

초음파 처리 키토산과 메일라드 반응액 혼합물에 의한 tyrosinase 억제 활성 및 항균력 분석

김경자^{1*}, 양용준²

¹순천향대학교 자연과학대학 생명공학과, ²상명대학교 식물산업공학과

Tyrosinase inhibitory activity and antimicrobial activity by mixtures of ultrasonicated chitosan and Maillard reaction products

Kyoung-Ja Kim^{1*} and Yong-Joon Yang²

¹Dept. of Biotechnology, College of Natural Science, Soonchunhyang University

²Dept. of Plant Science and Technology, Sangmyung University

요 약 본 연구의 목적은 초음파 처리 키토산과 메일라드 반응액 혼합물에 의한 tyrosinase 억제 활성과 항균력을 조사하고자 하였다. 감자로부터 tyrosinase를 분리하여 SDS-PAGE후 일반 단백질 염색과 tyrosinase 활성 염색을 행하여 tyrosinase를 확인하였다. 여러 가지 당 (glucose, fructose, galactose, xylose, arabinose or ribose)과 cystein과의 반응으로 생성된 메일라드 반응 산물의 tyrosinase 억제 활성을 비교한 결과, glucose과 cystein 반응으로 생성된 메일라드 반응 산물의 tyrosinase 억제 활성이 가장 높은 것으로 나타났다. 0.5% 아세트산에 녹인 1% 키토산을 시간별로 초음파 처리한 후 항균력을 조사한 결과 1 시간 이상 초음파 처리한 경우 *E. coli* 균주 와 *S. aureus* 균주에서 억제 활성을 보였다. 같은 억제 활성과 항균력을 가진 혼합물 제조를 위하여 초음파 처리 키토산과 메일라드 반응액을 혼합비를 달리하여 조사한 결과 부피 비로 1 : 1 로 혼합한 경우가 tyrosinase 억제 활성과 항균력이 가장 효과가 높은 것으로 조사되었다.

Abstract The aim of this study was to investigate the tyrosinase inhibitory activity and antimicrobial activity by mixtures of ultrasonicated chitosan and Maillard reaction products. Analysis of tyrosinase was purified from potato and confirmed by active staining after SDS-PAGE. Maillard reaction products (MRPs) were formed from various sugars (glucose, fructose, galactose, xylose, arabinose or ribose) and cystein. MRPs inhibited the tyrosinase purified from potato. The highest tyrosinase inhibitory activity was shown by MRP from glucose and cystein. Ultrasonicated chitosan (over 1 hr) showed antimicrobial activity at the concentration of 1% against *E. coli* and *S. aureus*. For the development of antibrowning agent with antimicrobial activity, tyrosinase inhibitory and antimicrobial activity by the mixtures of ultrasonicated chitosan and MRP were tested. 1:1 mixture of ultrasonicated chitosan and MRP from glucose and cystein was the best antibrowning agent having antimicrobial activity.

Key Words : tyrosinase inhibitory activity, antimicrobial activity, ultrasonicated chitosan, Maillard reaction products, antibrowning agent

1. 서 론

신선편이 채소 및 과일에 대한 소비자들의 요구가 늘

아짐에 따라 신선편이 제품의 제조 공정중 절단 등으로 인한 조직 손상으로 제품의 색의 변화와 미생물 번식 등이 중요한 문제로 대두 되고 있다. 특히 절단 및 박피한

본 논문은 농촌진흥청에서 시행한 2008-2010년도 농업과학기술개발공동연구사업 연구비지원으로 수행되었음.

*교신저자 : 김경자(kyoungjakim@hotmail.com)

접수일 10년 05년 03일

수정일 10년 07월 03일

게재확정일 10년 07월 06일

최소 가공 제품의 표면 갈변[1]은 매우 중요한 지표로 작용하여 상품성을 좌우하는 중요한 요인이 된다.

