

# 冷蔵設備의 冷凍負荷(食品負荷와 發生熱負荷)

李 昌 植\*

## 1. 序 言

冷蔵設備은 食品의 保存을 비롯하여 冷凍·冷蔵을 必要로 하는 食料品 製造業, 化學工業 등 그 이용 범위는 점차로 넓어지고 있으며 그 規模도 점점 大容量化하는 경향을 가지고 있다.

冷蔵設備은 冷却裝置와 冷蔵庫로 大別된다. 前者는 주로 飲料用水冷却器(water cooler)를 비롯한 牛乳冷却裝置 등을 들을 수 있으며 後者는 腐敗하기 쉬운 食品을 低溫으로 保存하여 食品의 變질을 막기 위하여 많이 사용되는 家庭用冷蔵庫를 비롯하여 商業用冷蔵庫와 工業用冷蔵庫가 있다.

이들 設備은 모두 우리의 日常生活과 密接한 關係를 가지고 있을 뿐만 아니라 특히 그 對象이 食料品을 保存, 冷蔵시킨다는 점에서 매우 중요하다.

食品冷蔵設備란 冷蔵 및 冷却裝置부와 그 주변 설비로 나누어 생각할 수 있으나 여기에서는 주로 冷蔵, 冷却裝置에 대하여 국한시켜 다루어 보고자 한다.

지금까지 冷蔵庫, 冷却器 등의 設計는 주로 絶緣壁을 통하여 침입하는 열에 의한 負荷와 食品負荷에 대하여 負荷算定을 하고 있지만 食品負荷에 대한 理論的인 根據의 確立이 미비한 실정에 있다.

특히 冷蔵室 內에 수용되어 있는 食品과 冷蔵室과의 사이의 溫度差에 의하여 食品 또는 冷蔵

하고자 하는 製品으로부터 冷蔵室의 公기에 가해지는 열에 따른 負荷에 대하여는 理論的으로 信賴度가 높은 算定式이 必要하다.

그러므로 本稿에서는 冷蔵 設備중 가장 많이 이용되고 있는 冷蔵庫의 冷蔵負荷의 기초 計算에 主案을 두어 그 負荷算定方法의 概要와 몇가지 간단한 冷蔵設備의 負荷計算에 대하여 기술하고자 한다.

## 2. 冷蔵設備의 冷凍負荷算定

### (1) 冷蔵庫의 冷凍負荷

冷蔵庫의 事명은 內부에 수용되어 있는 食品의 온도를 저온으로 유지하여 食品의 品質低下를 막고 우리가 必要로 하는 소정의 상태로 保存하는데 있다.

그러므로 冷蔵室은 冷蔵에 必要한 온도를 유지하는 것이 가장 중요한 요건의 하나이다. 冷蔵室의 온도를 낮게 유지하기 위하여는 冷蔵室의 外로부터 들어오는 열 및 그 內에서 冷蔵室의 公기로 주어지는 열을 冷却管으로부터 밖으로 제거할 必要가 있다. 이 室을 저온으로 유지하기 위하여 시간당 冷蔵室로부터 제거하여야 하는 열량이 冷蔵庫의 冷蔵負荷에 해당한다.

이와 같은 관점에서 冷蔵庫의 冷蔵室의 公기에 가해지는 열량과 冷蔵室 內의 公기가 받아들이는 열의 형태에 따라서 冷蔵負荷는 다음과 같이 分類할 수 있다.

\* 正會員; 漢陽大學校 工科大學

① 食品負荷  $Q_1$

수용되어 있는 食品과 冷藏室의 공기 사이의 온도차에 의하여 食品表面으로부터 冷藏室의 공기에 주어지는 열량을 말한다.

② 發生熱負荷  $Q_2$

생선, 야채, 과일 등과 같이 신선한 것을 그대로 冷藏하는 경우에는 이들로부터 호흡에 의하여 發生하는 열, 冷藏室 内部의 팬 등에 의하여 공기에 주어지는 열량에 의한 열부하가 여기에 속한다.

