

冷 凍 應 用 (감자 貯藏庫에 대하여)

Refrigerating Application for Potatoes Storage

李 聖 柱*
S. J. Lee

1. 머릿말

감자는 원래 유럽인들이 主食으로서 그 貯藏에 관한 方法도 가장 發達한 곳 또한 유럽 일 것이다. 최근 우리나라도 農產物 수입開放政策의 一環으로 감자가 美州地域으로부터 輸入되어 감자를 生産하는 農民들에게 큰 타격을 주고 있으며 특히 그 貯藏方法 또한 크게 研究된 바가 없으며 그로인해 低價格을 받을 수 있는 適定時期까지 良好한 狀態로 貯藏出荷가 어려운 實情에 있다. 이는 農事일에 從事하는 사람들만이 해결해야 할 일이라고만 생각할 수 없으며 당연히 冷凍, 冷蔵시스템을 設計하고 施工하는 사람들도 參與를 해서 國產감자가 流通期間까지 원래 質과 맛을 유지한 채로 훌륭하게 貯藏될 수 있는 方法을 研究 檢討하여 우리나라 實情에 맞는 시스템을 개발 보급해야 할 時點이다. 따라서 이번 글에는 유럽에서 最近에 實施하고 있는 감자 貯藏方法에 대하여 자세히 알아보고저 한다.

2. 감자의 貯藏條件

감자는 살아있는 有機物質이다. 그러므로 그 自體로서 살아있는 동안은 損失을 피할 수는

없다. 즉, 밭에서 수확한 이후부터는 손실이 계속된다고 보아야 한다. 즉, 貯藏中에는 계속적으로 重量減少가 일어나며 끊임없는 化學性分의 變化는 그 質에 심각한 영향을 주는 것은 물론이다. 감자는 썩기쉬운 物質로 되어 있다. 즉, 微生物類(곰팡이와 박테리아)는 감자를 썩게 하는 原因이며 따라서 큰 損失을 가져올 것이다. 이와같은 損失을 最大限으로 줄이는 것이 가장 좋은 條件下에서 貯藏하는 것이며 그 貯藏 가능성은 이미 다음과 같은 事項에 따라 결정되어 있는 것이나 마찬가지 이다. 즉, 品種, 재배기술, 품의 種類, 재배期間中の 氣像條件, 수확전의 질병, 감자의 移送中·저장중 표면의 손상등이다. 아 물론 貯藏條件을 알아보기 위해서는 損失이 일어나는 原因을 알아 볼 必要가 있다.

2.1 呼吸에 의한 損失

감자는 그 自體의으로 살아가기 위해서 呼吸을 하게 된다. 즉, 주위 공기중의 산소를 吸入하여 감자내의 당분을 물과 탄산가스로 變化시킨다. 당분은 녹말의 가수분해로 생성된다. 녹말은 호흡기간 중에 소모되며 이로인해 감자내의 건조물질의 손실을 일으킨다. 즉 呼吸으로 因한 重量減少를 最小限으로 억제하기 위해서는 溫度를 가장 낮게 유지하는 것

* 柳景원세기

이 중요하다. 그 범위가 5℃까지이다. 5℃ 이상 15℃까지는 呼吸率이 천천히 增加하지만 그 이상 넘어가면 급속히 增加한다. 반면에 溫度가 3℃ 이하로 떨어지면 呼吸率은 역시 급속히 增加한다. 0℃에서의 呼吸率은 20℃에서의 呼吸率과 거의 같다. 呼吸으로 인한 감자내의 건조한 物質의 損失은 그 溫度가 5~10℃ 범위내에서 가장 낮다. 실제로 6~8個月間的 貯藏期間동안 감자의 重量減少率은 이런 溫度 범위내에서는 1.5% 이하이다.

아 물론 呼吸熱을 잡기 위해서는 冷却을 하되 5℃ 범위로 하는 것이 가장 좋다.

2.2 發芽로 인한 損失

감자의 發芽는 높은 重量減少의 原因이 된다. 무엇보다도 싹이 난 감자는 商品으로서의 價値가 없으므로 직접적인 損失을 입는 것이다. 또한 發芽表面에서의 水分蒸發로 인한 損失이 더 크다고 볼 수도 있다.

