<i>Bacillus calidolactis</i>	Coagula la leche a temperaturas elevadas	55+ 45-75
<i>Bacillus thermoacidurans</i>	Produce el agriado sin abombamiento del zumo de tomate	45 25-60
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	Produce el agriado sin abombamiento de las conservas	50 45-76
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	Produce abombamiento de las latas de conserva	55+ 43-71
<i>Clostridium nigrificans</i>	Responsable de la evolución de ácido sulfhídrico en las conservas	55 26-70

* Primera temperatura = óptima; segunda temperatura = intervalo de crecimiento.

4.6 Datos para el cálculo de tratamientos térmicos referidos a algunos microorganismos importantes como causa de deterioro de los alimentos

Microorganismo	°C	D (min)	Z °C	m	Tipo de alimento susceptible de ser afectado
----------------	----	---------	------	---	--

C. botulinum	121	0.1-0.3	8-10	12	Poco ácidos pH > 4.5
C. sporogenes	121	0.8-1.5	9-11	5	Carne
B. stearothermophilus	121	4-5	9.5-10	3	Hortalizas
C. thermosaccharolyticum	121	3-4	7.1-10.5	5	Hortalizas
B. subtilis	121	~0.4	6.5	6	Productos lácteos
B. coagulans	121	0.01-0.07	10	5	Alimentos de pH 4.2-4.5 (tomate)
C. pasteurianum	100	0.1-0.5	8.3	5	Alimentos de pH 4.2-4.5

Nota: Estas cifras sólo son indicativas. Para una información más precisa sobre un determinado alimento se debe consultar la bibliografía especializada.

4.7 Contenido calórico de algunos alimentos

Producto	Contenido calórico Kcal/100 g
----------	----------------------------------

CEREALES

Pan, integral	242
Pan, blanco	243
Harina, manitoba, integral	339
Harina, manitoba, blanca	350
Harina de avena	404
Arroz, pulido	361

PRODUCTOS LACTEOS

Mantequilla	793
Queso, Cheddar	425
Queso, Gorgonzola	393
Huevos	163
Leche fresca, entera	66

CARNES

Corned beef	231
Vaca, carne cruda congelada	151
Filete de vaca, crudo	177
Hígado, crudo	143

FRUTA

Manzana de mesa	45
Albaricoques, deshidratados	183
Plátanos	77
Grosellas negras, frescas	29
Grosellas rojas, frescas	21
Uva espina, verde, fresca	17
Pomelo	22
Naranja	35

HORTALIZAS

Judías secas, crudas	266
Judías verdes, crudas	15
Repollo, crudo	26
Zanahorias viejas, crudas	23
Guisantes, frescos, crudos	64
Patacas, viejas, crudas	87

FRUTOS SECOS

Cacahuetes	603
Nueces	549

4.8 Propiedades dieléctricas de los alimentos

Las propiedades dieléctricas fundamentales de los alimentos están relacionadas con su composición química y su estructura física y son muy dependientes de la temperatura y la frecuencia.

Los productos biológicos, como los alimentos, pueden considerarse como condensadores no ideales, en cuanto que poseen la capacidad de almacenar y disipar la energía eléctrica de un

campo a través de un conjunto de propiedades eléctricas globalmente designadas con el término permitividad dieléctrica.

La permitividad dieléctrica de un determinado producto se expresa por medio de un componente real, la constante dieléctrica, y otro imaginario denominado pérdida dieléctrica.

$$e^X = e^X - j e_{\text{eff}}$$

Alimento	T ^o C	%H ₂ O (DB)	10 ⁷ Hz		10 ⁹ Hz		3 × 10 ⁹ Hz	
			e'	e''	e'	e''	e'	e''
Filetes de vaca, cadera	25	-	50	1300	50	39	40	12
Filetes de vaca congelados, magros	0	-	-	-	4.4	0.72	3.95	0.3
Grasa de panceta fundida por métodos convencionales	25	-	-	-	2.6	0.16	2.5	0.13
Patatas crudas	25	-	80	47.8	65.1	19.6	53.7	15.7
Pavo cocinado	25	-	-	-	46.0	68.0*	40.0	14.0*
Mantequilla	0	16.5	-	-	-	-	4.05	0.39
Mantequilla	35	-	-	-	-	-	4.15	0.44
Agua								
Hielo puro	12	-	3.7	0.07	-	-	3.2	0.003
Destilada	25	-	-	-	77.5	1.2*	76.7	12.0
Disolución 0.5 molal	95	-	-	-	52.0	0.364	52.0	2.44
ClNa	25	-	-	-	69.0	269.0	67.0	41.87
Leche en polvo	30	3.3*	-	-	-	-	2.29	0.05 _h
Suero láct. en pol.	30	4.8*	-	-	-	-	2.04	0.025*

Nota: H₂O* sobre peso fresco.

Tabla adaptada de von Hippel (1954) MIT Press.

Capítulo 5

DATOS RELATIVOS AL PROCESADO, ALMACENAMIENTO Y ENVASADO

- 5.1 Definición de términos en conservería.
- 5.2 Terminología de los botes de conservas.
- 5.3 Tamaño y capacidad de los botes.
- 5.4 Tamaños de bote recomendados.
- 5.5 Detalles sobre la hojalata.
- 5.6 Detalles de las lacas o esmaltes de revestimiento.
- 5.7 Detalles sobre el procesado de algunos productos.
 - 5.7.1 Cakes y pasteles enlatados.
 - 5.7.2 Enlatado de zanahorias.
 - 5.7.3 Notas sobre enlatado experimental de macarrones con queso.
 - 5.7.4 Enlatado de carne picada con cebolla.
 - 5.7.5 Enlatado de budín de arroz.
 - 5.7.6 Espagueti en salsa de tomate.
 - 5.7.7 Enlatado de fresas.
- 5.8 Cálculo de tratamientos térmicos — Definición de términos y símbolos.
- 5.9 Valores F_0 requeridos para la esterilización comercial.
- 5.10 Origen de los defectos hallados en el sertido — Tabla gentilmente cedida por Metal Box plc, Worcester.
- 5.11 Tabla de coeficientes de letalidad.
- 5.12 Propiedades de los materiales para envasados flexibles.
- 5.13 Datos sobre aditivos alimentarios.
 - 5.13.1 Glosario de términos relativos a los aditivos alimentarios.
 - 5.13.2 Aditivos permitidos en los Estados Unidos de América.
 - 5.13.3 Clasificación por números E.

- 5.14 Condiciones de almacenamiento recomendadas.
 - 5.14.1 Alimentos congelados.
 - 5.14.2 Períodos máximos de almacenamiento recomendados para la carne.
 - 5.14.3 Almacenamiento en atmósferas modificadas.

Solapamiento real

El que se da entre el gancho de la tapa y el gancho del cuerpo.

Presión del plato de compresión o plato base

La presión del plato que sostiene el cuerpo y la tapa contra el mandril durante la operación de cierre o insertado.

Bote con cordones o acordonado

Un bote reforzado mediante arrugas circulares regularmente dispuestos a lo largo del cuerpo.

Cuerpo

Parte principal del bote; habitualmente la mayor, de una sola pieza, que forma la pared lateral del envase.

Gancho del cuerpo

Porción del cuerpo que es doblada en la operación de rebordeado para que intervenga en el sertido o insertado.

Penetración del gancho del cuerpo

Relación entre la longitud del gancho del cuerpo y la longitud o altura del cierre.

Tapa colocada por el envasador

De las dos piezas que confinan el espacio delimitado por el cuerpo, la que se coloca en la fábrica de conservas.

Cierre sertido o insertado de la tapa

Cierre o insertado superior; el que efectúa la máquina cerradora en la fábrica de conservas.

Mandril de cierre

Pieza de la máquina cerradora que soporta o presiona la pared de la cubeta de la tapa durante el sertido o insertado.

Huella o impresión de la pared de mandril de cierre

Una arruga formada en el interior del cuerpo, comprendida en el sertido; es una impresión del mandril debida a la presión aplicada por las rulinas durante la operación de cierre.

Cerradora

Máquina que efectúa la operación de cierre, insertado o sertido de las tapas y que puede llevar incorporados accesorios para llevarla a cabo a vacío o en corriente de vapor, según las exigencias del fabricante de conservas.

Plato base «girando»

Se dice del plato base, o de compresión, de la cerradora cuando no es paralelo al mandril.

Compuesto

El producto utilizado para lograr que el cierre sea hermético, mediante la formación de una junta. Está constituido por una disolución o emulsión de latex, o goma sintética, en agua u

otro disolvente; se coloca en la acanaladura que forma el ala del fondo o tapa. Llena los espacios que quedan entre las porciones superpuestas de los ganchos del cuerpo y la tapa.

Profundidad de la cubeta

Es la distancia entre el borde superior del ribete formado en la operación de cierre y el punto más bajo del radio de la pared de la cubeta.

Rizo

Extremo del fondo o tapa que es virado hacia dentro, una vez formada la pieza. En la operación de cierre forma la parte central y del insertado.

Borde cortante (cut over)

Durante ciertas condiciones anormales de insertado, el cierre queda aplanado y el metal es forzado sobre el mandril formando un pico o reborde en la pared del mandril. En casos extremos el metal se puede fracturar y originar un cierre fracturado en el radio del ala.

Cerradora

Máquina que une, mediante insertado, el fondo al cuerpo en la fábrica de botes.

Caída interna

Distorsión hacia abajo del gancho interno del fondo o la tapa, en la «unión».

Caída externa

Proyección lisa del doble cierre o sertido por debajo del borde inferior de un sertido normal en la solapa lateral.

Tapas y fondos

Aquellas partes del envase que se utilizan para cerrar por sus extremos el cilindro abierto que constituye el cuerpo del bote.

Gancho de la tapa

Parte del insertado formado por el rizo de la tapa.

Cierre falso

Sertido defectuoso en el que los ganchos de la tapa y del cuerpo no se han agrafado, aunque ofrezca la apariencia de un cierre normal.

Dorde agudo

Es un «borde cortante» poco desarrollado; un borde con un ángulo vivo que puede detectarse con la uña.

Primera operación

La primera de las dos operaciones de que consta el sertido y en la cual el rizo del fondo o tapa se dobla y engancha con la pestaña del cuerpo, formando los ganchos de la tapa y el cuerpo.

Pestaña

Extremo del cuerpo proyectado hacia afuera que doblado adecuadamente acaba formando el gancho del cuerpo.

Espacio libre

La diferencia entre el espesor medio del insertado y la suma de los cinco grosores de hojalata que componen el cierre.

Montaje o unión

Parte del insertado coincidente con la costura lateral, engatillado o agrafado.

Pestaña aplastada

Condición localizada, similar al cierre falso, en la que los ganchos de la tapa y el cuerpo no se agrafan. Se reconoce porque puede verse el gancho del cuerpo por debajo del de la tapa.

Cierre del fondo

El insertado que une el fondo al cuerpo y que se efectúa en la fábrica de botes.

Pestaña achampiñonada

Más curvada que lo normal y que tiende a doblarse en el borde, adoptando la forma de un hongo.