③ 侵入熱負荷  $Q_3$

외기와 冷藏室과의 온도차에 의하여 絶緣壁을 통하여 侵入하는 열량에 의한 부하이다.

④ 作業熱負荷  $Q_4$

冷藏 食品의 출입, 점검을 위하여 冷藏室을 개방하는 경우 外部로부터 들어오는 공기와 함께 侵入하는 열과 이들 작업을 위하여 人體, 전등 등으로부터 나오는 열 등과 같이 작업시에 發生하는 熱負荷이다.

人體나 전등에서 발생하는 열을 일반적으로 발생열부하로 보고 있으나 이것은 내부에서 발생하는 열과는 다름이 없으나 작업시에만 간헐적이고 不規則하게 주어지는 점을 고려하면 앞에서 다른 發生熱負荷와는 구별된다.

따라서 冷藏庫의 冷藏負荷  $Q$ 는 위에서 다른 각 熱負荷의 총화로 표시할 수 있다.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \quad (1)$$

여기서  $Q_1, Q_2, Q_3$ 는 항상 存在하는 負荷이나 作業熱負荷  $Q_4$ 는 不規則하게 1일 몇회 作業이 이루어지는 경우에 주어지는 열량으므로  $Q_4$  kcal로 표시되나, 하루에 작업이 이루어진 총횟수에 따른 作業熱負荷가 모두 4000 kcal이라면  $Q_4 = 4000/24 = 166.67 \text{ kcal/hr}$ 로 산정한다.

(2) 食品負荷

食品을 希望하는 상태로 保存, 冷藏하기 위

하여는 外部로부터 侵入하는 열만이 아니라 貯藏된 食品으로부터 실내 공기에 가해지는 열량을 제거하여야 한다.

일반으로 冷藏室에 저장되어 있는 食品의 溫度는 冷藏室의 온도, 즉 冷藏室의 공기 온도보다 높다. 그러므로 食品과 공기 사이의 溫度差에 의하여 생기는 전열량을 제거하지 않으면 冷藏 效果를 얻을 수 없게 된다.

이와 같이 溫度差에 의하여 食品으로부터 冷藏室內의 공기에 주어지는 열량이 食品負荷로 된다.

食品으로부터 나오는 열량으로는 生鮮, 野菜, 果實을 冷藏하는 경우에는 呼吸熱이므로 이것은 食品負荷와는 별도로 發生熱 負荷로 취급한다.

① 食品負荷의 計算

食品 負荷는 溫度差에 의하여 食品으로부터 공기로 이동하는 열량이므로 이 양은 溫度差에 비례한다.

지금

$A$  : 공기에 접하는 食品의 面積 ( $m^2$ )

$t_s$  : 食品의 表面溫度 ( $^{\circ}C$ )

$t_r$  : 冷藏室의 溫度 ( $^{\circ}C$ )

$h$  : 食品 表面에서의 熱傳達係數

( $kcal / m^2 \text{ hr } ^{\circ}C$ )

라 하면 단위 시간당 食品으로부터 冷藏室 내의 공기에 주어지는 열량은

$$Q_1 = hA(t_s - t_r) \quad (2)$$

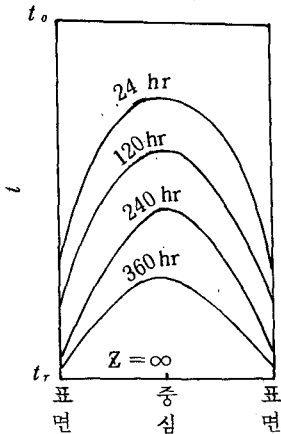
로 표시된다.

冷藏室의 食品은 그 표면으로부터 열을 빼앗겨 그 溫度가 내려간다. 食品의 溫度 저하의 모양은 일정하지 않다.

특히 食品의 동결점 이하에서 食品의 溫度 저하 기구는 매우 複雜하다.

여기서는 좀 더 설명을 간단히 하기 위하여 凍結을 수반하지 않는 溫度低下에 대하여만 다루기로 한다.

