

# 보리차 및 決明子차의 抽出條件의 變化에 따른 抽出量 및 抽出速度 豫測모델

鄭文浩 · 崔容熙

慶北大學校 農科大學 食品工學科

Prediction Model for the Extraction Weights  
and Extraction Rate of Barley and Cassia Tora Seed Tea  
by Different Extraction Conditions

Jeong, Mun Ho · Choi, Yong Hee

Dept. of Food Science and Technology, Coll. of Agric.,  
Kyungpook Natl. Univ.

## Summary

The most important factors among extraction conditions in the extraction process of Barley and Cassia tora seed are particle size, extraction temperature, time and initial concentration. In this research project, then, the amounts of extracted materials were measured at various conditions of above factors. They were increased as the particle sizes were decreased and were also increased in the proportional to the value of square of temperature. General mathematical prediction models were developed by an optimization technique for the amounts of extracted materials and extraction rate on the basis of each independent factor. Then, the final prediction model was obtained upon all the factors.

As the results, it was also found that the values of overall mass transfer coefficients were increased as the particle sizes were decreased.

## 서 론

최근 경제수준의 향상과 식·음료패턴의 변화, 환경오염등으로 인해 물의 맛이 떨어지는 수도물을 직접 음용하는것을 기피함에 따라 보리차 및 결명자차는 일상음료로서 생수와 함께 가정에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 보리차는 결보리를 높은 온도에서 볶아 물로 추출한 것으로 향미가 단조로우면서 단맛이 강하고 고형분의 수율이 낮은것이 특징이다. 또한 결명자차의 맛은 한(寒), 고(苦), 감미(甘味) 등이 함축되어있고, 여러가지 약리작용등이 알려져있다.<sup>1, 2)</sup>

한편 보리차에 대한 연구는 국외적으로

Wang등<sup>3, 4)</sup> 여러논문 등<sup>5, 6, 7)</sup>에 의해 보리차의 성분과 향미 성분에 관해 보고된 바 있으며, 국내적으로는 서<sup>8)</sup>등이 보리는 볶음시간과 온도에 따른 볶음정도가 보리차의 색 및 고형분 관계를 관찰하였다. 또한 윤<sup>9)</sup>은 보리의 볶음조건이 보리차의 품질 및 수율에 영향을 미친다고 보고 하였고, 이<sup>10, 11)</sup>등은 보리차를 인스탄트화 하기 위하여 분무건조 조건을 실험하였으며 박<sup>12)</sup>은 충전담 추출방식에 따른 추출기 試作에 관해 보고하였다. 따라서 본 연구에서는 추출공정시 추출수율과 공정효율을 높이기 위한 기초자료로써 차의 추출공정시 품질 및 수율에 많은 영향을 미치는 온도, 초기시료량, 입자크기, 추출시간 등의 변화에 따른 추출량 및 추출

속도 변화 등을 고찰하여 효율적인 추출 공정을 수립하고자 하였다. 아울러 측정된 데이터로 SPSS REGRESSION PROGRAM 등을 이용하여 오차가 적은 범위 내에서 적합한 추출량 예측 Model식과 추출 속도식을 수립하였기에 이에 보고 하고자 한다.

## 材料 및 方法

### 1. 재료

본 실험에 사용된 보리 및 결명자는 경북 농촌진흥원 실험농장에서 1989년 수확한 걸보리와 결명자를 Fig. 1과 같은 볶음장치를 이용하여 보리차의 경우는 설정온도 230°C 까지 가열한 드럼에 보리 500g을 넣고 40rpm의 속도로 회전시키면서 25분간 볶은 후 Hammer mill로 분쇄하여, -6+8, -8+10, -10+14, -14+20mesh(U.S.Sieve Series)로 분급하였으며, 결명자의 경우는 170°C에서 7분간 볶아서 -6+8mesh로 분급하여 시료로 사용하였다.

본 실험에 사용된 볶음보리와 결명자의 수분함량은 각각 7.48, 7.22%이었다.

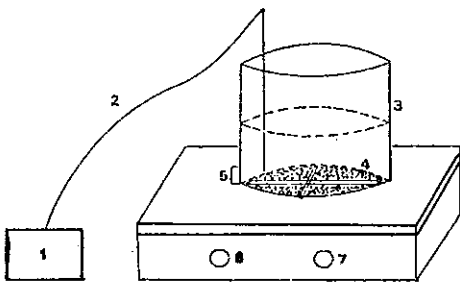


Fig. 1. Schematic diagram of barley and casia tora seeds roaster

1. temp. recorder
2. thermocouple
3. drum
4. impeller
5. feed outlet
6. temp. controller
7. rpm controller

### 2. 추출공정

볶음보리 및 결명자로부터 차성분의 추출량 및 추출속도를 고찰하기 위해 Fig. 2와 같은 회분식 추출장치를 제작하여 사용하였다.

