

## 韓國產 柑橘果皮의 效率的 利用에 關한 研究

### I. 柑橘果皮의 熱風乾燥에 關하여

張 虎 男·許 宗 和\*

韓國科學院 化學 및 化學工學科, 濟州大學 食品工學科\*

(1977년 4월 13일 수리)

## Studies on the Utilization of Korean Citrus Peel Waste

### I. Drying of Citrus Peel by Hot Air

by

Ho-Nam Chang and Jong-Wha Hur\*

Dept. of Applied Chemistry and Chemical Engineering, Korea Advanced

Institute of Science, Seoul, \*Dept. of Food Engineering

Jeju National University, Jeju Korea.

(Received April 13, 1977)

### Abstract

Experiment were conducted to find out the effective drying method of citrus peel produced in Korea by varying the temperature of hot air, surface area of peels, peels from several citrus varieties and physicochemical treatment of the peel.

1. About 3~6 days were required to reduce the moisture level of the peel from 70%(wet basis) to 20% at room temperature without forced convection.
2. Drying was speeded up until the temperature of hot air reached 60°C. Beyond that no significant increase in drying rate was observed. About 50 minutes were needed to reduce the moisture level (dry basis) to below 10% at 60°C by forced convection
3. When the peel surface area was increased twice by cutting the peel into 256 fractions, the overall drying time (the time required to reduce the moisture level to 10%, dry basis) was shortened to 15 minutes from 50 minutes of the original peel.
4. No significant difference in drying rate was observed among the peels from several citrus varieties except *Shaddock japon* and *Citrus ponki tanaka*, which dried more slowly than others.
5. Treatment of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  and the pressing of the peel before drying were effective in drying only when the initial moisture content was substantially higher.

### 論 材

최근 우리나라에서는 감귤류의栽培가 적극 勸獎되어生産量이 해마다 늘어나고 있는 실정이다. 밀감生産量은 1961년에 400톤이던 것이 71년에 6,000톤 75년에 7萬톤, 81년에는 30萬톤에 이를 것으로 推算되고있

다.<sup>(1)</sup> 이렇게 生産된 감귤은 대부분 家庭用으로 消費되고 일부는 加工 工場에서 통조림, 주우스 生産에 使用되고 있으며 外國의 例로 보아 더 많은 量의 과일이 加工用으로 쓰여질 것으로 豫想된다. 감귤加工의 副産物로 막대한 量의 果皮가 생기게 되는데 處理工程에따라다르기는 하지만 대개 原料의 45~50%가 果皮로 생

기게 된다. 이 廢果皮속에는 펙틴, 레스페리딘, 나린진, peel oil 등의 有効한 成分이 많이 含有되어 있어 美國 등 선진 外國에서는 廢果皮를 利用하여 펙틴 등 有効成分을 生産하고 있는 事實이다. (2)

현재 우리나라에서는 廢果皮의 一部가 飼料 또는 漢藥材로 쓰이고 있고 家庭에서 나오는 果皮는 버려지고 있는 事實이다. 이들 廢果皮에서 펙틴 등 有效成分을 抽出하여 經濟性을 높이는 것은 重要한 일이라 생각된다. 그러나 밀감은 겨울철과 봄철에 集中的으로 生産되어 이 期間 동안에 加工處理되므로 廢果皮가 한꺼번에 생기게 된다. 이를 단 한번에 處理하기 위하여 규모가 큰 工場을 짓는 것보다는 소규모로 일년 내내 稼動할 수 있는 工場을 짓는 것이 바람직하므로 果皮를 乾燥시켜 腐敗를 防止한 다음 長期間 原料로 使用하는 것이 經濟的이라 생각된다. 본 研究에서는 果皮의 乾燥特性과 急速乾燥 方法에 미치는 影響因子들의 效果에 대하여 실험하였다.

材料 및 方法

1. 實驗材料

乾燥試料는 시중 슈퍼마켓에서 購入한 온주밀감의 果皮와 濟州道에서 採取한 기타 밀감으로 하였다. 試料는 밀감껍질을 칼로 자른 후 조심스럽게 벗겨 경우에 따라 다시 잘게 조개어 사용하였다.