發芽와 發芽抑制에 관한 자세한 내용은 이번 내용에 언급하지 않도록 한다.

貯藏中の 發芽抑制方法은 두가지가 있다.

- 1) 溫度를 2~4℃로 유지한다.
- 2) 發芽抑制劑를 使用한다.

2.3 감자의 化學成分의 變化로 인한 損失

貯藏條件에 따라서 감자의 化學成分이 變化하고 이에따른 솔라닌(Solanine)의 形成과 糖度の 增加는 감자의 品質에 나쁜 영향을 준다. 糖分의 강화를 防止하기 위해서는 貯藏溫度를 7℃ 이상 높게 유지해야만 하고 솔라닌의 形成을 막기 위해서는 어두운 곳에 감자를 저장해야 한다.

2.4 질병의 擴散으로 인한 損失

어떤 환경하에서, 예를 들면 습기가 있는 감자를 건조한 것과 같이 저장하였다면 이곳에서 곰팡이류에 의한 부식이 발생되며 相互作用으로 곧全體의 감자로 擴散되기 때문에 貯藏別 處理過程에 신경을 써야 한다.

2.5 極限溫度로 인한 損失

너무 높은 溫度와 너무 낮은 溫度 모두 감자는 溫度에 의한 損害를 입게 된다. 감자는 영하 1~2℃에서 凍結되며 한번 얼은 감자는 빠른 속도로 상하게 된다. 품종에 따라서 2℃ 이하에서 장기간 貯藏되는 경우 감자의 조직에 冷害를 입는 품종도 있다.

30℃ 이상의 溫度에서는 呼吸이 아주 심하게 되며 많은 量의 탄산가스를 방출하므로서 상대적으로 많은 量의 산소가 필요하게 된다. 그런 溫度에서의 呼吸은 아주 강하게 되기 때문에 감자 내부의 깊숙한 곳에 있는 세포는 더이상 충분한 산소를 공급받을 수 없어져서 이미 형성된 탄산가스를 放出시킬 수 없게 된다. 즉, 그 세포는 죽게되어 검은색으로 변한다.

2.6 水分의 蒸發

감자로부터의 水分蒸發은 그 크기에 따라 減量 뿐만 아니라 質의 變化를 가져온다.

원래 감자는 수확하기前 땅속에 있을 때의 狀態가 거의 濕泡化 狀態로 安定되어 있는 때이며 수확후 貯藏時에도 貯藏庫內的 相對濕度를 99.2%~99.5%RH 정도로 庫속에서의 狀態와 똑같이 유지시킬 수 있다면 가장 좋을 것이다. 그렇지만 現實적으로 이와같이 높은 相對濕度를 유지한다는 것은 대단히 어렵다. 또한 이런 濕泡化 狀態를 계속 유지한다 하더라도 강제환기 方式의 저장고에서는 貯藏된 감자와 감자 사이의 氣流速度와 감자表面사이의 水蒸氣分壓差에 따른 증발이 일어나게 되며 결국에는 減量이 되게 된다. 즉 이러한 수분증발에 의한 減量을 最小化하기 위해서는 어떻게 해야 할 것인가에 대하여 검토해 볼 必要가 있다.

이상에 열거한 事項들은 最適貯藏條件을 알아보기 위한 貯藏時 損失이 일어나는 種類를 열거하였던 것이다. 여기서 열거했듯이 어떤 目的으로 消費되어야 하느냐에 따라서 貯藏條件이 相反되는 모순을 안고 있기 때문에 一般的으로 어떤 범주내에서 統一된 貯藏條件을

規定한다는 것은 어렵다. 그렇지만 그 使用目的에 따라서 分類하여 定理한다면 다음과 같은 범위로 定할 수 있을 것이다.

使用目的에 따른 감자의 貯藏條件

① 貯藏溫度

- 씨감자 2~4℃
- 生消費用 감자 5~6℃
- 튀김용 감자 7~10℃
- 칩을 만들기 위한 감자 6~8℃
- 가루용 감자 7℃

생감자는 4℃ 이상의 濕度에서는 반드시 發芽抑制劑로 처리해야만 한다.

