

# 보리수 나무 열매로부터 라이코펜 생산을 위한 효소 분해 및 유기용매 추출 복합 공정의 최적화

오윤혜<sup>2</sup>, 이주미<sup>2</sup>, 채희정<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>호서대학교 식품제약공학부, <sup>2</sup>호서대학교 식품생물공학과

## Optimization of Combined Process of Enzymatic Hydrolysis and Solvent Extraction for Production of Lycopene from *Elaeagnus umbellata*

Yun Hye Oh<sup>2</sup>, Ju Mi Lee<sup>2</sup>, Hee Jeong Chae<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food and Pharmaceutical Engineering, Hoseo University

<sup>2</sup>Department of Food and Biotechnology, Hoseo University

**요약** 보리수 나무 열매로부터 효소 분해 및 유기용매 추출의 복합 공정에 의한 라이코펜의 생산 조건을 최적화하였다. 보리수 나무의 열매를 증류수에 현탁하여 Celluclast, Ceremix, AMG, Viscozyme, Promozyne, Pectinex, Tunicase 및 Ultraflo와 같은 가수분해 효소를 사용하여 효소 반응을 수행하였고 효소 반응액을 에틸아세테이트, 아세트, 클로로포름 및 헥산과 같은 유기 용매로 추출하였다. 가수분해 효소 중 Ceremix 복합 효소를 사용하고, 추출 용매는 클로로포름을 이용하여 추출하였을 때 가장 높은 lycopene 추출률을 나타냈다. 보리수 나무 열매의 효소처리 조건 최적화를 위해 실험계획법을 이용한 결과, 효소 반응의 pH는 5.5로, 반응 온도는 54.4°C로, 효소 첨가 농도는 0.58%로 하였을 때 lycopene 추출률이 가장 높았고 이 때 lycopene의 함량은 22.6 mg/100g을 나타냈다. 이와 같이 효소적 가수분해 공정과 유기 용매 추출 공정을 결합하여 활용하는 복합 공정은 기존 용매추출법에 비해 유효성분인 lycopene의 수율을 2.3배 증가시켰다. 이는 향후 바이오헬스 케어 제품의 기능성 소재로의 개발에 응용할 수 있는 결과라고 사료된다.

**Abstract** This study was undertaken to optimize combining the processes of enzymatic hydrolysis and extraction for lycopene production from autumn olive berry. The autumn olive berry was pulverized and suspended in water, followed by treatment with various hydrolytic enzymes including Ceremix, Celluclast, AMG, Viscozyme, Pectinex, Promozyne, Ultraflo and Tunicase. Reaction solutions were subjected to extraction by applying different organic solvents including acetone, ethyl acetate, hexane and chloroform. Highest yields of lycopene extraction were obtained with the Ceremix (hydrolysis enzyme) and chloroform (extraction solvent) combination. Subsequently, using this ideal combination, enzymatic hydrolysis conditions, including enzyme concentration, pH and temperature, were statistically optimized to 0.58%, 5.5 and 54.4°C, respectively, by applying the response surface method. The lycopene extraction yield increased 2.3-fold (22.6 mg/100g) by using the selected combined process. We propose that these results could be used for the future development of bioactive materials required for bio-health care products.

**Keywords** : Autumn Olive Berry, Lycopene, Enzymatic hydrolysis, Extraction, Optimization

본 논문은 제 1저자의 석사학위논문을 재구성하여 제출한 것임.

\*Corresponding Author : Hee Jeong Chae(Hoseo Univ.)

email: hjchae@hoseo.edu

Received January 6, 2020

Accepted April 3, 2020

Revised February 10, 2020

Published April 30, 2020

## 1. 서론

보리수 나무(*Elaeagnus umbellata*)는 보리수 나무과에 속하는 식물로서 과수 또는 관상용으로 재배되거나 야생에 분포되어 있다. 접핵과의 일종인 보리수 나무의 열매는 5-7월에 개화하는 것으로 알려져 있으며, 1.5 cm의 긴 타원형으로 단맛과 다소 뚝은 맛을 가지며 식용이 가능하다[1]. 최근에는 경남 지역에서 재배가 주로 이루어지고 있으며, 농약이나 화학비료를 주지 않고도 잘 자라고 특별한 관리를 요구하지 않기 때문에 무농약, 유기농 과실로 재배하기 좋은 것으로 알려져 있다.