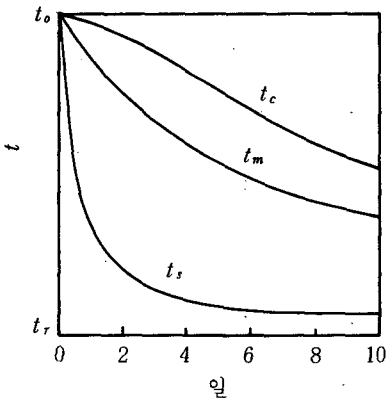
食品은 전체에 걸쳐 初温  $t_0$  인 것으로 생각하고, 이 温度의 食品이 저온  $t_r$  인 冷蔵室에 들어가면 温度차는  $t_0 - t_r$  로 되고, 열은 食品의 표면으로부터 방열되어 온도는 저하한다.



그 립 1

그림 1은 최초의 온도  $t_0$ 로부터 冷蔵 시간 경과에 따른 食品의 温度分布를 나타낸 것이다.

이 경우 表面温度는 冷蔵室의 온도  $t_r$  보다 높으므로 열은 계속하여 표면으로부터 흐르게 되어 표면 온도는 저하하게 되고, 온도차는 매우 적어진다.



그 립 2

그림 2는 食品의 温度 변화와 경과 시간과의 관계를 나타낸 것이다.

그림에서  $t_c$ 는 중심의 温度이고,  $t_m$ 은 平均 温度,  $t_s$ 는 食品의 표면온도이다.

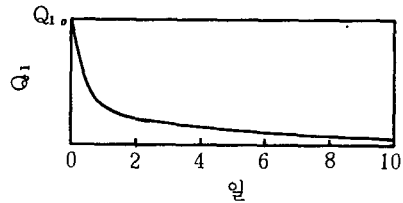
食品의 중심부의 温度는 시간 경과에 따라 極히 완만하여 특히 入庫초에는 더욱 그러하다.

그림 1, 2는 모두 2m 정도의 블록 모양의 冷蔵物의 경우를 나타낸 것으로서 冷蔵物의 크기가 클수록 温度 변화는 완만하다.

그러나 表面温度의 변화를 살펴보면 그림 2에서 보는 바와 같이 入庫直後에는 매우 低下速度가 증가하다가 冷蔵室의 温度  $t_r$  에 접근할수록 점차 완만한 변화를 보인다.

### ② 食品負荷의 變化

앞에서 살펴본 바와 같이 食品負荷  $Q_1$ 은 시간과 더불어 변화하므로 특정 食品 또는 冷蔵品의 전용 冷蔵室과 같은 경우에는 이와 같은 변화 특성을 충분히 고려하는 것이 必要하다.



그 립 3

그림 3은 食品負荷  $Q_1$  kcal/hr와 冷蔵室내에 저장된 시간과의 관계를 표시한 것으로서 48 시간 까지는 변화가 급격히 이루어지나 그 이후에서는 비교적 완만한 변화를 갖는다.

### ③ 冷蔵室 내의 全食品의 平均 温度의 計算

冷蔵室에는 食品의 여러 種類가 몇 개의 집단으로 수용되어 있는 경우가 많다. 이들의 食品 집단은 각각 冷蔵室에 들어간 시간이 다르므로 각각의 경과 시간도 다르다.

하나의 예로서 그림 4와 같이  $a, b, c, d$ 의 4가지의 食品이 수용되어 있을 때 그 표면 온도

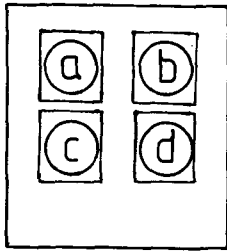


그림 4

를  $t_{sa}, t_{sb}, t_{sc}, t_{sd}$ , 표면적을  $A_a, A_b, A_c, A_d$  라 하면 食品 負荷  $Q_{1a}, Q_{1b}, Q_{1c}, Q_{1d}$ 는

$$Q_{1a} = hA_a(t_{sa} - t_r)$$

$$Q_{1b} = hA_b(t_{sb} - t_r)$$

$$Q_{1c} = hA_c(t_{sb} - t_r)$$

$$Q_{1d} = hA_d(t_{sb} - t_r)$$

여기서  $h$ 는 熱傳達係數로서 일정한 것으로 간주하였다.