효소적 혹은 비효소적 갈변은 절단 직후 발생하는 경우가 많다. 갈변 반응은 주로 tyrosinase에 의한 phenol성 화합물이 산화되어 o-quinone과 같은 화합물을 만들기 때문이며, 이렇게 만들어진 quinone류는 중합되어 짙은 갈색의 중합물을 만든다[2]. 이러한 갈변 반응으로 신선편이 채소, 과일류의 상품성이 떨어지게 된다[3]. Tyrosinase(monophenol, dihydroxy-L-phenylalanine:oxygen oxidoreductase, EC 1.14.18.1)는 넓은 범위의 페놀 화합물을 기질로 이용하는 구리 함유 효소[4,5]로 polyphenol oxidase(PPO), polyphenolase 등의 명칭으로 혼용되고 있다[2,6]. 특히 감자의 경우 효소적 갈변에 매우 민감한데, 본 연구에서는 갈변에 관여하는 tyrosinase를 감자에서 분리하여 tyrosinase 억제제를 개발하고자 하였으며, 미생물의 성장을 억제하는 항균제를 동시에 처리하여 항균과 항 갈변 효과를 나타내는 물질의 혼합물의 비율을 조사하고자 하였다. 키토산[7]의 기능적 특성은 키토산의 분자량에 크게 영향을 받기 때문에 고분자량 키토산을 용도에 따라 특정 분자량으로 조절하는 것이 중요하다. 저분자량의 키토산은 항균 활성, 항암 활성 등을 가지는 것으로 보고되었다[8,9]. 키토산을 초음파 처리하여 저분자량으로 만들어 항균력을 조사하였으며, 갈변 억제제로 여러 종류의 당과 아미노산의 메일라드 반응산물[10,11]로 tyrosinase 억제 활성을 조사하였다. 본 연구에서는 tyrosinase 억제 활성과 항균 활성을 가진 혼합물의 제조를 위하여 초음파 처리 키토산과 메일라드 반응 산물의 적절한 비율을 구하고자 하였다.

2. 실험 재료 및 방법

2.1 실험 재료 및 시약

전기영동 용 시약 및 키토산(75% 이상 탈 아세틸화된 것) 등 일반 시약은 Sigma(St. Louis, USA)에서 구입하였으며, 단백질 표준품은 Bio-Rad 제품을 사용하였다. 각종 배지용 시약은 Difco Lab(Detroit, USA)에서 구입하였으며, 효소 분리에 사용한 감자는 재래시장에서 구입하여 냉장고에 보관한 것으로 갈변도가 가장 심한 품종인 수미(Superior) 품종을 사용하였다.

2.2 실험 균주 및 항균력 조사

항균력 조사용 균주들 *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* 의 배양과 항균력 조사는 Nutrient Agar(NA, Difco Lab, USA)를 사용하였고,

*Listeria monocytogenes*는 Brain Heart Infusion Agar(BHI, Difco Lab, USA)를 사용하였다. 항균력 조사는 실험 균주를 도말한 배지에 시료를 50 μ L씩 문힌 항생제 감수성 조사용 8mm 디스크를 이용하여 agar diffusion assay법으로 37 $^{\circ}$ C에서 24시간 배양 후 억제 직경을 측정하였다.

2.3 키토산의 초음파 처리

키토산의 초음파 분해[7]에서 최적 조건을 구명하기 위하여 초음파 조사 시간을 변화시키면서 초음파 분해 실험을 행하였다. 0.5% 초산에 녹인 1%(w/v) 키토산 용액 200 mL을 초음파 발생기(Branson Co. VCX 400)를 이용하여 30분, 1시간, 2시간, 4시간 동안 초음파 분해하여 시간 별로 Ostwald 점도계를 이용하여 점도법으로 점도 평균 분자량을 조사하고 항균력 실험 시료로 이용하였다.

