

人蔘精을 溶媒抽出함에 있어서의 擴散現象

林 鎮 男*

Diffusion Phenomena in Solvent Extraction of Ginseng Extract

Rhim, Chin-Nam*

*Dept. of Chem. Eng., Hanyang Univ.

This paper reports a study of diffusion phenomena occurring during solvent extraction of ginseng extract from dry ginseng slice. Ginseng slice were prepared and extracted in such manner as to meet the conditions required by the diffusion theory derived from Fick's law. The diffusion coefficient under these conditions varies with slice thickness, solvent, cell structure, and temperature.

Those knowledge of the above factors which may influence the extraction process are useful for intelligent design of an efficient extraction procedure.

緒 言

人蔘으로부터 蔘精을 抽出할 때는 人蔘을 薄片으로 切斷하여 溶媒抽出하는 것이 常例이다. 溶媒抽出機構에 關하여는 Hassett 등의 說이 있다. 卽 溶質(solute)을 包含하는 乾燥固體가 溶媒(solvent)에 接觸하였을 때, 溶媒는 固體內로 滲透하여 溶質을 溶解하고 다시 溶液으로서 固體內에 滲透하여 固體는 最終적으로 溶媒에 依하여 飽和된다. 그래서 固體內部에 들어 갈수록 溶質濃도가 높고 外部에 對하여 濃度傾斜를 만든다. 溶質은 固體 속의 溶液을 通하여 濃度傾斜를 均一화하도록 外部로 擴散한다. 이렇게 하여 溶質은 固體表面에 到達하고, 液中으로 擴散하여 固體內的 濃도가 一定하게 될 때까지 이와같은 過程이 繼續된다. 따라서 人蔘薄片으로부터의 抽出도 物質傳達의 觀點上, 固體 內部에서의 分子擴散과 固體表面에서의 溶液의 境膜을

지나는 物質傳達의 2段階로 생각할 수 있다. 固·液 界面에서 溶液이 境膜을 지나는 物質傳達速度는 다음과 같은 式으로 表示될 수 있다.

$$-\frac{d\bar{C}}{dt} = k_l A (C_e - C_i) \quad (1)$$

여기서 $(C_e - C_i)$ 은 液膜 兩側의 濃度差이다.

萬若 物質傳達에 對한 液膜抵抗이 無視된다면 液膜 側의 物質傳達係數 k_l 는 溶媒인 液의 相對速度, 溫度, 固體의 크기 등에 無關할 것이며, 換言하면 內部擴散이 律速인 固·液抽出 過程으로 생각할 수 있다. 따라서 人蔘을 薄片(slice)으로 만들 때 생긴 兩表面의 組織이 損傷된 곳에 附着된 溶質이 溶媒에 依하여 溶出된다고 推測되는 抽出初期를 여기서는 다루지 않았으며, 다음 段階인 固體內部的 空隙部에 생긴 溶液의 連續의 通路를 지나는 擴散段階에 對하여 固體內 細胞壁의 障礙作用을 包含한 有效擴散係數의 溶媒에 對한 影響, 組織構造에 따르는 影響, 卽 構造의 方向性, 溫度에 對한 影響 등을 調査하였다.

* 漢陽大學校 工大 化工科

理 論

前述한 바와같이 용질을 포함하는 다공성고체가 용매와接觸하였을 때 생성된 고체內부의 용액속을 용질이 고체表面으로擴散하는 경우, Fick의法則과 고체內任意的한點에對한物質收支로부터 다음과 같은式을 얻을 수 있다.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (2)$$

이式의解를求하는 데는 다음의假定과境界條件이指定되어야 한다.

1. 擔體는構造上多孔隙이며, 단단하고化學적으로不活性이다.
2. 擔體는均一한初濃도를 가진다.
3. 有效擴散係數 D 는 두께에 따라變化하지 않는다.
4. 擔體周圍液內의溶質濃도는一定하고均一하다.
5. 薄片의 두께는表面의크기에 비해無視되며,薄片둘레에서의擴散은無視한다.
6. 薄片의 두께는均一하다.
7. 界面에서의物質傳達에對한液膜側抵抗은無視한다.

