

## 원통형 충전탑에서 보리차의 추출조건

박 상 기 · 전 재 근\*  
한양여자전문대학 식품영양과  
서울대학교 식품공학과\*

## Extraction Conditions of Barley Tea in Cylindrical Packed Column

Sang-Ki Park · Jae-Kun Chun\*

*Dept. of Food and Nutrition, Hanyang Women's Junior College*  
*Dept. of Food Science and Technology, Seoul National University\**

### ABSTRACT

In order to investigate the extraction mechanism of barley tea in cylindrical packed column, pilot plant scale packed column was designed and constructed. And extraction conditions for steady flow in the packed column were searched.

The main results of this study are as follows :

1. Circulation of the stock barley tea before the extraction running was indispensable in consideration of inequality, gas, particles existed in packed bed. Solid-liquid equilibrium was initially maintained after the circulation.
2. Flow direction of solvent must be up-flow for maintaining the constant bed height and flow rate during the extraction. Paessure drop in pucked bed was similar to decrease ratio of extract concentration.
3. The porosity of packed bed was in the range of 0.24~0.36 according to the particle size. And it was decreased as the particle size became smaller.

### I. 서 론

고-액 추출(leaching)은 사탕무우나 사탕수수로부터의 설탕의 회수<sup>1,2)</sup>, 커피의 추출 및 coffeine의 제거<sup>3-5)</sup>, 과일주스의 추출<sup>6)</sup>, 염장한 pickle로부터의 탈염<sup>7)</sup>, oil seeds로부터 oil의 추출<sup>8-11)</sup>, fish protein concentration의 제조 및 식물체로부터의 식물색소의 회수<sup>12)</sup>, 차의 추출<sup>13)</sup>등 식품산업적으로 널리 이용되고 있는 조작이며 각 식품의 특성에 맞는 추출장치가 이용되고 있다. 추출장치로는 회분식과 연속식으

로 대별할 수 있으며 회분식에는 단단 혹은 다단장치, 연속식에는 반연속식 및 연속식 장치가 있으나 차의 추출에는 반연속식인 충전탑식 추출기(multi-column battery)를 주로 사용하고 있다<sup>14-15)</sup>.

충전탑식 추출기를 이용한 추출에 영향을 주는 요인들로는 추재의 물성, 입자크기 및 형태, 용매의 물성, 흐름의 방향, 층내에서의 흐름 양상, 층내 압력, 추출온도 및 추출시간 등이 있으며<sup>16-18)</sup>, 이들 인자들을 총체적으로 고려하여 충전탑의 scale을 결정하게 된다. 충전탑의 지름이 짧고 길이가 길 경우, 용매가 추재와 접촉하는데 효과적이거나 흐름의 압력이

강하하는 어려움이 있기 때문에 조직이 유연하여 압력 강하에 문제가 되는 시료의 경우는 지름이 길고 길이가 짧은 충전탑을 사용한다<sup>4)</sup>.

본 연구에서는 보리차 추출에 영향을 주는 인자들을 고려하여 충전탑식 추출기를 pilot plant scale로 설계 제작하였고, 이를 이용하여 추출할 때의 추출 조건을 확립하였으며, 추출의 수학적 model에 적용 가능한 추출곡선을 얻었기에 보고하는 바이다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 추출용 보리

#### 1) 시 료

본 실험에 사용한 추출용 보리시료는 전보<sup>19)</sup>와 같은 방법으로 제조하였다.

### 2) 시료의 처리

분급된 시료 즉 볶은 보리를 충전하고 추출할 경우, 야기되는 물의 흡수<sup>20)</sup> 및 잔사로 인한 turbidity 현상등을 극소화 하기 위하여 다음과 같이 시료를 처리하였다. 즉 Fig. 1에 충전할 보리차 시료는 건조 보리 320g을 1l의 물(상온)에 10분간 충분히 침지하여 수화시킨 후<sup>19)</sup> 16 mesh체로 걸렀다. 이때 여액은 원심분리(5,000×g, 25분)하여 고형분을 제거한 후 원액으로 하였다.