2.4 메일라드 반응[12]

0.5 M의 당(glucose, fructose, galactose, xylose, arabinose 혹은 ribose)과 0.5M의 cysteine을 같은 부피 비로 혼합한 후 105 $^{\circ}$ C에서 14시간 동안 반응시킨 후 Whatman No.4 여과지로 여과하여 항산화 활성과 tyrosinase 억제 활성을 조사하였다.

2.5 DPPH 라디칼 소거능 측정

항산화 활성은 DPPH 라디칼 소거능[13]으로 측정하였다. 시료 0.1mL과 에탄올에 녹인 0.5mM의 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액 0.9mL을 혼합한 후 상온에서 30분간 둔 다음 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 시료대신으로 녹인 완충액을 첨가하여 반응시킨 후 흡광도를 측정하였다. 시료의 DPPH 라디칼 소거능은 다음과 같은 식에 의거하여 계산하였다.

$$\% \text{ DPPH 라디칼 소거능} = 100 \times (1 - \text{Abs. sample} / \text{Abs. control})$$

이때 Abs. sample는 시료의 흡광도, Abs. control은 대조군의 흡광도를 나타내는 것이다.

2.6 Tyrosinase 준비

감자 껍질을 제거하고 칼로 잘게 잘라 g당 1 mL의 인산 완충액 (100mM, pH 6.8)을 첨가하여 homogenizer로 1분간 처리한 후 4겹의 거어즈로 여과한 액을 30-70% (NH₄)₂SO₄ 염석 후 완충액으로 투석하여 Sephadex G-100 column chromatography 후 tyrosinase 활성 분획을 모아 동결 건조 후 완충액에 녹여 tyrosinase 억제 활성 측정용 효소로 사용하였다.

2.7 Tyrosinase 활성 및 억제 활성[14]

인산 완충액(100 mM, pH 6.8) 1mL에 같은 완충액에 녹인 2.5 mM의 L-DOPA(3,4-dihydroxyphenylalanine) 용액 0.3mL을 첨가 한 후 37°C에서 0.1mL의 효소액을 첨가하여 475nm에서의 흡광도 변화를 측정하였다. 대조군으로는 효소액 대신 완충액을 첨가하여 흡광도 변화를 측정하였다. 효소액의 1분당 흡광도 변화에서 대조군의 1분당 흡광도 변화를 뺀 수치를 tyrosinase 활성으로 정하였다. 시료의 tyrosinase 억제 활성은 시료와 tyrosinase를 37°C에서 10분간 미리 반응시킨 후 효소 활성 측정법에 준하여 tyrosinase 활성을 측정 후 억제 정도는 다음과 같은 식에 의거하여 조사하였다.

$$\text{Tyrosinase 활성 억제 \%} = 100 \times [1 - (\text{Abs. sample} - \text{Abs. control} / \text{Abs.tyr} - \text{Abs. control})]$$

이때 Abs. sample은 시료와 tyrosinase 첨가 후 반응액의 1분간 흡광도 변화, Abs. control은 tyrosinase 대신 완충액을 첨가한 후 반응 액의 1분간 흡광도 변화, Abs.tyr은 tyrosinase를 첨가 한 후 반응 액의 1분간 흡광도 변화를 나타내는 것이다.

2.8 SDS-PAGE와 tyrosinase 활성 염색[15]

감자에서 분리한 효소 액을 Laemmli(1970)방법[15]에 따라 10% SDS-polyacrylamide gel 전기영동을 수행하였으며, 표준 단백질으로는 BIO-RAD사의 표준 단백을 사용하였다. 효소의 일반 염색은 10% 메탄올 /10% 아세트산 용액에 녹인 0.1% coomassie brilliant blue R250 용액으로 염색 후 10% 메탄올 /10% 아세트산 용액으로 탈색하여 단백질 밴드를 관찰하였다. Tyrosinase 활성 염색은 전기 영동한 겔을 인산 완충액(100 mM, pH 6.8)으로 세척한 다음 상온에서 평형 상태로 만들고 30분 후 다시 완충액을 교환하여 한번 더 세척한 후 5 mM의 L-DOPA를 함유한 완충액으로 37°C에서 3시간 동안 암실에서 반응시켜 밴드를 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 초음파 처리 키토산의 초음파 처리 시간에 따른 점도 변화와 항균력 조사

