

人蔘 成分 抽出에 關한 研究

第 3 報 확산도 측정에 의한 인삼 성분의 추출 메카니즘

劉 承 坤 · *金 雨 植 · 柳 洲 鉉

延世大學校 食品工學科 · *化學工學科

(1979년 3월 7일 수리)

Studies on the Extraction of Korean Ginseng Component

Part 3. Extraction Mechanism of Ginseng Components by Measuring the Diffusivity

Seung Kon Ryu, Woo Sik Kim* and Ju Hyun Yu

Department of Food Engineering and *Department of Chemical Engineering

Yonsei University, Seoul

(Received March 3, 1979)

Abstract

Under the experimental conditions of varying the thickness(2L cm) of ginseng disc and the bulk concentration (C_b , %), the experimental results were well coincided with those of the model which was set up by using the inter disc diffusion with constant diffusivity. It was therefore convinced that the extraction rate is controlled by the diffusion rate of ginseng components through the disc.

The relationship between the diffusivity(D cm²/min) and the mean concentration (\bar{C} %) of soluble ginseng components in the disc is as follows,

$$\ln \frac{C - C_b}{C_i - C_b} = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D}{4L^2} \theta$$

where C_i (%) is the initial concentration of soluble ginseng components and θ (min.) is the extraction time.

서 론

인삼에 대한 화학적, 생리적, 약학적, 연구는 활발하여서 가용성분의 추출과 정제 및 추출성분의 생리작용, 항생작용 등에 관한 연구논문이 많이 발표되고 있다. 그러나 각성분의 추출에 대한 이론이나 메카니즘은 아직까지 자세히 밝혀지지 않았으며 유효성분의 대량추출에 관한 최적조건이나 고려되어야 할 인자 등 공학적인 분야는 거의 연구가 안되어 있는 실정이다.

본 연구는 얇은 수삼토막으로부터 ethyl alcohol 가

용성분의 추출과정을 수학적 모델을 세워서 추출이론식을 구하고 실제로 측정한 값과 비교검토하였으며 확산도를 측정하여 추출메카니즘을 규명하고 전의 결과⁽¹⁾와 일치하는가를 밝히고자 하였으며, 앞으로 연구할과제의 기초적 자료를 제시하고자 하였다.

회분조내에서 화학반응이 없는 대단히 느린 확산에 관하여는 Fick의 제2법칙이 잘 적용된다. Newman이 몇가지 간단한 모델을 밝힌 바 있으며 그중 한가지가 원통형 disc에 관한 것이다.⁽²⁾

60%을 용매로 한 인삼중의 가용성분의추출에 추출메카니즘을 검토하기 위하여 Fig. 1과 같은 원통형 인삼

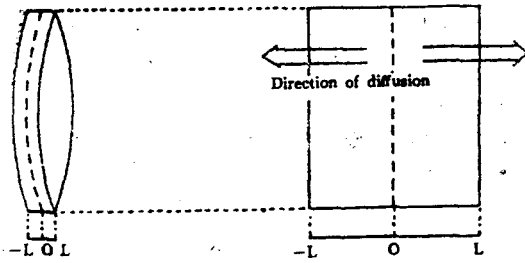


Fig. 1. Schematic diagram of ginseng disc

disc를 사용하였으며 아래와 같은 가정을 설정하였다.

[가 정]

1. 인삼 disc의 반경은 두께에 비하여 대단히 크므로 반경방향의 확산은 무시한다.
2. 용매 본체내의 인삼성분의 농도는 항상 일정하다
3. 인삼시료내에서는 주로 확산에 의하여 추출되고 모세관 현상에 의한 물질이동은 무시한다.

이상의 가정을 통하여 인삼 disc의 측방향에 대한 물질수지식을 취하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial C}{\partial \theta} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (1)$$

$$I.C; C(x, 0) = C_i \quad (2)$$

$$B.C; C(L, \theta) = C_b \quad (3)$$

(1)식을 변수분리방법으로 풀면 (5)와 같은 해를 얻게 된다.

$$\frac{C(x, \theta) - C_b}{C_i - C_b} = \frac{2}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(n + \frac{1}{2})^2} e^{-(n + \frac{1}{2})^2 \left(\frac{\pi^2 D}{L^2}\right) \theta} \cos \left[\left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\pi}{L} \cdot x \right] \quad (4)$$

$$\cos \left[\left(n + \frac{1}{2}\right) \frac{\pi}{L} \cdot \pi \right] \quad (5)$$

