

# 마늘의 凍結乾燥特性에 關한 研究 A Study on the Characteristics of the Freeze Drying of Garlic

洪 性 善,\* 李 喜 明,\*\* 宋 鉉 甲\*\*\*  
Hong, Soung Sun, Lee, Hee Myowng, Song, Hyun Kap

## Summary

The freeze drying of garlic juice was carried out in a vacuum freeze dryer, laboratory size, by backface heating. The factors which influence the rate of freeze drying, the pressure of drying chamber, the plate temperature, the concentration and the thickness of a sample, were discussed in this study. The drying rate was in proportion to the drying chamber pressure and when the pressure was at 1.5 torr, the foaming occurred on the surface of material, so this condition was not suitable for freeze drying. As the temperature of plate increased, drying rate increased, but when the temperature was 20°C, it was impossible to accomplish freeze drying because the foaming and the dispersion occurred in a sample. The higher the concentration of a sample was, the lower drying rate was.

## 1. 序 論

凍結乾燥技術은 1890年 Altmann에 依하여 研究가 始作된 後 1930年 Flosdorf의 研究로 食品에 처음으로 應用되었다. 第二次 世界大戰中에는 페니실린과 血清의 保存, 軍用携帶食量의 要求로 커다란 發展을 이룩하였으며, 現在 凍結乾燥는 主로 食品 및 醫藥品 分野에서 採用되고있으나 塗料, 感光劑, 放射性廢棄物, 精密窯業體, 燒結金屬, 觸媒, 特殊飼料等 그 應用範圍는 점점 더 擴大되어 가고 있다.<sup>1)</sup>

凍結乾燥法은 濕潤材料를 凍結시킨 다음 材料로부터 蒸發成分을 材料의 三重點 以下의 條件에서 液體狀態를 거치지 않고 直接 昇華시키는 方法으로 비교적 낮은 溫度에서 乾燥가 일어나므로 熱的變性의 防止와 昇華時 凍結物質의 構造의 強度가 維持되어 乾燥後 製品에 多孔性構造가 形成되므로 물 以外의 香氣成分을 그대로 保存하며, 表面硬化가 없

고 原來의 構造形態로 쉽사리 復元되는等 優秀한 品質의 乾燥製品을 얻을 수 있다는 持態를 지니고 있어 食品의 乾燥工程에서 그 比重이 점점 더 增大해 가고 있다. 그러나 低溫, 眞空減壓下에서 操作되므로 乾燥速度가 다른 方法에 비하여 대단히 낮아서 乾燥時間이 긴것이 短點이다. 또한 凍結, 加熱, 眞空 等の 運轉經費 및 附隨設備 때문에 一般적으로 값비싼 工程으로 取扱되며, 應用되어지는 製品의 종류 및 그 量이 아직 限定되어 있다.

그러므로 凍結乾燥의 經濟性 向上을 위하여 凍結乾燥裝置의 經濟的이며 效率의인 改良 및 그의 最適運轉條件 確立이 要求되며, 이를 위하여 凍結乾燥의 特性과 乾燥機構가 分析되어야 한다. 凍結乾燥速度는 대단히 중요하며, 乾燥速度는 眞空中에서 熱과 物質의 同時 移動問題가 되므로 이에 關한 研究가 廣範圍하게 進行되어 왔다.<sup>2) 3) 4)</sup> 乾燥速度에 關連되는 因子는 乾燥對象物의 特性, 熱의 供給方法,

\* 忠北大學校 化學工學科  
\*\* 忠南地方工業試驗所  
\*\*\* 忠北大學校 農機械工學科

그리고 乾燥室의 壓力 等으로 分析되고 있다. 食品 乾燥 工程에서의 關心인 品質을 손상치 않고 乾燥 速度를 向上시키는 것이 重要하다. 그러나 食品이 갖는 形態, 特性, 含有水分量 等 諸因子의 相互關連性을 体系化하고, 實際 操作에 必要한 基本 資料를 分析한 研究는 不足한 實情이다.

마늘은 우리의 食單에서 널리 쓰이는 香辛料로, 殺菌效果를 지니고 多量의 維生素을 含有하고 있음이 알려져 最近에는 훌륭한 自然健康食品으로 脚光을 받고 있다. 또한 요즘 食生活의 樣相은 簡便하면서 量보다 質을 더 重視하는 쪽으로 變化되고 있고, 마늘 本來의 맛과 香을 그대로 維持하면서 有效成分을 破壞함이 없이 長期間保管이 可能하며, 携帶가 容易하고 復元性이 좋은것이 바람직하기 때문에 마늘의 凍結乾燥 必要性이 增大될 것으로 思料된다. Pruthi<sup>(1)</sup> 등은 乾燥方法이 마늘의 品質에 미치는 影響을 檢討하였고, Raghavan<sup>(2)</sup> 등은 마늘의 成分