보리수 나무 열매의 수분 함량, 탄수화물 함량, 단백질 함량, 지방 함량 및 회분 함량은 각각 77.90%, 17.97%, 2.56%, 0.82% 및 0.75%로 보고되어 있으며[2], 페놀류 23.3 mg/g, 플라보노이드류 3.6 mg/g, 카르티노이드류 19.9 mg/g, 탄닌 126.5 mg/g을 함유하고 있다고 알려져 있다[3]. 또한 보리수 나무 열매에는 토마토보다 약 4 배 이상의 lycopene 함량이 함유되어 있다고 보고되었으며[2], Fordharm[4]은 15-54 mg%의 lycopene이 보리수 나무 열매에 함유되어 있다고 보고하였다.

Lycopene( $C_{40}H_{56}$ )은 지용성 불포화 이소프렌 단위로 구성된 테트라페르펜 구조로 알려져 있다. 천연의 lycopene은 all-trans 구조를 가지며 11개의 공액 이중 결합 및 2개의 비공액 이중결합으로 구성되어 비극성을 띤다. Lycopene은 탄소와 수소로만 이루어진 카로틴(carotene)류로 분류되며, 항산화 물질로 알려져 있다. Lycopene은 체내에서 생합성되기 보다는 토마토, 살구, 수박 등을 통하여 섭취되며[5], Lycopene의 항산화 활성은 동맥경화증, 관절염, 암 등과 같은 질병 유발 산화적 스트레스로부터 신체를 방어하는데 작용한다고 알려져 있다[5, 6].

Lycopene은 용매를 사용하여 추출하는 것이 가장 통상적인 방법이며 수율 증가를 위하여 초고압추출[7], 초임계추출[2] 등 연구가 진행되었다. 식품, 화장품 등의 바이오산업 분야에서의 효소 사용은 원료로부터 기능성 물질을 추출하기 위해 이용되고 있다. 효소는 높은 분자량을 가진 물질을 가수분해하여 저분자화하려는 목적으로 사용되기도 하며, 기능성 향상 및 기능성 물질의 추출 수율을 향상을 위해 활용되기도 한다. Choi[8]는 연잎으로부터 폴리페놀을 추출하는데 있어서 Ceremix, Pentopan 등의 효소로 처리한 경우 항산화 효과와 총 폴리페놀의 추출 수율이 높아졌다고 보고하였다. Yoo[9]는 열수를 이용하여 추출한 당근 추출물보다 protopectinase 효소

를 이용하여 당근 추출물을 제조한 경우  $\beta$ -carotene 함량이 약 2배 증가하였다고 보고한 바 있다.

카로테노이드 등 비극성을 갖는 기능성 물질을 추출하는 경우 물 대신 헥산, 클로로포름, 에틸아세테이트와 같은 비극성 유기용매를 사용하는 것이 일반적이다.

본 연구에서는 보리수 나무 열매로부터 지용성인 lycopene을 유기용매 추출공정과 효소적 가수분해공정을 결합하여 추출률을 향상시키고자 하였다.

또한 보리수 나무 열매의 lycopene 고효율 추출을 위한 효소처리 공정을 최적화하기 위하여 반응표면분석법을 이용해 pH, 반응 온도 및 효소 농도와 같은 조건을 최적화하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 재료

보리수 나무 열매는 경상남도 고성에서 구입하여 사용하였으며, 동결건조 후 0.425 mm 이하의 크기로 분쇄 후 전처리하여 사용하였다. 정제수, 아세톤, 헥산, 클로로포름, 에틸아세테이트는 Sigma사(MO, USA), Burdick & Jackson사(MI, USA)로 HPLC급을 사용하였다. 효소 Celluclast, Ceremix, AMG, Viscozyme, Promozyme, Pectinex, Ultraflo는 Novozyme A/S(Copenhagen, Denmark)의 제품을 사용하였고, Diawakase사(Okazaki, Japan)의 Tunicase를 사용하였다. 그 외 시약은 1급 이상의 것을 사용하였다.