그러므로  $Q_1$ 는

$$Q_1 = Q_{1a} + Q_{1b} + Q_{1c} + Q_{1d} = h \{ (A_a t_{sa} + A_b t_{sb} + A_c t_{sc} + A_d t_{sd}) - (A_a + A_b + A_c + A_d) t_r \} \quad (3)$$

이 된다.

食品의 全 表面的을  $A$ 라 하면

$$A = A_a + A_b + A_c + A_d$$

가 되고 식 (3)은

$$Q_1 = hA \left( \frac{A_a t_{sa} + A_b t_{sb} + A_c t_{sc} + A_d t_{sd}}{A} - t_r \right) \quad (4)$$

식 (4)의 우변 ( )내의 첫번째 항을  $t_m$  이란 全表面積에 대한 平均 溫度를 잡으면

$$t_m = \frac{1}{A} (A_a t_{sa} + A_b t_{sb} + A_c t_{sc} + A_d t_{sd}) \quad (5)$$

가 된다.

따라서 食品 負荷  $Q_1$ 은

$$Q_1 = hA(t_m - t_r) \quad (6)$$

로 표시된다.

④ 食品 負荷에 影響을 미치는 溫度 條件

일반으로 食品의 冷藏에서 溫度 低下 속도

는 冷藏 媒체의 種類, 溫度 및 流速과 食品의 形狀, 치수 및 그 溫度에 關係되나 冷藏의 경우에는 冷却媒體는 公기로 한정되어 있고 또 流速은 거의 停止 狀態에 가깝다. 유닛 쿨러등에서는 冷藏管에서의 風速이 2~3 m/sec 정도의 것도 있으나 食品에 接觸하는 면에서의 風速은 매우 낮다. 또한 食品 負荷  $Q_1$ 에 크게 影響을 미치는 것은 入庫時의 食品 溫度  $t_0$ 와 食品의 표면 온도  $t_s$ 와 冷藏室의 溫度  $t_r$ 이다. 따라서  $t_0$ 와  $(t_s - t_r)$  매우 중요하다.

일반으로  $t_s - t_r$ 은

$$t_s - t_r = \xi_z(t_0 - t_r)$$

의 關係가 있다. 여기서  $\xi_z$ 는 食品을 冷藏室에 넣은 후의 경과시간  $Z$ 에 따른 계수로서  $Z$ 가 클수록  $\xi_z$ 는 작아진다.

例로서 冷藏室內의 食品  $a, b, c, \dots$ 가 각각 반입후의 시간이  $Z_a, Z_b, Z_c, \dots$ 라 하면  $(t_s - t_r)$ 은

$$t_{sa} - t_r = \xi_{za}(t_0 - t_r)$$

$$t_{sb} - t_r = \xi_{zb}(t_0 - t_r)$$

$$t_{sc} - t_r = \xi_{zc}(t_0 - t_r)$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

가 된다.

따라서 食品의 수를  $n$ 라 하면

$$(t_{sa} + t_{sb} + t_{sc} + \dots) - n t_r = (\xi_{za} + \xi_{zb} + \xi_{zc} + \dots)(t_0 - t_r)$$

가 된다. 여기서

$$t_m = \frac{t_{sa} + t_{sb} + t_{sc} + \dots}{n}$$

$$\xi_{zm} = \frac{\xi_{za} + \xi_{zb} + \xi_{zc} + \dots}{n}$$

라 하면

$$t_m - t_r = \xi_{zm}(t_0 - t_r) \quad (7)$$

로 표시된다.

즉 平均表面溫度差  $(t_m - t_r)$ 은 最初의 溫度差  $t_0 - t_r$ 에 비례한다.

冷藏庫를 설계하는 경우 그 冷藏庫의 주어진

가동 주기  $m$ 을 적당히 잡으면 그림 5로부터  $\xi_m$ 을 정할 수 있다.