### 2 충전탑식 보리차 추출장치

추출장치는 추출탑, 용매공급펌프(Peristaltic pump, Masterflex), 항온수조, 용액의 농도측정장치(Recording spectrophotometer, Shimadzu UV-200, cell의 두께 : 0.82nm로 제작 사용)와 U-tube manometer로 구성되어 있으며 Fig. 1과 같다. 여기서 추

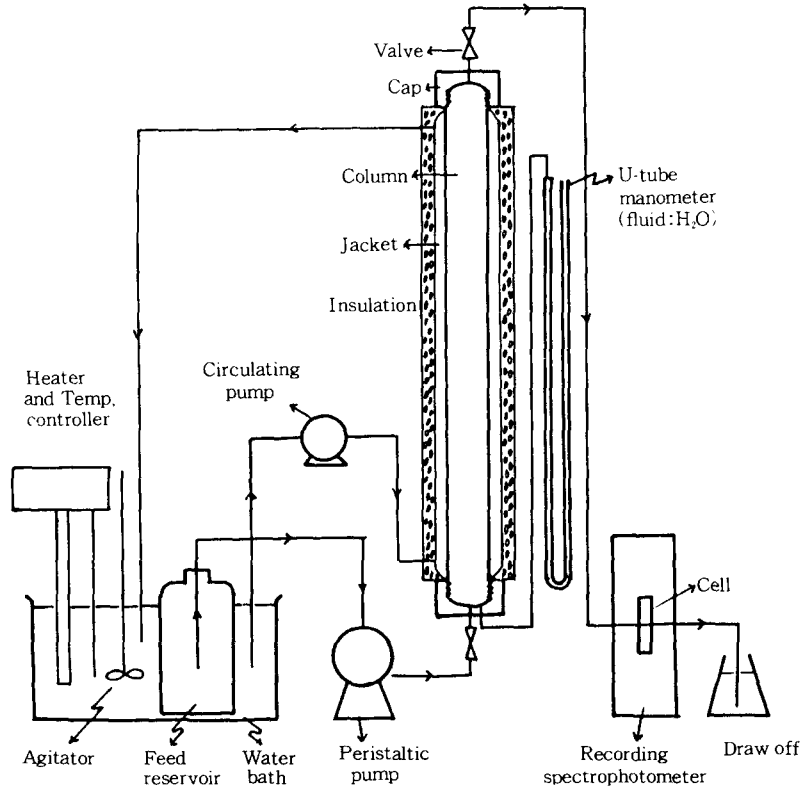


Fig. 1. Schematic diagram of barley tea extraction apparatus

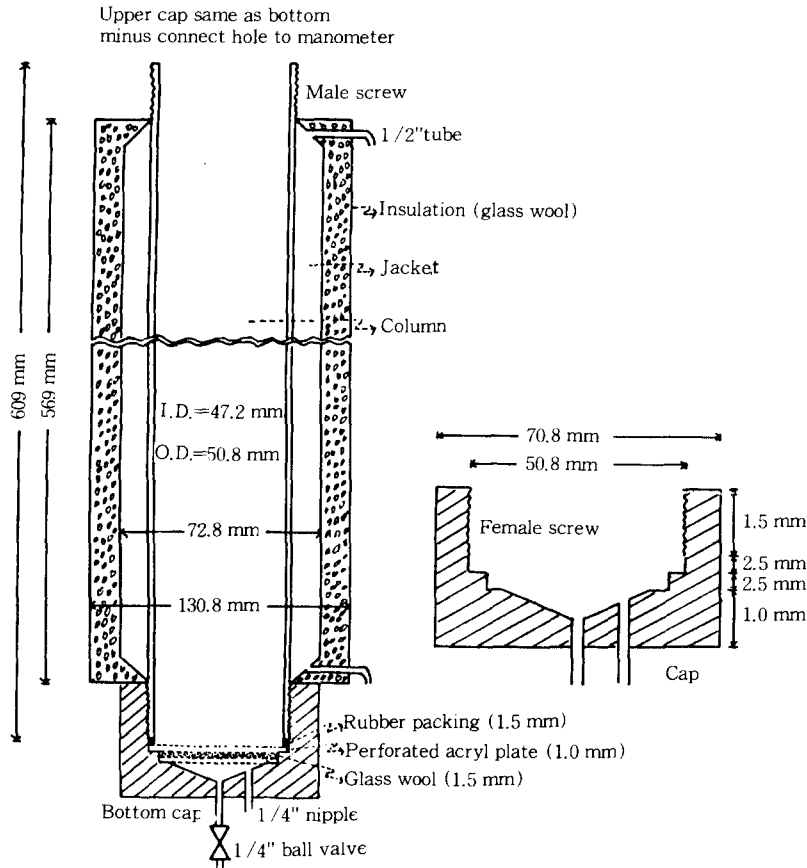


Fig. 2. Sectional view of extraction column with detailed dimensions

출탑은 Fig. 2와 같이 설계 제작하였다.

### 3. 보리차의 충전 및 추출방법

충전탑에 위에서 얻은 수화된 보리입자를 수직으로 자유낙하시켜 넣고<sup>21)</sup> 원액을 충전탑 밑으로부터 펌프를 사용하여 실험코자 하는 flow rate로 주입시켰다. 이때 일정한 물의 온도로 jacket을 통해 충전탑내의 온도를 일정하게 유지시켰다. 주입이 끝나면 곧 충전탑의 상부 뚜껑을 닫고 원액을 Fig. 3과 같이 순환시켰으며, 이 과정을 통해 기포를 완전히 제거하였으며, 농도 측정기에 나타난 농도가 일정한 수준에 도달하도록 하였다. 충전탑내에 농도와 온도가 평형되고 기포가 제거되면 원액의 순환을 중단하고