② 貯藏庫內的 溫度는 可能한限 最大限으로 높게 유지되도록 해야 한다. 相對濕度의 추천지는 95% RH 이상으로 한다.

③ 貯藏庫內的 CO₂의 濃度는 容積單位로 2%를 超過해서는 안된다. 그리고 산소의 濃度는 容積單位로 20~21%로 유지되어야만 한다.

④ 생감자는 어두운 곳에 貯藏되어야 한다.

3. 감자貯藏庫의 構造

3.1 貯藏方式과 貯藏庫의 設計

감자의 貯藏은 벌크(Bulk)내에 쏟아 부어 저장하거나 자루에 넣어서 일정한 높이로 쌓아 저장하거나 나무상자를 通氣가 가능하도록 만들어 감자를 담아 저장한다.

이런 方式中 유럽에서 가장 잘 사용되고 있는 것이 벌크양식의 저장고이며 이 경우 貯藏용량은 대략 650~700kg/m³이므로 감자 1톤 저장시 필요한 용적은 平均 1.5m³/ton 이 된다. 그러므로 貯藏감자의 重量에 따른 必要貯藏庫의 容積은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$V = G \cdot 1.5 \text{ (m}^3\text{)}$$

여기서 G 는 감자의 貯藏重量(톤)을 나타낸다.

이 경우 물론 垂直荷重을 생각해야 되며 單位面積當 單位 높이에서의 垂直荷重은 650~700kg/m²/mh가 된다. 荷積荷重은 밑바닥

에 깔리는 감자의 種類에 따라 決定되지만 대략 3~4m 높이로 쌓는다. 그러므로 單位面積當 쌓을 수 있는 감자의 重量은 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$G = H / 1.5 \text{ (톤/m}^2\text{)}$$

여기서 H 는 荷積높이가 된다.

즉 G 톤의 감자를 저장하기 위하여 必要한 바닥面積은 다음과 같이 된다.

$$A = G / G_a = G \cdot 1.5 / H \text{ (m}^2\text{)}$$

그러므로 예를 들어 1000톤의 감자를 3m 높이로 저장하기 위한 필요바닥면적은 $A = 1000 \cdot 1.5 / 3 = 500 \text{ m}^2$ 가 된다.

반면에 자루에 넣어 쌓을 경우에는 자루와 자루 사이에 빈 공간이 생기기 때문에 容積뿐만 아니라 面積이 벌크저장에 비하여 각각 20% 정도 더 큰 공간이 필요하게 된다. 즉 單位面積當 貯藏重量은 500~550kg/m²이며 必要容積은 1.8m³/ton이 된다. 그러므로 1000톤의 감자를 자루에 넣어 3m 높이로 쌓아 貯藏하는 경우의 필요 바닥面積은 $A_2 = 1000 \cdot 1.8 / 3 = 600 \text{ m}^2$ 가 된다.

나무상자를 만들어 저장하는 경우는 상자의 제작구조에 따라서 荷積可能높이가 決定되며 네덜란드에서는 감자를 1톤씩 넣을 수 있는 상자가 표준화 되어 그 크기는 파레트를 포함하여 1.39m(L)×1.09m(W)×1.24m(H)이며 상자당 저장重量은 530kg/m³이다. 그러나 상자와 상자 사이는 항상 빈 공간이 생기기 때문에 상자당 저장중량은 500kg/m³ 정도로 줄어든다. 보통 쌓을 수 있는 상자의 갯수는 5~6개로서 5개를 쌓을 경우는 단위면적당 3.1ton/m²를 貯藏하며 6개를 쌓을 경우 3.7ton/m²를 貯藏可能하다. 어쨌든 상자를 이용한 저장법은 벌크저장고에 비하여 항상 35% 정도 더 큰 容積이 必要하게 된다.

그렇지만 실제 저장고의 높이를 決定할 때는 반드시 감자가 쌓이는 높이보다 높아야 되며 그 貯藏庫內에서 荷積하는 장비의 形式에 따라서 혹은 냉각시스템에 의한 通氣를 고려하며, 또한 점검을 위한 最小限의 여유를 0.5m~1.5m까지 보아야 할 것이다. 그외에 고

려해야 할 사항은 감자의 품종 및 품질에 따라서 저장고의 칸막이를 몇개로 분할할 것인가에 대하여 고려해야 하며貯藏될 감자의入庫 및 出庫時間에 관한 개념을 고려해야 할 것이다.