두께 $2l$ 인薄片을 생각하면 다음과 같은境界値가存在한다.

i) 初期條件 $t=0$ 때 $-l \leq x \leq l$ 에서 $C=C_0$

ii) $x=0$ 에서 $\left(\frac{\partial C}{\partial x}\right)_{x=0}=0$

iii) $x=\pm l$ 에서 모든時間에對해 $C=C_1$

이式의積分解는 다음과 같이求한다.

$$\bar{C} = \frac{1}{2l} \int_{-l}^l C(t, x) dx \quad (3)$$

$$\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left[-(2n+1)^2 \pi^2 \frac{Dt}{(2l)^2}\right] \quad (4)$$

第二段階인擴散過程에 있어서 $C_1=0$ 으로 볼 수 있고, 또時間 t 가極히 적은 값이 아닌以上위의級數는急收斂함으로 아래와 같이簡單化된다.

$$\frac{\bar{C}}{C_0} = \frac{8}{\pi^2} e^{-\pi^2 \frac{Dt}{(2l)^2}} \quad (5)$$

$$\ln \frac{\bar{C}}{C_0} = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D}{(2l)^2} t \quad (6)$$

$\ln \bar{C}/C_0$ 를 t 에對해作圖하여求한直線의傾斜로부터有效擴散係數가計算된다.

實 驗

使用한白蔘은京畿道産 1斤當 140片이며,試料는主로上端部에서各各 0.0375cm, 0.0394cm, 0.0418cm의 두께로切斷採取하였다.溶媒는蒸溜水와 에틸알콜(95v%)를使用하였다.

實驗裝置는溶媒가一定높이에固定된탱크로부터自然流下되어,恒溫槽內코일속을通過하는 사이에所要溫度에到達되고, 이것이 2.6×30cm의유리관(抽出管)內의 Soxhlet用濾紙속에들어있는試料(約 1g)內에 떨어져,濾紙속의溶媒液高를繼續一定하게維持하면서流出하게 되어 있다.一定時間의抽出이 끝나면試料가 든濾紙는抽出管內에서 꺼내 約 20分間放置後,定溫乾燥器에 넣어 105°~110°C에서,蒸溜水를使用한 경우는 約 3.5時間,알콜의 경우는 約 2.17時間處理한後秤量하여,減少된量으로부터 그時間에試料內에殘存하는蔘精의濃도 \bar{C} 對總蔘精量 C_0 의比 \bar{C}/C_0 를 얻었다.

이計算에서

蒸溜水가溶媒인 경우 $C_0=0.349$ g/乾固體 g, 알콜의 경우는 $C_0=0.202$ g/乾固體 g,水分含量은 11.04%(wt)

이렇게하여實施한實驗을要約하면 다음과 같다.

實驗1. 30°C下에서蒸溜水를溶媒로使用하여各 두께에對해 $\ln \bar{C}/C_0$ 를時間에對해作圖하여 Fig. 1에表示하였다.

實驗2. 30°C下에서 95v%의알콜을溶媒로使用하여各 두께에對한抽出曲線 Fig. 2를求했다.

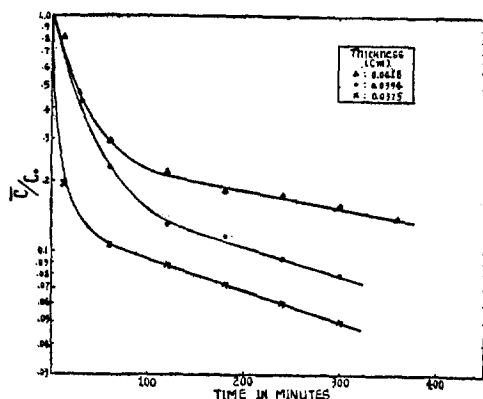


Fig. 1. Extraction Curves for Experiment 1 using Distilled Water as Solvent at 30°C