Bote entallado

Es un bote cuyo diámetro en alguno de los extremos es más pequeño que el de la parte principal del cuerpo.

Cuerpo desencajado, amartillado o fuera de escuadra

El cuerpo de un bote que presenta un escalón en el ribete, por mal alineamiento de las partes de la solapa.

Altura de ajuste

Distancia entre la parte más alta del plato base, o plato de compresión, y la más baja del mandril de cierre.

Pliegues

Condición que se da cuando el metal del gancho de la tapa se dobla sobre sí mismo durante la primera operación de insertado y se aplasta en cierta extensión durante la segunda operación.

Surcos

Condición intermedia entre un pliegue y una ondulación en la que el gancho de la tapa queda localmente distorsionado, desplazándose hacia atrás sin llegar a plegarse.

Salto de rulina

Un insertado no suficientemente apretado en las zonas adyacentes a la unión y que se debe a un salto de la rulina de la segunda operación de insertado, al alcanzar las solapas.

Grosor de la junta en la cumbre de cierre

Distancia entre la cara superior del gancho del cuerpo y la inferior del gancho de la tapa en la cumbre del cierre.

Altura o longitud del insertado o cierre

Dimensión máxima del cierre, medida paralelamente al eje longitudinal del bote.

Grosor o espesor del insertado o cierre

Dimensión máxima del insertado, medida en dirección perpendicular a la altura o longitud del insertado.

Segunda operación

La última de las dos operaciones de que consta el insertado. Los ganchos formados durante la primera operación se aplastan el uno contra el otro.

Costura lateral, engatillado o agrafado

Cierre del cuerpo del bote por unión de los extremos de la lámina para cuerpos.

Patinador

Bote defectuoso cuyo cierre queda flojo en parte de la circunferencia. Sólo se emplea este término cuando se utiliza una cerradora «de bote giratorio».

Resbalante

Condición similar a la del patinador, excepto que se aplica sólo cuando se emplea una cerradora «de bote parado».

Ve o labio

Irregularidad localizada, que se caracteriza por una proyección en forma de «V» en la parte inferior del cierre. Generalmente va acompañado de un pliegue, o un surco en forma de «V», del gancho de la tapa.

Grado de ajuste o grado de apriete

Valoración de la compacidad o grado de compresión del cierre, que se obtiene evaluando los pliegues, ondulaciones y surcos presentes en el gancho de la tapa.

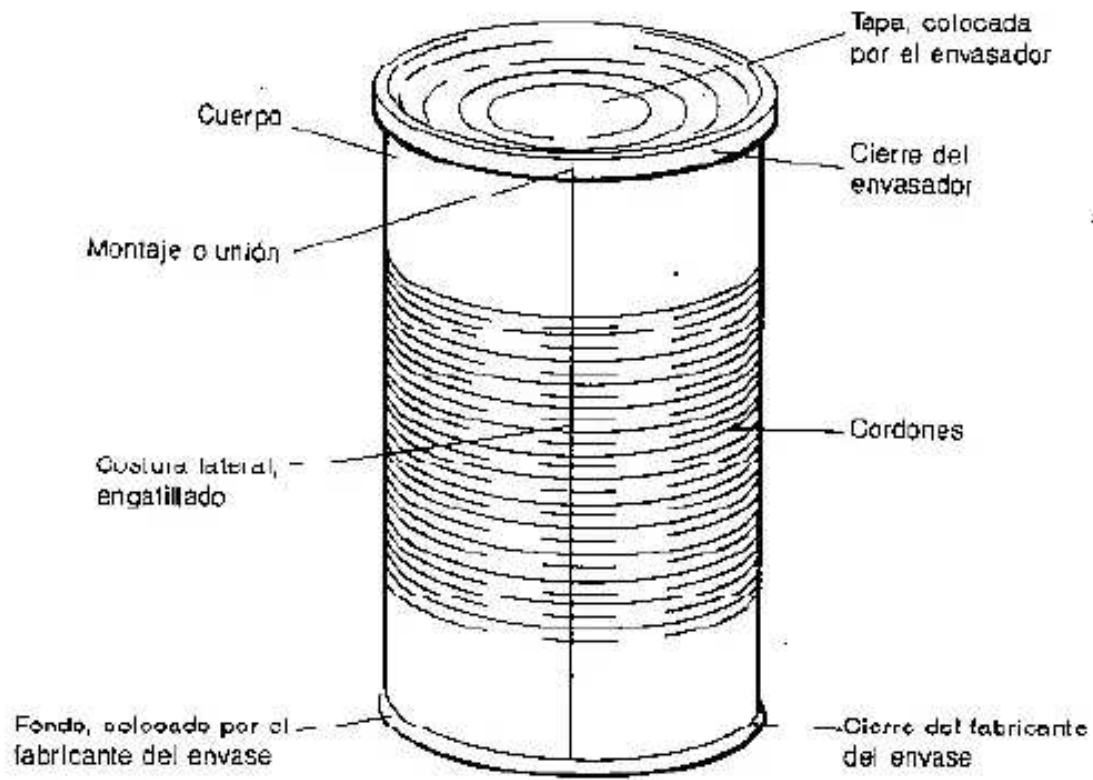
Gancho irregular

Gancho del cuerpo, fondo o tapa de longitud excesivamente desigual.

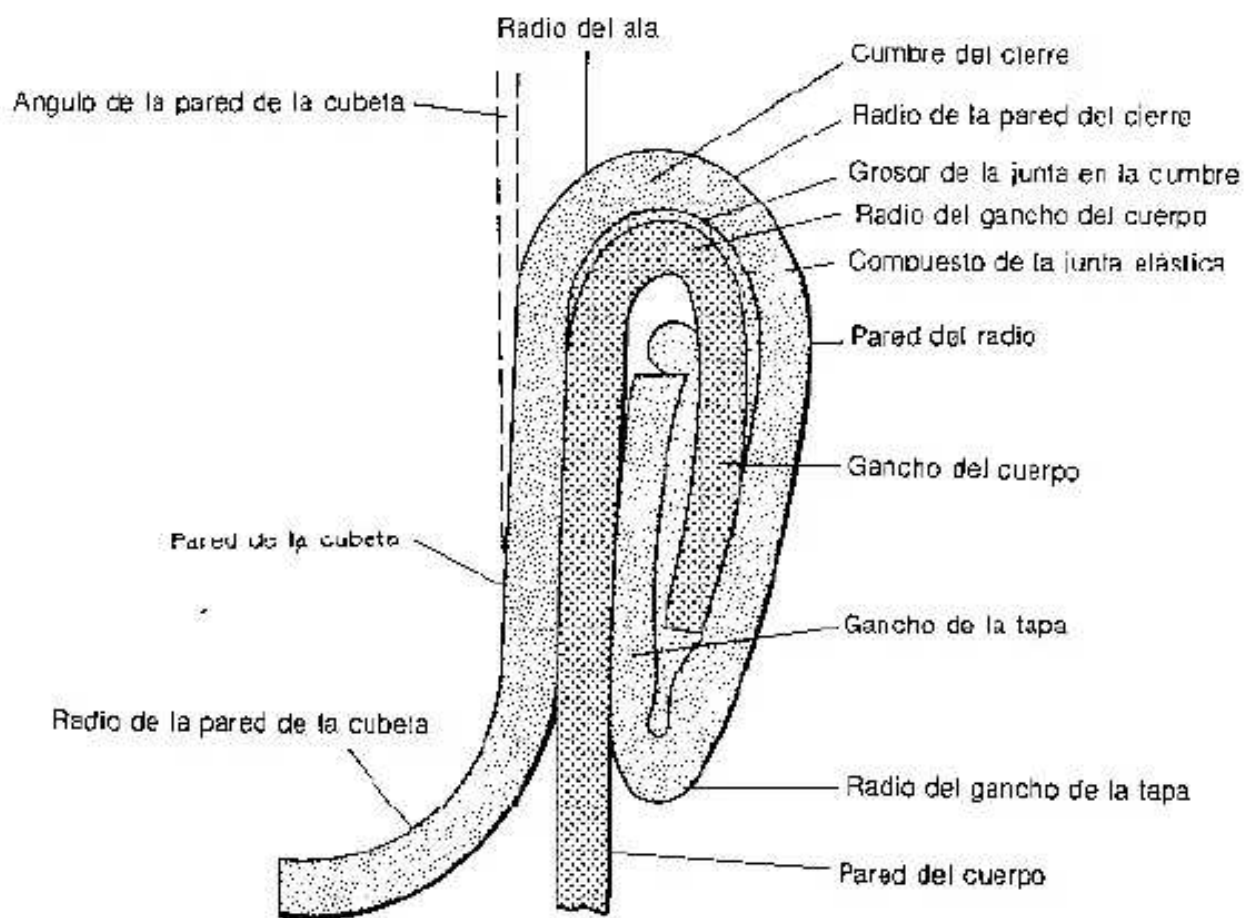
Ondulación

Ondas o arrugas en el gancho de la tapa que se distinguen de los efectos de sombreado porque tienen cierta profundidad.

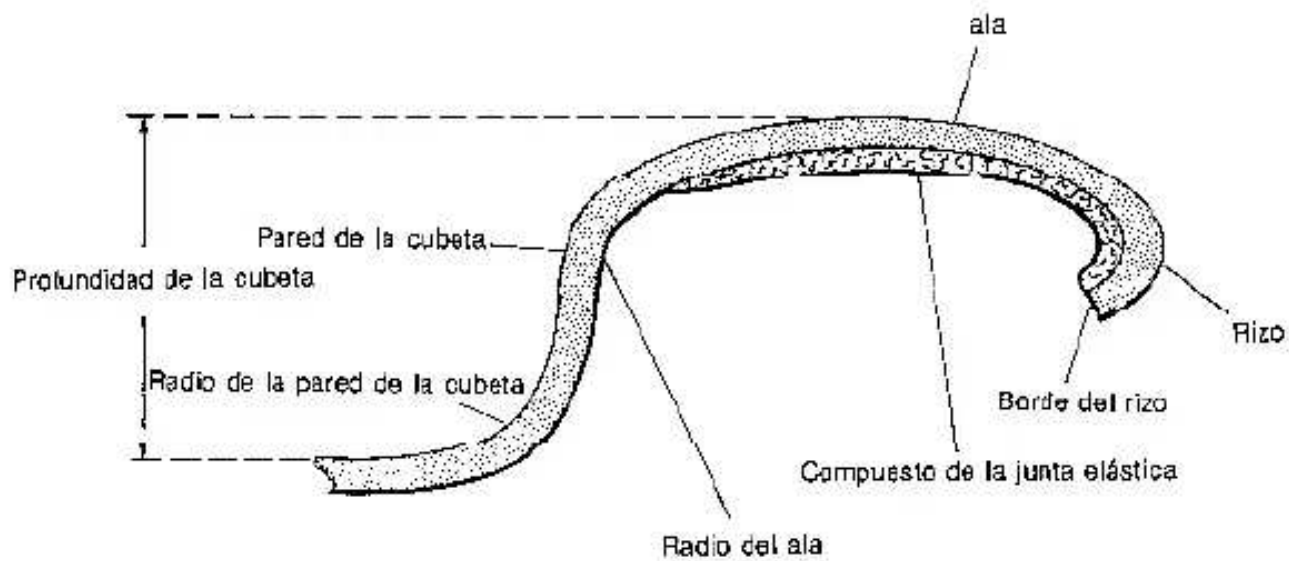
5.2 Terminología de los botes de conservas



Bote sanitario o de tapa abierta para el enlatado de alimentos



Terminología general del cierre doble o insertado



Terminología de la tapa

5.3 Tamaño y capacidad de los botes

El tamaño de los botes se expresa generalmente indicando el diámetro y la altura. En el sistema imperial, las cifras se refieren a pulgadas y 1/16 de pulgada. Así, por ejemplo, un bote:

401 x 411 tiene 4 1/16 pulgadas de diámetro y 4 11/16 de altura

En el sistema métrico decimal, los tamaños se dan en mm; así, un bote

99 x 119 tiene 99 mm de diámetro y 119 de altura

Nota: La capacidad se expresa redondeando el número de ml de modo que la última cifra sea 0 ó 5. D = de dos piezas, embutido.