3.2 貯藏庫 建築時 必要條件

1) 貯藏中の貯藏溫度條件은 2~10℃ 사이로調節할 수 있어야 하며 감자를 가열해야 할때는 15℃~20℃ 사이로 조절 가능해야만 한다. 또한相對濕度는 90~100%RH 상태로 유지하되 저장중에는 건조한 상태로 유지되도록 해야만 한다. 상기條件들을 만족시키기 위해서는斷熱이 잘 되어야 하고 가능한氣密이 유지되도록 해야만 한다.

2) 建築構造物은 機械的인 強度를 충분히 갖고 있어서 감자저장의荷重을 견딜 수 있어야 하며 外的으로는 風壓, 降雪等의 영향을 견딜 수 있어야 한다.

3) 貯藏庫의 크기는 필요貯藏量을 充分히 수용할 수 있을만큼 커야 하며 荷積方式에 따라 적용가능해야 한다.

4) 감자의 반입 및 荷積, 放出 그리고 移送를 아무런 문제점 없이 機械化하여行할 수 있도록 해야 한다.

3.3 貯藏고의 斷熱

貯藏고의 斷熱은 經濟性을 고려하여 일반 냉장고 규정에 따른다.

4. 감자貯藏庫의 冷却시스템

감자는 저장기간중 반드시 요구 溫度까지 冷却시켜야 하며 이 冷却으로 인한 수증기의 증발로 減量이 일어난다. 그러므로 가장 效果的인 冷却을 시키기 위해서는 다음과 같은 사항을 준수해야만 한다.

첫째, 저장물중의 溫度變化가 큰 폭으로 되지 않도록 필요온도로 유지해야 하며 둘째, 수증기의 증발로 인한 重量減少를 制限하도록 해야 한다.

溫度편차는 그림 1에 나타낸 것과 같이 最大 1~1.5℃ 이내로 한다.

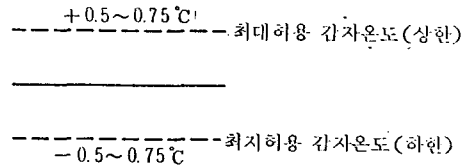


그림 1. 감자저장고내의 일반적인 온도편차

즉 冷却空氣의 溫度는 감자의 溫度보다 낮아야 하는 것은 물론이며 冷却速度와 溫度의 편차는 쌓여 있는 감자더미를 通過하는 空氣의 순환회수에 따라 크게 달라진다. 空氣의 순환회수가 크면 클수록 冷却速度는 빨라진다. 반면에 순환회수가 작아지면 질수록 저장된 감자의 溫度편차에 관한 진폭은 커진다. 그러므로 증발로 인한 水分의 損失은 冷却時間에 따라 크게 左右되고 그 風速에 의해서 영향을 크게 받게 되므로 너무 높은 순환풍량은 감소시키도록 한다.

즉 冷却空氣 強制通風式으로 감자를 冷却시키는 것이 가장 效果的이지만 그 冷却된 空氣의 相對濕度는 可能한限 冷却中인 감자로 부터의 水分損失을 最小化하기 위하여 最大로 높게 유지해야만 한다.

4.1 감자저장고의 冷却負荷

감자貯藏庫의 冷却負荷는 다음과 같은 사항을 고려해야 한다.

1) 감자의 자체열—즉 수확직후 밭에서 받은 熱量

$$q_F = C_P W_P \Delta t \times 1,000 \text{ (J/day)}$$

여기서, C_P : 감자의 비열 (J/kg °K)

W_P : 1일 입고량 (톤/d)

Δt : 입고시 감자의 品溫과 庫內溫度와의 差 (°C)

2) 감자의 호흡열

수확후 감자의 呼吸熱은 5℃에서는 0.01 J/kg·sec이고 30℃에서는 0.05 J/kg·sec이며 완전히 숙성되지 않거나 상처를 입은 감자는 그 값이 3배~6배 더 크다. 그러므로 呼吸에 의한 熱負荷는 다음과 같이 計算된다.