시료 2, 4, 8g을 온도 70, 80, 90, 100°C인 증류수 200ml에 넣어 일정한 온도에서 hot plate magnetic stirrer로 교반하면서 5분에서 120분까지 각각 연속적으로 추출하였다.

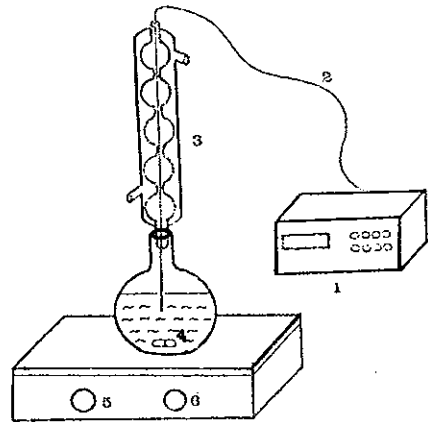


Fig. 2. Schematic diagram of batch system extractor

1. multi channel temperature indicator
2. thermocouple
3. reflux condenser
4. spinbar
5. temp. controller
6. spinbar rpm controller

### 3. 추출액의 수용성 고형분량의 측정

추출한 보리 및 결명자차의 수용성 고형분 정량은 A.O.A.C.법<sup>19)</sup>에 따라 각구간으로 분급된 시료일정량을 설정온도의 증류수에 넣고 일정시간동안 추출한 후 여과(ToYo. No.2)하여 여액 20ml를 취해서 105°C에서 증발·건조시킨후 그 무게를 측정하였다.

### 4. 추출량 예측 모델

추출조내에서 추출량에 영향을 미치는 변수로는 온도, 입자크기, 시간, 교반속도, 초기시료량등으로 보고된<sup>15~19)</sup>바 있어서 본 연

구에서는 추출량을 다음과 같이 온도, 시간, 입자크기, 초기시료량의 함수로 가정하였다.

$$\text{추출량} = f(\text{온도, 시간, 입자크기, 초기시료량})$$

이들 각 독립변수들과 종속변수인 추출량의 측정치로부터 먼저 각 독립변수와 추출량의 그래프를 작성하여 여러가지 함수식을 추정한후 회귀분석을 통해 R-square가 가장 높은식을 취하여 각 독립변수에 대한 함수식으로 정하였다. 다시 이들 각 독립변수의 함수식을 종합한후 다중회귀분석을 통해 오차가 가장 적은 범위에서 모델식을 세웠다.

### 結果 및 考察

#### 1. 입자크기와 추출량과의 관계

증류수의 온도 70°C에서 시료의 입자를 1.

47, 1.91, 2.56, 3.44mm까지 변화시키면서 추출량을 측정하여 이들 실험치로부터 입자크기와 추출량과의 함수관계를 도출해 내기 위해 여러 함수식을 적용해 본 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Values of R-square in each function at various particle diameters

Function	R-Square
f(D)	.95616
f(ln D)	.98713
f(exp D)	.82120
f(D <sup>2</sup> )	.90556

Table 1에 나타난 바와 같이 f(ln D)함수가 가장 높은 R-square값을 나타내었으며 이를 채택하여 다음과 같은 모델식을 세웠다.

Table 2. Coefficient values and R-square for the prediction model of extraction weight on the change of particle diameter

Barley					
N = A <sub>1</sub> ln(D) + A <sub>2</sub>					
Initial Weight (g)	Temp. (°C)	Time (min.)	Coefficient values		R-square
			A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
4	70	5	-0.57571	0.89495	.97070
		10	-0.73359	1.16331	.98085
		20	-0.78643	1.36294	.99417
		30	-0.73415	1.42602	.99904
		40	-0.68427	1.46389	.99521
		50	-0.64339	1.48672	.99914
		60	-0.60666	1.50277	.99980
		80	-0.52571	1.49735	.99672
		100	-0.47629	1.49197	.99621
		120	-0.45296	1.49201	.99320