에 대하여 자세히 報告하였으며朴<sup>(3)</sup> 등은 2.0mm로 細切한 마늘의 凍結乾燥時 白度 및 Allylsulfide 含量이 天日 乾燥 비하여 2배인 優秀한 製品이 얻어지나 48時間이라는 대단히 긴 乾燥 時間이 必要함을 밝혔으나 마늘의 凍結乾燥時 物理的 特性을 考察한 例는 매우 드물다.<sup>(4)</sup>

마늘의 凍結乾燥는 生体 貯藏時 發生되는 減耗를 防止하고 製品의 인스탄트化로 食生活 改善에 寄與하리라 期待되며, 同時에 戰爭 遂行時와 未來의 宇宙旅行時 食品 材料<sup>(5)</sup>로 使用될 可能性을 가지고 있으므로 本 研究에서는 마늘을 凍結乾燥하는 境遇, 乾燥의 工程條件 變化가 乾燥製品 特性變化와 熱·物質傳達相互作用이 乾燥速度變化에 미치는 影響을 分析하여 大規模 凍結乾燥 시스템에 利用될 수 있는 基礎 資料를 얻고져 한다.

## 2. 材料 및 方法

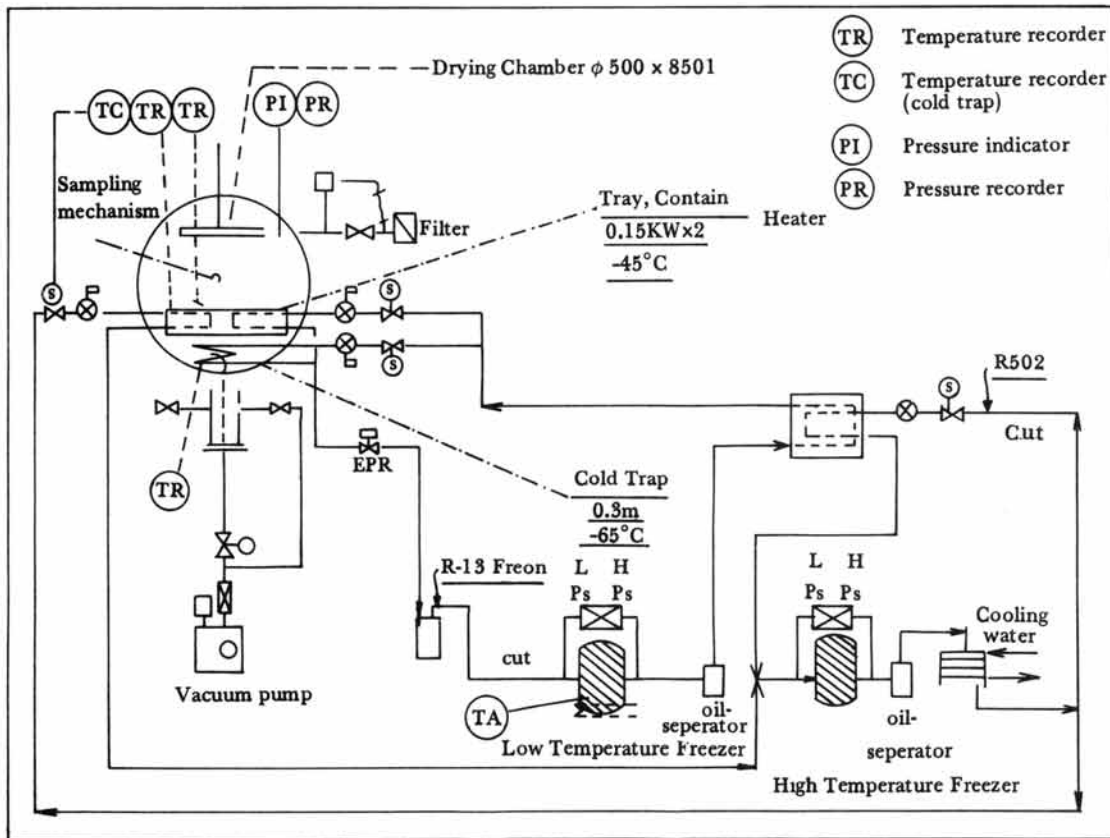


Fig. 1. Flow Chart of Vacuum Freeze Dryer.

가. 材料

忠北 淸源郡에서 栽培된 1987年産 6쪽 마늘은 收賣하여 健全한 통마늘을 分割, 剝皮하고 아랫部分을 切斷 除去시킨 可食部分을 磨碎後 約 60Mesh 체로 濾過시킨 즙을 使用하였다.