$$q_R = W_P \times 1,000 \times q_a \times 3,600 \times 24 \text{ (J/day)}$$

여기서, $q_a = \text{呼吸熱 (J/kg} \cdot \text{sec)}$

3) 벽, 천정, 바닥등으로부터의 전도열 :

일반 냉장고 규정에 따른다. (q_w)

4) 送風機에 의한 열 (q_M)

5) 導入外氣量에 의한 熱

$$q_0 = V \times \Delta i \times \rho$$

여기서,

V : 外氣導入量 (m^3/day)

Δi : 外기와 저장고내 엔탈피 差

ρ : 公기의 비중 (kg/m^3)

6) 電灯, 機械, 作業員, 극간풍등에 의한 열손실 (q_i)

상기 ⑤항까지의 負荷合計의 큰 냉장고는 5%, 작은 냉장고는 대략 10% 정도로 한다. 그러므로 冷却負荷合計는 (q_T)

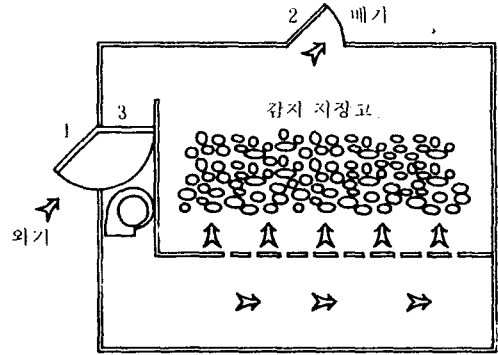
$$q_T = q_F + q_R + q_0 + q_w + q_M + q_i \text{ 이다.}$$

실제 冷凍機에 의한 冷却熱量을 決定時에는 상기 값에 20% 안전율을 주어 결정한다. 즉 $q_{eq} = 1.2 \times q_T$ 가 된다.

4.2 外氣에 의한 冷却方式

外氣導入만으로 冷却하는 시스템은 상대적으로 비용이 적게드는 方式으로 감자 저장고에 자주 사용된다. 그렇지만 이 경우 外氣의 溫度條件이 냉장고의 設計溫度 條件以下로 떨어져 있는 기간동안만 가능하므로 이 方式을 적용하려면 저장기간중의 外氣溫의 데이터를 수집 분석할 필요가 있다. 시스템은 그림 2에 나타낸 것과 같다.

上記 시스템의 原理는 貯藏된 감자의 溫度를 溫度計로 測定하고 溫度가 上昇하여 冷却이 必要하다고 판단된 경우 外氣의 溫度를 測定 그 값이 감자를 冷却시키기엔 충분히 낮은 溫度가 되었을 때에는 外氣덤퍼를 열어 送風機를 가동하여 冷却을 시킬 수 있으며 만일 外氣의 溫度가 너무 낮은 경우는 혼합덤퍼 3를 열어서 출구덤퍼 2를 통하여 全量 배기되던 風量의 적정량을 재순환시킬 수 있도록 만들어진 것이다. 이 경우 必要冷却負荷는 다음과 같이 나타낸다.



1. 입구덤퍼 2. 출구덤퍼 3. 혼합덤퍼

그림 2. 외기이용 냉장시스템

$$q = V \cdot \Delta i \cdot \rho \cdot t \text{ (kJ/day)}$$

여기서, $\Delta i = C_p \cdot \Delta T$ 그러므로

$$q = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot \Delta T \cdot t$$

V : 送風量 (m^3/sec)

ρ : $1.26 \text{ kg}/\text{m}^3$ (정상저장온도에서의 공기의 비중)

C_p : $2.0 \text{ kJ}/\text{kg} \cdot \text{°K}$ (공기의 개략비열 — 즉 공기에 의해 감자가 冷却될 때 증발열이 포함된 비열)

ΔT : 外기와 감자사이의 溫度差

t : 送風運轉期間 (sec/day)

그러므로 결국 다음과 같이 요약된다.