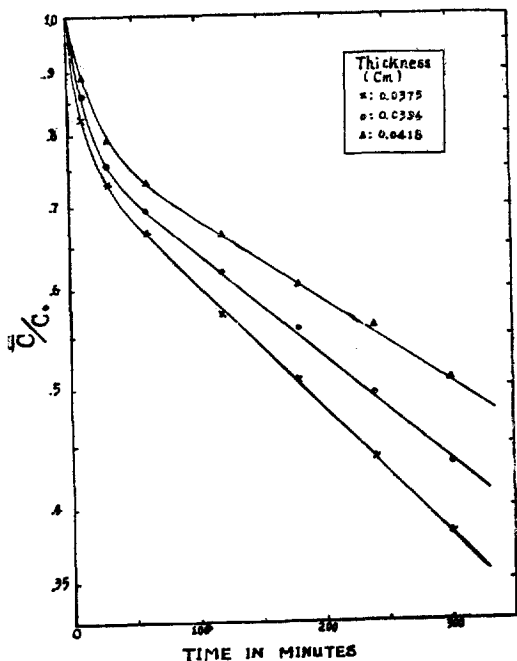


Fig. 2. Extraction Curves for Experiment 2 using Ethanol as Solvent at 30°C

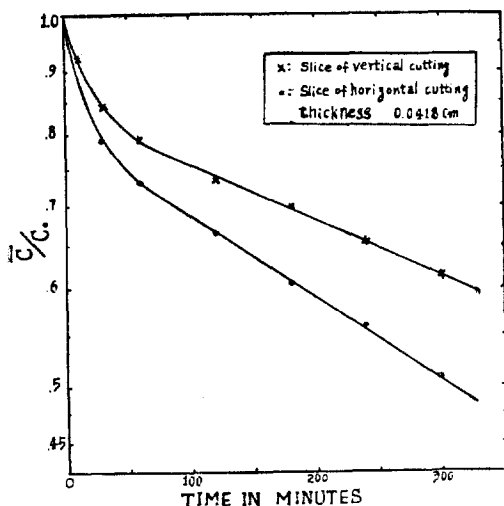


Fig. 3. Extraction Curves Showing Anisotropic Cell Structure at 30°C

實驗 3. 人蔘을 세웠을 때 水平과 垂直方向으로 切斷하여 0.0418cm 두께의 試料을 얻어 30°C의 알콜로 抽出實驗을 行하여 Fig. 3에 表示하였다.

實驗 4. 薄片의 두께 0.0418cm인 試料에 對해 알콜을 溶媒로 使用하여, 30°C, 40°C, 50°C에서 各各 抽出曲線을 얻어 Fig. 4에 表示하였다.

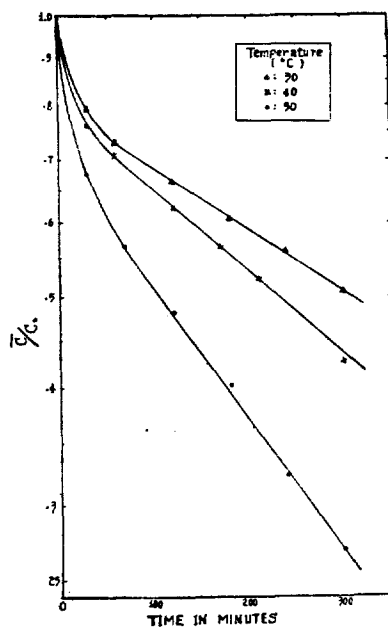


Fig. 4. Extraction Curves for Experiment 4 using Slices 0.0418cm Thick

結 果

1. Fig. 1에 表示된 바와같이 抽出이 始作되고 約 150分이 經過된 後 擴散過程에 進入했으며, 이 直線部分으로부터 (6)式에 依하여 計算된 擴散係數를 表 1에 表示하였다.

表 1

두께 cm	有効擴散係數 cm ² /sec
0.0375	3.00×10^{-8}
0.0394	2.97×10^{-8}
0.0418	1.85×10^{-8}

2. 알콜인 경우는 約 80分이 經過한 後부터 擴散過程이 始作되며 이 直線으로부터 얻은 擴散係數를 表 2에 表示하였다.