### 2.2 추출 실험

분쇄 시료 분말에 아세톤, 헥산, 클로로포름, 에틸아세테이트 등의 유기용매를 각각 1 : 25(w/v) 비율로 첨가하여 2시간 동안 25°C에서 진탕 추출하였다. 추출액을 20분간 3,200 rpm에서 원심분리하여 얻은 상등액을 감압 여과 후 진공농축기(BioTron, Korea)를 이용하여 진공농축한 후 lycopene의 함량을 분석하였다. Lycopene 함량 분석 실험은 3회 반복하여 측정하였다.

### 2.3 효소 처리

시료에 정제수를 1 : 200(w/v) 비율로 넣고 효소 8종(Celluclast, Ceremix, AMG, Viscozyme, Promozyme, Pectinex, Tunicase, Ultraflo)을 시료 중량 대비 각각 1%씩 첨가하고 진탕배양기로 1시간 30분 동안 50°C에

서 효소 반응을 수행한 후 여과하였다. 침전물을 회수하여 1 : 25(w/v) 비율로 클로로포름을 첨가한 후 2시간 동안 25℃에서 추출하였다. 원심분리하여 얻은 상등액을 취해 여과 후 진공 농축하여 lycopene의 함량을 3회 반복하여 분석하였다.

### 2.4 lycopene의 HPLC 분석조건

추출 조건을 달리한 보리수 나무 열매 추출물은 Kim[10]의 방법을 변형하여 Oh[11]의 방법으로 HPLC(Agilent 1100, Agilent Technologies, CA, USA)를 사용하여 분석하였다.

### 2.5 실험계획법을 이용한 추출공정 최적화

효소처리 조건의 최적화를 위해 중심합성계획법(central composite design)으로 실험설계를 하였다. 독립변수(Xn)는 효소 농도(X<sub>1</sub>), 반응 온도(X<sub>2</sub>), pH(X<sub>3</sub>)로 3가지를 선정하여 각각 -1, 0, 1의 3단계로 부호화하였고, 17가지의 추출 조건으로 실험을 설계하였다. 또한 lycopene 회수율(Y<sub>1</sub>)을 종속변수(Y<sub>n</sub>)으로 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 용매 선정

보리수 나무 열매로부터 lycopene을 아세톤, 헥산, 클로로포름 및 에틸아세테이트로 추출하여 제조한 추출물의 lycopene 함량은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 클로로포름 추출물이 12.2 mg/100g로 가장 높은 lycopene 함량을 보였으며, 나머지 아세톤, 헥산, 에틸아세테이트

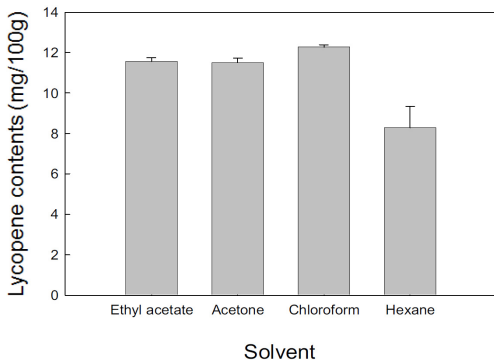


Fig. 1. The lycopene extraction yields from autumn olive berry by the treatment with different solvents

의 lycopene 함량은 각각 11.1, 9.6, 11.3 mg/100g이었다. Lycopene은 구조상 이중결합 수가 많아 분자 내 전자들이 치우치지 않고 고루 분포되어 있어 비극성을 띤다. 따라서 비극성 용매인 클로로포름으로 추출할 때 lycopene의 수율이 가장 높게 나타난 것으로 판단된다. 또한 클로로포름과 비슷한 극성의 용매인 에틸아세테이트와 아세톤이 클로로포름과 유사한 추출수율을 나타냈다.

### 3.2 효소 선정

Lycopene의 추출 수율을 향상시키기 위해 효소 8종(Celluclast, Ceremix, AMG, Viscozyme, Promozyme, Pectinex, Tunicase, Ultraflo)으로 각각 처리한 후 lycopene을 정량분석하고 추출물을 조사하였다. 효소에 따른 lycopene 추출률을 검토한 결과, Fig. 2에서 보는 바와 같이 효소 비처리군에 비하여 모든 효소 처리군은 lycopene 추출률이 높았고, 특히 Ceremix 처리군의 경우 효소 비처리군에 비해 약 1.7배 추출률이 향상되었다.