나. 實驗裝置

本 實驗에서 使用한 凍結乾燥裝置는 OKAWARA SF-02型의 研究開發用 凍結眞空乾燥機(Fig.1)로써 予備凍結과 凍結乾燥가 同一槽 内에서 一貫 處理되도록 하였다. 裝置의 乾燥室 内에는 Cold Trap이 內設되어 있어 發生하는 水蒸氣는 眞空内에서 捕集되며 空氣를 眞空系 外로 排出시키므로 眞空의 制御가 容易하고 Trap의 效率이 높게 되어 있다.

이 裝置에는 試料採取機構가 裝置되어 있어 乾燥中 任意 時間에 試料 採取가 可能하여 乾燥特性 및 品質의 調査가 便利하게 되어 있다. 그리고 船盤의 溫度는  $-60^{\circ}\text{C}$ 까지 冷却시킬 수 있으며 加熱溫度는  $-25\sim+80^{\circ}\text{C}$  範圍 内에서 自動制御되고 乾燥室 壓力은 23分 内에 大氣壓으로부터 眞空度  $10^{-3}\text{Torr}$ 까지 可能하다. 船盤溫度, Cold Trap溫度 및 試料의 溫度는 熱電對로, 乾燥室 壓力은 Pirani 眞空計로 各各 測定되어 附著된 打點式 記錄計에 自動記錄할 수 있도록 되어 있다.

다. 實驗方法

實驗에서 試料와 熱板사이의 熱接觸을 促進하기 위하여 아크릴 파이프 바닥에 구리板을 接合시킨 후 研磨하여 平滑한 바닥을 가진 試料 容器를 使用, 乾燥를 行하였으며 主要 操作은 다음과 같다.

○試料를 담은 容器를 加熱(冷却)板 위에 놓고 乾燥機의 문을 닫은 후 凍結을 開始하였으며 이 때 試料의 溫度變化는 熱電對를 利用하여 測定하였다.

(Fig.2 참고).

○加熱(冷却)板 溫度가 任意의 溫度에 到達된 후 Cold Trap의 冷却를 開始하여 溫度가 約  $-40^{\circ}\text{C}$  以下에 이르면 眞空 pump를 作動시켜 眞空이 걸리도록 하였다.

○Digital Program Controller에 加熱Program Data

를 入力시킨 후 眞空度가 設定한 壓力으로되면 加熱을 개시, 船盤溫度가 Program에 따라 作動되도록 하였다.

○乾燥過程中 內設된 試料採取棒으로 試料容器를 이동시켜 試料出口를 통해서 1시간 間隔으로 試料를 採取하여 試料의 무게를 測定하였다.

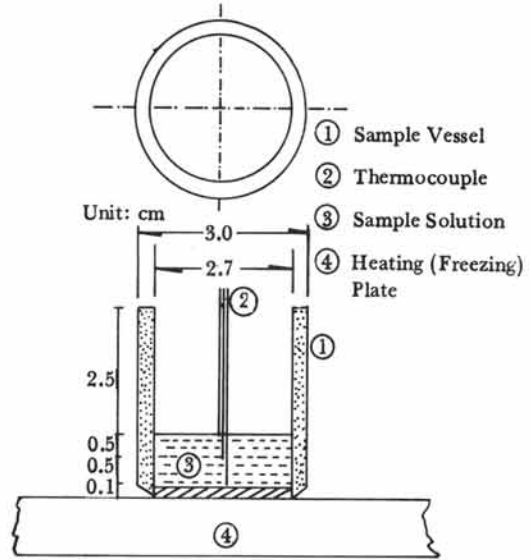


Fig. 2. Sample Vessel and Positions of Thermocouples.

라. 乾燥速度 解析 모델

液体 혹은 半固体物質들이 熱源과의 接觸으로 凍結될 境遇 凍結物質의 熱은 凍結層의 한쪽으로부터 直接 傳導되고 水蒸氣는 다른 한쪽으로 除去된다.<sup>(1),(2),(3)</sup>

背面加熱(Backface Heating)에 依한 凍結乾燥시의 試料 斷面은 그림 3과 같으며, 이 斷面 一部分의 最大 許用可能溫度  $T_w$ 가 瞬間적으로 到達하고, 乾燥 全体過程에 걸쳐 一定한  $T_w$ 로 維持되며 모든 熱이 水蒸氣의 變化를 위하여 使用되어 진다고 假定하면 熱 및 物質의 전달方程式은 다음과 같이 表現된다.

熱傳達速度;

$$q = AK_i(T_w - T_i) X_i^{-1} \dots\dots\dots (1)$$

여기서

$q$ ; 熱傳達速度 (KJ/hr)

$A$ ; 熱傳達 및 昇華面積 ( $\text{m}^2$ )

$K_i$ ; 凍結層의 熱傳導率 ( $\text{KJ/m}\cdot\text{hr}\cdot^{\circ}\text{C}$ )

$X_i$ ; 凍結層의 두께 (m)

$T_w$ ;凍結層과 接하고 있는 試料斷面 一部分 溫度 (°C)

$T_i$ ;昇華面의 溫度이다.