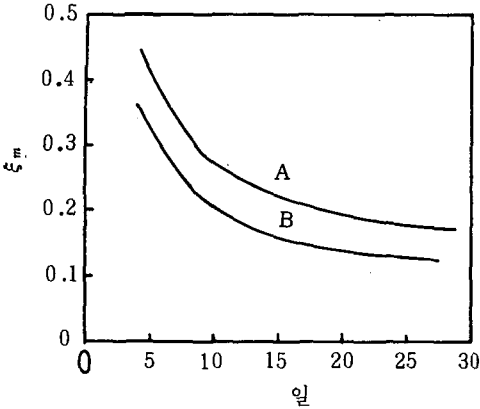


그림 5

그림에서 A는 冷凍食品이고, B는 凍結하지 않는 食品이다.

하나의 보기로서 冷蔵 유지 溫度가 1℃이고 가동 주기가 20일인 경우  $\xi_m$ 은 약 0.15이다. 이 때 入庫時의 食品溫度를  $t_0=25℃$ 라 하면 平均 表面溫度差는 다음과 같이 算定한다.

$$t_m - t_r = \xi_m (t_0 - t_r) \\ = 0.15 (25 - 1) = 3.6℃$$

冷蔵하고자 하는 온도  $t_0=-6℃$ ,  $t_r=-18℃$ 라 하면  $m=15$ 일의 경우 그림 5에서  $\xi_m=0.25$ 이므로

$$t_m - t_r = \xi_m (t_0 - t_r) \\ = 0.25 (-6 + 18) = 3℃$$

따라서 이 경우 平均表面溫度差는 3℃이다.

#### ⑤ 冷却 表面積

食品 負荷  $Q_1$ 은 食品의 표면적 A에 대하여는 食品은 대체로 직 6면체 모양의 블록으로 수용하는 경우를 생각한 표면적이다. 그림 5도 食品이 직 6面體 모양의 블록으로 취급하여 계산한 것이다.

지금 食品의 幅을  $a$  m, 길이를  $b$  m, 높이를  $H$  m라 하면 全表面積  $A_1$ 은

$$A_1 = 2(ab + aH + bH)$$

로 주어진다.

食品블록이  $n$ 개일 때에는 食品의 冷却表面積  $A$  m<sup>2</sup>은

$$A = nS_1 = 2n(ab + aH + bH)$$

가 된다.

지금 冷蔵室에 3m×6m×3m의 블록이 4개 있다면 食品冷却面積은

$$A = 2n(ab + aH + bH) \\ = 2 \times 4 \times (3 \times 6 + 3 \times 3 + 6 \times 3) \\ = 360 \text{ m}^2$$

#### ⑥ 食品負荷의 計算式

平均 表面溫度差  $t_m - t_r$ 을 이용하여  $Q_1$ 을 구해보면

$$Q_1 = hA\xi_m(t_0 - t_r)$$

로 표시된다.

食品表面의  $h$ 의 값은 冷蔵設備의 형식에 따라서 다르나 天井코일에 의한 冷却의 경우  $h=6\sim7 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}^\circ\text{C}$  정도이고, 유니트 쿨러는  $h=8\sim10 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}^\circ\text{C}$  정도이다.

만일 식품이 나무 상자 또는 종이상자 등에 들어 있는 경우에는 食品 表面에 직접 冷蔵室內 공기에 접하지 않으므로 나무나 종이의 열전도 저항을 고려하여  $h$ 의 값을 위의 값보다 조금 작게 추정할 수 있다.

冷蔵室 溫度  $t_r=-20℃$ , 搬入時의 凍結食品의 溫度  $t_0=-5℃$ , 食品은 종이 상자에 넣어서 2.5×4.0×3.2m의 블록의(직 6面체) 형태로 들어 있으며 블록의 수는  $n=4$ 이고, 稼動週期  $m=20$ 일인 유니트 쿨러 食品負荷를 算定하여 보기로 한다.

$m=20$ 일이므로 그림 5에서  $\xi_m=0.21$ 잡는다.