Ceremix 처리군 다음으로 Pectinex 처리군의 추출률이 높았으며, Yoo[9]의 연구에 의하면 열수추출한 당근보다 protopectinase를 처리한 당근에서 항산화 활성 및 베타카로틴이 증가하였다고 보고한 바 있다. 또한 Pectinex 처리 콩나물의 이소플라본 및 총 페놀 함량이 초고압 처리 콩나물이나 열수추출 콩나물보다 높아진 것을 보고한 바 있는데[12], 본 연구에서도 유사하게 Ceremix와 Pectinex 효소처리군에서 추출률이 높아진 것으로 판단된다. 이 중 Ceremix는 cellulase, pentosanase 등을 함유하는 복합 효소이며 Pectinex의 경우는 cellulase, pectin esterase 등을 주요 구성

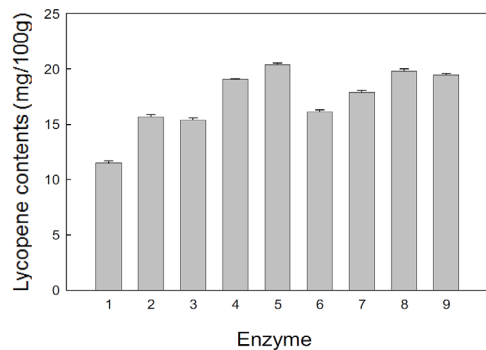


Fig. 2. Lycopene extraction yields from autumn olive berry using various enzymes. (1) Control; (2) Celluclast; (3) AMG; (4) Promozyme; (5) Ceremix; (6) Viscozyme; (7) Ultraflo; (8) Pectinex; (9) Tunicase.

효소로 하는 복합 효소이므로 보리수 열매의 세포벽 성분인 cellulose와 pectin을 분해함으로써 추출률이 높아진 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 Ceremix를 이용하여 효소 추출한 후 용매 추출하는 복합 공정을 사용함으로써 lycopene의 추출률을 크게 향상시킬 수 있는 것으로 확인하였다.

### 3.3 실험계획법을 이용한 추출 조건 최적화

보리수 나무 열매의 효소 처리조건 최적화를 위해 반응표면분석법을 적용하였다. 반응표면분석법이란 독립변수와 종속변수 간 함수관계를 데이터로부터 추정하여 실험법에 영향을 주는 인자를 찾은 후 중요 인자를 이용하여 최적화 조건을 예측하는 분석법으로, 독립변수의 변화에 따라 반응(종속변수의 값)이 어떻게 달라지는가를 예측하는 것이 목적이다. 또한 최소한의 실험으로 최적화를 진행하는 방법으로, 실험에 소요되는 시간 및 비용 등을 절약할 수 있다는 장점이 있다.

Table 1에서 보는 바와 같이 종속변수로 lycopene 함량을 선정하였고, 효소 농도( $X_1$ ), 효소 반응온도( $X_2$ ) 및 pH( $X_3$ )를 독립변수로 선정하였다. 독립변수(효소 농도, 효소 반응온도, pH)에 대한 종속변수(lycopene 함량)의 회귀방정식을 얻은 후, ANOVA 분산분석을 이용하여 독립변수와 종속변수 간의 상호관계를 확인한 결과는 Table 2와 같다.

보리수 나무 열매 추출물의 lycopene 함량에 대한 반응표면분석을 실시한 결과, lycopene 함량은 18.7-24.4 mg/100g의 범위로 분석되었으며, 반응표면 회귀식의 상관관계( $R^2$ )는 0.9333의 값으로 상대적 적합도가 높았으며 이에 따른 반응표면 회귀식을 Table 3과 같이 얻을 수 있었다.