$$q = 2.52 \times V \times \Delta T \times t \text{ (kJ/day)}$$

그러나 그림 1에서 ΔT 는 이미 $1 \sim 1.5 \text{ °K}$ 로 결정되었으므로 냉각효과는

$$q = 3.7 \times V \times t \text{ (kJ/day)}$$

로 표시할 수 있을 것이다. 즉, 外氣를 活用한 冷却시스템의 冷却效果는 送風량과 그 運轉期間에 의해 결정된다. 空氣吹出口의 크기는 面風速으로 $4 \sim 5 \text{ m/s}$ 이상 넘지않게 定해야 한다. 취출구의 크기는 다음의 公式에서 구할 수 있다.

$$A = V/W \text{ (m}^2\text{)}$$

여기서, V : 送風量 (m^3/s)

W : 風速 $4 \sim 5 \text{ m/s}$

$$A : a \times b (\text{m}^2) \text{斷面積}$$

4.3 冷凍機를 사용한 冷却시스템

이 방식은 外氣溫度에 관계없이 늘 貯藏庫의 溫度를 一定히 유지할 수 있는 方法으로 冷凍사이클을 利用하여 冷却을 하므로 外氣冷却시스템에 비하여 상당히 높은 운전비용이 소모된다. 물론 초기 투자비도 상당히 비싸지게 된다. 그렇지만 감자를 장기간 貯藏하고자 할 때는 外氣溫度만으로 冷却可能한 기간을 제외하고는 거의 냉동기를 利用하여 强制冷却시키도록 해야 한다. 이 경우 시스템은 재순환 방식으로 되며 개략 원리를 그림 3에 나타냈다.

그림에서 보는 바와 같이 冷却된 空氣는 送風機에 의해서 쌓여진 감자더미를 통과하게 되고 그로인해 냉각된다. 이 경우 그 空氣는 一定하게 재순환 된다. 반면에 冷却이 進行되는 동안 감자로부터 水分이 증발하게 되며 이 수증기는 공기에 흡수되어 그 空氣의 水分함량은 增加시키게 된다. 이렇게 加濕된 空氣는 차가운 冷却機의 表面과 접촉하게 된다. 만일 그 冷却機의 表面溫度보다 그 空氣의 露點이 높아진 경우에는 그 冷却機 表面에서 응축이 된다. 定常狀態로 되는 條件은 감자로부터 증발된 水分의 量과 응축량이 같아지게 되는 것이다. 즉 冷凍方式의 시스템은 熱과 水分 모두를 制御하게 된다. 그러므로 감자의 水分損失은 冷却機에서 제거된 물의 量에 의해 決定된다.

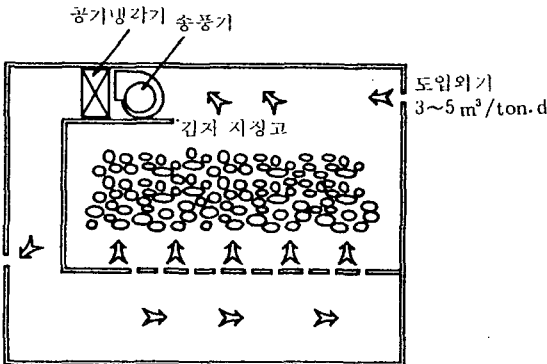


그림 3. 냉동기에 의한 냉각방식

감자는 저장기간 동안 呼吸을 하게 되므로 O_2 를 吸込하여 CO_2 를 放出하므로 新鮮外氣를 받지않고 연속운전을 할 경우 O_2 의 濃度は 계속 낮아지고 CO_2 濃度は 增加하게 되므로 이 CO_2 를 放出시키고 산소의 濃度を 높이기 위해서는 적정량의 外氣를 導入하여 환기를 시켜야 한다. 貯藏庫內의 CO_2 濃度を 1%이하로 유지하기 위해 必要한 新鮮外氣導入량은 $3 \sim 5 \text{m}^3$ 의 外氣가 시간당, 감자 1 ton 당 必要하게 된다.

쌓여진 감자더미의 溫度를 效果的으로 制御하기 위해서는 쌓여진 각각의 감자사이로 通氣가 잘 되도록 空氣分布에 신경을 쓰지 않으면 탁월한 냉동시스템을 갖추었음에도 좋지 못한 결과를 얻게 될 것이다.

