الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

الطاقة Energy

وحدة الطاقة في نظام SI هو الجول Joule (J)

الحرارة Heat :

الحرارة المحسوسة Sensible heat : هي الطاقة المنتقلة بين جسمين عند درجات حرارة مختلفة.

الطاقة الكامنة Latent heat : هي الطاقة المختزنة مع تحولات الطور، حرارة الانصهار من الصلب الى السائل وحرارة التبخر من سائل الى البخار.

المحتوى الحراري (الانثالبي) Heat content (Enthalpy)

ويحسب من المعادلة التالية:

$$H = C_p (T - T_{ref})$$

C_p : الحرارة النوعية ، T : درجة الحرارة ، T_{ref} : درجة حرارة المصدر.

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

الحرارة النوعية للمواد الصلبة والسائلة:

هي كمية الحرارة اللازمة لكل كغم من المادة عند ما تزداد درجة حرارتها درجة مئوية واحدة، وهي متغيرة مع درجة الحرارة. وهي متغيرة بالنسبة للغازات مقارنة مع السوائل والمواد الصلبة. وحداتها (J/kg·K)

$$q = m \int_{T_1}^{T_2} C_p \, dT$$

معدل الحرارة النوعية.

q = الحرارة ، m = الكتلة ، C_{avg} ، $(T_2 - T_1)$ الفرق بدرجات الحرارة

يمكن ان يحسب $C_{avg.}$ من المعادلة التالية:

$$C_{avg.} = 3349\,M + 837.36 \quad (J/kg.K)$$

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

حيث M نسبة الرطوبة.

اما اذا احتوت المادة الغذائية على مواد دهنية ومواد غير دهنية ورطوبة فتحسب $C_{avg.}$ من المعادلة التالية:

$$C_{avg.} = 1674.72F + 837.36SNF + 4186.8M \quad (J/kg.K)$$

مثال/ احسب الحرارة النوعية للحم بقر يحتوي على 15٪ بروتين و 20٪ دهن و 65٪ ماء.

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

$$C_{avg.} = 1674.72F + 837.36SNF + 4186.8M$$

$$= 1674.72 * 0.20 + 837.36 * 0.15 + 4186.8 * 0.65$$

$$= 3182 \ (J/kg.K).$$

مثال/ احسب الحرارة المطلوبة لرفع درجة حرارة 4.535 kg (10 lb) لحم يحتوي على 15٪ بروتين، و 20٪ دهن و 65٪ ماء من 4.44 °C (40 °F) الى 65.55 °C (150 °F) عبر عن الطاقة بـ (أ) BTU (ب) جول Joule (ج) واط-ساعة.

$$C_{avg.} = 3182 \ (J/kg.K) = 0.76 \ BTU/lb.°F$$

$$q = 4.535 * 3182 * (65.55 - 4.44) = 0.882 \ MJ$$

$$= 836 \ BTU$$

(3)

© $q = 0.882\ MJ * \frac{10^6}{MJ} \cdot \frac{1\ W.s}{J} \cdot \frac{1h}{3600s} = 245\ W.h$

التغيرات في الانثالبي في الأغذية خلال التجميد :

تحسب درجة الحرارة المخفضة T_r كالآتي :

$$T_r = \frac{T - 227.6}{T_f - 227.6}$$

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

T_f : نقطة الإنجماد ، T درجة الحرارة عند الانثالبي تكون محددة .

تحسب المتوابتة a ، b للحم كالآتي :

$$a = 0.316 - 0.247(M - 0.73) - 0.688(M - 0.73)5$$

$$b = 22.95 + 54.68(a - 0.28) - 5589.03(a - 0.28)5$$

بينما للعصائر والعقاكه والخضروات كالآتي :

$$a = 0.362 + 0.0498(M - 0.73) - 3.465(M - 0.73)^2$$

$$b = 27.2 - 129.04(a - 0.23) - 481.46(a - 0.23)^2$$

نقطة الإنجماد (T_f) بـ K للحم :

$$T_f = 271.18 + 1.47M$$

للفاكهة والخضروات :

$$T_f = 287.56 - 49.19M + 37.07M^2$$

للعصائر

$$T_f = 120.47 + 327.35M - 176.49M^2$$

الانثالبي عند نقطة الإنجماد H_f ÷ J/kg عند 227.6K .

$$H_f = 9792.46 + 405096M$$

حساب كمية الماء المتبلر عند درجة حرارة تحت التجمد

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

$$M = \frac{n*1000}{W} \quad ; \quad \boxed{M = \frac{-T_f}{1.86}}$$

n ثابت خلال عملية التجميد ، W تتغير كما يحدث بالتكوين ، T_f تنقص الانجماد

W هي كمية الماء السائل في المقدار عند

درجة حرارة T ، (kg) .