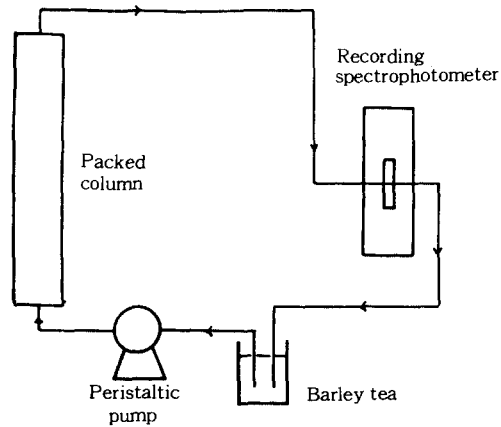


Fig. 3. Circulating system before the column running

동일온도의 증류수로 추출하였다.

추출액의 농도는 recording spectrophotometer를 사용하여 420nm<sup>22)</sup>에서 O.D. 값으로 측정 기록하였고, 추출과정중 충전탑내의 압력강하는 U-tube manometer의 물기둥의 높이로 측정하였다<sup>23)</sup>. 또한 flow rate는 cylinder을 이용하여 일정시간당 추출액량을 측정하고 이들을 평균하여 flow rate를 산출하였다.

4. 충전탑 추출상의 공극용적과 공극율

충전탑에 액을 주입할 때 측정된 액량을 W<sub>1</sub>이라 하고, 추출이 끝난 후 용매인 물의 공급을 중단하고

하단으로부터 액을 유출시켜 gas가 발생하기 전까지의 배출량을 W<sub>2</sub>라 하고, 충전탑 하부 뚜껑부분의 액량 Z를 고려하여 각 액량으로부터 Z를 뺀 양을 각각 w<sub>1</sub>, w<sub>2</sub>라 할 때 공극용적(pore volume, V<sub>p</sub>)은 w<sub>1</sub>과 w<sub>2</sub>의 평균값을 취하였다.

$$V_p = \frac{w_1 + w_2}{2} \tag{1}$$

또한 공극율(ε)는 충전탑 전체의 volume(V)와 V<sub>p</sub> 사이에 식(2)와 같이 정의된다<sup>24)</sup>.