冷却表面積은  $A = 2n(ab + bH + aH)$ 이므로  $A = 2 \times 4 \times (2.5 \times 4.0 + 4.0 \times 3.2 + 2.5 \times 3.2) = 246 \text{ m}^2$ 이다.  $h_0 = 10 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}^\circ\text{C}$ 로 잡고, 종이의 熱傳導抵抗을 고려하면 종이의

두께를  $l_i = 0.0015 \text{ m}$ , 熱傳導率  $\lambda = 0.075 \text{ kcal/m}^2\text{hr } ^\circ\text{C}$ 라 하면

$$h = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{l_i}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{0.0015}{0.075}}$$

$$= 8.3 \text{ kcal/m}^2\text{hr } ^\circ\text{C}$$

따라서 구하고자 하는  $Q_1$

$$Q_1 = h A \xi_m (t_o - t_r)$$

$$= 8.3 \times 246 \times 0.21 \times (-5 + 20)$$

$$= 6,500 \text{ kcal/hr}$$

⑦ 食品의 收容量에 기초를 두고 食品負荷를 구하는 方法

실제에서는 일반적으로 收容量  $W \text{ kg}$ 에 대하여 구하는 것이 보통이다.

따라서 여기서는 食品 收容量에 의하여 食品負荷를 구하여 보기로 한다.

지금 食品의 블록이 가지는 부피를  $V_1$ 라 하면  $V_1 = abc \text{ m}^3$ 으로 표시되고, 이것의 무게는  $W_1 = rV$ 이다.  $r$ 는 食品블록의 겉보기 比重  $\text{kg/m}^3$ 이다.

冷藏室에 수용되는 블록이  $n$ 개라면  $W = nW_1$ 이 된다.

그러므로 冷却面積  $A$ 와 收容量  $W$ 와의 사이에는

$$\frac{A}{W} = \frac{2n(ab + bH + aH)}{nrabc}$$

가 된다.

따라서 冷却表面積  $A$ 는

$$A = \frac{2}{r} \left( \frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{H} \right) W$$

가 된다. 여기서  $\frac{A}{W} = k$ 라 하면  $A = kW$ 가 된다.

冷藏室에서 적재 높이는 보통  $H = 3 \sim 4 \text{ m}$  정도 블록의 幅과 높이는 각각  $2 \sim 3 \text{ m}$ ,  $4 \sim 6 \text{ m}$  정도이다.

또  $k$ 의 값은 대체로  $0.0016 \sim 0.0022 \text{ m}^2/\text{kg}$  정도로 잡는다.

이상의 관계로부터

$$Q_1 = h k W \xi_m (t_o - t_r)$$

가 성립한다.

보기로  $t_r = 0^\circ\text{C}$ ,  $t_o = 20^\circ\text{C}$ , 수용량  $W_i = 60 \text{ ton}$  매일 입출고량  $4 \text{ ton}$ 인 유니트 쿨러의 食品負荷를 구하여 보면

$$\text{가동주기 } m = \frac{\text{收容量}}{\text{매일의 入出庫量}} = \frac{60}{4}$$

$$= 15 \text{ 일}$$

그림 3-5에서  $m = 15$  일 일때

$\xi_m = 0.18$ 이므로  $k_i = 1.95 \text{ m}^2/\text{kg}$ 으로 잡으면

$$Q_1 = h k_i W_i \xi_m (t_o - t_r)$$

여기서  $h = 8.7 \text{ kcal/m}^2\text{hr } ^\circ\text{C}$ 로 잡는다.

$$\therefore Q_1 = 8.7 \times 1.95 \times 60 \times 0.18 (20 - 0)$$

$$= 3664.44 \text{ kcal/hr}$$

한편 食品의 冷却負荷의 식을 구하기 위하여  $W$ 를 食品의 量(kg),  $C$ 를 食品의 比熱 ( $\text{kcal/kg } ^\circ\text{C}$ )라 할 때 食品의 溫度를  $dt_m$   $^\circ\text{C}$ 만큼 낮추기 위하여는

$$Q_1 = c W d t_m \text{ kcal}$$

의 열량을 뽑아 내어야 하므로 이 열량을  $dz$ 시간에 제거한다고 생각하면

$$Q_1 = -Wc \frac{dt_m}{dz} \tag{9}$$

가 된다.