昇華面에서 昇華한 水蒸氣의 移動速度;

$$G = A \cdot d \cdot (P_i - P_s) X_d^{-1} \dots \dots \dots (2)$$

여기서

G;乾燥層을 통한 蒸氣의 移動速度(Kg/hr)

b;乾燥層의 透透係數(Kg/hr. m. Torr)

$P_s$ ;乾燥層의 물의 分壓(Torr)

$P_i$ ;昇華面에서 얼음의 飽和蒸氣壓(Torr)

$X_d$ ;乾燥層의 두께(m)이다.

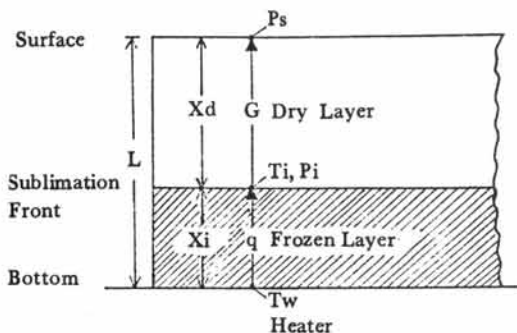


Fig. 3. Food Model for analysis of heat and mass transfer during Freeze drying.

### 3. 結果 및 考察

凍結乾燥는 얼음의 蒸氣壓이 대단히 작기 때문에 매우 높은 眞空을 필요로 한다. 대부분의 凍結乾燥 壓力은 2.0Torr 혹은 그 以下에서 行하여지므로<sup>(1,2)</sup> 本 實驗에서도 眞空度 0.05~2.0Torr 의 範圍에서 施行하였다.

#### 가. 乾燥室의 壓力과 乾燥速度와의 關係

乾燥室의 壓力, 乾燥時間, 試料重量(含有水分量) 및 乾燥速度의 關係를 그림으로 表示하면 그림 4, 5와 같다. 그림 4에서 보는 바와 같이 乾燥 初期부터 7時間 程度까지 기울기가 일정하게 急激히 減少하고, 그 以後의 時間에는 水分減少가 대단히 작게 이루어지고 있다. 重量曲線으로부터 얻어지는 乾燥 速度曲線(Fig.5)은 加熱後 1~2時間內에 最大 乾燥 速度에 到達한 後 約 5時間동안 若干의 減少를 보

이다가 乾燥 始作 後 6~8時間 經過 後에는 乾燥率 이 저하함을 보여 주었다. 이러한 傾向은 乾燥 初期에는 試料 表面과 表面層 바로 아래에 充分한 水分 이 있으며 發生된 蒸氣의 物質內 擴散 移動거리가 짧으므로 物質 移動 抵抗이 작아서 船盤으로부터 試料에 傳達된 熱이 最大로 活用될 수 있는 恒率乾燥 期間이 乾燥時間 7時間까지는 維持되고 그 以後는 減率乾燥가 이루어지고 있는 現象으로 判斷되었다.

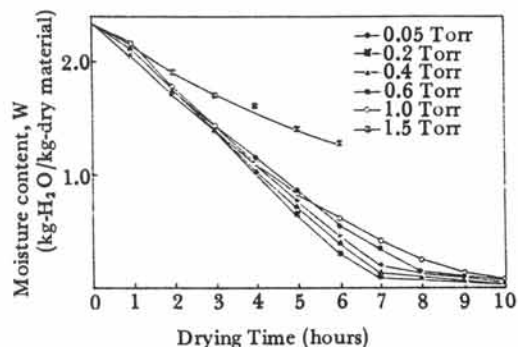


Fig. 4. Drying Time Versus Moisture Content Loss Curves for Various Chamber Pressures. (T; -10°C)

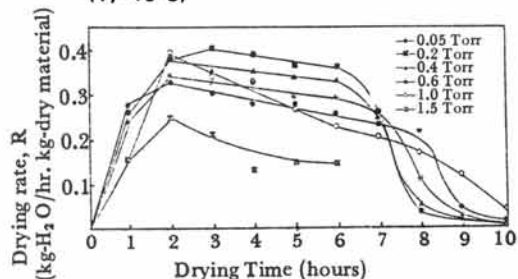


Fig. 5. Drying Rate Curves for Various Chamber Pressures. (T: -10°C)