Fig. 4. Extraction curve of barley tea in packed column

$$\epsilon = \frac{V_p}{V} \quad (2)$$

### Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 충전탑의 충전상태가 추출곡선에 미치는 영향  
 수화된 볶음보리와 수화시 용출된 추출액을 충전하고, 상향식 추출을 행할 때 Fig. 4와 같이 추출액의 농도가 충전탑 내의 초기농도보다 높아지는 기현상이 나타났으며, 이런 현상은 보리차의 입자가 작을수록 더욱 심하게 나타났다.

이와 같은 결과는 쉽게 교정되지 않았는데, 충전

탑내 상의 불균일성, 기포의 혼입, 특히 미세입자의 혼입에 의한 O.D. 값의 증가와 고-액 평형에 미달로 고품분의 용출의 존재 등에 기인되었을 것으로 추정할 수 있었다. 따라서 충전에 앞서 미세입자를 원심분리하여 제거하고 입자와 입자 표면의 용액농도가 동일하게 되도록 상의 완전한 평형을 이루려면 Fig. 3에서와 같이 용액의 장시간 반복 순환이 필요하였다. Fig. 5는 잔사의 제거와 45분간의 고-액 평형이 이룩된 후의 추출곡선인데 Fig. 4의 초기추출액의 농도 상승현상이 완전히 제거되었다. 따라서 보리차의 경우는 추출개시점을 순환시킨 후로 정하여야 한다.

2. 충전탑에서 용매의 유입방향이 추출 현상 및 추

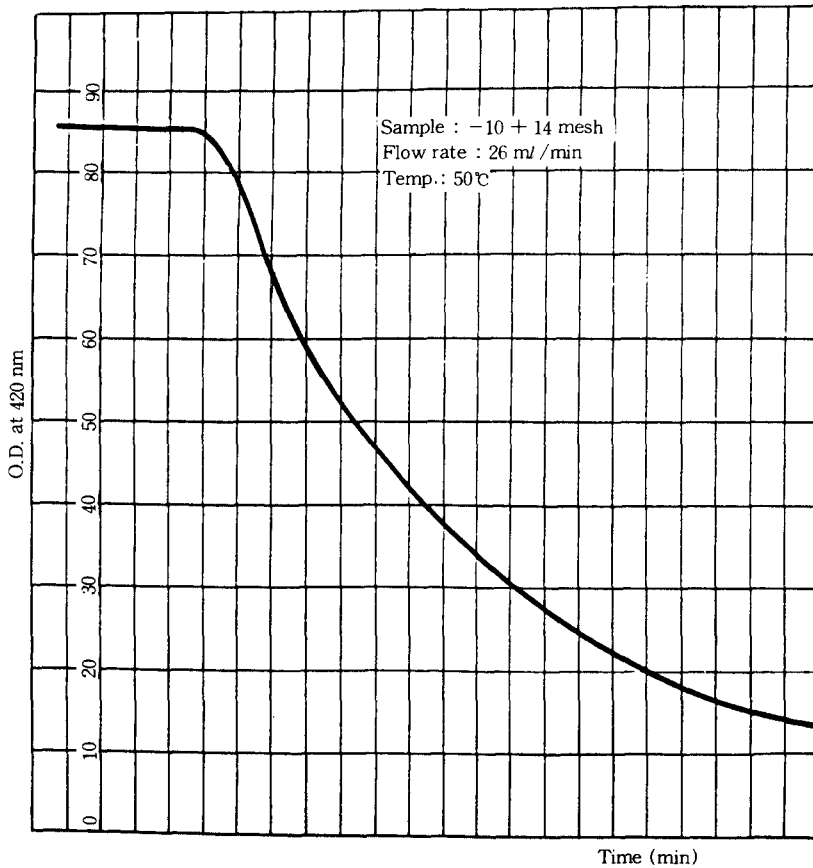


Fig. 5. Extraction curve of barley tea after removal of fine particle and circulation