다음 표 1은 冷藏庫의 收容品과 냉장 유지 온도와의 관계를 나타낸 것이다.

표 1 냉장 유지 온도와 수용품의 종류

냉장유지온도	수용품명
-20 ~ -25 $^\circ\text{C}$	아이스 크리임
-18 ~ -20 $^\circ\text{C}$	凍結品, 凍結肉
-15 $^\circ\text{C}$ 내외	凍結品, 凍結肉
-10 $^\circ\text{C}$ 내외	버터, 치즈, 凍卵, 燻製品等
-5 $^\circ\text{C}$ 이상	牛乳, 生肉, 달걀, 餅類等

표 2 냉장 온도와 냉장 코일의 온도차

冷 藏 品	冷蔵溫度 (°C)	냉각 코일과 냉장 온도의 차 (°C)		冷蔵庫 내의 상대습도 (%)
		강제대류식 코일	자연대류식 코일	
生 肉	2 ~ 4	5.5 ~ 6.5	10.5 ~ 12.0	80 ~ 90
野 菜	4.5 ~ 7	5 ~ 6.5	10 ~ 12	85 ~ 90
果 實	4.5 ~ 7	5 ~ 6.5	10 ~ 12	85 ~ 90
乳 製 品	2 ~ 4.5	5 ~ 6.5		80 ~ 85
料理店用 냉장고	2 ~ 4.5	6.5 ~ 8	11.5 ~ 14	85 ~ 90
飲 料 品	2 ~ 3	8 ~ 9.5	12 ~ 14.5	

(3) 發生熱負荷  $Q_2$

發生熱負荷는 냉장고 내에서 항상 발생하는 열에 의한 負荷로서 生鮮, 果實, 野菜를 냉장하는 경우 이들로부터 발생하는 呼吸熱과 유니트 쿨러 등과 같이 팬 (fan)의 운전에 수반되는 열로 크게 나눌 수 있다.

① 食品의 呼吸熱

生鮮, 野菜, 果實 등의 靑果物은 동물과 같이 空氣中으로부터 산소를 취하고 體內的 糖類

등을 酸化, 分解하여 탄산가스와 水分을 發散한다. 이 呼吸熱이 냉장실의 發生熱負荷가 된다.

植物의 경우 호흡의 세기는 일반적으로 30 ~ 40°C에서 가장 크고, 온도가 이보다 낮을수록 호흡은 약해져서 0°C 부근의 저온에서는 대단히 약해진다. 따라서 저온에서는 단위 시간당 발생하는 呼吸熱이 비교적 적다.

靑果物의 呼吸熱은 國際冷凍協會의 자료를 인용하면 표 3 과 같다.

표 3 野菜 및 果實類의 呼吸熱

종 류	호 흡 열 $q_2$ kcal / ton			
	0 °C	2 °C	5 °C	10 °C
인 삼	200 ~ 580	450 ~ 700	580 ~ 800	650 ~ 900
양 파	240 ~ 400	260 ~ 440	320 ~ 520	470 ~ 700
토 마 토	280 ~ 360	330 ~ 400	400 ~ 550	650 ~ 850
멜 론	280 ~ 400	360 ~ 480	450 ~ 550	850 ~ 950
양 배 추	300 ~ 500	350 ~ 600	450 ~ 850	750 ~ 1100
셀 러 리 (celery)	300 ~ 500	400 ~ 600	650 ~ 950	1100 ~ 1700
무 우	380 ~ 550	380 ~ 600	420 ~ 800	1150 ~ 1400
마 늘	450	660	950	1450
잠 두 (잎없음)	470 ~ 550	650 ~ 780	700 ~ 1050	1200 ~ 1350
코 올 리 플라 우 어 (cauliflower)	500 ~ 1300	720 ~ 1450	1100 ~ 1600	2550 ~ 2850
부 추	730 ~ 1300	1200 ~ 2300	2650 ~ 3150	5650 ~ 5900