Tamaño sistema imperial	Tamaño sistema métrico	Capacidad (mls)
202 x 213½	52 x 72	140
211 x 202	65 x 54	155
211 x 205	65 x 54	175
211 x 301	65 x 78	235
211 x 400	65 x 102	315
211 x 414	65 x 124	385
300 x 107	73 x 37	125 (D)
300 x 108	73 x 38	125
300 x 200	73 x 51	180
300 x 201	73 x 52	185
	73 x 56.5	210 (D)
300 x 207	73 x 62	230
300 x 213	73 x 71	280
300 x 303½	73 x 82	310
300 x 312	73 x 95	355
300 x 402	73 x 105	400
300 x 405	73 x 110	425 (D)
300 x 407	73 x 113	435
300 x 408½	73 x 115	445
300 x 604	73 x 159	630
307 x 112	83 x 44	210 (D)
307 x 200	83 x 51	235
307 x 403	83 x 106	540
307 x 408	83 x 114	580
401 x 114	99 x 48	325 (D)
401 x 200	99 x 51	325
401 x 206	99 x 60	425
401 x 210	99 x 67	445
401 x 212	99 x 70	475
401 x 400	99 x 102	720
401 x 411	99 x 119	850
401 x 509	99 x 141	1025
401 x 609	99 x 167	1215

(continúa)

(continuación)

Tamaño sistema imperial	Tamaño sistema métrico	Capacidad (mls)
401 x 614	99 x 175	1275
401 x 700	99 x 178	1295
401 x 711	99 x 195	1430
404 x 700	105 x 178	1455
502 x 711	127 x 195	2330
603 x 108	153 x 38	600 (D)
603 x 304	153 x 83	1335
603 x 402	153 x 105	1755
603 x 600	153 x 152	2630
603 x 700	153 x 178	3110
603 x 800	153 x 202	3580
603 x 904	153 x 235	4150
606 x 509	159 x 141	2570
Botes ahusados		
404 x 106	105 x 35	225 (D)
603 x 104	153 x 32	450 (D)
Oval		
-	174 x 95 x 25	240 (D)
Otros		
307 x 206	83 x 60	240 (D)
404 x 213	105 x 71	495 (D)
Bandeja		
-	256 x 156 x 47	1500 (D)

5.4 Tamaños de bote recomendados

Denominación del envase	Dimensiones	Productos
	202 x 204	Setas
	202 x 214	Alimentos infantiles
	202 x 308	Zumos (excepto el de piña), setas, pasta de tomate
	202 x 314	Mosto y zumos cítricos
	211 x 200	Olivas, pimientos
8Z	211 x 212	Setas
	211 x 300	Judías secas, salsa de tomate
10oz	211 x 304	Frutas, zumos, olivas, sopas, espagueti, hortalizas
	211 x 400	Judías secas, salsa de tomate, productos cárnicos, hortalizas
	211 x 414	Zumos, piña, ciruelas pasas
	211 x 600	Olivas
	300 x 206	Pimientos
	300 x 308	Judías secas
300	300 x 400	Setas
	300 x 407	Espárragos, arándanos, judías secas, zumos (excepto el de piña) pimientos, espagueti
	301 x 411	Frutas (excepto piña) hortalizas
303	303 x 406	Judías secas, frutas (excepto piña) maíz machacado, sopas, hortalizas
	303 x 509	Sopas
	307 x 113	Productos de la pesca
	307 x 203	Piña
	307 x 214	Judías secas
	307 x 306	Hortalizas (envasadas al vacío), carne
	307 x 400	Judías secas, judías verdes (al estilo de los espárragos)
	307 x 409	Judías secas, frutas, maíz machacado, zumos, hortalizas
	307 x 510	Espárragos, judías secas, setas
	307 x 512	Zumos (excepto piña), sopa
	307 x 704	Olivas
	401 x 207,5	Piña
	401 x 411	Judías secas, frutas, maíz machacado, olivas, pimientos, sopas, hortalizas
303	404 x 307	Boniatos, productos cárnicos
	404 x 700	Cualquier alimento (excepto piña)
No. 10	603 x 700	Cualquier alimento

5.5 Detalles sobre la hojalata

Los botes se fabrican con acero recubierto de estaño por ambos lados.

La moderna hojalata electrolítica se puede fabricar con recubrimientos de estaño distintos en cada una de las dos caras, en cuyo caso se habla de hojalata electrolítica diferencial. Los pesos del recubrimiento de estaño más habituales son los siguientes:

A	Aluminio	
N	Acero sin recubrimiento de estaño	
	Recubrimiento de estaño	
Z	E.11.2	Electrolítico
V	E.8.4	Electrolítico
S	E.5.6	Electrolítico
L	E.4.2	Electrolítico
W	E.2.8	Electrolítico
R	E.1.4	Electrolítico
E	D.15.1/5.6	Electrolítico diferencial
R	D.15.1/2.8	Electrolítico diferencial
C	D.11.2/5.6	Electrolítico diferencial
Q	D.11.2/3.3	Electrolítico diferencial
G	D.11.2/2.8	Electrolítico diferencial
D	D.8.4/5.6	Electrolítico diferencial
S	D.8.4/3.3	Electrolítico diferencial
M	D.8.4/2.8	Electrolítico diferencial
T	D.5.6/11.2	Electrolítico diferencial
J	D.5.6/2.8	Electrolítico diferencial
P	D.2.8/5.6	Electrolítico diferencial
1	D.2.8/3.3	Electrolítico diferencial
3	D.1.4/2.8	Electrolítico diferencial
K	D.2.8/5.6	Electrolítico diferencial invertido P
I	D.3.4/2.2	Electrolítico diferencial invertido

5.6 Detalles de las lacas o esmaltes de revestimientos

Inicialmente el estaño de los botes estaba destinado a facilitar la construcción de los mismos por soldadura y a reducir la interacción química entre los alimentos y el acero (hierro) base de la lámina metálica. A medida que el depósito de estaño ha ido progresivamente reduciéndose, y al objeto de minimizar la disolución del hierro y el acero en el alimento enlatado, se han ido desarrollando una serie de esmaltes y lacas para el recubrimiento interno de los botes. Entre otras, deben cumplir las siguientes exigencias:

- No ser tóxicos — lo que de ordinario, supone acomodarse a las regulaciones de la FDA*.
- No impartir sabor ni olor a los alimentos.
- Minimizar los cambios de color.

Para cada tipo de producto se selecciona un revestimiento determinado, tras una investigación exhaustiva. Carece de sentido incluir aquí una lista de los revestimientos que se usan para cada tipo de alimento porque la moderna tecnología está ofreciendo a diario nuevos revestimientos para sustituir los hasta entonces usados. De hecho, resulta más práctico consultar, en su momento, con un fabricante de envases, que será capaz de suministrarlos con el revestimiento más adecuado para el producto a enlatar. Algunos botes se usan, intencionadamente, sin recubrir internamente los cuerpos, para permitir que se disuelva parte del estaño, con lo que se decolora y abrillanta el producto. Así, para productos lácteos, setas, sopa de pollo, uva espina y derivados del tomate se utilizan botes con el cuerpo sin recubrir y la tapa y el fondo protegidos por lacas.

Entre los tipos de revestimientos habitualmente utilizados se encuentran los siguientes:

- Oleorresinosos — Utilizados para frutas de color rojo. Son revestimientos resistentes al azufre y formulados para proporcionar una buena barrera entre los productos ácidos y los metales del envase.
- Fenólicos — Se utilizan para productos cárnicos y pesqueros. Ofrecen mayor impermeabilidad que los oleorresinosos, pero son muy poco flexibles e inadecuados para latas con cuerpos con cordones, al igual para tapas y fondos.
- Epoxi — Frecuentemente utilizados para frutos, hortalizas y productos cárnicos. Tienen gran flexibilidad y estabilidad térmica. Pueden incorporarse a ellos productos fenólicos lo que resulta conveniente para su empleo en el enlatado de frutas y productos con un elevado contenido en grasa.
- Epoxifenólicos — Empleados para productos cárnicos «curados».
- Organosoles — Son revestimientos flexibles, utilizados en tapas, fondos y envases embutidos.

* (Food and Drug Administration, USA).

5.7 Detalles sobre el procesado de algunos productos

El fundamento de la conservación de los alimentos por enlatado y tratamiento térmico (apertización) no es otro que la destrucción por el calor tanto de los microorganismos capaces de alterarlo, como de los patógenos.

El tratamiento térmico necesario se ve fuertemente influido por el pH; los alimentos poco ácidos, de pH superior a 4,5 permiten el crecimiento de *Clostridium botulinum* y suelen recibir tratamientos térmicos de letalidad equivalente a, por lo menos, 3 minutos a 121,1 °C.

El desarrollo de un proceso industrial (es decir, el logro de una combinación adecuada de tiempo y temperatura) capaz de conseguir un alimento comercialmente estéril requiere la determinación de la temperatura del centro del envase a lo largo del tratamiento y debe ser llevado a cabo por un laboratorio autorizado, dadas las implicaciones que para la salud pública tiene. Estas determinaciones deben efectuarse siempre que se modifiquen las formulaciones del producto alimenticio o el tamaño del envase. La velocidad de transferencia de calor puede variar considerablemente con la viscosidad del producto, el tamaño de las piezas envasadas, el del bote, la presencia de almidones etc. La intensidad del tratamiento a aplicar se ve afectada también por el número y el tipo de bacterias que pueda contener el alimento; una carga microbiana más elevada de la esperable puede conducir a que el tratamiento aplicado resulte insuficiente para evitar el deterioro, lo que subraya la necesidad de atenerse estrictamente a los principios higiénicos en la manipulación de los alimentos.

Los detalles que figuran en esta sección están basados en el trabajo experimental llevado a cabo por el Departamento de Investigación y Desarrollo de la Metal Box Company Ltd, pero se recomienda que antes de proceder a su aplicación industrial se busque el consejo de un tecnólogo de los alimentos especializado en la elaboración de conservas.