2. 乾燥方法

(1) 自然乾燥

여러개의 감귤중에서 大(150gr 내외), 中(100gr 내외) 小(70gr 내외)를 각각 두개씩 선별한 후 大는 8쪽 中은 6쪽, 小는 4쪽이 되도록 칼로 자른후 벗겨서 tray에 하나씩 방치하면서 時間의 간격을 두고 무게를 재어 記錄하고 이때 室內의 乾球, 濕球 온도를 기록하였다.

(2) 熱風乾燥時 온도에 따른 변화

감귤 두개를 취해 각각 6쪽을 낸후 껍질을 벗겨 tray에 담고 Blue M "Power-O-Matic" 온도 조절할수 있는 oven에 triple beam balance(Ohaus model 700, 정확도 0.1gr)에 넣어 온도를 일정하게 한후 일정한 시간 간격을 두고 송풍장치의 스위치를 끈채 果皮의 무게를 신속하게 재었다. 이런 과정을 온도 40°C~100°C범위에서 되풀이 하였다.

(3) 試料의 表面積에 따른 變化

표면적의 변화에 따른 乾燥速度를 보기 위하여 감귤 1개를 취하여 6쪽을 1, 4, 16, 64, 128 및 256 等分을 하여 tray에 담은 온도를 60°C로 맞추어서 10분간격으로 무게의 변화를 측정하였다.

(4) 柑橘 種類에 따른 변화.

7가지 종류의 감귤을 선택하여 껍질을 벗긴후 60°C에서 껍질을 열풍건조하여 건조속도를 비교하였다.

(5) 消石灰의 處理에 따른 변화

감귤과피 40.2gr을 잘게 자른 다음 두개의 beaker에 담아 과피무게의 0.3~0.5%의 소석회를 1개의 beaker에 넣고 200cc의 증류수를 각각 부은다음 30분간 교반후 濾過하여 濾液을 제거한 후 50°C, 70°C에서 열풍건조하여 건조속도를 비교하였다.

(6) 試料의 壓搾乾燥

試料에 5000 psi의 壓力을 10분간 가하여 착즙후 무게를 측정하고 착즙하기 전의 시료와 같이 oven에 넣고 10분간격으로 무게를 재어 恒量에 달할 때까지 계속 건조하였다.

結果 및 考察

실험에 사용된 온주밀감의 과피율은 전체무게의 15%에서 26%에 이르렀으며, 果皮의 최소 수분함량은 70%~75%였다. Dry basis로는 230%에서 300%에 이르렀다. 果皮의 두께는 文旦(Shaddock jabon)의 15mm를 제외한 3~5mm정도였으며 건조후 2~4mm정도로 1mm 정도 줄어드는 것을 관찰할 수 있었다. 乾燥에 따른 退色을 볼수 없었다.

(1) 감귤과피의 自然乾燥

감귤이 겨울철에 集中的으로 生産되어 天日乾燥의 可能性이 희박하므로 실내온도 20°C, 상대습도 40%에서 자연 건조한 결과는 Fig.1에서 보는 바와 같았다.

큰 감귤은 일반적으로 果皮率이 높고 果皮가 두터워 작은 감귤에 비해 건조속도가 훨씬 느린 것을 알 수 있으며 6일정도 건조하면 20%정도(乾燥重量比)로 水分含量이 줄어드는 것을 볼 수 있었다. Fig. 2에서는 乾