키토산의 기능적 특성은 키토산의 분자량에 크게 영향을 받기 때문에 고분자량 키토산을 용도에 따라 특정 분자량으로 조절하는 것이 중요하다. 키토산의 분자량을 조절하는 방법으로는 산, 알카리 분해 또는 효소에 의한 분해 방법[16, 17]이 사용되고 있는데, 산, 알카리 방법은

환경 문제를 유발시키고, 효소 분해 방법은 수율이 낮고 분자량 별 분리가 어려운 점이 있다. 반면에 초음파를 이용한 방법[18]은 환경 문제를 유발하지 않으며 수율이 높은 방법이다. 1% 키토산 200 mL의 초음파 처리시간에 따른 키토산의 점도 평균 분자량은 표 1에서 보는 바와 같이, 1시간 이후 급격하게 감소하였으며 그 이후에는 분해가 둔화되었다. 평균 분자량이 감소된 1시간 이후의 시료에서는 표 2에서 보는 바와 같이, *Escherichia coli* 균과 *Staphylococcus aureus* 균에서 항균력을 나타내었으며 *Salmonella typhimurium* 균과 *Listeria monocytogenes* 균에서는 항균력을 나타내지 않았다. 초음파 처리 시간을 2시간, 4시간으로 처리한 경우에도 1시간 처리한 것보다 거의 유사한 항균력을 나타내었다.

[표 1] 초음파 처리 시간에 따른 키토산^{a)}의 분자량

Ultrasonic time(hr)	Mu ^{b)} x 10 ⁻⁴
0	35.6
0.5	25.7
1.0	9.1
2.0	5.4
4.0	4.2

^{a)} 200 mL의 0.5 %(v/v) 아세트산에 녹인 1 %(w/w) 키토산.

^{b)} Mu는 점도법으로 측정된 것.

[표 2] 초음파 키토산^{a)}의 항균력

Ultrasonic time(hr)	0	0.5	1	2	4
Microorganism	inhibition zone ^{b)} (mm)				
<i>E.coli</i>	0	0	17	16	16
<i>S.aureus</i>	0	0	14	15	14
<i>Listeria monocytogenes</i>	0	0	0	0	0
<i>Salmonella sp.</i>	0	0	0	0	0

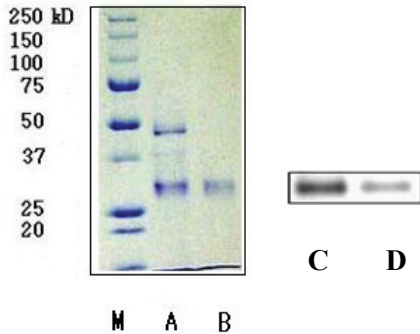
^{a)} 200 mL 의 0.5 %(v/v) 아세트산에 녹인 1 %(w/w) 키토산.

^{b)} *E. coli*, *Salmonellasp.*와 *S. aureus*균들은 한천아가배지, *Listeriamonocytogenes*균은 BHI (brain heart infusion) 한천 배지에 골고루 도말하고, 50μL 시료들을 종이 디스크에 점적하여 도말한 균 위에 얹어 37°C에서 하루 이상 배양하여 균주의 억제 직경을 측정하였음.

3.2 감자에서 분리한 tyrosinase의 SDS-PAGE 및 tyrosinase 활성 염색

감자에서 분리한 tyrosinase의 SDS-PAGE 결과 약 30 kDa의 분자량을 가진 것으로 나타났으며, L-DOPA를 이용한 활성 염색[19]에서 갈색의 밴드를 나타내는 단백질의 위치로 확인 할 수 있었다(그림 1). Glucose 와 cystein 과의 반응으로 생성된 메일라드 반응 액을 tyrosinase와 반응시킨 후 활성 염색한 결과 tyrosinase[20]의 활성이

억제되어 나타났다[그림 1 : C and D]. 메일라드 반응액에 의한 tyrosinase 활성 억제를 겔 상에서 활성 염색으로 확인할 수 있었다.