### 출곡선에 미치는 영향

일반적으로 추출조작에서 충전탑에서의 유체의 흐름방향은 하향식과 상향식으로 사용되고 있으므로<sup>17)</sup> 보리차의 추출에서도 하향식과 상향식으로 추출하였을 경우 추출곡선은 Fig. 6,7과 같았다.

하향식의 경우, 추출후 상의 높이가 6~11.5cm(9.8~18.9%)감소되었으며, 그에 따른 압력손실도 극심하여 일정추출속도(용량 기준)를 유지할 수 없었다. 이와 같은 현상들이 일어나는 주원인은, 보리입자 자체의 조직이 유연하여 아래로 압력이 가해질 때 보리층이 다져지며 그 결과 내부의 압력이 더욱 올라가고 flow rate도 변화가 생긴 것으로 볼 수 있다. 이러한 경우 시간에 대한 농도곡선을 얻는다고 해도 무차원 시간과 무차원 농도로 표시되는 breakthrough curve를 작성하는데도 어려움이 있으며 층내 내부 속도도 추정키 어려워 수학적 model에 결부시킨다는 것은 거의 불가능하다.

반면 상향식의 경우는 추출 전후에 상의 높이의

변화가 없었고 flow rate도 일정하게 유지되었다. 그리고 추출과정중 압력강하는 Fig. 7과 같이 추출액의 농도 감소비와 유사한 감소현상을 보였기 때문에 보리차의 추출을 상향식으로 하여야 한다.

### 3. 충전탑의 pore volume과 porosity

실험방법 4에 의하여 측정하고 식 (1), (2)에 의하여 구한 pore volume과 porosity는 Table 1과 같았는데, 입자의 크기에 따라 porosity는 0.24~0.36범위에 있었다. 여기서 pore volume과 porosity는 입자의 크기가 작을수록 감소하였는데, 이는 입자가 작을수록 조밀한 상(床)의 조직이 형성되고 입자가 작을수록 비표면적이 크게 되어 비유동성 유체(non-moving fluid)량이 증가하였기 때문이다.

보리차床의 porosity는 입자크기가 2.84 및 3.87mm 일 때 각각 0.2924, 0.3632였는데, 3.38mm인 유리구의 porosity가 0.34<sup>25)</sup>인 것과 비교할만 하며, 따라서 결과가 타당성이 있다고 하겠다.