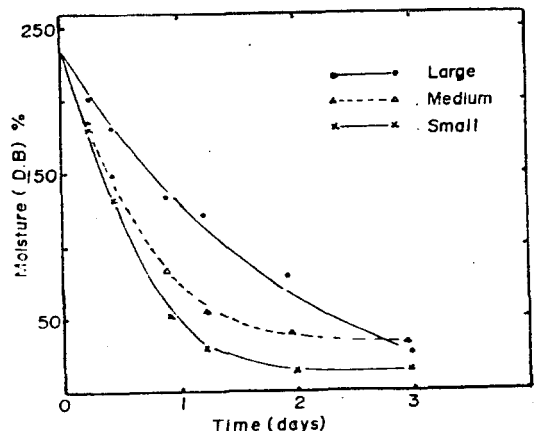


Fig. 1 Drying curves of citrus peel by natural convection

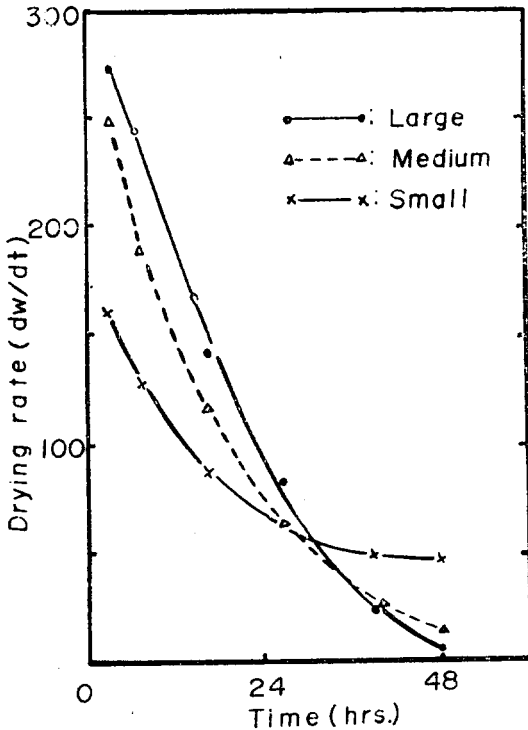


Fig. 2 Drying rate curves of citrus peel by natural convection

乾燥速度와 時間과의 관계를 보여 주는데 恒速 乾燥期間이 存在하지 않음을 알 수 있다. 減速 乾燥期間이 바로 시작되지만 Fig. 3에서 보는 바와 같이  $\ln\left(\frac{\omega - \omega_c}{\omega_0 - \omega_c}\right)$  시간과의 관계를 plot 했을 때 시료에 따라 다르기는 하지만 대개 첫 27시간은 건조상수가 일정한 값을

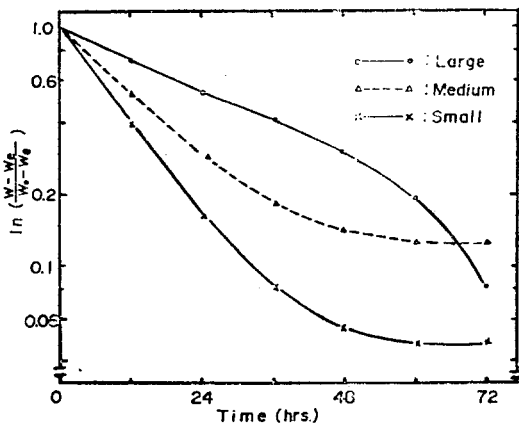


Fig. 3  $\ln \frac{W-W_c}{W_0-W_c}$  vs. drying time plot, natural convection

건조<sup>(3)</sup>임이 관찰되었고 그 이후는 건조상수가 일정하지 않았다. 이는 쪼과 金<sup>(4)</sup>이 지적인 바와 같이 건조도중 두께가 감소하고 diffusivity등이 달라질 수 있고 더구나 內皮와 外皮에서의 乾燥速度가 각각 다를 것이므로 단순한 熱傳導 方程式의 解에 의한 公式에는 잘 적용되지 않는 것 같다.

(2) 熱風乾燥時 溫度에 따른 變化

Fig. 5는 온도를 40°C~100°C까지 변화시키면서 건조한 결과를 보여준다. 40°C, 50°C, 60°C의 온도차이에 의한 건조 속도에는 상당한 차이가 있었으나 60°C~100°C에서는 커다란 차이를 볼수 없었다. 온도에 의한 효과가 적은 것은 열전달에 의한 제한보다 수분이 表面에 이동을 오는 것이 건조속도를 제한하는 원인으로 보인다. 수분함량이 10%이하로 감소되는 시간이