$$\Delta T_f = 0 - T_f$$

$$I = w_0 - w$$ ← كمية الثلج

$$w = \frac{1000n(1.86)}{-T} = \frac{1000\, w_0(-T_f)}{1860} = \boxed{\frac{w_0(-T_f)}{-T}}$$

$$I = w_0 - w_0 \frac{-T_f}{-T} = w_0\left(1 - \frac{(-T_f)}{(-T)}\right)$$

$$n = \left[\frac{(-T_f)}{1.86}\right]\left[\frac{w_0}{1000}\right] = \boxed{\frac{w_0(-T_f)}{1860}}$$

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

w_0 : كمية الماء الأصلية في المحلول قبل التجميد = weight fraction water

التغير في كمية الحرارة المحسوسة للماء السائل من T_f إلى T هي :

$$q_{s1} = c_{p1}\, w_0(-T_f) \ln\left[\frac{-T}{-T_f}\right]$$

التغير في كمية الحرارة المحسوسة للثلج من T_f إلى T

$$q_{si} = c_{pi}\, w_0\left[(T_f - T) - (-T_f)\ln\frac{(-T)}{(-T_f)}\right]$$

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

التغير بالانثالبي لكل

التغير بالانثالبي لكل سوف يتكون من: ازالة الحموضة لا يهم ازالة الحموضة للمواد الصلبة غير الدهنية، ازالة الحموضة للجليد، ازالة الحموضة للماء السائل والحرارة الكامنة لا تضاف لكليد.

$$q = \Delta H = F C_{pf}(T_f - T) + SNF C_{psnf}(T_f - T) + q_{sw} + q_{si} + I(334860)$$

الدكتور
أسعد حلفي

مثال/ لحم طيور مدروس فحص محتوى 70.6% ماء، 24% بروتين، 1.2% رماد، 6.2 دهن. تقطة الانجماد هي 1.2- °C. اللحم متبل باضافة محلول ملحي للحصول على وزن نهائي للحم غير المتبل يـ 15%، ومحتوى الملح المضاف 1.5%. احسب:

أ- نقطة الانجماد الجديدة ب) التغير في الانثالبي للحم المتبل المجمد الى -15°C من نقطة الانجماد الجديدة لكل كغم من اللحم المتبل.

$M = -T_f / 1.86$

$M = 1.2/1.86 = 0.645$; gm water = 706 ← (70.6%)

$M = n_1 000 / w_o$

$\therefore n = M(w_o)/1000 = 0.645(706)/1000 = 0.455$ gm mole

اللحم المتبل:

mass $= 1 + 0.15(1) = 1.15$ kg

salt $= NaCl = 0.01(1.15) = 0.015$ kg

water $= 1.15 - 0.015 - (1 - 0.706) = 0.841$ kg $= 841$ gm.

[w_o] ملح ملح صلب

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

الوزن الجزيئي لـ $NaCl = 35.5$

عدد المولات المحللة في اللحم المتبل هو

$2(0.015)1000/(35.5 + 0.455 = 1.301$

المولارية $M = 1.301(1000)/841 = 1.547$

(a) $T_f = 0 - 1.547(1.86) = -2.9\ ^\circ C$

(b) at $-18\ ^\circ C$

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

$w_o = 841 = 0.841\ kg$

$w = 841(2-9/18) = 135.5\ g = 0.1355\ kg$

$I = 841 - 135.5 = 705.5\ g = 0.705\ kg$

$q_{s1} = 4186.8(0.841)(2-9)\ln(18/2.9) = 18642\ J$

$q_{si} = 2093.4(0.841)\left[\{-2.9-(-18)\} - 2.9\ln(18/2.9)\right]$

$= 17263\ J$

$Total\ q = 18642 + 17263 + SNF(837.36)(18-2.9) +$

$F(1674.72)(18-2.9) + I(334.860)$

$SNf = 0.24 + 0.012 + 0.015 = 0.267\ kg$

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

Total $q = 18642 + 17263 + 0.267(837.36)(18-2.9)$

$+ 0.042(1674.72)(18-29) + (334.86)$

$= 84910\ J$

ثانياً ما هي الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة $10\ m^3/s$ هواء عند $50^\circ C$ إلى $120^\circ C$ عند $1\ atm$.
علماً أن C_{pm} ، $\dot{C}_{pm}$ تساوي 1008 ، $1012\ J/kg\cdot K$ على التوالي.
$T_o = 25^\circ C$

$T_1 = 50^\circ C$; $T_2 = 120^\circ C$

$$\Delta H = q = m C_{pm}(T_2 - T_o) - m \dot{C}_{pm}(T_1 - T_o)$$

الدكتور
أسعد رحمن الحلفي

$$m = \frac{PVM}{RT}$$

$$= \frac{1\ atm\ (10\ m^3)/s\ [29\ kg/kg\cdot mole]}{0.08206\ [m^3 atm/kg\ mole\cdot K][50+273]\ K}$$

$$= 10.94\ kg/s.$$

$$q = 10.94(1012)(120-25) - 10.94(1008)(50-25)$$

$$= 776.08\ kJ/s = 776\ kw$$