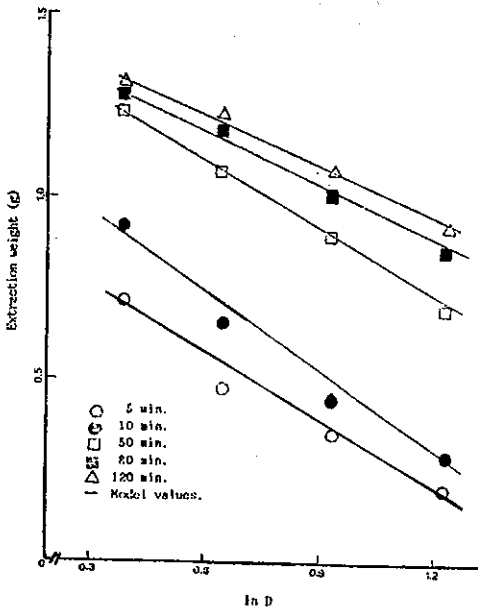


Fig. 3. Comparison of measured and predicted values of extraction weight at the various particle diameters of barley at 70°C

$$N = A_1 \ln(D) + A_2 \dots \dots \dots (1)$$

Where,

N; Extraction weight(g)

D; Particle diameter(mm)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>; Coefficient values

(1)식을 회귀분석하여 입자크기의 변화에 따른 추출량 예측 모델식의 계수 및 R-Square를 구한 결과를 Table 2에 나타내었으며 입자크기의 변화에 따른 실험값과 모델값을 plot한 결과는 Fig. 3과 같다. Fig. 3

에서 나타난 바와 같이 입자가 작을수록 추출량이 증가 하였으며, 이는 입자크기가 작을수록 입자와 용매와의 접촉면적이 증가하고, 용질의 이동거리가 짧아지므로 수용성 고형분의 확산속도가 빨라지기 때문이라 사료된다.

## 2. 온도와 추출량과의 관계

중류수의 온도를 70~100°C까지 10°C간격으로 변화시키면서 추출량을 측정하여 온도와 추출량과의 상관관계를 도출하기 위해 여러식을 적용한 결과를 Table 3에 나타내었으며, 이들 함수들중 R-Square가 가장 높은 f(T<sup>2</sup>)함수를 채택하여 다음과 같은 모델식을 세웠다.

Table 3. Values of R-square in each function at various temperatures

Function	R-Square	
	Barley	Cassia tora seed
f(T)	.91081	.99380
f(ln T)	.88090	.98301
f(exp T)	.86095	.67409
f(T <sup>2</sup> )	.93642	.99911

$$N = A_1(T^2) + A_2 \dots \dots \dots (2)$$

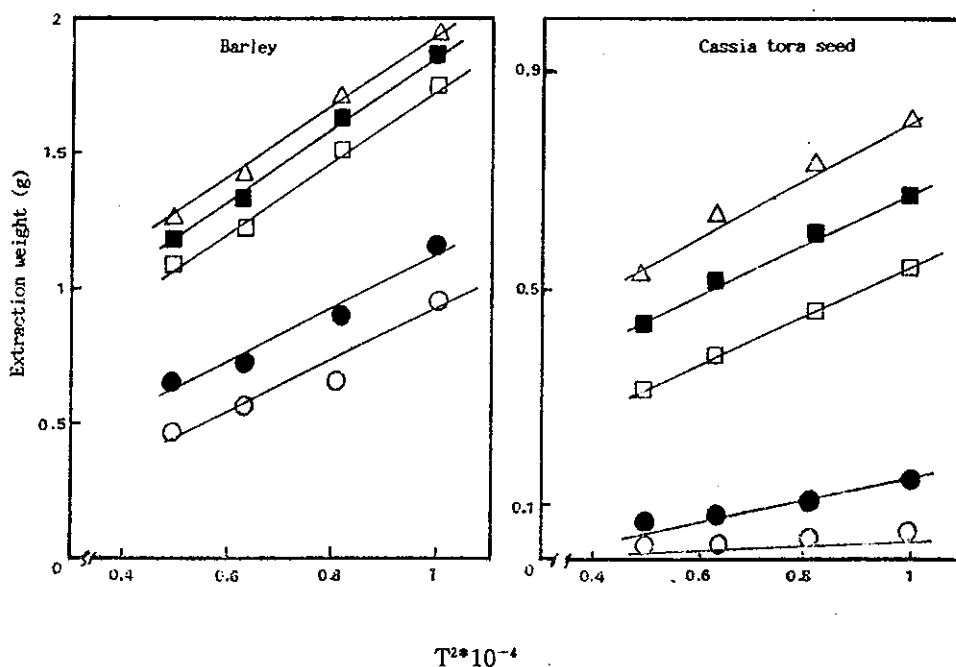
where,

N; Extraction weight(g)

T; Extraction temperature (Temp./100)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>; Coefficient values

(2)식을 회귀분석하여 온도의 변화에 따른 추출량 예측모델식의 계수 및 R-square를 구한 결과를 Table 4에 나타내었으며, 실험값과 모델값을 각 온도에서 plot한 결과는 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 중류수의 온도가 높을 수록 추출량이 증가함을 나타내는데 이는 온도가 높을수록 용액이 용해도와 확산계수가 증가하기 때문이라 사료된다.