한편 인삼시료내 가용성분의 평균농도 (C)는,

$$C = \frac{\int_0^L C dx}{\int_0^L dx} = C_b + \frac{2}{\pi^2} (C_i - C_b) \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(n + \frac{1}{2})^2} e^{-(n + \frac{1}{2})^2 \left(\frac{\pi^2 D}{L^2}\right) \theta} \quad (6)$$

가 되며, (5), (6)식에서 θ 가 충분히 커진다면 $n=0$ 이외의 항들은 무시된다. 그러므로 (5), (6)식을 다시 정리하면 다음과 같다.

$$C(x, \theta) = C_b + \frac{4}{\pi} (C_i - C_b) e^{-\left(\frac{\pi^2 D}{4L^2}\right) \theta} \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2L} \cdot x \right) \quad (7)$$

$$C = C_b + \frac{8}{\pi^2} (C_i - C_b) e^{-\left(\frac{\pi^2 D}{4L^2}\right) \theta} \quad (8)$$

(8)식을 다시 변형시켜 (9)식을 얻고,

$$\ln \frac{C - C_b}{C_i - C_b} = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D}{4L^2} \theta \quad (9)$$

(9)식으로부터 기울기를 계산하여 확산도를 구할 수

있다.

실험장치 및 방법

Jost⁽³⁾는 액체내에서의 확산을 측정하는 여러가지 방법들을 설명했는데 대부분의 방법들은 확산 cell에서 발생하는 농도변화를 표준분석기술로서 결정결정하였으나 농도의 변화 속도가 대체로 대단히 느리며 이들을 측정하는 장치가 복잡하고 비싸다고 했다. 한편 Schulze⁽⁴⁾에 의하여 비교적 간단한 장치로 신속하게 농도변화를 측정할 수 있는 방법이 창안되었으며 Wall⁽⁶⁾ 등이 이 방법을 개선하여 수용액에서의 전해질 및 고분자 물질의 확산도를 측정하였다.

본 실험장치는 Wall등이 사용한 장치를 응용한 것으로 Fig. 2와 같다.

직경이 약 3cm되는 수삼(금산産 6년근)을 2, 3, 4, 5 mm 두께로 썬고 추출용매가 들어있는 작은 용기에 넣는다. 이용기를 항온조에 넣어 추출온도를 조절한다 이때 작은 용기내 인삼 disc는 가는 코일에 매달고 코일의 다른 끝은 정밀천칭에 고정시킨 후, 추출시간 경과에 따라 변하는 시료의 무게감소를 측정한다. 측정된 무게감소량으로부터 다음과 같은 계산으로 인삼성분의 농도를환산한다. 즉 인삼 disc의 초기무게를 $W(0)$, 평형에 도달했을 때의 무게를 $W(\infty)$, 임의의 추출시간에서의 무게를 $W(\theta)$ 라면 disc내 잔류인삼성분의 농도 (wt%)는 아래와 같은 식으로부터 계산된다.

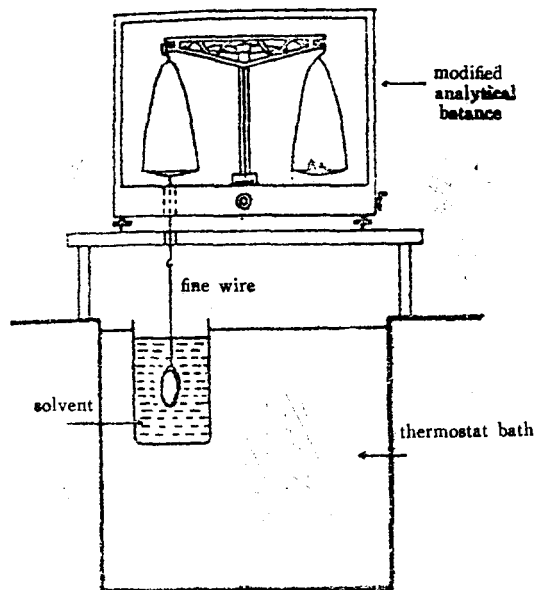


Fig. 2. Experimental arrangement for measuring the diffusivity

$$C(\theta) = \frac{W(\theta) - W(\infty)}{W(o) - W(\infty)} \times 100 \quad (10)$$

따라서 (10)식에서 얻은 $C(e)$ 값을 (3)식에 대입하여

$$\ln \frac{C - C_b}{C_i - C_b}$$

와 θ 의 관계를 도식한 후, 그 직선의 기울기로부터 인삼성분의 확산도를 계산하였으며, 인삼 disc의 두께 변화에 따른 확산도와 용매 본체내 인삼성분의 농도 변화에 따른 확산도를 측정하여 추출메카니즘을 검토하였다.