乾燥速度가 壓力이 0.05~0.6Torr에서는 增加하다가, 壓力이 1~1.5Torr로 증가할 境遇 急激 減少하는 것으로 보아 0.6~1Torr 附近에서 乾燥速度의 增減 分岐點을 주는 Break Even Point가 있음을 알 수 있었다. 이러한 速度 轉移 現象의 發生은 칠면조 고기의 凍結乾燥 實驗에서 Sandall<sup>(1,2,3)</sup> 등이 밝힌 바와 같이 物質傳達抵抗 및 熱傳達抵抗이 壓力의 變化에 따라 相互 補完的으로 作用하여 乾燥速度에 變化를 주는 것으로 思料된다. 즉 壓力의 增加는 熱傳達係數를 크게 하여주나 반대로 物質傳

達係數는 오히려 減少시켜 주는 影響을 주므로 乾燥에 더 많은 影響을 주는 物質傳達係數의 減少影響을 크게 주기 때문인 것으로 判斷된다. 이와 같이 壓力 增加는 熱傳達과 物質傳達에 相衡하는 影響을 주기 때문에 最大 乾燥速度를 주는 壓力이 있게 된다. 本 實驗에서는 그림 5에서와 같이 0.6 Torr에서 最大 乾燥速度를 나타내었다. 熱傳達 律速으로부터 物質傳達 律速으로의 轉移는 Sandall等의 研究에 의하면 肉類의 境遇 10~20Torr이나 液相의 마늘을 凍結乾燥한 本 實驗에서 律速 轉移點은 1.0Torr임이 確認되며 物質에 따라 律速 轉移點이 各其 달라짐을 할 수 있다. 壓力을 크게 增加시켜 1.5Torr로 하였을 때의 乾燥는 乾燥 開始 약 3時間 後 發泡 現象이 일어나 被乾燥物質이 容器 밖으로 흘러나오게 되어 乾燥를 계속할 수 없다.

이 때의 溫度 變化를 그림으로 表示하면 그림 6과 같다. 이 그림으로부터 알 수 있는 바와 같이 壓力을 1.5Torr로 維持하는 境遇 1時間 後에 表面과 中心附의 溫度는  $-13^{\circ}\text{C}$ 에 이르며 그 後 表面 溫度는 急激하게 上昇하여 2時間 後  $-10^{\circ}\text{C}$ 에 이른다. 그리고 3.5時間 後에는 모든 부분이 同一 溫度에 到達되어 이 溫度에서 物質의 融解 現象이 일어남을 보여 주었다.

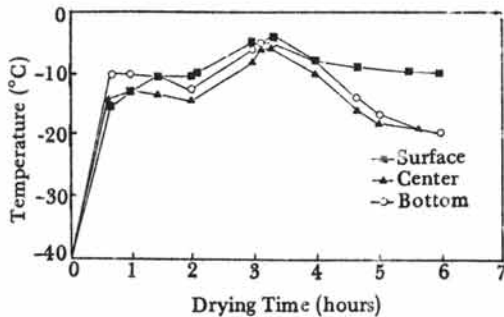


Fig. 6. Temperature Curves at 1.5 Torr.

나. 船盤溫度 變化에 依한 乾燥速度 變化

船盤溫度 變化에 依한 重量(含有水分量)減少 및 乾燥速度의 變化를 표시하면 그림 7, 8과 같다. 船盤溫度가  $-20^{\circ}\text{C}$ 의 낮은 溫度에서는 乾燥速度가 일정하게 進行 되었다.

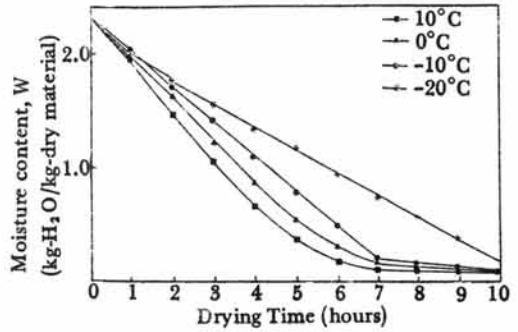


Fig. 7. Moisture Content Loss Curves for Various Plate Temperatures. (P: 0.4 Torr)

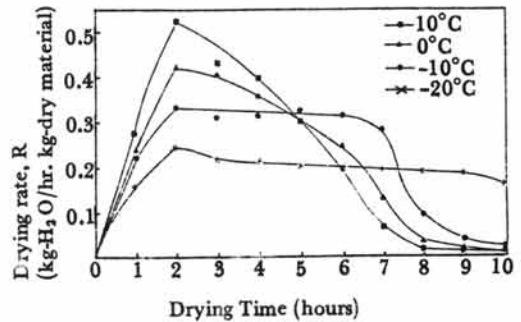


Fig. 8. Drying Rate Curves for Various Plate Temperatures. (P: 0.4 Torr)