○ 5min. ● 10min. □ 50min. ■ 80min. △ 120min. — Model values

Fig. 4. Comparison of measured and predicted values of extraction weight at the various temperatures

Table 4. Coefficient values and R-square for the prediction model of extraction weight on the change of extraction temperature

Time (min.)	Barley			Time (min.)	Cassia tora seed		
	$N = A_1(T^*)^2 + A_2$		R-square		$N = A_1(T^*)^2 + A_2$		R-square
	Coefficient values				Coefficient values		
	$A_1$	$A_2$		$A_1$	$A_2$		
5	0.91667	-0.01050	.93642	5	0.06832	-0.02171	.99911
10	1.00400	0.11606	.95781	10	0.18299	-0.04075	.98362
20	1.21922	0.19212	.97497	20	0.31190	-0.02600	.99547
30	1.23357	0.31557	.98946	30	0.38589	0.00623	.99696
40	1.30562	0.35362	.99425	40	0.45366	0.03081	.99654
50	1.35245	0.38335	.99199	50	0.45369	0.08404	.99855
60	1.36163	0.42470	.99239	60	0.47302	0.12483	.99998
80	1.37516	0.48576	.99339	80	0.48530	0.19430	.99499
100	1.39289	0.50922	.99399	100	0.49883	0.25186	.99170
120	1.40124	0.52409	.99334	120	0.55618	0.26421	.99177

T\*:Temp./100

### 3. 추출시간과 추출량과의 관계

70°C에서 5~120분까지의 추출시간의 변화에 따른 추출량의 상관관계를 검토하기 위해 먼저 여러함수식을 적용해 본 결과를 Table 5에 나타내었다.

Table 5. Values of R-square in each function at various times

Function	R-square	
	Barley	Cassia tora seed
f(t)	.83875	.94607
f(ln t)	.99020	.98137
f(exp(t))	.12128	.67447
f(t <sup>1/2</sup> )	.90156	.99721

Table 5에서 나타난 바와 같이 보리차의 경우는 f(ln t), 결명자차의 경우는 f(t<sup>1/2</sup>) 함수가 가장 높은 R-Square값을 나타내었으므로 이들 함수를 채택하여 다음과 같은 모

델식을 세웠다.

Barley

$$N = A_1 \ln(t) + A_2 \dots \dots \dots (3)$$

Cassia tora seed

$$N = A_1 (t^{1/2}) + A_2 \dots \dots \dots (4)$$

Where,

N; Extraction weight (g)

t; Extraction time (min.)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>; Coefficient values

(3), (4)식을 회귀분석하여 시간에 따른 추출량 예측 모델식의 계수 및 R-Square값을 Table 6에 나타내었다.

70°C에서 추출시간에 대한 보리차 추출량의 변화는 Fig. 5에, 결명자차 추출량의 변화는 Fig. 6에 각각 나타내었다. Fig. 5와 Fig. 6에서 보는 바와 같이 추출량은 보리차와 결명자차에 대하여 각각 ln t, t<sup>1/2</sup>에 비례하여 증가함을 알 수 있었다.

Table 6. Coefficient values and R-square for the prediction model of extraction weight on the change of extraction time

Barley					
N = A <sub>1</sub> ln(t) + A <sub>2</sub>					
Initial Weight (g)	Temp. (°C)	Particle Diameter (mm)	Coefficient A <sub>1</sub>	Values A <sub>2</sub>	R-square
4	70	3.44	0.24501	-0.26482	.97134
		2.56	0.24550	-0.08427	.98971
		1.91	0.24061	-0.10683	.99225
		1.47	0.18581	-0.47893	.95242
Cassia tora seed					
N = A <sub>1</sub> (t) <sup>1/2</sup> + A <sub>2</sub>					
Initial Weight (g)	Temp. (°C)	Particle Diameter (mm)	Coefficient A <sub>1</sub>	Values A <sub>2</sub>	R-square
4	70	3.63	0.06183	-0.13500	.99713