外氣에 의해 冷却되는 시스템에서는 風量을 定할 때는 그 貯藏庫에서 제거된 熱이 모두 風量과 함께 바깥으로 放出되기 때문에 그 시스템의 冷却容量으로 決定한다. 반면에 冷凍機를 利用하는 시스템에서의 熱負荷는 冷却機에 의해서 제거되기 때문에 全體시스템의 冷却率은 冷却機의 冷却能力 혹은 冷凍裝置의 能力에 의해 決定되는 것이므로 送風量은 그 冷却機를 通過하는 空氣의 溫度差로서 決定될 뿐이다. 冷却機를 通過하는 空氣의 溫度差는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\Delta T = \frac{q}{V \times C_p \times \rho}$$

여기서, q 는 kJ/sec 으로 나타낸다.

즉, 그림 4에서 $T_1 - T_2 = q / (V \times C_p \times \rho)$ 이다. 이 溫度差가 작아지면 작아질수록 風量은 커지게 되며 冷却能力에는 영향을 미치지 않는다. 그러나 空氣의 순환회수는 貯藏고내의 溫度편차에 영향을 주게 되므로 $1 \sim 1.5 \text{K}$ 를 넘지 않도록 해야 한다. 그러므로 送風量은 다음 식에서 구할 수 있다.

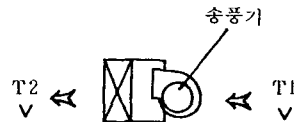


그림 4. 냉각기를 통과하는 공기온도

$$\dot{V} = q / \Delta T \times C_p \times \rho$$

여기서 ΔT 는 最大 1.5K이므로 필요한 送風機容量은 다음과 같이 된다.

$$\dot{V} = q / \Delta T \times C_p \times \rho \text{ (m}^3/\text{s) 혹은,}$$

$$\dot{V} = 0.27 q$$

로 된다.

여기서 q 는 冷凍能力 kJ/sec 혹은 kW 이다. 이상과 같이 벌크 저장시스템이거나 상자 저장식 모두 온도편차를 최대 1.5°C 内外로 유지하기 위해서는 대단히 큰 送風機容量이 必要하게 된다. 물론 이 送風機의 動力自體도 全體冷却負荷中 차지하는 비율이 경우에 따라서는 15~20%에 달하게 되므로 현재 유럽에서는 습포화 상태의 加濕된 空氣를 供給하여 換기회수를 줄이는 方法을 적극 추진하고 있으며 그 實證實驗結果를 1979年度에 發表하였다. 참고로 各國별 換기시스템의 比較표를 아래 表1과 같이 발표하였다.

표 1. 換기시스템

	m ³ /m ² h	ft ³ /t,min (17ft 더미)	가습	저장높이 m
미 국	70	10	+	7
중부유럽	350(-700)	50(-100)	-	4
핀란드 스웨덴	70 → 35	10 → 5	+	6

상기 표에서 나타낸 바와 같이 스웨덴과 핀란드에서 실시한 加濕포화공기를 이용한 換기회수를 줄이는 方法이 감자 저장 減량을 현저하게 줄일 수 있었으며 운전비용도 절감되었음을 發表하였다.

5. 맺음말

4章에서도 언급했지만 감자를 장기 저장함에 있어 가장 重要한 事項은 溫度와 濕도를 어떻게 하여 最適條件으로 유지할 수 있는가에 對하여 연구검토가 집중되어야 할 것이다. 특히 冷凍機에 의한 冷却方式에 있어서는 冷