[그림 1] 감자에서 분리한 tyrosinase의 SDS-PAGE. 단백질 염색(M: 표준 단백질, A: 감자 추출액의 30-70% 염색한 분획, B: Sephadex G-100 분획)과 tyrosinase 활성 염색(C: Sephadex G-100 분획, D: 메일라드 반응 산물+Sephadex G-100 분획).

3.3 메일라드 반응액의 DPPH 라디칼 소거능 측정

여러 가지 당과 cystein과의 반응으로 생성된 메일라드 반응액의 항산화력을 DPPH 라디칼 소거능으로 조사한 결과 표 3에서 보는 바와 같이, glucose와 cystein과의 반응으로 생성된 메일라드 반응액이 가장 높은 것으로 조사되었다. 메일라드 반응액은 환원당과 아미노산과의 반응에 의해 생성되는 산물로 항산화 활성, 항균 활성 등이 보고되었다[9, 21].

[표 3] 메일라드 반응 산물들의 DPPH 라디칼 소거능

시료*(+cystein)	DPPH 라디칼 소거능(%)
con:(증류수)	0
glucose	89
fructose	80
galactose	75
xylose	76
arabinose	74
ribose	66

* 메일라드 반응 산물들은 각 당과 cystein을 혼합 후 재료 및 방법에서 언급한 조건에서 반응시킨 것임.

3.4 메일라드 반응액의 tyrosinase 억제 활성 조사

여러 가지 당과 cystein과의 반응으로 생성된 메일라드 반응액의 tyrosinase 억제 활성을 조사한 결과, DPPH 라디칼 소거능이 가장 높은 것으로 나타난 glucose와 cystein과의 반응으로 생성된 메일라드 반응액이 가장 높은 것으로 조사되었다 [표 4]. 이러한 Tyrosinase 억제 활성은 겔 상에서 tyrosinase 활성 염색에서 재확인 되었다[그림 1].

[표 4] 메일라드 반응 산물들의 Tyrosinase 억제 활성

시료*(+cystein)	tyrosinase 억제 활성(%)
con:(증류수)	0
glucose	79
fructose	60
galactose	65
xylose	56
arabinose	54
ribose	76

* 메일라드 반응 산물들은 각 당과 cystein을 혼합 후 재료 및 방법에서 언급한 조건에서 반응시킨 것임.

3.5 초음파 처리 키토산과 메일라드 반응액의 혼합비에 따른 항균력 조사

항균력이 높은 것으로 나타난 초음파 처리 키토산 1% 용액과 DPPH 라디칼 소거능과 tyrosinase 억제 활성이 높은 것으로 나타난 glucose와 cystein과의 반응으로 생성된 메일라드 반응액의 혼합액을 비율을 달리하여 항균력을 조사한 결과 동량 혼합한 경우 *Escherichia coli* 균과 *Staphylococcus aureus* 균에서 가장 높은 항균력을 보였다[표 5].

[표 5] 초음파 처리 키토산^{a)}과 메일라드 반응 산물^{b)}의 비에 따른 항균력^{c)}

초음파 처리 키토산과 메일라드 반응 산물의 비	항균력	
	(억제 직경, mm)	
	<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>
0.5	12	10
0.8	14	11
1.0	16	14
1.5	14	12
2.0	14	12

^{a)} 200 mL의 0.5%(v/v) 아세트산에 녹인 1%(w/w) 키토산을 1시간 초음파 처리한 것.

^{b)} 메일라드 반응 산물은 glucose와 cystein을 재료 및 방법에서 언급한 조건에서 반응시킨 것임.