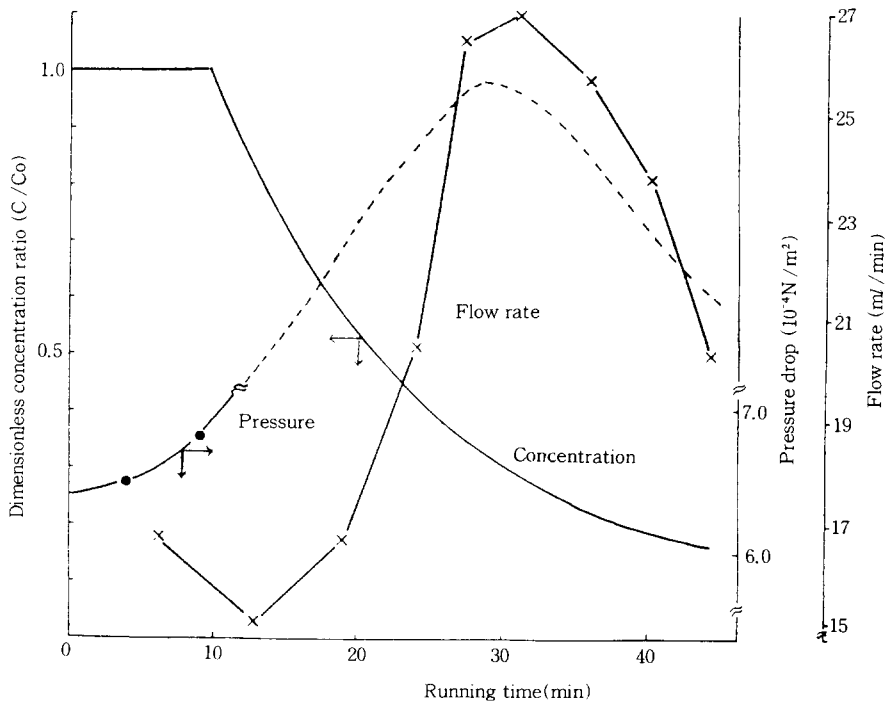


Fig. 6. Downward flow extraction curve of barley tea

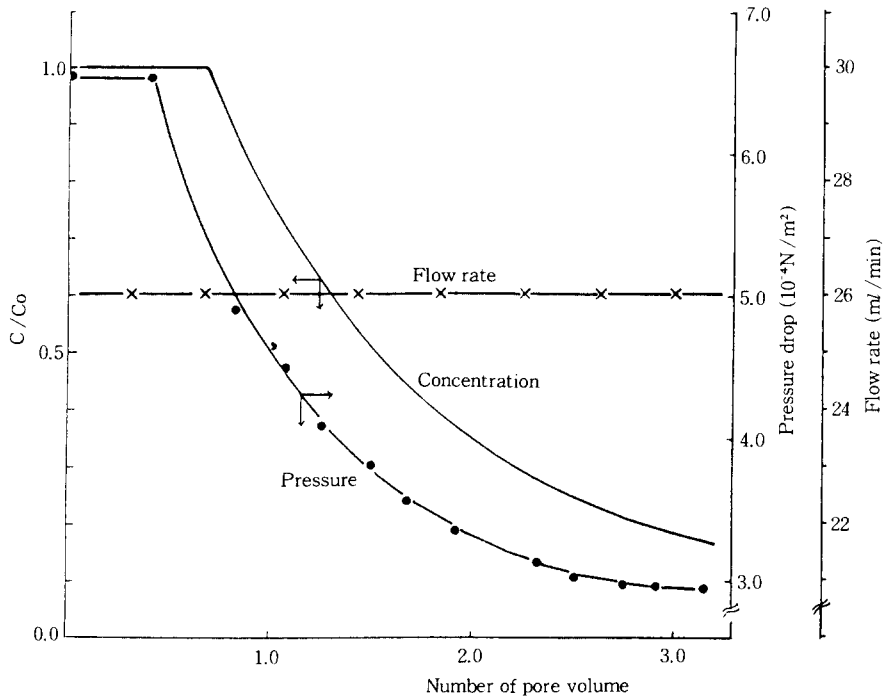


Fig. 7. Upward flow extraction curve of barley tea

Table 1. Pore volume and porosity of packed column barley tea

Material	Particle size		Pore volume (ml)			Average pore volume (ml)	Porosity*
	Mesh	$d_p$ (mm)	$w_1$	$w_2$	$w_1 - w_2$		
Barley	- 8 + 10	3.97	387	378	19	387.5	0.3632
	- 10 + 14	2.84	326	298	28	312.0	0.2924
	- 14 + 16	2.01	303	258	45	280.5	0.2629
	- 16 + 20	1.35	288	228	60	258.0	0.2418
Glass bead		3.38					0.34**

\* Based on column volume 1,067 ml

\*\* Date from Earl<sup>2)</sup>

#### IV. 요약

원통형 충전탑에서의 보리차의 추출기작을 구명하기 위하여 충전탑식 보리차 추출 장치를 설계 제작하였고, 추출시 정상흐름을 얻을 수 있는 추출조건을 정립하였다.