다시 말해서 乾燥 初期 1~2時間 後 定常 狀態에 到達하여 供給되는 熱量과 水分 蒸發에 필요한 熱量이 서로 均衡을 이루고 있으며, 그보다 높은 溫度( $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $+10^{\circ}\text{C}$ )에서도 乾燥時間 2時間이 經過하면 最大의 乾燥速度를 나타내고 있으며 그 후 急激한 速度 降下를 나타내었다. 즉 船盤溫度가 낮을수록 오랜 時間 동안 恒率乾燥期間을 維持하고 平衡水分 含量에 到達하는 時間이 길어지고 있음을 보여 주었다(Fig.8참고). 船盤溫度를  $20^{\circ}\text{C}$ 로 하여 乾燥를 試圖했으나 이 境遇에는 試料 内部에서의 發泡 및 飛散 現象의 發生으로 乾燥가 不可能하였다. 이러한 現象은 過度한 熱供給으로 因하여 얼음 結晶의 微小 部分이 局部的인 飽和蒸氣壓에 到達되어, 그 部分에서 融解現象을 일으키기 때문이라고 思料된다. King<sup>m</sup>은 이 現象을 乾燥工程中에 얼음 前端의 崩壞로써 說明, 崩壞現象을 일으킨 乾燥製品은 分散성이 나쁘며 香氣의 殘留가 떨어지고 復元性이 좋지 않다고 지적했다. 그러므로 船盤溫度를 올리면 乾燥速度에 有利하나 最高溫度

는 10°C 이상을 超過해서는 아니됨을 알 수 있으며 乾燥時間은 大細 7~8時間으로 平衡水分含量에 이르는 것으로 나타났다.

다. 試料의 含水量別 乾燥速度 變化

總固形分の 量을 一定하게 한 試料에 一定 比率의 水를 加함으로써 濃度를 變化시켰을 境遇 含水比와 乾燥時間과의 關係를 그림9에 表示하였다. 그림에서 보는 바와 같이 30%의 濃度를 갖는 試料가 水分含量 0.2 (kg-H<sub>2</sub>O/kg-dry material)까지 乾燥되는데 약 3時間이 걸렸으나 25%, 20% 溶液이 같은 水準으로 乾燥되는데 각각 5, 6.5時間 걸렸으며 15% 溶液은 10시간 이상이 所要되었다. 이러한 傾向은 原液에 水를 加하여 水分含量이 增加하면 乾燥速度의 增大를 가져오나 平衡 水分含量에 到達하는 時間을 길게 하여 經濟的인 面으로 볼 때는 原料에 水를 加하여 希釋하지 않고 原液 狀態로 乾燥함이 有利함을 보여 주었다.

濃度變化에 따른 乾燥速度 實驗에 關하여 Flink<sup>(2)</sup>도 固體含量이 높은 것이 揮發性 保持가 더 優秀하다고 밝혀 原液을 希釋하지 않는 쪽이 乾燥에 有利하다는 本 實驗 結果와 同一한 結論을 낸 바 있다.

또 다른 研究로 Foda<sup>(3)</sup>의 orange juice의 凍結 乾燥에서도 濃度가 높을수록 乾燥速度는 低下함을 보여 주어 本 實驗과 같은 結果를 나타내고 있으나 같은 orange juice를 實驗한 Monzini<sup>(4)</sup>는 本 實驗과 相反된 結果를 報告하고 있다.

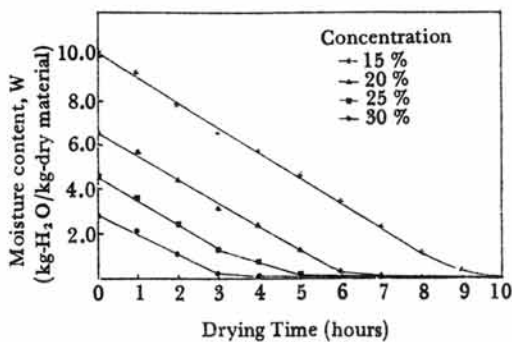


Fig. 9. Drying Time Versus Moisture Content Curves for Various Solution Concentrations. (P: 0.4 Torr, T: -10°C)

라. 試料높이別 水分減少曲線;