5.7.1 Cakes y pasteles enlatados

Método 1

- a) Recúbrase el fondo y cuerpo de la lata con papel impermeable a la grasa.
- b) Colóquese la mezcla para cake en la lata, que actúa en la parte inicial del proceso como molde para el horneo.
- c) Introdúzcase la lata en el horno y hornéese a la temperatura normal del mismo (180-200 °C, por ejemplo).
- d) Retírese la lata del horno 15 minutos antes del fin del período normal de horneo; colóquese la tapa y ciérrase la lata e introdúzcase de nuevo en el horno, manteniéndola en él hasta completar un período de horneo normal.
- e) Terminado el horneo, retírense las latas y déjese que se enfríen al aire antes proceder al empaquetado final.

Método 2

- a), b) y c) como en el método antes descrito.
- d) Colóquense, 15 minutos antes del fin del período normal de horneo, las tapas flojas sobre la lata para precalentarlas.
- e) Al término del período normal de horneo, retírense del horno las latas y tapas y procédase de inmediato al cierre, dejando luego que se enfríen al aire antes de proceder al empaquetado final.

Ambos métodos pretenden esterilizar las tapas y reducir la posibilidad de supervivencia de los hongos y su desarrollo en el espacio de cabeza del producto acabado; por esta razón, deben cerrarse las latas cuando aún están calientes, ya que el enfriamiento antes del cierre podría afectar al vacío y a la vida útil del producto.

En el desarrollo del producto, es evidente que la cantidad de masa debe calcularse de manera que el cake, al levantarse, no protruya por encima del borde del envase abierto, lo que dificultaría la aplicación de la tapa.

El tamaño normal de lata para cakes es el 603 × 304, con un contenido de 900 gm de producto acabado.

5.7.2 Enlatado de zanahorias

Receta y datos sobre el llenado

190 g de zanahorias; salmuera hasta un total de 305 g.

Salmuera: 57 g de sal y 212 de azúcar disueltos en agua hasta un volumen final de 2,84 ls.

Procesado

Bote de 10 oz (285 ml) — 23 minutos a 115.5 °C

Bote de 16 oz (455 ml) — 30 minutos a 115.5 °C

5.7.3 Notas sobre enlatado experimental de macarrones con queso

Salsa	gramos
Queso deshidratado	400
Leche en polvo entera	170
Margarina	170
Harina blanca	145
Sal	14
Glutamato monosódico	4
Cayena	0.25

Aguas hasta 4.5 l

Método

Calientese hasta ebullición unos 2,7 l de agua con la margarina, la sal y el glutamato monosódico. Mézclese, hasta formar una pasta suave, la leche en polvo, la harina blanca y la cayena con medio litro de agua fría y añádase gradualmente, mientras se agita, a la mezcla anterior. Hiérvase durante 5 minutos. Mézclese el queso deshidratado con medio litro de agua fría y añádase al conjunto. Continúese la ebullición durante otros 2 minutos; ajústese el volumen final y pásese por un colador.

Preparación de macarrones

Hiérvanse durante 18 minutos en una salmuera al 1 %. Lávense y escúrranse (toman entre un 180 y un 200 % de agua). El tiempo de cocción y el relleno pueden ajustarse según la calidad y el tamaño.

Llenado y procesado

Tanto la salsa como los macarrones deben introducirse calientes en la lata al objeto de que la temperatura de cierre no sea inferior a 77 °C.

Llenado: para bote alto del n.º 1; salsa 310 g; macarrones 130 g

Los botes no deben tener lacas de revestimiento.

Tratamiento térmico: 90 minutos a 116 °C y enfriar con agua.

5.7.4 Enlatado de carne picada con cebolla

Materias primas	Peso
Carne de vacuno (alrededor de un 15 % de grasa)	3 kg
Harina blanca	184 g
Puré de tomate (28 % de sólidos)	55 g
Sal	50 g
Protex	7.9 g
Caramelo	10.5 g
Glutamato monosódico	3.5 g
Pimienta	0.75 g
Tomillo	0.75 g
Laurel	0.5 g
Salvia	0.25 g

Agua hasta completar un volumen de 4.5 litros

Cebollas (reconstituidas) 680 g

Preparación

Cebollas Póngase 110 g de cebollas deshidratadas toda una noche a remojo (absorción de agua 5:1).

Carne Colóquese la carne picada en una cazuela y cúbrase con agua fría; llévase lentamente a ebullición, agitando intensamente y hiérvase durante 5 minutos. Añádase la sal, el puré de tomate, el protex, el caramelo y el glutamato monosódico. Agítase la harina con unos 400 ml de agua hasta formar una pasta homogénea y añádase gradualmente, mientras se agita, a la carne; hiérvase todo junto durante otros 5 minutos y añádanse las especias un minuto antes de retirar la preparación del fuego. Contrólese el volumen, añádanse las cebollas y dispérsense bien.

Enlatado

Botes Lacados de 8 onzas (227 g).

Llenado Rellénense con 220 g, en caliente.

Cierre Temperatura mínima de cierre 77 °C, si se efectúa el relleno en caliente; si no se alcanzan, efectúese una breve evacuación.

Tratamiento térmico 85 minutos a 116 °C. Enfriamiento por agua.

5.7.5 Enlatado de budín de arroz

Fórmula y llenado

34-41 g de arroz

28 g de azúcar

28 g de agua

Lata de 15 onzas (425 g); complétese con 350 g de leche a 65 °C.

Procesado

Póngase la tapa; ciérrase; agítase a 8-12 rpm y désele un tratamiento térmico de 30 minutos a 118 °C.

5.7.6 Espagueti en salsa de tomate

Salsa	Peso
Puré de tomate (30 % de sólidos solubles)	28.3 kg
Azúcar	9.9 kg
Margarina	5.7 kg
Queso parmesano	4.25 kg
Sal	4.25 kg
Harina de trigo	3.5 kg
Cebolla en polvo	700 g
Glutamato monosódico	98 g
Pimienta blanca	78 g
Mezcla de especias — 4 partes de cardamomo molido	78 g
2 partes de macis molido	
1 parte de clavo molido	

Agua hasta completar 225 litros

Método

Calientese a ebullición 160 l de agua; añádase el puré de tomate, el azúcar, la sal, la margarina y el glutamato. Hiérvase a fuego lento durante 5 minutos. Hágase una pasta homogénea con la harina, la pimienta blanca, la mezcla de especias y unos 30 litros de agua fría; añádanse al preparado anterior de modo gradual, mientras se agita. Hiérvase durante 5 minutos; añádanse al queso parmesano; dispérsese bien y hiérvase a fuego lento durante 3 minutos. Ajústese el volumen con agua hasta los 225 l y cuélese.

Preparación de los espagueti

Hiérvase durante 18 minutos en agua con 1 % de sal. Lávense en agua caliente; escúrranse bien y llénese con ellos el bote.

Nota: Tanto el tiempo de ebullición como el peso de llenado pueden tener que ajustarse de acuerdo con el tipo de espagueti utilizado.

El mejor espagueti y el más adecuado para el enlatado se hace con harina de trigo duro, rica en gluten y cenizas. El elevado contenido de gluten confiere a los espagueti el aroma y la textura deseadas.

Llenado

Para botes altos del n.º 1, 155 g de espagueti y 300 de salsa

Para los envases de 8 onzas, 78 g de espagueti y 150 de salsa

Nota: Para que el producto enlatado ofrezca un buen aspecto y el aroma sea agradable, el puré de tomate debe ser de una calidad óptima y de un color intenso.

Datos sobre el llenado

Los espagueti hervidos deben pesarse dentro del envase, procediéndose luego a añadir la salsa. Temperatura mínima de llenado 74 °C; aún así puede ser conveniente una breve evacuación.

Botes: sin revestimiento protector.

Tratamiento térmico: botes altos del n.º 1, 85 minutos a 116 °C; botes de 8 onzas (300 × 200), 70 minutos a la misma temperatura.

Este tratamiento es adecuado en lo que al riesgo sanitario se refiere, pero es un tratamiento límite en relación con los agentes de deterioro. Se requiere por ello extremar las medidas higiénicas durante todo el proceso; el riesgo de crecimiento de microorganismos esporulados termófilos lo hace poco aconsejable para la exportación a países cálidos.

5.7.7 Enlatado de fresas

Variedades

Las mejores variedades inglesas para el enlatado son «Sir John Paxton», «Royal Sovereign», «Huxley», «Oberschleisen» y «Sterling Castle». También pueden utilizarse fresas congeladas, aunque esto disminuye la calidad final del producto.

Preparación

La fruta, que debe ser lo más fresca posible, se enlatará de inmediato, siendo deseable que sea recogida en pequeñas bandejas.

A veces es preciso lavar la fruta; esta operación la hace más sensible al deterioro durante la manipulación por lo que conviene aceptar sólo fresas en excelentes condiciones. Deben someterse a una selección previa, retirando las que ofrezcan lesiones de cualquier tipo y las de pequeño tamaño.

Algunos fabricantes prefieren lavar mediante una ducha breve las fresas antes de introducirlas en los botes, para arrastrar las porciones poco adheridas; en tales casos es necesario escurrirlas bien antes de efectuar el llenado o invertir el bote después del mismo, para que escurra el exceso de agua.

Peso de llenado

El código de Prácticas sugiere que los pasos mínimos de fruta en los envases sean los siguientes:

Bote de 5 onzas	—	85 g
8 onzas	—	100 g
A 1	—	175 g
E 1	—	225 g
Nº 1 T	—	260 g
A 2	—	325 g
A 2.5	—	475 g
A 10	—	1.800 g
Otros	—	57 ‰

Almibarado

El jarabe, de 15, 30, 40 ó 50 Brix, debe añadirse a 82 °C y el etiquetado habrá de hacer referencia a la concentración de jarabe utilizada.

Coloración

Debe añadirse Ponceau 4RS, en una proporción de 450 mg por litro de jarabe.

Evacuación

Se efectúa por calentamiento a 82 °C durante 6-8 minutos.

Tratamiento térmico

Efectuado el cierre, tras la evacuación, los botes deben tratarse a 100 °C durante los períodos que se señalan:

	Autoclave estacionario	Autoclave continuo
E 1	6-7 minutos	5-6 minutos
A 2	8-9 minutos	6-7 minutos

Enfriamiento

En agua e intenso.

Tipo de botes

Deben utilizarse botes con revestimiento interno protector, adecuado para frutas.