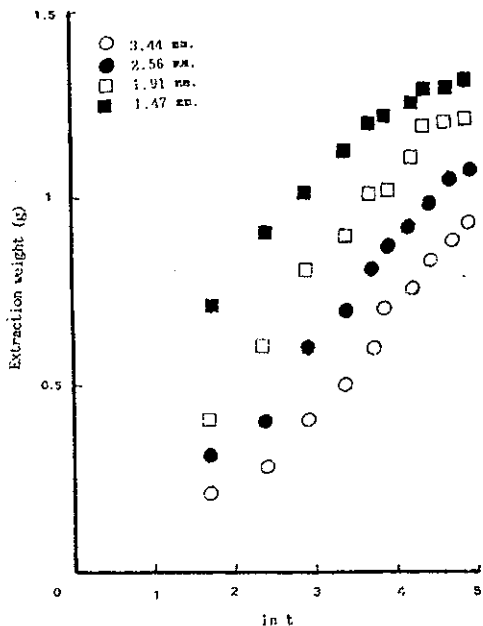


Fig. 5. The values of measured extraction weight at the various extraction times of barley at 70°C

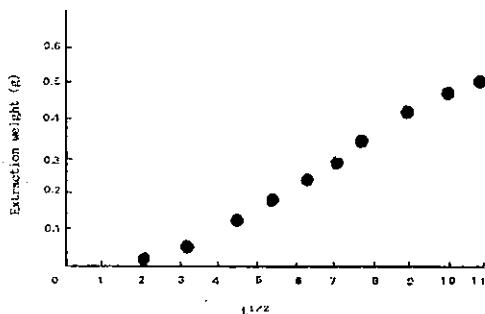


Fig. 6. The values of measured extraction weight at the various extraction times of cassia tora seed at 70°C

#### 4. 초기시료량과 추출량과의 관계

중류수의 온도 90°C에서 초기시료량의 변화에 대한 추출량의 상관관계를 알아보기 위해 여러 함수식을 채택하여 그결과를 Table 7에 나타내었다.

Table 7. Values of R-square in each function at the initial weight

Function	R-square
f(Iw)	.99934
f(ln Iw)	.97319
f(exp Iw)	.88546
f(Iw <sup>1/2</sup> )	.99568

Table 7에 나타난 함수중 f(Iw) 함수를 채택하여 초기시료량에 대한 추출량 예측 모델식을 다음과 같이 세웠다.

$$N = A_1(Iw) + A_2 \dots \dots \dots (5)$$

Where,

N; Extraction weight (g)

Iw; Initial weight (g)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>; coefficient values

식(5)를 회귀분석하여 초기시료량에 대한 추출량 예측모델식의 계수 및 R-square를 구한 결과를 Table 8에 나타내었다. 90°C의 추출용매 200ml에 초기시료량을 2, 4, 8g으로 변화시키면서 측정된 실험값과 모델값을 plot한 결과는 Fig.7과 같다. Fig.7에 나타난 바와 같이 초기시료량의 변화에 따라 추출량이 거의 비례적으로 증가함을 보이는데 이러한 결과로부터 시료와 용매비가 추출공정에서 중요한 변수로 작용함을 알 수 있다. 따라서 추출공정효율은 높이고, 추출시간을 단축시키기 위해서는 적합한 시료용매비를 구하는 것이 선행되어야 할 것으로 사료된다.

#### 5. 추출량 예측 모델

Table 8. Coefficient values and R-square for the prediction model of extraction weight on the change of initial weight

Time (min.)	Barley			Time (min.)	Cassia tora seed		
	N=A <sub>1</sub> (Iw)+A <sub>2</sub>		R-square		N=A <sub>1</sub> (Iw)+A <sub>2</sub>		R-square
	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>			A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
5	0.12175	0.12450	.98474	5	0.02264	-0.49000	.98820
10	0.18432	0.11250	.99565	10	0.03686	-0.05200	.99551
20	0.26026	0.10050	.99836	20	0.03850	-0.03680	.99715
30	0.31614	0.03700	.99897	30	0.09254	-0.06450	.99598
40	0.33286	0.06200	.99934	40	0.11096	-0.05450	.99970
50	0.35299	0.05300	.99923	50	0.12968	-0.06750	.99983
60	0.37018	0.03750	.99935	60	0.13671	-0.04400	.99988
80	0.41093	0.03600	.99987	80	0.15264	-0.03300	.99879
100	0.41731	-0.02750	.99965	100	0.16350	-0.00800	.99863
120	0.41979	-0.01800	.99955	120	0.13860	-0.24000	.99948