表 2

두께 cm	有効擴散係數 cm ² /sec
0.0375	2.20×10^{-8}
0.0394	1.93×10^{-8}
0.0418	1.80×10^{-8}

3. Fig. 3에서도亦是 約 80 分 後부터 擴散過程이 일어나며 直線部分에서 얻은 擴散係數는 表 3 과 같다.

表 3

	有効擴散係數 cm^2/sec
垂直方向切斷	1.22×10^{-8}
水平方向切斷	1.80×10^{-8}

水平切斷薄片的 擴散係數가 垂直인 것보다 크다는 事實에 비추어 有効擴散係數는 人蔘溶媒抽出에 關한 限異質性(anisotropic)임을 알 수 있다.

4. Fig. 4의 直線部分으로부터 얻은 擴散係數와 溫度의 關係는 表 4 와 Fig. 5 에 表示된 바와 같으며 擴散係數는 溫度上昇에 따라 增加한다.

表 4

溫度 $^{\circ}\text{C}$	有効擴散係數 cm^2/sec
30	1.80×10^{-8}
40	2.32×10^{-8}
50	3.82×10^{-8}

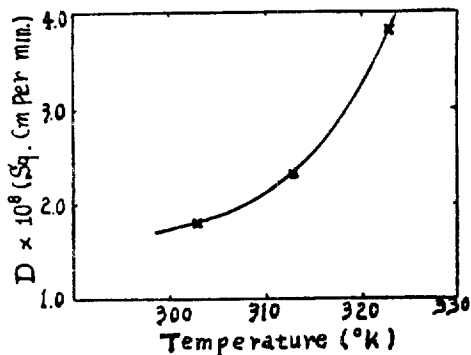


Fig. 5. Plot of Diffusion Constant vs. Temperature

考 察

1. 結果 1 과 2 에서 擴散係數가 두께의 減少에 따라 反對로 多少 增加하는 傾向을 나타내고 있어 理論에서言及된 擴散係數가 두께에 따라 變化하지 않는다는 假定으로부터 多少 어긋나는 點이 있는듯 하나, 有効擴散係數의 定義로부터도 分명한 바와같이 두께가 얇아짐에 따라 内部擴散에 對한 妨害作用이 그만큼 減少할 것이라는 點을 想起할 때 이는 오히려 當然之事로 보아야 할 것 같다.

2. 溶媒가 蒸溜水인 경우의 擴散係數가 알콜인 때보다 大體로 큰 것은 主로 抽出時 물은 組織內로 滲透하여 膨潤現象을 惹起시켜 溶質이 固體內에 形成된 複雜한 溶液通路를 지나서 그 表面으로 擴散하는데 對한 妨害作用이 減少되는데 알콜인 경우는 그렇지 않고 또 30°C 下에서 물의 粘度가 알콜보다 적기 때문인 것으로 생각된다. 이는 蒸溜水溶媒인 경우의 抽出速度가 알콜인 경우보다 크다는 데 對한 主要한 理由의 하나로도 看做될 수 있다.

3. 水平切斷의 擴散係數가 垂直인 것보다 큰것은 植物體의 組織構造上 頭尾部를 連結하는 各種 導管의 存在에 基因하는 것으로 推測된다.

記 號

A = 固·液의 界面積

C = 擔體內 原點으로부터 任意距離 떨어진 點의 溶質濃度.

單位容積當의 重量

C_0 = 擔體內의 初濃度

C_1 = 薄片이 浸漬된 溶液속의 溶質濃度

C_e = 擔體內 溶質의 平衡濃度

\bar{C} = (3)式으로 規定되는 擔體內 溶質의 平均濃度

D = 單位濃度差當 單位時間에 單位面積을 穿하는 溶質의 量

으로 表示되는 有効擴散係數

k_l = 液膜側物質傳達係數

$2l$ = 薄片의 두께

t = 抽出時間

參考文獻

- 1) Hassett, N. J.: Brit. Chm. Eng., **3**, 182(1958)
- 2) Fan, H. P. et al: Ind. Eng. Chem., **40**, 195 (1948)
- 3) Yang, H. H. and J. C. Brier: A. I. Ch. E. Journal, **4**, 435 (1958)
- 4) 平田光穂, 城塚正編: 抽出工學, 日刊工業新聞社(1964)
- 5) Robert C. Reid & Thomas K. Sherwood: The Properties of Gases and Liquids, McGraw-Hill Book Company.
- 6) Commentary of the Japanese Pharmacopoeia, Ed. W., Nankodo (1958)