5.8 Cálculo de tratamientos térmicos — Definición de términos y símbolos

Término	Símbolo	Definición
Temperatura de régimen	RT	La temperatura de condensación del vapor en el autoclave o en su caso la del agua en que los envases se sumergen.
Temperatura inicial	IT	La temperatura del producto en el centro del envase en que se encuentra, al comenzar el tratamiento.
Tiempo de tratamiento	B _B	El tiempo en minutos desde el comienzo del tratamiento hasta el final del período de calentamiento.
Pendiente de la gráfica de calentamiento	f _h	Número de minutos requerido para que la porción recta de la gráfica de calentamiento, obtenida representando semilogarítmicamente los datos atraviere un ciclo logarítmico.
Eficacia letal	F ₀	Número de minutos a 121,1 °C que tiene un efecto letal equivalente.
	(f _h /U)	Factor relacionado con g.
	F _i	Factor relacionado con RT.
	g _{hh}	Número de grados por debajo de la temperatura de régimen (RT) a la que cambia la pendiente de la gráfica de calentamiento, cuando ésta es quebrada.
	x _{th}	Número de minutos desde el comienzo corregido del proceso al instante en que se produce el cambio en la pendiente de la gráfica de calentamiento, cuando es quebrada.
	g _{h2}	Número de grados, por debajo de la temperatura de régimen, al final del calentamiento, en una gráfica del calentamiento quebrada.
Segunda pendiente de la gráfica de calentamiento	f ₂	Cuando la gráfica de calentamiento es quebrada (es decir, cuando ofrece dos porciones rectas de distinta pendiente) este término representa el número de minutos para que la segunda porción atraviere un ciclo logarítmico.
	f ₂ /U	Factor relacionado con g.

Temperatura del agua de enfriamiento

f_h/U_{bh}
 r_{bh}
 f_h/U_{bh}
 CW

Factor relacionado con g_{bh} .
 Factor relacionado con g_{bh} .
 Factor relacionado con g_{h2} .
 La temperatura del agua que se utiliza para el enfriamiento de los envases.

DATOS DEL PROCESADO, ALMACENAMIENTO Y ENVASADO

Término	Símbolo	Definición
Pendiente de la gráfica de enfriamiento	f_c	Número de minutos necesarios para que la gráfica de enfriamiento, obtenida mediante una representación semilogarítmica, atraviese un ciclo logarítmico.
	U o U_0	Número de minutos a la temperatura de régimen del autoclave de una eficacia letal igual a F_0 .
	U_3	Diferencia entre la eficacia letal que se logra cuando la curva de calentamiento tiene una pendiente f_1 y la que se obtiene cuando la gráfica tiene una pendiente f_2 , para un valor de g igual a g_{bh} , sin considerar el efecto letal del período de enfriamiento.
	U_4	Eficacia letal si la gráfica de calentamiento tuviera una sola pendiente de valor f_2 .
	g	Número de grados por debajo de RT al final del período de calentamiento, en una gráfica de calentamiento no quebrada.
	m	Temperatura del producto, en el punto crítico, al final de proceso.
	$m + g$	RT-CW

5.9 Valores F_0 requeridos para la esterilización comercial

Producto	Tamaño del envase	Valor F_0 aproximado
Maíz «Cream style»	Nº 10	2-3
Caballa en salmuera	301 × 401	2.9-3.6
Espárragos	A11	2-4
Sopa de tomate (excepto crema de)	A11	3
Zanahorias	A11	3-4
Apio	A2	3-4
Nata	100-150 g	3-4
Salchichas de Frankfurt en salmuera	hasta 16Z	3-4
«Jamón estéril»	1/2-1 kg	3-4
Alimentos infantiles	potitos	3-5
Alubias en salsa de tomate	todos	4-5
Sopas de crema	A1-16Z	4-5
	hasta A10	6-10
Salchichas en grasa	hasta 1/2 kg	4-6
Budín de leche	hasta 16Z	4-10
Leche evaporada	hasta 16 oz	5
Salchichas tipo Viena, en salmuera	varios	5
Maíz «cream style»	Nº 2	5-6
Chili con carne	varios	6
Alimentos para perros	Nº 10	5
Judías verdes en salmuera	Nº 10	6
Rollo de carne	Nº 2	6
Guisantes en salmuera	hasta A2	6
Pollo deshuesado	todos	6-8
Arenques en tomate	ovales	6-8
Setas en mantequilla	hasta A1	6-8
Guisantes en salmuera	A2 A10	6-8
Setas en salmuera	A1	8-10
Filetes de pollo en gelatina	hasta 16 oz	6-10
Carne con curry y hortalizas	hasta 16Z	8-12
Maíz, mazorca entera, en salmuera	Nº 2	9
Pasteles de carne	planos	10
Sopas de carne	hasta 16Z	10
Carne, lonchas en su salsa	ovales	10
Alimentos para perros	Nº 10	12
Carne en su salsa	A11	12-15

5.12 Propiedades de los materiales para envasados flexibles

Entre las propiedades más importantes de los materiales utilizados para la construcción de los envases flexibles que se usan en la industria alimentaria, se encuentra su impermeabilidad a los gases y al vapor de agua. El modo más frecuentemente utilizado por expresar su permeabilidad a estos agentes consiste en citar los centímetros cúbicos de gas, a presión y temperatura normales, que pasan a través de 1 cm^2 de una lámina de 1 mm de grosor, en un segundo, cuando la diferencia de presión entre ambas caras es de 1 cm de Hg (es decir $\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{mm}/\text{sec}/\text{cm Hg}$).

Se utilizan también otras unidades; a veces al área puede expresarse en unidades imperiales, el tiempo en otras unidades y la diferencia de presión en atmósferas. Así, por ejemplo, la permeabilidad a los vapores de agua suele expresarse en términos de $\text{gm}/\text{m}^2/\text{día}$ a 25°C y 75% de humedad relativa.

La permeabilidad de las películas homogéneas de polímeros es fuertemente dependiente de la temperatura. Cualquiera que sea el material de que estas películas están compuestas la permeabilidad al oxígeno es cuatro veces mayor que la permeabilidad al nitrógeno; la del CO_2 25 veces mayor. Las características de permeabilidad de cualquier sistema vienen determinadas por tres factores: la naturaleza de la película, la del gas y la interacción entre el gas y la película.

La mayoría de los materiales utilizados para la construcción de envases flexibles se pliegan en cierto grado al utilizarlos en los rápidos procesos de elaboración de los mismos, lo que reduce con frecuencia sus propiedades aislantes, por lesión mecánica.

Permeabilidad de las películas flexibles utilizadas en el envasado de alimentos

Naturaleza de la película	Permeabilidad ($P \times 10^{10}$ cc/cm ² /mm/ sec/cm Hg)			H ₂ O a 25 °C y 90 % de humedad relativa
	N ₂ a 30 °C	O ₂ a 30 °C	CO ₂ a 30 °C	
Cloruro de polivinilo (Saran)	0.0094	0.053	0.29	14.0
Policloro-trifluoroetileno	0.03	0.10	0.72	2.9
Poliéster (Mylar A)	0.05	0.22	1.53	1300
Clorhidrato de goma (Plio film ND)	0.08	0.30	1.7	240
Poliamida (Nylon 6)	0.10	0.38	1.6	7000
PVC (no plastificado)	0.10	1.20	10	1560
Acetato de celulosa (P912)	2.8	7.8	68	75000
Polietileno ($\rho = 0.954-0.960$)	2.7	10.6	35	130
($\rho = 0.922$)	19	55	352	800
Poliestireno	2.9	11	88	12000
Polipropileno ($\rho = 0.910$)	-	23	92	680
Etilcelulosa (plastificada)	84	265	2000	130000

Temperatura de termosellado y permeabilidad al vapor de agua, a 25 °C y 75 % de humedad relativa (25/75)

Producto	Temperatura de termosellado °C	Permeabilidad al vapor a 25/75 (gm/m ² /día)
----------	-----------------------------------	--

Papeles		
Kraft blanqueado (recubierto con 0.025 mm de polietileno)	120	6
Celulósicos		
PT 300	—	400-500
MSAT 300	135	4
Acetato de celulosa (0.025 mm)	170	200
PVC		
100, poco plastificado	180	9
100, orientado-poco plastificado	se encoge a 90	16
Poliestireno		
Baja densidad	120	3
Alta densidad	140	2
Polipropileno		
Extruido	170	4
Orientado	se encoge a 150	2

DATOS DEL PROCESADO, ALMACENAMIENTO Y ENVASADO

161

Efectos del plegamiento sobre la permeabilidad al vapor de agua de diversos materiales de envasado

Material	Permeabilidad al vapor de agua a 30 °C y 90 % de humedad relativa	
	Sin plegar	Plegado
Papel sulfato (50 gm/m ²) encerado con 20 g/m ² de cera de parafina	3.0-5.0	120-180
Papel glasina recubierto con 12 g/m ² de parafina	1.6-3.2	40-60
2 hojas de 32 g/m ² de papel glasina laminado/ 12 g/m ² de parafina	3.0-5.0	5.0-8.0
Papel sulfato 40 g/m ² , recubierto por extrusión/ 1 mm de polietileno de baja densidad	20-25	22-26
Película de celulosa (400s) recubierta (extrusión)/ 2 mm polipropileno de baja densidad	6-8	6-8
Hoja de aluminio recubierta por extrusión:		
1 mm polietileno de baja densidad	0.5	0.8
1 mm película de polietileno de baja densidad	18	18
1 mm película de polietileno de densidad media	11	12
1 mm película de polietileno de alta densidad	6	8
Película de celulosa recubierta (300s)	10-13	25-40
Película de celulosa recubierta de cloruro de vinilideno (300s)	8-10	8-12

5.13 Datos sobre aditivos alimentarios

A lo largo de las dos o tres últimas décadas, han cambiado dramáticamente las técnicas, producción y elaboración de alimentos, de tal modo que, para que lleguen al consumidor en las mejores condiciones sanitarias y organolépticas, se ha hecho necesaria la adición de ciertas sustancias. Durante los últimos años se ha despertado una viva polémica relativa a estos aditivos alimentarios. La presente sección intenta proporcionar algunos datos sobre los permitidos en Europa y los Estados Unidos de América.

5.13.1 Glosario de términos relativos a los aditivos alimentarios

Los aditivos alimentarios se pueden clasificar en:

1. Colorantes
2. Acidulantes
3. Edulcorantes y aromatizantes
4. Mejoradores de la harina, blanqueadores y agentes para evitar el envejecimiento
5. Emulgentes, gelificantes, estabilizadores y espesantes
6. Antioxidantes, antiaglutinantes, antiapelmazantes, antiespumantes, secuestradores y quelantes
7. Conservadores y antibióticos
8. Suplementos nutritivos, vitaminas y minerales
9. Aditivos adventicios

Colorantes

El color y el aspecto general son factores de primordial importancia en la conquista del mercado. Para mejorar su aspecto, es frecuente hoy añadir colorantes a los alimentos. Muchos de ellos derivan del alquitrán y se les aplica el nombre genérico de colorantes azo; la tartrazina (E102) es un ejemplo.

Acidulantes

La adición de ácidos a los alimentos persigue distintos fines, como ajustar el pH o conferirles un determinado sabor. Los ácidos para uso en los alimentos pueden ser orgánicos, como el

ácido cítrico (E330), o inorgánicos, como el ácido fosfórico (E338).