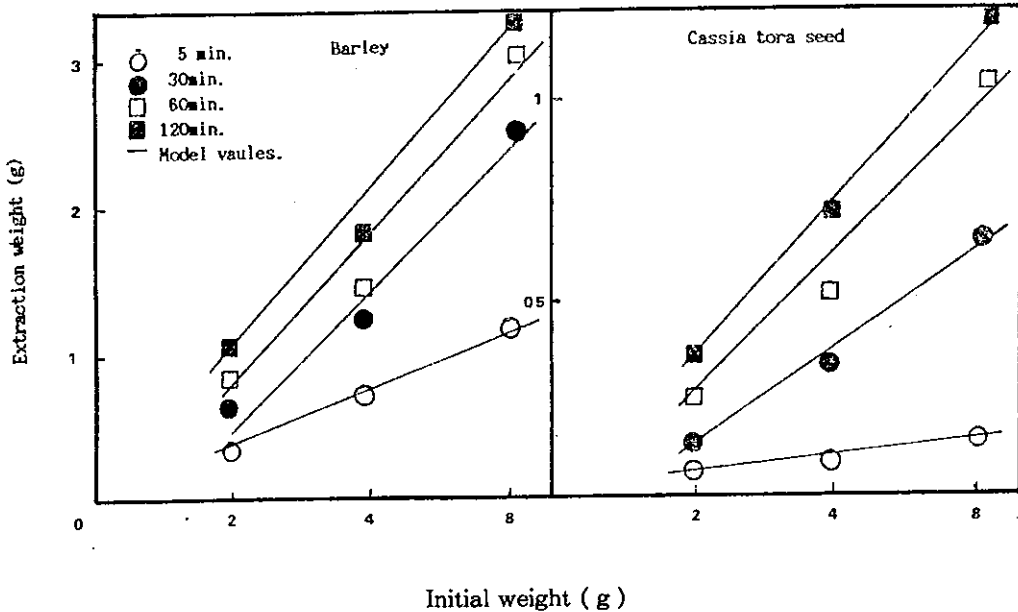


Fig. 7. Comparison of measured and predicted values of extraction weight at various initial weights at 90°C

보리차 및 결명자차의 추출과정시 종속변수 추출량에 대한 각 독립변수들과의 관계로부터 다음과 같은 최종추출량 예측 모델

식을 세웠다. R-Square는 각각 0.93953, 0.90331의 높은 값을 나타내었다.



Cassia tora seed

$$N = A_1(t)^{1/2} + A_2(T)^2 + A_3(Iw) + A_4$$

.....(6)

Barley

$$N = A_1 \ln(t) + A_2 \ln(D) + A_3(T^2) + A_4(Iw) + A_5$$

.....(7)

where,

N; Extraction weight (g)

t; Extraction time (min.)

T; Extraction temperature (temp./100)

Iw; Initial weight (g)

D; Particle diameter (mm)

(6), (7)식을 회귀분석하여 Table 9, 10에 각각의 모델계수값과 R-square값을 나타내었다.

Table 9. Coefficient values and R-square for the final prediction model of extraction weight on Barley

Barley					
$N = A_1 \ln(t) + A_2 \ln(D) + A_3(T)^2 + A_4(Iw) + A_5$					
Coefficient values					R-square
$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	
0.31442	-0.5967	1.20852	0.31552	-1.62934	0.94114

Table 10. Coefficient values and R-square for the final prediction model of extraction weight on Cassia tora seed

Cassia tora seed					
$N = A_1(t)^{1/2} + A_2(T)^2 + A_3(Iw) + A_4$					
Particle Diameter (mm)	Coefficient values				R-square
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	
3.63	0.08226	0.37943	0.10907	-0.89634	0.90638

### 6. 추출속도

추출속도는 용질이 고체내부에서 외부용매로 이동하는 속도를 나타낸것으로 고체입자의 크기, 용매, 추출온도, 및 교반에 의하여 영향을 받는다.

보리차 추출시 추출시간에 따른 추출량의 증가로부터 추출액의 농도를 계산하여 추출시간의 변화에 따른 추출속도식을 구해본 결과 다음과 같은 식을 따랐다.

$$\ln\left(\frac{dc}{dt} \times 10^5\right) = A_1 \ln(t) + A_2$$

.....(8)

Where,

t; Extraction time (min.)

c; Concentration of solution

$A_1, A_2$ ; Coefficient values

(8)식을 이용하여 각 입자의 크기에서 온도의 변화에 따른 추출속도식의 계수값과 R-Square값을 Table 11에 나타내었다.

Table 11에서 보는 바와 같이 입자와 온도에 따라 추출속도는 입자가 작을수록, 온도가 높을수록, 추출속도가 증가함을 보이는데 이는 용질의 용해도와 확산계수가 증가하기 때문이라 사료된다. 입자크기변화에 따른 추출속도 변화는 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 8에 보는 바와 같이 입자크기가 작을수록 추출속도가 증가하는데 이는 입자가 작을수록 입자와 액체의 접촉면적이 증가하여 용질의 이동거리가 짧아지기 때문이라 사료된다.