3.6 초음파 처리 키토산과 메일라드 반응액의 혼합비에 따른 tyrosinase 억제 활성 조사

항균력이 높은 것으로 나타난 초음파 처리 키토산 1% 용액과 DPPH 라디칼 소거능과 tyrosinase 억제 활성이 높은 것으로 나타난 glucose 와 cystein과의 반응으로 생성된 메일라드 반응액의 혼합액을 비율을 달리하여 tyrosinase 억제 활성을 조사한 결과 동량 혼합한 경우 가장 높은 것으로 나타났다[표 6].

[표 6] 초음파 처리 키토산^{a)}과 메일라드 반응산물^{b)}의 비에 따른 tyrosinase 억제 활성

초음파 처리 키토산과 메일라드 반응 산물의 비	tyrosinase 억제 활성(%)
0.5	78
0.8	75
1.0	82
1.5	74
2.0	60

a), b)는 [표 5]와 같은 조건.

4. 결론

감자로부터 tyrosinase를 분리하여 SDS-PAGE 후 일반 단백질 염색과 tyrosinase 활성 염색을 행하여 tyrosinase를 확인하였다. 여러 가지 당 (glucose, fructose, galactose, xylose, arabinose or ribose)과 cystein과의 반응으로 생성된 메일라드 반응액의 tyrosinase 억제 활성을 비교 한 결과, glucose과 cystein 반응으로 생성된 메일라드 반응액의 tyrosinase 억제 활성이 가장 높은 것으로 나타났다. 0.5% 아세트산에 녹인 1% 키토산을 시간별로 초음파 처리한 후 항균력을 조사한 결과 1시간 이상 초음파 처리한 경우 *E. coli* 균주와 *S. aureus* 균주에서 억제 활성을 보였다. 같은 억제 활성과 항균력을 가진 혼합물 제조를 위하여 초음파 처리 키토산과 메일라드 반응 액을 혼합비를 달리하여 조사한 결과 부피 비로 1:1로 혼합한 경우가 tyrosinase 억제 활성과 항균력이 가장 효과가 높은 것으로 조사되었다.

참고문헌

[1] E. Cantos, A. Tudela, M. I. Gil and J. C. Espin, "Phenolic compounds and related enzymes are not

rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes", *J. Agric. Food Chem*, pp. 3015-3023, 50, 2002.

- [2] J. G. Fenoll, J. N. Rodríguez-López, F. García-Sevilla, J. Tudela, P. A. García-Ruiz, R. Varón, F. García-Cánovas, "Oxidation by mushroom tyrosinase of monophenols generating slightly unstable o-quinones", *Eur. J. Biochem*, pp. 5865 - 5878, 19, 2000.
- [3] H. T. Li, K.-W. Cheng, C. H. Cho, Z. A. He, et al, "Oxyresveratrol as an antibrowning agent for cloudy apple juices and fresh-cut apples", *J. Agric. Food Chem*, pp. 2604-2610, 55, 2007.
- [4] S. Ates, S. Peckyardimc, C. Cumhur, "Partial characterization of a peptide from honey that inhibits mushroom polyphenol oxidase", *J. Food Biochem*, pp. 127-137, 25, 2001.
- [5] A. M. Mayer, "Polyphenol oxidases in plants and fungi: Going places? A review", *Phytochemistry*, pp. 2318 - 233, 167, 2006.
- [6] G. Spagna, R. N. Barbagallo, M. Chirasi, F. Branca, "Characterization of tomato polyphenol oxidase and its role in browning and lycopene content", *J. Agric. Food Chem*, pp. 2032-2038, 53, 2005.
- [7] W. Xie, P. Xu, W. Wang and Q. Liu, "Preparation and antibacterial activity of a water-soluble chitosan derivative", *Carbohydr Polym*, pp. 35-40, 50, 2002.
- [8] Y. J. Jeon, P. J. Park and S. K. Kim, "Antimicrobial effect of chitoligosaccharides produced by bioreactor", *Carbohydrate Polymers*, pp. 71-76, 44, 2001.
- [9] P. J. Park, J. Y. Je and S. W. Kim, "Free radical scavenging activities of different deacetylated chitosans using ESR spectrometer", *Carbohydr Polym*, pp. 17 - 22, 55, 2004.
- [10] E. Schleicher, V. Somoza, P. Schieberle, editors. "The Maillard Reaction", Recent Advances in Food and Biomedical Sciences. "Annals of the New York Academy of Sciences", Vol. 1126. "Blackwell Publishing on behalf of the New York Academy of Sciences", Boston, Mass, 2008.
- [11] C. Summa, J. McCourt, B. Cämmerer, A. Fiala, M. Probst, S. Kun, E. Anklam, K. H. Wagner, "Radical scavenging activity, anti-bacterial and mutagenic effects of cocoa bean Maillard reaction products with degree of roasting", *Mol Nutr Food Res*, pp. 342-351, Mar 52(3), 2008.
- [12] L. A. Garbe, A. Würtz, C. T. Piechotta and R. Tressl, "The Peptide-catalysed Maillard Reaction. Characterisation of ¹³C-Reductones", *Ann N Y Acad Sci*, pp. 244 - 247,