Aromatizantes y edulcorantes

En este grupo se incluyen sustancias naturales, como el matol (E636), que se añade al pan y algunos productos de repostería, y otros que son potenciadores del aroma, como el glutamato monosódico. La glucosa, la fructosa y otros azúcares también se añaden a los alimentos para conferirles un sabor dulce, pero no se consideran aditivos permitidos. Sólo dos edulcorantes permitidos tienen número E, el sorbitol (E420) y el manitol (E421).

Mejoradores de la harina, blanqueadores y agentes antienviejecedores

Algunos productos químicos que se añaden a la mezcla de harinas de diferentes tipos de trigo persiguen el logro de un pan de estructura abierta; otros como el dióxido de cloro (E925) pretenden blanquearlo.

Sucedáneos de grasas, emulgentes y estabilizadores

E322-494. La calidad del producto puede depender, en muchos casos y en cierto grado, de la grasa incorporada. Suele ser aconsejable, por ello, aumentar la proporción de grasa añadiendo compuestos como el glicerolmoestearato-GMS. Los emulgentes se emplean con el fin de esta

bilizar las emulsiones formadas por grasa y agua como la mayonesa. Los emulgentes pueden ser de origen natural, como la lecitina, o sintéticos como los condensados de óxido de etileno [estearato de polioxi-etileno (8) E430].

Antioxidantes

Las grasas y aceites son susceptibles de autooxidación, especialmente las de origen animal, fenómeno que conduce a la ruptura de las moléculas de los triglicéridos. Si se añaden pequeñas cantidades de antioxidantes el proceso se retrasa (E300-321).

Agentes antiaglutinantes y antiapelmazantes

Son sustancias químicas que se añaden a alimentos particulados, como el azúcar, la harina y la sal, para mejorar sus propiedades de flujo.

Agentes antiespumantes

Se añaden a grasas y aceites refinados y otros alimentos líquidos, para minimizar la formación de espuma a temperaturas elevadas. A los aceites refinados, se les suelen añadir trazas de dimetilpolisiloxano (E990).

Secuestrantes

La oxidación de los alimentos se ve catalizada por la presencia de cantidades traza de ciertos metales, como el cobre y el hierro, por lo que conviene inactivar estos metales mediante secuestro por agentes como el gluconato sódico (E576).

Quelantes

Se utilizan para mantener en disolución los metales e impedir su precipitación (E385).

Conservadores y antibióticos

E200-290. Para inhibir el crecimiento microbiano se pueden añadir a los alimentos numerosos compuestos químicos. Los antibióticos son productos generalmente de origen microbiano que inhiben el crecimiento de las bacterias.

Aquí se incluyen los concentrados de vitaminas como la C, la E y las del grupo B.

Aditivos adventicios

Son los que aparecen en los alimentos fraudulentamente, o por un funcionamiento incorrecto de las plantas elaboradoras.

5.13.2 Aditivos permitidos en los Estados Unidos de América

La lista que aparece a continuación está compuesta por algunos de los aditivos generalmente considerados por la Food and Drug Administration como inocuos (GRAS) si se emplean de acuerdo con los procedimientos culinarios habituales y los buenos usos industriales.

Goma arábica	Nata
Acido acético (diluido)	Crémor
Agar-Agar	Dextrina
Sulfato de aluminio y potasio	Ortofosfato dicálcico
Sulfato de aluminio y sodio	Leche desnatada en polvo
Aminoácidos normalmente presentes en los alimentos	Etil vanillina
Hojas de laurel	Gelatina
Brandy	Glicerina
Mantequilla	Goma de karaya
Carbonato cálcico	Manteca de cerdo
Sulfato cálcico	Lecitina
Caramelo	Zumo de limón
Dióxido de carbono	Extracto de limón
Carragenano	Macís
Acido cítrico	Carbonato magnésico
Clavo	Margarina
Café	Parahidroxibenzoatos de metilo y propilo
Aceite de maíz	Melazas
Almidón de maíz	Fosfato monocálcico
Jarabes de maíz	Mono y diglicéridos de los ácidos grasos componentes habituales de las grasas (con excepción del láurico)
Aceite de semillas de algodón	Nitrógeno
Mostaza	

Estas sustancias tienen que usarse de manera que el alimento satisfaga todas las secciones del Acta Federal de Alimentos, Medicamentos y Productos Cosméticos (Food, Drug and Cosmetic Act). Se da por supuesto que las sustancias en cuestión deberán ser de calidad adecuada para uso alimentario.

El siguiente es un listado parcial de productos aceptados para uso alimentario por la Food and

El siguiente es un listado parcial de productos aceptados para uso alimentario por la Food and Drug Administration, o para uso en productos cárnicos por la Meats Inspection Division, siempre y cuando no supongan una adulteración y no se quebranten las normas sobre etiquetado.

Antiespuma A	No más de 10 ppm
Acido benzoico	0,1 %
Benzoato sódico	0,1 %
Hidroxianisol butilado ²	En productos cárnicos, no más de 0,01 % del contenido en grasa de la carne; en otros alimentos no más del 0,02 % del contenido en grasa
Hidroxitolueno butilado ²	No más del 0,01 % del contenido en grasa del alimento
Propionato cálcico, propionato sódico o mezcla de ambos	En el pan, no más de 0,32 % en peso, de la harina usada
Ciclohexilamina	Hasta 10 ppm de la amina, libre o combinada, en el vapor de agua que pueda entrar en contacto con los alimentos
Dilauril tiodipropionato ²	No más de 0,01 del contenido en grasa del alimento
Diestearil tiodipropionato ²	No más del 0,01 % del contenido en grasa del alimento
Citrato de monoisopropilo	En margarinas, en cantidades que no excedan del 0,02 %, en peso, de la margarina acabada

DATOS DEL PROCESADO, ALMACENAMIENTO Y ENVASADO

165

Morfolina	Hasta 10 ppm de la amina, libre o combinada, en el vapor que pueda entrar en contacto con el alimento
Galato de propilo ²	No más del 0,01 % del contenido en grasa del alimento
Sacarina	En algunos productos dietéticos
Silicoaluminato sódico precipitado hidratado	Para uso en sal, no más del 1 %; en impulsores para panadería, no más del 5 %
Dióxido de azufre o sulfito sódico	En melazas, frutas deshidratadas y algunos otros alimentos, 200-300 ppm (no permitido en algunos alimentos)
Acido tiodipropiónico ²	No más del 0,01 % del contenido en grasa del alimento
Tocoferol	No más del 0,03 % del contenido en grasa

² Si se añaden dos o más de estos antioxidantes al mismo alimento, debe limitarse la cantidad total.

5.13.3 Clasificación por números E

E100	Curcumina
E101	Riboflavina (lactoflavina)
101(a)	Riboflavina-5'-fosfato
E102	Tartrazina
E104	Amarillo quinoleina
107	Amarillo 2G
E110	Amarillo anaranjado S
E120	Cochinilla (ácido carmínico)
E122	Azorubina
E123	Amaranto
E124	Rojo cochinilla A (Ponceau 4R)
E127	Eritrosina BS
128	Rojo 2G
E131	Azul patentado V
E132	Indigotina (carmin de indigo)
133	Azul brillante
E140	Clorofilas
E141	Complejos cúpricos de clorofilas y clorofilinas
E142	Verde ácido brillante BS (verde lisamina)
E150	Caramel
E151	Negro brillante BN
E153	Carbomedicinalis vegetalis
154	Pardo FK
155	Pardo chocolate HT
E160(a)	alfa-caroteno, beta-caroteno, gamma-caroteno
E160(b)	Annatto, bixina, norbixina
E160(c)	Capsantina (capsorrubina)
E160(d)	Licopeno
E160(e)	beta-apo-8'-carotenal (C ₃₀)
E160(f)	Ester etílico del ácido beta-apo-8'-carotenoico (C ₃₀)

E161(a)	Flavoxantina
E161(b)	Luteína
E161(c)	Criptoxantina
E161(d)	Rubixantina
E161(e)	Violaxantina
E161(f)	Rodoxantina
E161(g)	Cantaxantina
E162	Rojo de remolacha (betanina)
E163	Antocianos
E170	Carbonato cálcico
E171	Bióxido de titanio
E172	Oxidos e hidróxidos de hierro
E173	Aluminio
E174	Plata
E175	Oro
E180	Pigmento rubí (litol, rubina BK)
E200	Acido sórbico
E201	Sorbato sódico
E202	Benzoato potásico
E203	Sorbato cálcico
E210	Acido benzoico
E211	Benzoato sódico
E212	Benzoato potásico
E213	Benzoato cálcico

DATOS DEL PROCESADO, ALMACENAMIENTO Y ENVASADO

167

E214	Parahidroxibenzoato de etilo (éster etílico del ácido para-hidroxibenzoico)
E215	Sal sódica del parahidroxibenzoato de etilo
E216	Parahidroxibenzoato de propilo
E217	Derivado sódico del parahidroxibenzoato de propilo
E218	Parahidroxibenzoato de metilo
E219	Derivado sódico del parahidroxibenzoato de metilo
E220	Anhidrido sulfuroso
E221	Sulfito sódico
E222	Sulfito ácido de sodio
E223	Pirosulfito sódico (metabisulfito sódico)
E224	Pirosulfito o metabisulfito potásico
E226	Sulfito de calcio
E227	Bisulfito cálcico
E230	Bifenilo (difenilo)
E231	Ortofenilfenol
E232	Ortofenolato de sodio
E233	2(4 tiazolidil) benzimidazol (tiabendazol)
234	Nisina
E239	Hexametilentetramina
E249	Nitrito potásico
E250	Nitrito sódico
E251	Nitrato sódico
E252	Nitrato potásico
E260	Acido acético
E261	Acetato potásico
E262	Diaceto monosódico
E262	Acetato sódico
E263	Acetato cálcico
E270	Acido láctico
E280	Acido propiónico
E281	Propionato sódico

E281	Propionato sódico
E282	Propionato cálcico
E283	Propionato potásico
E290	Anhidrido carbónico
296	Acido DLmálico, Acido Lmálico
297	Acido fumárico
E300	Acido Lascórbico
E301	Lascorbato de sodio
E302	Lascorbato cálcico
E304	Palmitato de ascorbilo
E306	Extractos de productos naturales ricos en tocoferoles
E307	alfa-tocoferol sintético
E308	gamma-tocoferol sintético
E309	delta-tocoferol sintético
E310	Galato de propilo
E311	Galato de octilo
E312	Galato de dodecilo
E320	Butilhidroxianisol (BHA)
E321	Butilhidroxitolueno (hidroxitolueno butilado, BHT)
E322	Lecitina
E325	Lactato sódico
E326	Lactato potásico
E327	Lactato calcico
E330	Acido cítrico
E331	Citrato monosódico, citrato disódico, citrato trisódico
E332	Citrato monopotásico, citrato dipotásico, citrato tripotásico