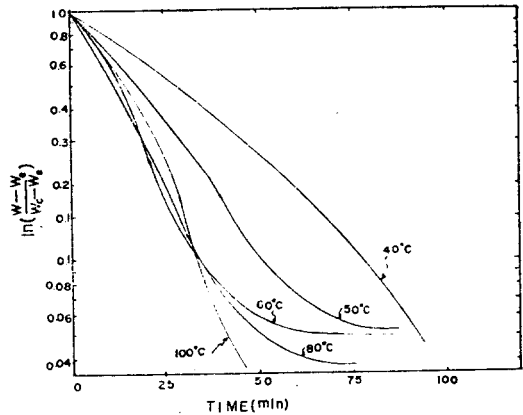


Fig. 4 Drying curves of citrus peel by hot air drying

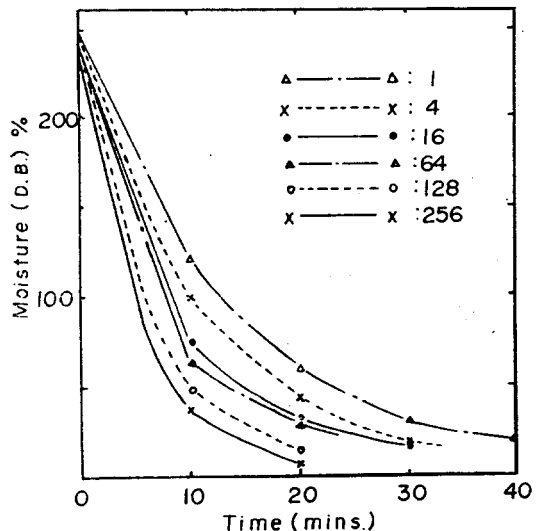


Fig. 5 Effect of temperatures on the drying of citrus peel (Air velocity: 160 fpm)

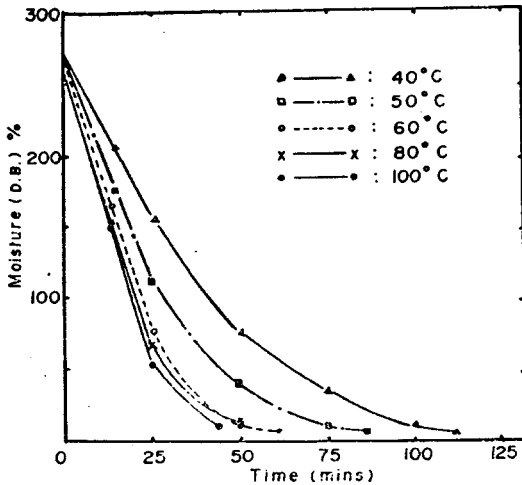


Fig. 6 Effect of surface areas on the drying of citrus peel (Numbers are fractions of the peel. at 60°C, Air velocity: 160fpm)

40°C에서는 100분, 50°C에서는 75분, 60°C에서는 50분 정도 걸렸으며 Fig. 3에서와 같은 log plot을 해본 결과 단순한 열전도 방정식의 해를 만족하는 건조가 아니었음을 알 수 있었다. (Fig. 4).

(3) 試料의 表面積에 따른 變化

乾燥理論<sup>(5)</sup>에 의하면 표면적은 환수속 粒子的 크기는 작을수록 乾燥速度가 빠르므로 각각 크기를 작게하고 표면적을 높여 건조를 신속한 結果 Fig. 6에서 보는 바와 같이 256等分한 것이 현저하게 빨리乾燥되는 것을 볼 수 있었다.

1等分(감귤一個果皮의(1/6)한 것의 乾燥時間(水分含量이 10% 以下로 되는 時間)이 약 50分 정도인데 256等分한 것은 15分 정도로 팔목할 만한 速度의 변화가 있었다. 1等分 때의 표면적을 보면 43cm<sup>2</sup>인데 비해 256等分 했을 때 88cm<sup>2</sup>로 약 2배정도 밖에 늘어나지 않았는데 건조속도는 초기에 약 20배 (Table 1)로 증가된 것을 보면 잘게 쪼갠 때는(1~3mm 정도의 크기) 과피의 兩面에서보다 側面에서 건조가 많이 일어나는 것을 알 수 있다. 그러므로 건조속도를 증가시키기 위해서는 과피의 측면을 증가시키는 방향으로 잘게 썰어서 건조하는 것이 좋다고 생각된다.