Table 11. Effect of particle diameter and temperature on extraction rate

Barley					
$\ln\left(\frac{dc}{dt} \times 10^5\right) = A_1 \ln(t) + A_2$					
Initial Weight(g)	Temp. (°C)	Particle Diameter(mm)	Coefficient Values		R-square
			A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	
4	70	3.44	-0.87503	2.17069	.88325
		2.56	-1.13975	3.09120	.92782
		1.91	-1.38288	3.92750	.97049
		1.47	-0.83578	5.13925	.96536
	90	3.44	-1.05716	3.20130	.85411
		2.56	-1.23717	2.81095	.93573

7. 총괄 물질전달 계수

용질의 이동은 고체주위의 액체필름을 통한 저항에 지배된다고 가정하면, 용질의 이동속도는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{dN}{dt} = K_L A (C_s - C) \dots \dots \dots (9)$$

Where,

- N; Extraction weight (g)
- K<sub>L</sub>; overall mass transfer coefficient (cm/min.)
- A; Surface area of particles (cm<sup>2</sup>)
- C; Concentration of solution in the bulk of solution (g/cm<sup>3</sup>)
- C<sub>s</sub>; Concentration of the saturated in contact with the solid (g/cm<sup>3</sup>)
- t; Extraction time(min.)

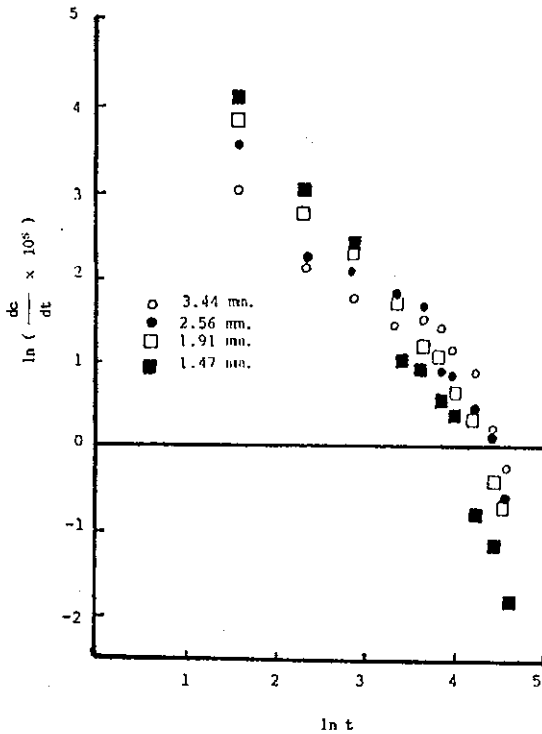


Fig. 8. The changes of extraction rate of barley during extraction at various particle diameters.

식(9)를 이용하여 입자크기에 따른 용질 이동속도식의 계수값과 R-Square을 Table 12에 나타내었다.

Table 12. Effect of particle diameter on overall mass transfer coefficient

Barley						
$\frac{dN}{dt} = K_L A (C_s - C)$						
Initial Weight (g)	Temp. (°C)	Particle Diameter (mm)	Coefficient $K_L A$	values		R-square
				$K_L$	A	
4	70	3.44	4.29320	0.0252696	169.8959	.97110
		2.56	6.30451	0.0275618	229.7409	.95421
		1.91	11.52081	0.0421304	273.4557	.93351
		1.47	19.63548	0.0442620	444.9788	.91020

추출시간에 대한 무차원농도비의 좌표는 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 9는 입자크기에 대한 총괄물질전달계수와의 상관관계를 알아보기 위해 고체표면에서 추출속도가 느리면 고체-액체의 경계면에서 포화용액이 형성되는 것으로 보고 본 실험에서는 추출속도가 현저히 느린 120분을 포화용액으로 간주하여 plot한 것으로 입자가 작을수록 액체와 접촉하는 표면적이 커지므로 총괄 물질전달 계수가 증가 하는 경향을 띠고 있다.