1. 충전탑내 상의 불균일성, 기포, 미세입자 등을 고려하고 床의 고-액 평형을 이루기 위해 용액의 순환이 필요하였다.
2. 용매의 유입방향은 상의 높이, flow rate를 일정하게 유지하는 상향식으로 하여야 하며, 이때 압력 감소는 추출액의 농도 감소비와 유사하였다.
3. 보리차상의 공극율은 입자크기에 따라 0.24~0.36 범위에 있었으며 입자가 작을수록 감소하였다.

## V. 참고문헌

1. Hugot, E. : *Handbook of Cane Engineering*, Elsevier Publishing Co., p. 350(1972)
2. Schwartzberg, H. G. : *Chem. Eng. Prog.*, **76**(4), 67-85(1980)
3. Pintauro, N. : *Food Proc. Rev.*, No. 8(1969)
4. Sivetz, M. and Foote, H. E. : *Coffee Processing Technology*, AVI, vol. II(1963)
5. Bichsel, B., Gal, S. and Signer, R. : *J. of Food Tech.*, **11**, 637-646(1976)
6. Bruniche, O. H. : *Solid Liquid Extraction*, Nordisk Forlag Arnold Busch, Copenhagen(1962)
7. Bomben, J. L., Durkee, E. L. and Secor, G. E. : *J. of Food Sci.*, **39**, 260(1974)
8. Norris, F. A. : *Extraction of Fats and Oils*, 3rd ed., p. 679-718(1964)
9. Othmer, D. F. and Jaatinen, W. A. : *Ind. Eng. Chem.*, **51**(4), 543(1959)
10. King, C. D., Katz, D. L. and Brier, J. C. : *Trans. Am. Inst. Chem. Engrs.*, **40**, 533-556(1944)
11. Boucher, D. F., Bries, J. C. and Osburn, J. O. : *Trans. Am. Inst. Chem. Engrs.*, **38**, 967-991(1942)
12. Wiley, R. C. and Lee, Y. N. : *J. of Food Sci.*, **43**, 1056(1978)
13. Kjaergaard, O. G. : *Tea and Coffee Trade Journal*, January(1971)
14. Long, V. O. : *J. of Food Tech.*, **12**, 459-472(1977)
15. Long, V. O. : *J. of Food Tech.*, **13**, 195-210(1978)
16. Levenspiel, O. : *Chemical Reaction Engineering*, WIE, 2nd ed., p. 253-325(1972)
17. Levenspiel, O. and Bischoff, K. B. : *Advances in Chemical Engineering*, AP, vol. 4, p. 95-198(1963)
18. Himmelblau, D. M. and Bischoff, K. B. : *Process Analysis and Simulation*, Wiley, p. 60-80(1968)
19. 박상기, 전재근 : 한국식품영양학회지, **4**(1), 66(1991)
20. Torres, A. : Ph. D. dissertation, Univ. of Massachusetts, Amherst, Massachusetts(1980)
21. Schwarts, M. F. and Richardson, J. F. : *Chem. Eng. Sci.*, **23**, 109(1968)
22. Hendel, C. E., Bailey, G. F. and Taylor, D. H. : *Food Tech.*, **4**, 344(1950)
23. McCabe, W. L. and Smith, J. C. : *Unit Operation of Chemical Engineering*, McGraw-Hill, 3rd ed., p. 36-38(1976)
24. Yoo, S. H. : Ph. D. dissertation, Univ. of Iowa, Ames, Iowa(1971)
25. Earl, A. E. and Robert, R. W. : *A. I. Ch. E. Journal*, **4**(2), 161(1958)

---

(1991년 8월 13일 수리)