(4) 감귤 種類에 따른 변화

문단(文旦)은 무게가 두려 400gr이상, 이상과 피육도 두께 30%가 15mm나 되어 건조시간이 3시간 이상이었고 그 다음으로 병귤(椪橘)이 약 2시간으로 과피가 3mm정도의 것으로는 느린편이었고 나머지는 정도의 차이는 있었지만 50分정도로 온주밀감과 별다른 차이가

Table 1. Drying constants of citrus peel based on initial slope

1. Natural convection		
large		$8.36 \times 10^{-4}/\text{min}$
medium		$1.67 \times 10^{-3}/\text{min}$
small		$2.76 \times 10^{-3}/\text{min}$
2. Effects of temperature		
40°C		$1.79 \times 10^{-2}/\text{min}$
50°C		$3.69 \times 10^{-2}/\text{min}$
60°C		$4.30 \times 10^{-2}/\text{min}$
80°C		$5.20 \times 10^{-2}/\text{min}$
100°C		$4.66 \times 10^{-2}/\text{min}$
3. Effects of surface area (60°C)		
1 fraction		$2.41 \times 10^{-2}/\text{min}$
4 fraction		$4.33 \times 10^{-2}/\text{min}$
16 fraction		$1.28 \times 10^{-1}/\text{min}$
64 fraction		$1.80 \times 10^{-1}/\text{min}$
128 fraction		$2.40 \times 10^{-1}/\text{min}$
256 fraction		$4.32 \times 10^{-1}/\text{min}$
4. Effect of Ca(OH) <sub>2</sub> treatment (60°C)		
	untreated	treated
50°C	$2.94 \times 10^{-2}/\text{min}$	$4.53 \times 10^{-2}/\text{min}$
70°C	$3.35 \times 10^{-2}/\text{min}$	$7.33 \times 10^{-2}/\text{min}$
5. Drying Constants of various citrus fruits		
Variety	thickness	Drying Constant
문 단	15mm	$1.93 \times 10^{-2}/\text{min}$
병 귤	3mm	$2.99 \times 10^{-2}/\text{min}$
감 하 귤	5mm	$3.34 \times 10^{-2}/\text{min}$
하 밀 감	4mm	$3.38 \times 10^{-2}/\text{min}$
팔 삭	5mm	$3.43 \times 10^{-2}/\text{min}$
마루메로	4mm	$4.12 \times 10^{-2}/\text{min}$
네 이 불	3mm	$7.70 \times 10^{-2}/\text{min}$
6. Drying constants of pressed peel and unpressed peel		
	urpressed	$3.94 \times 10^{-2}/\text{min}$
	pressed	$3.81 \times 10^{-2}/\text{min}$

없었음을 보여주었다. (Fig. 7)

(5) 消石灰處理에 따른 변화

소석회 처리가 건조속도에 미치는 영향<sup>(6)</sup>을 보기 위하여 50°C와 70°C에서 처리한 것과 처리안한 것을 비교 건조하였는데 (Fig. 8) 처리한 것이 안한 것보다 상당히 빨리 건조되는 것을 볼 수 있었으나 생과피의 경우 수분함량이 건조 중량비로 250%내외 이던 것이 처리되는 수분을 소석회와 함께 첨가해야 하는 관계로

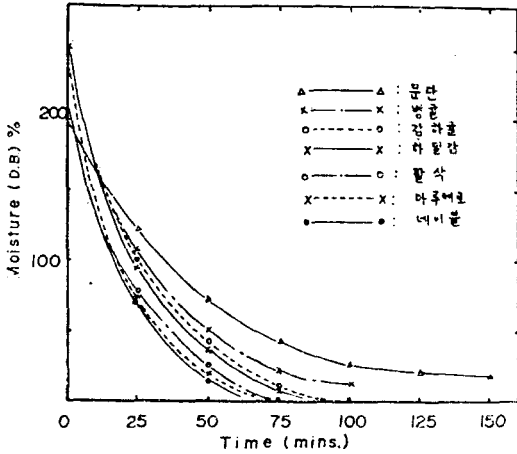


Fig. 7 Drying curves of peels from several citrus varieties (temp.60°C, Air velocity:160 fpm)