실험결과 및 고찰

1. 인삼 disc의 두께별 확산도

단면적은 같으나 두께가 각각 다른 인삼 disc로부터 인삼성분의 추출을 실시하고 추출시간 변화에 대한

$$\ln \frac{C - C_b}{C_i - C_b}$$

의 관계를 Fig. 3에 점으로 도식했다. 그림으로부터 두께가 얇을수록 인삼 disc의 무게 감소율은 현저히 컸다 그러나 각 두께 변화에 따른 확산도를 (9)식에 의하여 계산하면 Table 1과 같이 disc의 두께에는 관계없이 일정한 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 이것은 인삼성분의 추출이 확산 메카니즘에 의한 것임을 추정케 한다

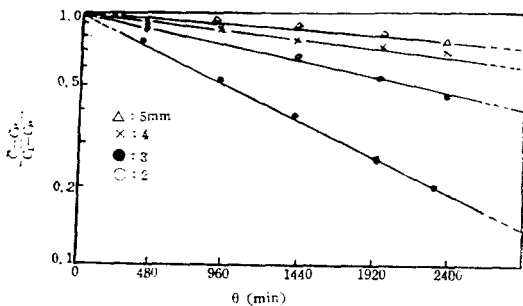


Fig. 3. $\ln \frac{C - C_b}{C_i - C_b}$ vs θ with respect to the thickness of ginseng disc. Extraction temperature: 60°C, disc thickness: 2, 3, 4, and 5mm.

2. 용매 본체의 인삼농도와 확산도

용매 본체내 인삼성분의 농도를 각각 달리하여 추출 시간 변화에 대한

$$\ln \frac{C - C_b}{C_i - C_b}$$

의 관계를 Fig. (4)에 도식했다. 여기에서 각 점은 실측치를 나타내며, 실선은 실측치로부터 확산도도의 값

Table 1. Calculation of diffusivity from the slopes in Fig. 3

Thickness (mm)	2	3	4	5
Slope ($\text{min}^{-1} 10^{-4}$)	-5.592	-2.641	-1.499	-0.922
Diffusivity (cm^2/min)	5.561×10^{-6}	5.552×10^{-6}	5.602×10^{-6}	5.384×10^{-6}

Extraction temperature; 60°C, disc diameter; 3.2 cm

을 구한 후 이론식 (9)에 의하여 작도한 계산치이다. 그 결과용매 본체내 인삼성분의 농도가 각각 달라도모 두 같은 기울기를 갖을 뿐만 아니라 직선이 모두 겹쳤다. 이것은 인삼성분의 추출이 인삼 disc내 확산메카니즘을 재확인 해주고 있으며 이전의⁽¹⁾ 추출 misella에 의한 추출결과와도 일치하고 있었고 용매 본체내 물질 전달속도가 인삼 disc내 물질전달 속도에 비하여 무시할 수 있음을 시사하고 있다.

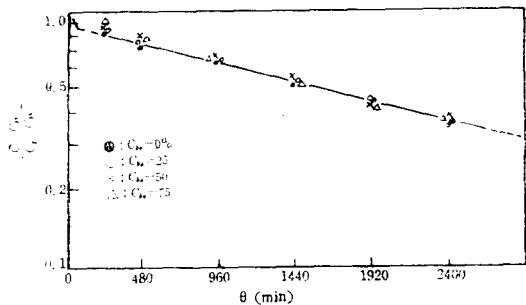


Fig. 4. $\frac{C - C_b}{C_i - C_b}$ vs θ with respect to the bulk concentration. Extraction temperature: 60°C, bulk concentration: 0, 25, 50, and 75%