却機의 設計時 그 表面溫度가 너무 낮게 유지된다면 감자로부터의 水分증발량을 모두 흡수하여 배출시키는 효과를 가져올 것이며 이로 인해서 顯熱의 交換이 아니라 冷凍機의 動力이 替熱을 吸收하는데 모두 소모될 것이다. 따라서 이를 改善하기 위한 方法이 간접으로 冷却시키는 方法이며 冷凍機로서는 冷水를 만드는데 使用하고, 때로는 심야전력을 利用한 빙축열시스템을 活用하면 감자의 前處理過程의 豫冷設備에도 活用할 수 있다. 이 경우 冷却機는 散水方式의 에어와서 시스템을 活用하게 되나 散水노즐에 의한 方法은 水滴의 發散으로 감자가 건조한 상태로 보관 유지가 어려우며 곰팡이류의 번식에 의한 썩는 현상이 심하여 큰 損失을 가져오는 경우가 많다. 따라서 이런 문제를 해결하고 散水펌프의 動力도 1/4 이하로 절감시킬 수 있는 方法으로서 현재 유럽에서는 패드(PAD)형식의 加濕매체를 이용한 冷却機를 活用하므로써 좋은 결과를 얻고 있다. 즉 패드의 상부로부터 冷水를 供給하고 그 冷水는 全體를 항상 一定히 적시며 흘러내려 그 패드의 사이 空間으로 冷却되어야 할 공기가 흐르므로써 空氣自體에 水分이 吸收되어 完전 濕蒸氣(Vapour)로 만들어 주는 방식인 것이다. 그 개략 시스템은 아래 그림 5와 같다.

참고로 實證시험 결과는 아래 表2와 같다.

표 2. 저장고내에서의 감자더미의 수축율

換기회수가 작은 경우 35-70 m³/m², h 연속, 가습

년도별	저장기간 개월	높이 m	수축율	
			mm	mm/m, 월
1975/76	5.5	3.3	230	9
1975/76	7	4.8	500	12
1976/77	4	3.5	200	10
1976/77	6	3.2	240	9
1976/77	4.5	3.7	260	11
1977/78	4.5	3.2	190	9
1978/79	7.6	4.2	360	9

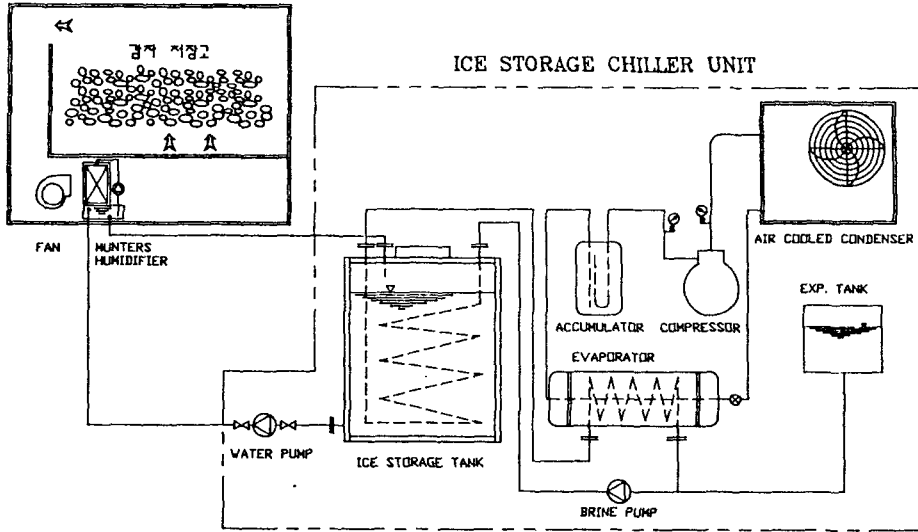


그림 5. 간접 냉각시스템

환기회수가 큰 경우 200-400 m³/m², h
불연속, 가슴안함

년도별	저장기간 개월	높 이 m	수 축 율	
			mm	mm/m,월
1975/76	5	5.8	800	20
1976/77	6	3.9	500	16
1976/77	4.5	3.7	520	22
1977/78	4	4.0	450	19
1978/79	5	4.2	600	24

참 고 문 헌

1. Bertil Hylmö, Alf Johansson, and Carl Wikberg: "Potato Storage in Sweden

Research and Practice" For Presentation at the 1979 Summer Meeting of ASAE and CSAE, 1979, pp. 11~12.

2. Lars-Eric Grähs, Bertil Hylmö, Alf Johansson and Carl Wikberg: "The Two Point Temperature Measurement - A Method to Determine the Rate of Respiration in a Potato Pile", Acta Agriculture Scandinavica 28, 1978, pp. 231~236.

3. A. Rastovski, A. van Es et al.: "Storage of Potatoes" Centre for Agricultural Publishing and Documentation Wageningen, 1981, pp. 169~176, pp. 209~214, pp. 221~225, pp. 255~262.