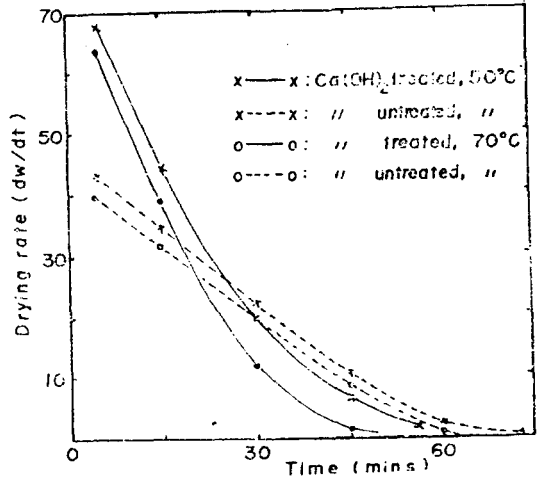


Fig. 9 Drying rate curves of citrus peel (Air velocity: 160 fpm)

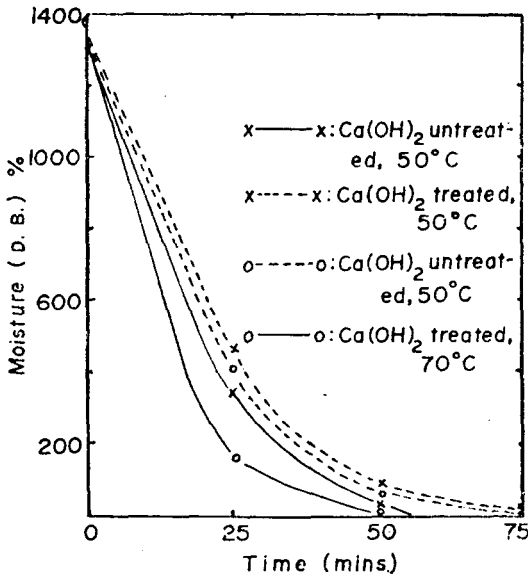


Fig. 8 Effect of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  treatment on the drying of citrus peel (Air velocity: 160 fpm)

수분함량이 1300%까지 올라가 건조시간 자체는 별로 단축되지 않으므로 착즙방법에 따라 소석회를 첨가해서 건조속도를 증가시키느냐 혹은 생과피를 직접 건조하느냐가 결정되어야 할 것으로 생각된다. Fig. 9에는 소석회 처리 유무의 건조속도가 비교되어 있는데 처리한 것이 월등히 빠른 속도로 건조되는 것을 볼 수 있다.

(6) 試料의 壓搾乾燥

과피의 最初 수분함량이 70%정도인 관계로 압력을

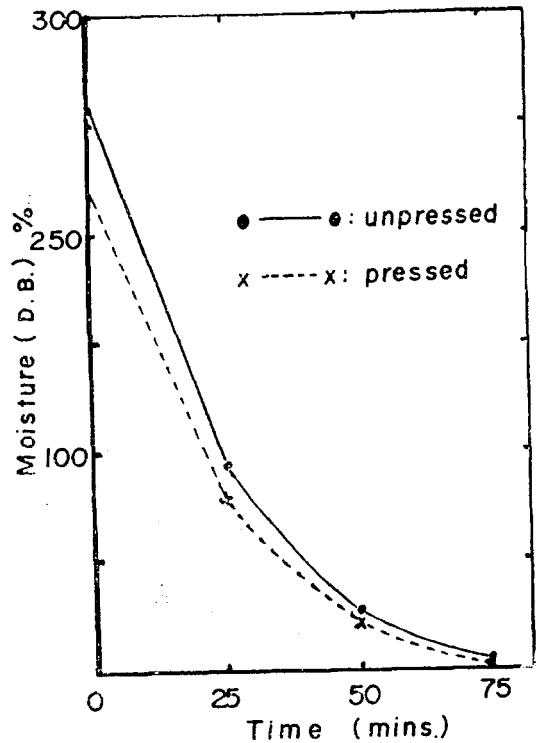


Fig. 10 Effect of pressing on the drying of citrus peel (Temp:60°C, Air velocity: 160fpm)

가하더라도 수분을 건조중량비로 41%밖에 (260%에서 219%) 제거할 수밖에 없어 별로 효과가 없고 건조 시간도 거의 동일하여 별로 도움이 되지 않았다 (Fig. 10).

단지 각증방법에 따라 최초 수분함량이 1200~1300% (건조 중량비)인 경우 압착하여 250%정도로 떨어뜨려 건조하는 것이 열효율면에서 유리하다고 생각된다.