또한 Fig. 4로부터 240 min이후의 추출시간에서는 기울기가 직선이 된것은 충분한 시간 이후에는 선형화된다는 이론식과 일치하고 있으며, 짧은 추출시간에서 직선을 벗어난 점은 인삼성분의 추출이 고체내에서의 전형적인 비정상상태 확산과 일치하고 있음을 보여주고 있다.^(6,7) Fig. 4의 기울기로부터 구한 확산도의 값은 $5.7 \times 10^{-6} \text{cm}^2/\text{min}$ 로서 Table 1의 결과와도 일치했다. 이값을 (6)식에 대입하여 시간변화에 따르는 인삼 disc내 잔류가용성분의 농도 (C)를 계산한 결과를 실측치와 함께 Table 2에 표기했다. 표의 결과로부터 용매 본체의 농도가 증가되면 인삼성분의 추출속도가 크게 저하되고 disc내 잔류농도가 많아짐을 알 수 있는데 이 사실은 모세관 현상에 의한 물질이동을 무시할 수 있는 가정과 일치하고 있으며 결국 인삼성분의 추출 메카니즘은 비정상 상태 확산임을 밝혀주고 있다. 앞으로 인삼성분의 확산에 영향을 미치는 몇가지 인자들을

Table 2. Comparison of experimental data(E) and computational data(C) of \bar{C} with respect to the bulk concentration(C_{b0})

C_{b0} (%)	θ (min)	0	240	480	720	960	1200	1440	1680	1920	2160	2400	2640
0	E	100	84.2	70.1	—	60.4	—	50.4	—	45.5	—	35.0	—
	C	100	82.1	73.5	66.9	61.3	56.4	52.0	48.0	44.3	40.9	37.9	35.0
25	E	100	85.6	78.9	—	72.6	—	64.4	—	55.5	—	52.0	—
	C	100	86.4	79.9	74.9	70.7	67.0	63.7	60.7	57.9	55.5	53.1	51.0
50	E	100	92.2	88.0	—	80.2	—	74.0	—	73.6	—	66.5	—
	C	100	91.0	86.5	83.5	80.6	78.1	75.9	73.9	72.1	70.4	68.9	67.5
75	E	100	97.8	95.5	—	92.3	—	88.5	—	87.2	—	84.5	—
	C	100	95.7	93.6	91.9	90.5	89.3	88.2	87.2	86.3	85.5	84.7	84.0

Extraction temperature; 60°C, disc thickness: 4 mm

검토함으로써 좀더 자세한 추출이론을 정립할 수 있을 것으로 간주된다.

결 론

본 연구에서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 에틸알콜 가용성 인삼성분의 확산도는 시료의 두께 및 용매 본체내 인삼성분의 농도에는 관계없이 일정하며 인삼성분의 추출은 비정상상태 확산메카니즘에 의한다.

(2) 용매 본체내 물질전달속도는 인삼시료내 물질전달 속도에 비하여 무시할 수 있으며, 이때의 인삼시료내 잔류 가용성분의 농도와 확산도와의 관계는 다음과 같다.

$$\ln \frac{\bar{C} - C_{b0}}{C_i - C_{b0}} = \ln \frac{8}{\pi^2} - \frac{\pi^2 D}{4L^2} \theta$$

기 호 설 명

\bar{C} : 시료내 인삼성분의 평균농도, wt%

C_i : 시료내 인삼성분의 초기농도, wt%

C_{b0} : 용매 본체내 인삼성분의 농도, wt%

D : 인삼성분의 확산도, cm^2/min .

$2L$: 인삼 disc의 두께

θ : 인삼성분의 추출시간, min 혹은 hr.

$W(\theta)$: 인삼 disc의 초기무게, g

$W(\infty)$: 인삼 disc의 평형에서의 무게, g.

$W(\theta)$: 인삼 disc의 추출시간에 따른 무게, g.

참 고 문 헌

1. Yu, J. H., Ryu, S. K. and Pyun, Y. R.: *Yonsei Eng. Review*, 8, 129 (1978)
2. Newman, A. B.: *Trans AICHE*, 27, 203, 310(1931)
3. Jost, W.: *Diffusion in Solids, Liquids, Gases*. Chap. XI, Academic Press, New York (1952)
4. Schalze, G. Z., *Physik Chem.*, 89, 168 (1914)
5. Wall, F. T. Grieger, P. F.: and Childers, C. W.: *J. Am. Chem. Soc.*, 74, 3562 (1952); Wall, F. T. and Childers, C. W.: *Ibid.*, 75, 3550 (1953)
6. Treybal, R. E.: *Mass Transfers Operations*, (2nd. ed.), McGraw-Hill, 80 (1968)
7. Wall, F. T. and Wendt, R. C.: *J. Phys. Chem.*, 62, 1581 (1958)