Table 1. Independent variable and their corresponding levels for experimental design

Factor	Unit	Low level (-1)	High level
Enzyme concentration	%	0.5	2
Enzyme reaction temperature	℃	35	70
pH	-	3	7

Table 2. RSM-central composite design for the lycopene extraction

Exp. No.	Type	Independent			Response
		Concentration (%)	Time (min)	pH (-)	Lycopene contents (mg/100g)
1	Axial	1.05	35	5	18.74
2	Axial	1.05	52.5	3	20.28
3	Axial	0.1	52.5	5	24.38
4	Axial	2	52.5	5	22.12
5	Axial	1.05	52.5	7	21.54
6	Axial	1.05	70	5	19.9
7	Center	1.05	52.5	5	23.1
8	Center	1.05	52.5	5	23.95
9	Center	1.05	52.5	5	23.39
10	Fact	0.58	43.75	4	20.63
11	Fact	1.52	43.75	4	19.64
12	Fact	1.52	43.75	6	20.57
13	Fact	0.58	43.75	6	21.62
14	Fact	1.52	61.25	4	20.48
11	Fact	1.52	43.75	4	19.64
12	Fact	1.52	43.75	6	20.57
13	Fact	0.58	43.75	6	21.62
14	Fact	1.52	61.25	4	20.48
15	Fact	0.58	61.25	4	21
16	Fact	1.52	61.25	6	22
17	Fact	0.58	61.25	6	23.12

Table 3. Polynomial equations for the lycopene extraction condition from autumn olive berry

Response	Second order polynomials	$R^2$	Significant
Yield	$\begin{aligned} & \text{Lycopene} = \\ & +23.27-0.51X_1+0.4X_2 \\ & +0.51X_3-0.084X_1^2-1.07X_2^2 \\ & -0.67X_3^2+0.050X_1X_2 \\ & -0.083X_1X_3+0.21X_2X_3 \end{aligned}$	0.9333	0.0024

Table 4는 ANOVA 분산분석 결과로서 효소 농도 ( $X_1$ ), 효소 반응온도( $X_2$ ), pH( $X_3$ )는 모두 5% 이내의 유의 수준에서 유의성이 있는 것으로 판단되었다.

Table 4. ANOVA analysis of the model for the extraction condition of lycopene from autumn olive berry

Source	DF	F-Value	Prob >F
Model	9	10.89	0.0024
$X_1$	1	10.59	0.0140
$X_2$	1	6.57	0.0374
$X_3$	1	10.28	0.0149
$X_1^2$	1	0.34	0.5762
$X_2^2$	1	55.48	0.0001
$X_3^2$	1	21.83	0.0023

3개의 독립 변수 중 lycopene( $Y_1$ )의 효소 농도( $X_1$ )가 추출률에 크게 영향을 미치는 인자인 것으로 확인되었다. 효소 농도( $X_1$ ), 반응온도( $X_2$ ), 및 pH( $X_3$ ) 간의 상관관계를 분석한 결과, Fig. 3에서 보는 바와 같이 효소 농도( $X_1$ ) = 0.58일 때 효소 반응온도( $X_2$ )가 증가할수록 lycopene( $Y_1$ )의 함량은 증가하다가 감소하는 것으로 확인하였다. 이는 lycopene이 빛과 열 등에 민감하여, 오랜 시간 동안 높은 온도에서 추출되면서 lycopene이 파괴된 것으로 판단된다.

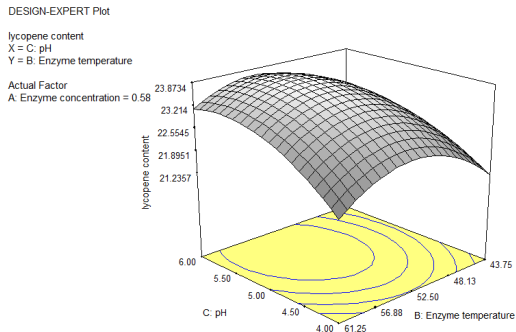


Fig. 3. Interaction graphs of enzyme concentration, reaction temperature and pH in lycopene extraction from autumn olive berry

Lycopene의 함량에 대한 최적화된 조건의 결과 및 나선분석의 결과 Table 5와 Fig. 4에서 보는 바와 같이,  $X_1=0.58$ ,  $X_2=54.4$ ,  $X_3=5.5$ 에서 최적화된 값으로 23.9 mg/100g으로 예측되었다.