《全般的인 考察》

밀감 과피의 열풍건조 특성은 우리가 흔히 사용하는 감속 건조공식에 적용되지 않는 것으로 생각된다. 즉 外皮와 內皮의 乾燥速度가 다를 것이고 또 側面의 노출정도에 따라 건조속도가 상당히 좌우되는 것을 보면 꽤 복잡한 메카니즘으로 건조되는 것을 알 수 있다. 그러나 건조곡선간의 정량적인 비교를 위하여 흔히 사용되는 감속건조공식  $I_n \left( \frac{w-w_e}{w_0-w_e} \right) = -kt$ 에 적용하여 초기상태 ( $t=0$ )에서  $k$ 를 구하여 Table 1에 수록하였다. 건조상수로 개략적인 건조속도의 비교가 가능하나 건조가 복잡한 메카니즘에 의해 일어나는 관계상 건조시간을 예측하는 속도로서는 부적합하였다.

자연건조는 공장에서는 많은 면적이 소요될 것이므로 부적합할 것같고 가정에서는 많은 양의 果皮가 나오는 것이 아니어서 3~6일 방치해 두면 수분이 약 20% 정도로 감소하게 되므로 果皮處理를 위해서 수집할 때까지는 보관이 가능하다고 하겠다. 과피를 잘게 썰어서 건조하는 경우(1~2mm정도의 크기)는 60°C에서 15분 정도면 건조가 가능하므로 급속한 건조를 위해서 이 방법이 유효하다고 생각된다. 이 공정의 산업화를 위해서는 건조온도 및 보관에 따른 유효성분의 추출율 및 추출된 유효성분의 품질에 대한 추가연구가 필요하다고 본다.

要 約

밀감 과피의 효율적인 건조방법과 건조특성을 알기 위하여 온도, 표면적의 변화, 종류, 화학적 및 물리적 처리후의 건조등에 대하여 열풍건조 실험을 하였다.

(1) 상온하에서 자연건조시는 3~6일에 수분함량을 70%에서 20%까지 떨어뜨릴 수 있었다.

(2) 온도에 따른 열풍건조는 60°C에서 50분가량 소요되는 것을 관찰할 수 있었으며 60°C이상에서는 별다른 건조속도의 증가를 볼 수 없었다.

(3) 표면적의 효과를 보기 위하여 256등분으로 하여

표면적을 약 2배로 한결과 건조시간이 50분에서 15분으로 단축되는 것을 볼 수 있었다.

(4) 文旦과 椪橘을 제외하곤 밀감의 종류에 따른 건조속도의 변화는 볼 수 없었다.

(5) 소석회 처리와 압착후 건조는 둘다 건조시간을 단축시킬 수 있으나 생과피의 경우는 별다른 잇점이 없고 최초수분함량이 1200~1300%인 경우는 유리하다고 보아진다.

결론적으로 온주밀감및 대부분의 감과과피는 잘게 썰어서 60°C에서 열풍건조 하면 15분정도에서 수분함량을 10%이하까지 건조할 수 있으며 연중을 통하여 유효성분을 추출할 수있는 원료가 될 수 있다고 판단된다.

謝 辭

본 研究에 學術研究費(1976年度)를 補助해 주신 產學協同財團에 감사드리며 實驗을 도와준 南京瓊壤에게 感謝드립니다.

使用記號

- w : 건조중의 과피의 무게 (건조중량비)
- w<sub>0</sub> : 과피의 최초무게 (건조중량비)
- w<sub>e</sub> : 건조된 과피의 평형수분함량 (건조중량비)
- k : 건조상수
- t : 시간
- D.B. : 건조중량비

參 考 文 獻

1. 農水産部 ; 農林統計年報(1975)
2. 李泳時 ; 新製品 新技術, 8, 56 (1976)
3. Poter, H.F., McCormick, P. Y., Lucas, R.L., and Wells, D.F.: "Gas Solid Systems" in Chemical Engineers' Handbook (Perry, R. H. and Chilton, C.H. eds), 20-11, 5th ed McGraw Hill (1973).
4. 全在根, 金恭煥 ; 韓國 農化學會誌, 17, 42 (1974).
5. Charm, E.: "The Fundamentals of Food Engineering" 2nd ed. The Avi Pab (1971).
6. 宮崎 肇, 寺田一萬士 ; 食品 工業, 17, 81 (1974)