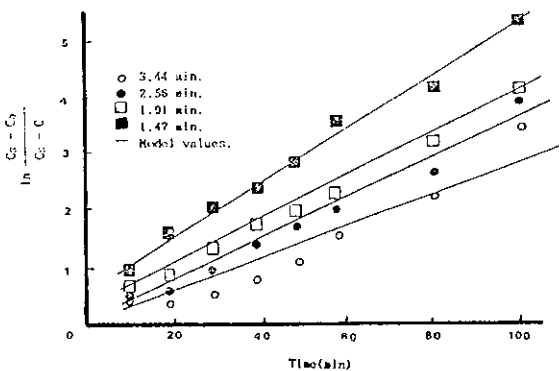


Fig. 9. Plot of  $\ln \frac{C_s - C_o}{C_s - C}$  vs extraction time for determination of  $K_L$  in batch extraction system

### 摘 要

보리차 및 결명자차의 추출 공정중 추출량에 미치는 중요한 인자로는 입자크기, 추출온도, 추출시간, 및 초기시료의 농도 등이 있다. 그리하여 본 연구에서는 상기 추출조건에 따른 추출량을 측정하여 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 추출량 및 추출속도 예측 모델식은 가장 오차가 적은 범위에서 각각의 독립변수에 대한 예측 모델식을 세운후 각 독립변수와의 관계를 종합하여 최종추출량 예측 모델식을 세웠다.
2. 입자의 크기가 총괄 물질전달계수에 미치는 영향은 입자가 작을수록 총괄물질 전달계수가 증가하였다.
3. 추출량은 입자크기가 작을수록, 온도가 높을수록, 시간이 길수록, 초기시료량이 클수록 증가하였다.

### 引用文献

1. 김주신, 1988. 결명자에 대한 수용액중 cholic acid 및 cholesterol 흡착에 관한 연구. 원광대학교 약학과 석사논문
2. 김중만, 김형태, 황신목, 1990. 결명자로부터 인스턴트차 제조, 한국식품과학회지, 22(3), 241-247

3. Wang, P.S., Kato, H. and Fujimaki, M., 1969. Studies on flavor components of roasted barley. Part III. The major volatile basic components, *Agr.Biol. chem.*, 33:1775-1781
4. Wang, P.S., Kato, H. and Fujimaki, M., 1970. Studies on flavor components of roasted barley. Part IV. The volatile sulfur compounds, fatty acids and neutral non-carbonyl oxygenated compounds, *Agr.Biol. Chem.*, 34:561-567
5. Shimizu, Y., Matsuto, S., Mizunuma, Y. and Okada, I., 1970. Studies on the flavors of roasted barley (Magi-Cha) (Part V. Further separation and identification of carbonyl compounds, *Agr. Biol. Chem.*, 34:437-441.
6. Shimizu, Y., Matsuto, S., Mizunuma, Y. and Okada, I., 1970. Studies on the flavors of roasted barley (Magi-Cha), Part VI, Separation and identification of 5-hydroxymaltol, maltol, 5-methylcyclopent-2-en-ol-1-one and other compounds, *Agr. Biol. Chem.*, 34:843-847.
7. Collins, E., 1971. Steam volatile compounds of roasted barley, *J. Agr. Food Chem.*, 19 : 533
8. 서정석, 전재근, 1981. 볶음보리의 색도 및 가용성 고형분 함량과 볶음조건과의 관계, *한국식품과학회지*, 13(4), 334-339
9. 윤석권, 김우정, 1989. 보리의 볶음조건이 보리차의 품질 및 수율에 미치는 영향. *한국 식품과학회지*, 21(4), 575-581
10. 이정철, 전재근, 1983. 이류식 노출에서 보리차 추출액의 농도 및 분무압력이 분무화에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, 15(4), 342-347
11. 이정철, 전재근, 1983. 이류식 노출을 이용한 보리차 추출액의 분무에 관한 연구, *한국식품과학회지*, 15(4), 348-354
12. 박상기, 1985. 원통형 충전탑에서 보리차의 추출기작 규명, 서울대학교 박사학위논문
13. A.O.A.C, 1990. Official method of analysis, 15th Ed. Association of official Analytical Chemists, INC., pp. 317
14. Foust, A.S., Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L. and Anderson, L.B., 1960. Principles of Unit Operation, 2nd Ed. : pp523-538
15. 渡邊尙彦, 高井陸雄, 三掘友雄, 長谷用浩, 1984. 破碎漁肉からの水溶性タンパク質の溶出速度におよぼ攪拌の効果. *日本食品工業學會誌*. 31(5), 327-332
16. Sivetz, M. and Foote, H.E., 1963. Coffee processing technology, Vol. 1, AVI
17. Sivetz, M. and Foote, H.E., 1963. Coffee processing technology, Vol. 2, AVI
18. 전재근, 1987. 식품공학, 개문사 : pp.185-271
19. 변유량, 1982. 식품공학, 탐출판사 : pp. 265-271