최적화된 조건 및 예측치의 재현성을 확인한 결과, lycopene의 추출 함량은 22.6 mg/100g이었다. 예측된 값과 94.6%의 일치함을 확인하였고, 이로부터 Table 5에서 보는 바와 같이 중심합성계획법에 의해 예측된 결과와 실제 실험결과 간에 높은 신뢰성이 있음을 검증하였다.

Kang[2]의 연구에 따르면 효소처리 하지 않고 클로로포름만으로 추출한 lycopene 함량은 9.7 mg/100g이었으며, 초임계 추출법으로 추출된 lycopene 함량은 15.2 mg/100g이었는데, 본 연구에서와 같이 Ceremix 효소를 이용한 lycopene 추출법은 유기용매 추출법에 비해 234%, 초임계 lycopene 추출법에 비해 수율이 147% 증가함을 확인하였다.

결론적으로 반응표면분석법에 의한 효소처리 공정 최적화를 통하여 lycopene 추출률을 향상시킬 수 있었으며, 이를 향산화, 혈당조절, 항암 등의 기능을 갖는 바이오헬스케어용 기능성 소재의 개발에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

Table 5. Model-estimated extraction yield and experimentally determined value for lycopene extraction using the optimized conditions

Condition	Optimum conditions	Predicted Value (mg/100g)	Actual value (mg/100g)	Validity (%)
Enzyme concentration (%)	0.58			
Reaction temperature (°C)	54.4	23.9	22.6	94.58
pH	5.5			

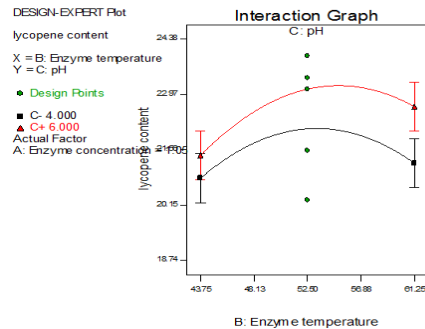
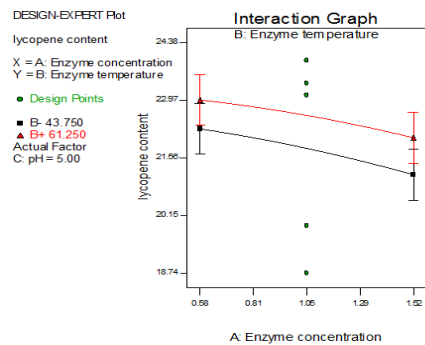


Fig. 4. Interaction graphs of enzyme concentration, reaction temperature and pH in lycopene extraction from autumn olive berry

#### 4. 결론

본 연구에서는 보리수 나무 열매로부터 기능성 물질인 lycopene을 생산하기 위한 공정으로 효소적 가수분해공정과 용매추출공정이 결합된 복합 공정을 제안하였으며, 생산공정을 반응표면분석법을 이용하여 최적화하였다. 먼저, lycopene 추출 용매로는 클로로포름이 가장 높은

추출률을 보였으며, 추출 수율을 향상시키기 위하여 세포벽 분해효소 8종 중 Ceremix가 가장 높은 추출률을 나타냈다. 반응표면분석법에 의한 효소처리 공정 최적화 조건은 효소 농도 0.58%, 반응 온도 54.4℃, 반응 pH 5.5로 나타났다. 최적화된 조건 및 예측치의 재현성을 확인한 결과, lycopene의 추출 함량은 22.6 mg/100g으로 예측된 값과 94.58% 일치함을 확인하였다. 효소적 가수분해공정과 추출공정이 결합된 공정을 통하여 기존의 용매추출법이나 초음파추출법에 비하여 향상된 추출률을 얻을 수 있었다.