E333	Citrato monocálcico, citrato dicálcico, citrato tricálcico
E334	Acido L-(+) tartárico
E335	L-(+) tartrato monosódico, L-(+) tartrato disódico
E336	L-(+) tartrato monopotásico (crémor) L-(+) tartrato dipotásico
E337	L-(+) tartrato sódico potásico
E338	Acido ortofosfórico (ácido fosfórico)
E339	Ortofosfatos monosódico, disódico y trisódico
E340	Ortofosfatos monopotásico, dipotásico y tripotásico
E341	Diortofosfato monocálcico, dicálcico y tricálcico
E350	Malato monosódico, malato sódico
E351	Malato potásico
E352	Malato cálcico
E353	Acido metatartárico
E355	Acido adípico
E363	Acido succínico
E370	1,4 heptono lactona
E375	Acido nicotínico
E380	Citrato triamónico
E381	Citrato ferricoamónico
E385	Etilendiamina tetraacetato cálcico disódico (EDTA cálcico disódico)
E400	Acido alginico
E401	Alginato sódico
E402	Alginato potásico
E403	Alginato amónico
E404	Alginato cálcico
E405	Alginato de propilenglicol
E406	Agar
E407	Carragenanos
E410	Humato sódico

E410	Harina de semillas de algarrobas
E412	Harina de semillas de guar
E413	Goma de adracanto
E414	Goma arábica
E415	Goma xantán
416	Goma de karaya
E420	Sorbitol, jarabe de sorbitol
E421	Manitol
E422	Glicerol
430	Estearato de polioxietileno (8)
431	Estearato de polioxietileno (40)
432	Polisorbato (20)
433	Polisorbato (80)
434	Polisorbato (40)
435	Polisorbato (60)
436	Polisorbato (65)
E440(a)	Pectina
E440(b)	Pectina amidada
442	Fosfátidos de amonio
E450(a)	Difosfatos disódico, trisódico, tetrasódico; difosfato tetrapotásico
E450(b)	Trifosfato pentasódico, trifosfato pentapotásico
E450(c)	Polifosfatos de sodio, polifosfatos de potasio
E460	Celulosa microcristalina
E461	Metilcelulosa
E463	Hidroxipropilcelulosa
E464	Hidroxipropilmetilcelulosa
E465	Etilmetilcelulosa
E466	Carboximetilcelulosa, sal sódica (CMC)

DATOS DEL PROCESADO, ALMACENAMIENTO Y ENVASADO

169

E470	Sales de sodio, potasio y calcio de los ácidos grasos
E471	Mono y diglicéridos de los ácidos grasos
E472(a)	Esteres acéticos de mono y diglicéridos de los ácidos grasos
E472(b)	Lactoglicéridos (ésteres del ácido láctico y los mono y diglicéridos)
E473	Sucroésteres de los ácidos grasos
E474	Sucroglicéridos
E475	Esteres poliglicéridos de los ácidos grasos
476	Poliglicerolpolirricinoleato
E477	Esteres del polipropilenglicol y los ácidos grasos
478	Esteres lactilados del glicerol y el propilenglicol con los ácidos grasos
E481	Estearoil-2-lactilato de sodio
E482	Estearoil-2-lactilato de calcio
E483	Tartrato de estearilo
491	Monoestearato de sorbitán
492	Triestearato de sorbitán
493	Monolaurato de sorbitán
494	Monooleato de sorbitán
495	Monopalmitato de sorbitán
500	Carbonato sódico, bicarbonato sódico, sesquicarbonato de sodio
501	Carbonato potásico, bicarbonato potásico
503	Carbonato amónico, bicarbonato amónico
504	Carbonato de magnesio
507	Acido clorhídrico
508	Cloruro potásico
509	Cloruro cálcico
510	Cloruro amónico

513	Acido sulfúrico
514	Sulfato sódico
515	Sulfato potásico
516	Sulfato cálcico
518	Sulfato magnésico
524	Hidróxido sódico
525	Hidróxido potásico
526	Hidróxido cálcico
527	Hidróxido amónico
528	Hidróxido magnésico
529	Oxido de calcio
530	Oxido de magnesio
535	Ferrocianuro sódico
536	Ferrocianuro potásico
540	Difosfato dicálcico
541	Fosfato de aluminio y sodio
542	Fosfato de hueso comestible
544	Polifosfatos cálcicos
545	Polifosfatos amónicos
551	Dióxido de silicio (silice)
552	Silicato cálcico
553(a)	Silicato magnésico sintético, trisilicato de magnesio
553(b)	Talco
554	Silicato de aluminio y sodio
556	Silicato de aluminio y calcio
558	Bentonita
559	Caolín
570	Acido esteárico
572	Estearato de magnesio
575	Glucono-delta-lactona (D-glucono-1,5-lactona)

576	Gluconato sódico
577	Gluconato potásico
578	Gluconato cálcico
620	Acido L-glutámico
621	Glutamato monosódico (MSG) glutamato ácido de sodio
622	Glutamato monopotásico, glutamato ácido de potasio
623	Glutamato cálcico
627	Guanilato sódico, guanosina 5'-(fosfato disódico)
631	Inosinato sódico, inosina 5'-(fosfato disódico)
635	5'-ribonucleótido de sodio
636	Maltol
637	Etil maltol
900	Dimetilpolisiloxano

5.14 Condiciones de almacenamiento recomendadas**5.14.1 Alimentos congelados**

Períodos máximos de almacenamiento doméstico que permiten conservar la buena calidad de los alimentos que se hayan comprado congelados

Alimento	Meses a -18 °C	Alimento	Meses a -18 °C
FRUTAS		CARNES COCINADAS	
Cerezas, melocotones, fresas, frambuesas	12	Pasteles de carne y similares	3
Zumos concentrados	12	AVES	
PRODUCTOS HORNEADOS		Pollo troceado	9
Pan blanco	3	entero	12
Bollos de canela	2	hígado	3
		Pato entero	6

Bollos simples	3	Ganso entero	6
		Pavo troceado	6
CAKES		entero	12
Angel (saboyana)	2	Trozos de pavo o pollo	
Chiffon	2	cocinados en su salsa	6
Chocolate (capas de)	4	Pasteles de pollo o pavo	6
Fruta	12	Pollo frito	4
Pound cake*	6		
Yellow cake**	6	PESCADO	
Danés	3	Filetes (bacalao, merluza,	
Doughnuts	3	rodaballo, eglefino, abadejo)	6
Pasteles sin hornear	8	Perca, trucha, róbalo, mujol	2-3
		Salmón	2
CARNE DE VACUNO		Reo	3
Hamburguesas	4	Merlán	4
Asados	12		
Filetes	12	MOLUSCOS Y CRUSTACEOS	
		Almejas	3
CORDERO		Ostras	4
Empanadas (carne picada)	4	Carne de cangrejo	3-10
Asado	9	Gambas	12
		Pescado, moluscos y	
CERDO		crustáceos cocidos	3
Curado	2		
Chuletas frescas	4	POSTRES HELADOS	
Asado	8	Helados	1
Salchichas frescas	2	Sorbetes	1
TERNERA		HORTALIZAS	
Costillas, chuletas, asados	9	Espárragos, judías, maíz,	
		guisantes, coliflor, espinacas	8

De: Handbook for the Home 1973. Yearbook of Agriculture USDA.

* Elaborados con pesos iguales de harina, mantequilla, azúcar y huevos.

** Elaborado con huevos enteros y no sólo con claras.

Período máximo (valores aproximados) de almacenamiento a diversas temperaturas de algunos alimentos congelados

Tipo de alimento	Período de almacenamiento (meses) a		
	-12.5 °C	-18 °C	-23 °C
PESCADO			
Graso	4	6-8	10-12
Magro	6	10-12	14-16
FRUTAS			
Albaricoque, con ácido ascórbico	6-8	18-24	24
Albaricoque, sin ácido ascórbico	3-4	8-10	12-14
Melocotones, con ácido ascórbico	6-8	18-24	24
Melocotones, sin ácido ascórbico	3-4	8-10	12-14
Frambuesas, con azúcar	8-10	18	24
Frambuesas, sin azúcar ni jarabe	6-8	12	18

Fresas, en trozos	8-10	18	24
CARNES			
Vaca, asada	6-8	16-18	18-24
Cordero	5-7	14-16	16-18
Cerdo, asados	4	8-10	12-15
Cerdo, salchichas	2	4-6	8-10
AVES			
Menudillos	1	3-5	8-10
Asados	4	8-10	12-15
CRUSTACEOS			
Langosta	3-4	8-10	10-12
Gambas, crudas	6	12	16-18
HORTALIZAS			
Espárragos	4-6	8-12	16-18
Judías verdes (snap)	4-6	8-12	16-18
Judías verdes (lima)	6-8	14-16	24+
Brócoli	6-8	14-16	24+
Coles de Bruselas	4-6	8-12	16-18
Coliflor	6-8	14-16	24+
Maíz, en mazorcas	4-6	8-10	12-14
Maíz	12	24	36+
Zanahorias	12	24	36+
Setas	3-4	8-10	12-14
Guisantes	6-8	14-16	24+
Calabacines	12	24	36+
Espinacas	6-8	14-16	24+
Calabazas	12	24	36+

De: Tressler D. K. y Evers, C. F. The Freezing Preservation of Foods 3ª Edición Vol 1 AVI Publishing Company Westport Comm.

DATOS DEL PROCESADO, ALMACENAMIENTO Y ENVASADO

173

5.14.2 Períodos máximos de almacenamiento recomendados para la carne

Tipo de carne	Almacenamiento máximo a -18°C
Vaca	
Asados, filetes	6-12
Picada	2-3
Ternera	
Asados	4-8
Costillas y chuletas	3-4
Picada	2-3
Cerdo	

Asados	4-6
Chuletas	3-4
Salchichas, sin sal	1-2
Jamón curado	1-2
Bacon	Menos de 1
Aves	6-12

De: Simonds L. A. y Vanstavern B. D. 1975, Buying Meat for Locker or Home Freezer, Ohio Univ, Coop, Ext, Serv.

5.14.3 Almacenamiento, atmósferas modificadas

A la hora de utilizar una atmósfera modificada para prolongar la vida útil de los alimentos almacenados a refrigeración, resulta esencial conseguir un «cocktail de gases» adecuado. Mediante el uso de atmósferas modificadas apropiadas, se puede conseguir evitar o retardar cinco de los ocho mecanismos principales de alteración de los alimentos. La elección de la atmósfera depende fundamentalmente del tipo de alimento de que se trate.

Mecanismo de deterioro

Alteración por envejecimiento e irradiación ultravioleta	: No existe protección por gases
Oxidación, incluyendo enranciamiento y desarrollo de aromas anómalos	: N ₂
Crecimiento bacteriano	: CO ₂ , N ₂ O
Actividad enzimática	: CO, H ₂ O, (CH ₂) ₂ O
Crecimiento de hongos	: N ₂ , CO

Crecimiento de hongos
Ataque por insectos

: N₂ o CO₂
: N₂ o CO₂

Efectos de trazas de gases sobre los mecanismos de deterioro

Monóxido de carbono (CO)	Estabiliza los pigmentos cárnicos. Suprime la actividad de los enzimas autolíticos.
Oxido nitroso (N ₂ O)	Escaldado en seco de frutas y hortalizas. Impide la oxidación, el enranciamiento y el crecimiento bacteriano.
Oxido de etileno (CH ₂) ₂ O	Agente esterilizante. Acción conservadora muy eficaz. No se recomienda para productos salados.
Anhídrido sulfuroso (SO ₂)	Agente esterilizante, conservador eficaz, decolora, destruye la tiamina.