종 류	호 흡 열 $q_2$ kcal/ton			
	0 °C	2 °C	5 °C	10 °C
시 금 치	1250~1700	1600~2450	2650~4100	4300~6450
완 두	1800~2150	2400~2950	3200~3900	4100~5500
호 도	50	50	100	200
포 도	100~200	240~350	340~500	490~700
오 렌 지	100~220	130~260	220~390	430~720
잼보아 (zamboia)	100~220	150~260	220~310	380~520
레 몬	120~200	150~270	220~400	350~670
배 ( 조 숙 )	160~300	270~540	450~950	600~1300
배 ( 만 숙 )	160~220	220~460	360~850	480~1150
사 과	200~340	290~430	320~650	850~1200
복 송 아	280~390	360~450	520~840	1300~1900
매 실	280~440	370~720	600~1350	1200~2600
바 나 나	-	-	820~1200	1350~2400
파 인 애 플	-	-	820~930	1350~1450

② 呼吸熱에 의한 發生熱負荷 計算

지금 冷藏庫의 수용량을  $W$  kg, 수용 식품의 呼吸熱을  $q_2$  kcal / ton·day 라 하면 호흡열에 의한 發生熱負荷는 다음 식으로 표시된다.

$$Q_2 = \frac{Wq_2}{2400} = 4.16 \times 10^{-5} Wq_2 \text{ kcal/hr} \quad (10)$$

呼吸은 靑果物의 공기와 接하는 부분에서 이루어지므로 같은 양의 靑과물이라도 공기와 接하는 면적이 작으면 호흡량도 작고 또 발생 열량도 작아진다.

사과 160 톤을 냉장하는 경우 呼吸熱에 의한 發生熱負荷를 구하여 보면,

$$q_2 = 240 \text{ kcal / ton} \cdot \text{day}$$

이므로 냉장실 온도를 0 °C로 잡으면,

$$Q_2 = (4.16 \times 10^{-5}) \times 160 \times 1000 \times 240 = 1599.99 \text{ kcal / hr} \text{ 가 된다.}$$

呼吸熱에 의하여 발생하는 熱負荷가 冷藏室의 全冷凍負荷에 차지하는 비율은 종류에 따라 일정하지 않으나  $q_2 = 200 \sim 1000 \text{ kcal / ton} \cdot \text{day}$  정도이다. 그러므로 120 ton의 靑과물에서는

$$Q_2 = 4.16 \times 10^{-5} \times 120,000 (200 \sim 1000)$$

= 1000 ~ 5000 kcal/hr 가 된다.

靑과물을 冷藏하는 경우 室의 유지 온도는 0 ~ 5 °C 정도가 보통이고, 유지 온도가 비교적 높으므로 침입 熱負荷는 일반적으로 적은 편이다.

100 ton의 냉장실에서는 侵入熱負荷  $Q_3$ 는 여름철에도 3000 kcal/hr 정도 또는 그 이하이므로 呼吸熱에 의한 發生熱負荷  $Q_2$ 는 냉장실의 全冷凍負荷  $Q$ 에 매우 큰 비율을 차지한다.

특히 外氣溫度가 낮은 계절, 호흡열이 큰 靑과물을 冷藏하는 경우에는  $Q_2$ 는 침입熱負荷  $Q_3$ 나 食品負荷  $Q_1$ 과 같은 크기이거나 또는 그 이상이 된다.

靑과물이 냉장실에 처음 들어갈 때에는 온도가 비교적 높으므로 반입 직후에는 평균 표면 온도차가 크기 때문에 식품부하  $Q_1$ 도 크고 그 결과 냉장실의 온도도 비교적 높아진다. 따라서  $q_2$ 도 커진다. 그러므로 냉장실의 온도가 높아지므로 전체의 發生熱負荷  $Q_2$ 도 커지며 이러한 상태는 식품을 넣은 후 몇 시간 동안 지속되므로 냉장실의 冷凍負荷  $Q_1$ 는 커짐에 유의할 필요가 있다.

(계속)