試料容器的 바닥 면적을 一定하게 하고 試料의 높이를 變化시켜 얻은 重量(含有水分量)減少曲線을 그림 10에 표시하였다. 試料의 높이가 높아질 수록 含有水分量의 減少가 낮아지고 있음을 보여 주었다. 이는 蒸發된 水分이 固體物質 사이로 移動하는 거리가 길어지기 때문에 擴散이 어려워지고, 또한 式 1에서와 같이 X<sub>d</sub>가 커짐에 따라 熱의 흐름이 작아지기 때문으로 判斷되었다. 그러나 試料의 높이가 3.0cm인 경우에는 약 2時間 經過後 後料容器 바닥 으로부터 熔融이 일어나 分離 現象을 同伴하며 容器側面을 통한 發泡를 일으켰다. 이러한 現象의 發生은 얼음의 두께에 比例하여 加熱面으로부터 蒸發面에 이르기까지 溫度勾配가 形成되어 船盤으로부터 傳達되어진 熱량이 모두 昇華에 使用되지 못하고 試料의 溫度上昇에 其餘하게 되어 熔融 및 發泡를 일으키는 것으로 判斷되었다. 凍結乾燥時에는 이 點을 考慮하여 試料의 높이를 適當히 調節하여야 한다. 本 實驗에서는 그림 10으로부터 높이가 0.5cm의 容器에서 0.05 (kg-H<sub>2</sub>O/kg-dry material)의 水分含量에 이르게 하는 데는 약 5時間이 所要되었으나 1cm의 境遇 約 7時間이 所要되었으므로 試料의 높이를 1cm로 한 試料容器 높이가 가장 經濟的인 높이로 推定되었다. Thijssen<sup>(5)</sup>은 Maltodextrin을

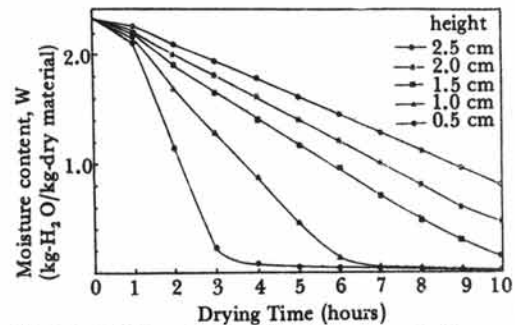


Fig. 10. Moisture Content Loss Curves for Various Sample Heights (P: 0.4 Torr, T: -10°C)

試料로 한 實驗에서 層의 두께와 乾燥速度의 關係를 調査하여 이와 類似한 結果를 提示하고 있다.

4. 要約

마늘즙의 凍結乾燥에 影響을 주는 主要 因子는 乾燥室의 壓力, 船盤의 溫度, 試料의 두께, 試料의 濃도에 關한 影響을 試驗 分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

가. 乾燥室의 壓力增加는 乾燥速度를 增加시키며, 0.6Torr 附近에서 最大乾燥速度에 이르며 이보다 큰 壓力下에서는 乾燥速度가 急激하게 減少 하였으며 1.5Torr에서는 發泡現象을 일으키는로 凍結乾燥는 不適合하였다.

나. 船盤溫度를 높일수록 乾燥速度가 커지므로 船盤溫度를 올리는 것이 凍結乾燥에 有利하나 10℃ 以上은 適切하지 않으며 船盤溫度를 20℃로 올리면 試料가 發泡와 飛散現象을 일으키므로 乾燥가 不可能하였다.

다. 固形物의 含量이 증가할수록 乾燥速度는 늦어지는 傾向을 알 수 있었으나 平衡水分含量에 到達되는 時間을 期準으로 한 經濟性을 考慮할 때 約 30%의 原來 濃度가 가장 有利하다고 判斷되었었다.

라. 試料 두께가 커질수록 乾燥速度가 작아지며 試料 높이가 약 3.0cm에서 發泡現象이 觀察되었었다. 乾燥에 所要되는 時間 等으로 判斷할 때 試料 높이가 約 1.0cm가 가장 適切한 것으로 判斷되었었다.