Funciones de los gases en el almacenamiento en atmósferas modificadas

Oxígeno	Permite el metabolismo normal. Impide el crecimiento de anaerobios.
Nitrógeno	Químicamente inerte, impide el enranciamiento oxidativo, el crecimiento de hongos y el ataque de los insectos.
Dióxido de carbono	Inhibe el crecimiento de bacterias y hongos. Es soluble en las grasas. Concentraciones altas pueden lesionar el producto. Inadecuado para productos lácteos.

Mezclas de gases recomendadas para distintos productos alimenticios

Para obtener los beneficios máximos del uso de atmósferas modificadas resulta esencial seguir estrictamente las normas higiénicas y es recomendable aplicar una refrigeración precoz y un control preciso de las temperaturas.

Las mezclas a utilizar pueden diferir de las que figuran en el listado que a continuación se reseña, según los productos a conservar. Ni el óxido de etileno ni el monóxido de carbono son aditivos alimentarios permitidos.

En todos los casos el gas que completa la mezcla hasta el 100 % es el nitrógeno.

Producto	Oxígeno %	Dióxido de carbono %	Trazas de %
----------	--------------	-------------------------	----------------

Carnes rojas	Más del 50	15-25	-
Pescados blancos	-	40	-
Pescados grasos	-	20	-
Pescados pigmentados	5	30	1 CO
Aves	-	25	-
Hortalizas foliáceas	Menos del 5	2	1 CO
Coliflor etc.	7	10	-
Setas	7	-	5 N ₂ O
Frutas cítricas	2.5	10	1 CO
Naranjas Navel	5	5	1 CO
Fresas	2.5	15	-
Tomates	4	4	-
Manzanas	1.5-2.5	De 0 a 1	-
Peras	2	10	-
Quesos duros	-	-	-
Quesos «activos»	-	20	0% 20 N ₂ O
Productos de panadería no lacteados	-	100	-
Productos de panadería lacteados	-	-	-
Pasta	-	-	-

El nitrógeno es el único componente de la atmósfera recomendada para quesos duros, productos de panadería con rellenos lácteos y pasta.

INDICE ALFABETICO

Abrasividad, materiales sólidos a granel, 40

Acceleración de la gravedad, 8

Aceite

Agua

— coeficiente de transferencia del calor, 54

— conductividad térmica, 125

- características analíticas, 91, 92
- composición, 91, 93
- dilatación, 100
- hidrogenación, 62
- producción en USA, 91
- propiedades físico-químicas, 94
- punto de fusión, 93, 94
- viscosidad, 95
- Aceite de algodón, propiedades físico-químicas, 94
- Aceite de almendra
 - características analíticas, 92, 94
 - composición, 92, 93
- Aceite de babassu
 - características analíticas, 94
 - composición, 93
 - propiedades físico-químicas, 95
- Aceite de coco
 - características analíticas, 93, 94
 - composición, 93
- Aceite de colza
 - características analíticas, 93, 94
 - composición, 93, 94
- Aceite mineral, intercambio calórico, 55
- Aceite de oliva
 - características analíticas, 94, 95
 - conductividad térmica, 122
 - composición, 92
- Aceite de palma
 - características analíticas, 92, 94
 - composición, 92, 93
- Aceite de salvado de arroz
 - características analíticas, 93
 - composición, 93
- Aceite de soja, propiedades reológicas, 81
- Acero inoxidable
 - composición, 46
 - grados, 46
 - propiedades mecánicas, 47
 - — térmicas, 126
 - resistencia a la corrosión, 47
- Acero templado, 47
- Ácidos grasos
 - composición, 93
 - propiedades físico-químicas, 91, 92
- Acidulantes, 162
- Actividad de agua, 108
- Aditivos advertidos, 163
- Aditivos alimentarios
 - clasificación, 162
 - permitidos en USA, 164
 - número E, 166
- factores de incrustación, 55
- intercambio de calor, 55
- refrigerantes, 50
- viscosidad, 75
- Agua no congelable, 118
- Ajo, 71, 122
- Alcohol metílico, densidad y viscosidad, 77
- Alimentos
 - congelados, 171
 - datos psicométricos:
 - — — actividad de agua, 108
 - — — deshidratadores, 110
 - — — diagramas, 103
 - — — disoluciones de humedad constante, 109
 - — — secado, 111
 - dilatometría, 100
 - disoluciones tampón, 102
 - en polvo:
 - — — análisis por tamizado, 83, 84
 - — — cohesión, 87
 - — — contenido en agua, 82
 - — — densidad a granel, 82
 - — — propiedades de flujo, 85
 - peso específico de soluciones acuosas, 101
 - propiedades dieléctricas, 132
 - propiedades físico-químicas:
 - — — contenido de agua, 71, 73
 - — — densidad de disoluciones acuosas, 76, 101
 - — — densidad de productos sólidos, 41, 43, 44, 83
 - — — pH, 68, 69, 70
 - — — punto de ebullición, 79
 - — — reología, 80
 - — — viscosidad, 75, 78
 - propiedades mecánicas:
 - — — cohesión, 87
 - — — dureza, 87
 - — — instrumentos, 89
 - propiedades térmicas:
 - — — carne, 120
 - — — conductividad térmica de medios utilizados, 125
 - — — difusividad térmica, 127
 - — — envases, 126
 - — — frutas y hortalizas, 124
 - — — otros alimentos, 121
 - — — pescado, 119
 - Almacenamiento
 - atmósferas modificadas, 174
 - congelación, 171
 - período máximo de almacén, 173

- Aluminio, elaboración de envases, 126
- Análisis por tamizado:
 - de azúcar granulado, 83
 - de mezclas para pastelería, 84
 - de mezclas sazonadas, 84
- Antiaglutinantes, aditivos, 163
- Antiespumantes, aditivos, 163
- Antioxidantes, aditivos, 163
- Apertización, 146
- Aromatizantes, aditivos, 162
- Atmósferas modificadas, 174
- Átomo de Cesio 133, 3
- Átomo de Kriptón, 2
- Azeótropos, refrigerantes, 49
- Azúcar, 61, 72
- Azúcar granulado, análisis tamizado, 83
- Crack, calentamiento de jarabes
 - ligero, 15
 - medio, 15
 - duro, 15
 - extraduro, 15
- Cedazos estándar, 44
- Cedazos, análisis por tamizado, 83
- Cervecerías, iluminación, 60
- Cesio 137, 22
- Chocolate
 - humedad, 74
 - iluminación, 60
 - tamaño de partícula, 84
- Cobalto 60, 22
- Cobre-alumel, termopar, 59
- Cobre-constantán, termopar, 59

Base de logaritmos naturales, 8
 Baya, contenido en agua, 72
 Blanqueadores, aditivos, 162
 Bombas
 — alternativa, 63
 — calorimétrica, calor de combustión, 32
 — centrífuga, 63
 — de diafragma, 63
 — rotatoria con deflectores, 63
 — — de engranajes, 63
 Bote sanitario de tapa abierta, 139
 Bruker minispec PC 20, 100

Calentamiento de jarabes, 15
 Calor de combustión, 32
 — poder calorífico, 33
 Calor específico
 — alimentos, 67
 — — carne, 120
 — — frutas y verduras, 124
 — — otros, 121
 — — pescado, 119
 — gases, 30, 31
 — propiedades térmicas, 113, 118
 — salmuera, 51, 52
 Calor latente
 — alimentos, 67
 — — carne, 120
 — — frutas y verduras, 124
 — — otros, 121
 — — pescado, 119
 — vapor, 34
 Calor, transferencia:
 — coeficientes, 54
 — factores de incrustación, 55
 — líquidos, 55
 — no estacionario o transiente, 56
 Calor de vaporización, thermex, 36
 Capacidad calorífica, thermex, 36
 Carne:
 — almacenamiento, 145, 149, 171, 172, 173
 — congelación, 171, 172
 — curadas, 145
 — contenido en agua, 73
 — difusión térmica, 127
 — enlatado, 149
 — pH, 67, 69
 — propiedades térmicas, 120
 Catalizador, 128

Cociente de Hausner, 85, 86
 Coeficiente de letalidad, 158
 Coeficiente de transferencia de calor, 54, 55
 Cohesión, 87
 Colecalciferol o vitamina D, unidades, 22
 Colorante, aditivos, 162
 Combustibles, poder calorífico, 33
 Compresores
 — centrífugas, 63
 — de flujo axial, 63
 Compuestos inorgánicos, refrigerantes, 50
 — nitrogenados, refrigerantes, 50
 — orgánicos cíclicos, refrigerantes, 49
 — — insaturados, refrigerantes, 50
 — — oxigenados, refrigerantes, 49
 Condiciones de procesamiento de envasado, recetas, 147
 Concentración de sólidos totales, reología, 80
 Conductividad térmica
 — alimentos, 67, 121
 — — carne, 120
 — — frutas y hortalizas, 124
 — — otros, 121
 — — pescado, 119
 — medios, 125
 — metales, 37
 — misceláneas, 38
 — no metales, 37
 — gases, 30
 — propiedades térmicas, 114, 118
 Coeficiente de transferencia de calor
 — caldera con camisa y agitador, 54
 — — — y evaporización, 54
 Copa cerrada de «Pensky Martens», 96
 Conservación
 — conservadores, 163
 — botes:
 — — tamaño, 141
 — — terminología, 139
 — — recomendación, 143
 — definición, 135
 — esmaltes de revestimiento, 145
 — hojalata, 144
 — materiales para envases flexibles, 159
 Constante de Plank's, 8
 Contenido de agua, 67, 71
 — carne, 73, 120
 — confitería, 73
 — frutas y hortalizas, 71, 72, 124
 — misceláneas, 73
 — otros, 121
 — ovoproductos, 72
 — pescado, 119
 — productos lácteos, 72

INDICE ALFABETICO

179

Contenido calórico, 131
 Contenido en hielo, propiedades térmicas, 113
 Contenido en sólidos, 100
 Consistencia, reológica, 80
 Constante dieléctrica, 132
 — física, 8
 — Planck, 8
 — química, 6
 — universal de gases, 8
 Conversiones
 — calentamiento de jarabes, 15
 — de grados Celsius en grados Fahrenheit, 13
 — disolución de azúcares, 18
 — escalas hidrométricas, 17

Elaboración de conservas, iluminación, 60
 Elementos químicos, 6
 Energía de activación enzimática, 128
 Energía de inactivación enzimática, 128
 Englesman tapping machine, 85
 Entalpía
 — propiedades térmicas de los alimentos, 113, 118
 — propiedades térmicas del vapor, 34
 — thermex, 36
 Enlatado, 143-147
 — aditivos, 162
 — botes de conserva, 144
 — cálculos, 154
 — capacidad, 141