## References

- [1] R. Pei, M. Yu, R. Bruno, B. W. Bolling, "Phenolic and tocopherol content of autumn olive(*Elaeagnus umbellata*) berries", *Journal of Functional Foods*, Vol.16, pp.305-314, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.04.028>
- [2] H. S. Kang, *Optimization of Lycopene Extraction Process from Fruit of Autumn Olive and Biological Activity Evaluation*, Master's thesis, Hoseo University, Asan, Korea, 2012.
- [3] K. F. Khattak, "Free radical scavenging activity, phytochemical composition and nutrient analysis of *Elaeagnus umbellata* berry", *Journal of Medicinal Plant Research*, Vol.6, No.39, pp.5196-5203, 2012.  
DOI: <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1128>
- [4] I. M. Fordham, B. A. Clevidence, E. R. Wiley, R. H. Zimmerman, "Fruit of autumn olive: a rich source of lycopene", *Hortscience*, Vol.36, No.6, pp.1136-1137, 2001.  
DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.36.6.1136>
- [5] J. G. Cho, S. H. Kim, J. H. Seo, S. Y. Ahn, E. S. Jeong, H. Y. Park, "Novel function of lycopene in vascular endothelial cell", *Journal of Life Science*, Vol.20, No.7, pp.1093-1099, 2010.  
DOI: <https://doi.org/10.5352/JLS.2010.20.7.1093>
- [6] S. P. Wolff, Z. Y. Jiang, J. V. Hunt, "Protein glycation and oxidative stress in diabetes mellitus", *Free Radical Biology and Medicine*, Vol.10, No.5, pp.339-352, 1991.  
DOI: [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(91\)90040-A](https://doi.org/10.1016/0891-5849(91)90040-A)
- [7] I. F. Strati, E. Gogou, V. Oreopoulou, "Enzyme and high pressure assisted extraction of carotenoids from tomato waste", *Food and Bioproducts Processing*, Vol.94, pp.668-674, 2015.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.09.012>
- [8] S. J. Choi, S. Y. Kim, S. C. Lee, J. M. Lee, I. S. Lee, M. Y. Jung, S. M. Yang, H. J. Chae, "Anti-oxidant and whitening effects of cell lytic enzyme-treated lotus leaf extract", *The Korean Society for Biotechnology and Bioengineering*, Vol.24, No.6, pp.579-583, 2009.
- [9] J. K. Yoo, J. H. Lee, H. Y. Cho, J. G. Kim, "Change of antioxidant activities in carrots (*Daucus carota* var. *sativa*) with enzyme treatment", *The Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.42, No.2, pp.262-267, 2013.  
DOI: <https://doi.org/10.3746/jkfn.2013.42.2.262>
- [10] H. K. Kim, J. H. Chun, S. J. Kim, "Method development and analysis of carotenoid compositions in various tomatoes", *Korean Journal of Environmental Agriculture*, Vol.34, No.3, pp.196-203, 2015.  
DOI: <https://doi.org/10.5338/KJEA.2015.34.3.23>
- [11] Y. H. Oh, *Process Optimization of Enzymatic Extraction of Lycopene from Autumn Olive Fruit and its Stabilization by Nano-emulsion*, Master's thesis, Hoseo university, Asan, Korea, 2016.
- [12] H. M. Sung, S. J. Kim, K. M. Yun, H. J. Jung, T. Y. Kim, J. H. Wee, "Antioxidant activity of soy-sprout extracts prepared by enzyme and ultra high pressure", *The Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.43, No.8, pp.1228-1235, 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.3746/jkfn.2014.43.8.1228>

### 오 윤 혜(Yun Hye Oh)

[정회원]



- 2015년 2월 : 호서대학교 식품생물공학과 (학사)
- 2017년 2월 : 호서대학교 일반대학원 식품생물공학과 (석사)
- 2017년 4월 ~ 2019년 5월 : (주)제이비케이랩 연구원
- 2019년 7월 ~ 현재 : (주)헬스밸런스 연구원

<관심분야>

기능성 소재

### 이 주 미(Ju Mi Lee)

[준회원]



- 2019년 2월 : 호서대학교 식품공학과 (학사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 일반대학원 식품생물공학과 (석사)

<관심분야>

기능성 소재

채 희 정(Hee Jeong Chae)

[정회원]



- 1991년 2월 : 서울대학교 화학공학  
학과 (석사)
- 1995년 2월 : 서울대학교 화학공학  
학과 (박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 호서대학교  
식품제약공학부 교수

〈관심분야〉

식품가공, 기능성 소재