#### 引用文獻

1. Mellor, J.D.: Fundamental of Freeze Drying, Academic Press, London (1978).
2. Goldblith, Rey & Rothmayr: Freeze Drying and Advanced Food Techalogy, Academic Press, London (1975).
3. Cerre, P. and Mestre, E, La lyophilisation des funcnts radioactifs, in Aspects Theoriques et Industriels de la Lyophilisation Rey, L., Ed., Hermann, Paris, 1964.
4. Rey, L., Orientations nouvelles de la lyophilisation, in Aspects Theoriques et Industriels de la Lyophilisation, Rey, L., Ed., Hermann Paris (1964).
5. Liapis, A.I & Marchello, J.M: Advances in the Modelling and Control of Freeze Drying. In: Advances in Drying Vol. 3 (Edited by A.S. Mujumda), Hemisphere/McGraw-Hill, Washington, D.C (1984).
6. King, C.J.: Freeze Drying of Foods, CRC press, Cleveland OH, 18-54 (1971).
7. Saravacos, G.D and R.M. Stinchfield: Effect of Temperature and pressure on the Sorption of water Vapor by Freeze dried Food Materials. J, Food Sci., Vol. 30, 779-786 (1965).
8. King, C.J., W.K. Lam, and O.C Snadall: Physical properties Improtant for Freeze Drying poultry Meat. Food Technol., Vol. 22, 1302-1308 (1968).
9. Hatcher, J.D., D.W Lyons an J.E. Sunderland: An Experimental Study of Moisture and Temperature Distribution During Freeze Drying J. Food Sci., Vol' 36, 33-35 (1971).
10. Cox, C.C., and D.F. Dyer: Freeze Drying of spheres and cylinder. J. Heat Transfer, Vol. 94, 57-63 (1972).
11. Green field, P.F: Cyclic-pressure Freeze Drying, Chem. Eng. Sci, Vol. 29, 2115-2123 (1975).
12. Sheng T.Y.R., R.E. Peck: Rates for Freeze Drying. AIChE Symp. ser. Vol. 73, No. 163, 124-130 (1977).
13. T.K. Ang, J.D. Foid and P.C.T. Pei: Microwave Freeze Drying of Foods, A Theoretical in vestigation, Int. J. Heat Mass Transfer. Vol. 20, No. 5, 517-526 (1977).
14. Litchfield, R.J., Liapis, A.I. & Farhad pour F.A: Cycled pressure and near optional pressure policies for a Freeze Dryer, J. Food Technol., Vol. 16, 637-646 (1981).
15. Flink, J.M Karel, M: Mechanism of Retention of Organic Volatiles in Freeze Dried System. J. Food technol., Vol. 7, 199-211 (1972).
16. Pruthi, J.S" Singh, I,J and Lal, G. Effect of Different Method of Dehydration on the Quality of Garlic powder. Food Sci., Vol. 8, No. 12, 444-448 (1959).
17. Pruthi, J.S., Singh, I,J and Lal, G: Deter-

- mination of Critical Temperature of Dehydration of Garlic. *Food Sci.*, Vol. 8, No. 12, 436-440 (1959).
18. Raghavan, B., Abraham, K.O. and Shankaranarayana, M.L.: Chemistry of Garlic and Garlic products, *J. Sci. Ind. Rev.*, Vol. 42, 401-409 (1983).
  19. 박남규, 송정춘, 이영인, 장규섭: 원예작물가공연구. 농촌진흥청 농업기술연구소 시험연구보고서 424-438 (1985)
  20. Pruthi, J.S., Singh, I.J and Lal, G: Some technological Aspects of Dehydration of Garlic-A Study of some factors Affecting the quality of Garlic powder During dehydration. *Food Sci.*, Vol. 8, No.12, 441-444 (1959).
  21. Harper, J.C. and Tappel, A.L: Freeze Drying of Food product: In *Advances in Food Research* (E.M Mark and G.F. Stewart, eds), Vol. 7, 171-234, Academic press, New York and London (1957).
  22. Lambert, T.B and Marshall, W.R: Heat and Mass Transfer in Freeze Drying *Nat. Acad. Sci., Nat. Res. Council*, P105 Washington (1962).
  23. Dyer D.F and Sunderland, J.R. Heat and Mass Transfer Mechanism During Sublimation Dehydration. *Trans. ASME. J. Heat Transfer*, Vol. 90, 379-384 (1968).
  24. Sandall, O.C., King, C.J., and Wilke, C.R.: Relationship Between Transport properties and Rates of Freeze Drying of poultry Meat, *A.I.Ch.E.J.*, Vol. 13, No.3, 423-438 (1967).
  25. King, C.J. and Clark, J.P., *Food Technol.*, Vol. 22, 1235-1239 (1968).
  26. J.P Clark and C.J. King: Convective Freeze Drying in MIXed or Layered Beds, *CEP Symp. Ser. Vol. 108, No. 67*, 102-111 (1971).
  27. King, C.J: Application of Freeze Drying to Food product. In *Freeze Drying and Advanced Food Technology*. (B.A. Goldblith L. REY, W.W. Rothmayer, eds) Academic press London (1975).
  28. Kan, B. and Dewinter, F: Accelerating Freeze Drying Through Improved Heat Transfer. *Food Technol.*, vol. 22, 1269-1278 (1968).
  29. Flink, J. and Kalel, M.: Effect of process Variables on Retention of Volatiles in Freeze-Drying. *J. Food Sci.*, Vol. 35, 444-447 (1970).
  30. Foda. Y.H., Hamed, M.G.E., Add-Allah, M.A.: Preservation of orange Juice and Guava juice by Freeze Drying. *Food Technol.*, Vol. 24, No.12, 74-80 (1970).
  31. Monzini, A and Maltini, E.: Studies on the Freeze-Drying of Frozen concentrated orange juice, *Recent Development in Freeze Drying*, I.I.R Commission X 123-130 (1969).
  32. H.A.C. Thijssen: Effect of process Condition in Freeze Drying on retention of Volatile Component. In *Freeze Drying and Advanced Food Technology*. (B.A Goldblith L. Rey W.W Rothmyer, eds) Academic Press. London (1975).