1126, 2008.

- [13] K. W. Kim and R. L. Thomas, "Antioxidative activity of chitosans with varying molecular weights", *Food Chem*, pp. 308 - 313, 101, 2007.
- [14] M. Jimenez, S. Chazarra, J. Escribano, J. Cabanes, *et al*, "Competitive inhibition of mushroom tyrosinase by 4-substituted benzaldehydes", *J. Agric. Food Chem*, pp. 4060-4063, 49, 2001
- [15] U. K. Laemmli, "Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4", *Nature*, pp. 680, 227, 1970.
- [16] Y. J. Liu, Y. Jiang, Y. F. Feng and D. L. Han, "Study on the chitosan hydrolysis catalyzed by special cellulase and preparation of chitoooligosaccharide", *J. Func. Polym*, pp. 325 - 329, 18, 2005.
- [17] C. Q. Qin and Y. M. Du, "Enzymic preparation of water-soluble chitosan and their antitumor activity", *Internet. J. Biol. Macromol*, pp. 111 - 117, 31, 2002.
- [18] Y. J. Jeon and S. K. Kim, "Antitumor activity of chitosan oligosaccharides produced in ultrafiltration membrane reactor system", *Journal of Microbiology and Biotechnology*, pp. 503 - 507, 12, 2002.
- [19] E. Matuschek and U. Svanberg, "The effect of fruit extracts with polyphenol peroxidase(PPO) activity on the in vitro accessibility of iron in high-tannin sorghum", *Food Chem*, pp. 765 - 771, 90, 2005.
- [20] B. Chutintrasri, A. Noomhorm, "Thermal inactivation of polyphenoloxidase in pineapple puree", *LWT - Food Sci, Technol*, pp. 492 - 495, 39, 2006.
- [21] F. J. Tessier, V. M. Monnier, L. M. Sayre and J. A. Kornfield, "Triosidines: novel Maillard reaction products and cross-links from the reaction of triose sugars with lysine and arginine residues", *Biochem. J*, pp. 705-719, 369, 2003.

김 경 자(Kyoung-Ja Kim)

[정회원]



- 1981년 2월: 서울대학교 약학대학(약학사)
- 1983년 2월 : 서울대학교 약학대학원 생화학(약학석사)
- 1988년 2월 : 독일 Bonn 대학교 미생물학(이학박사)
- 1990년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 생명공학과 교수

<관심분야>
미생물학, 효소학

양 용 준(Yong-Joon Yang)

[정회원]



- 1980년 2월 : 고려대학교 대학원(농학사)
- 1982년 2월 : 서울대학교 대학원 식물생리학(농학석사)
- 1986년 11월 : 독일 Bonn 대학교 저장 유통학(농학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 식물산업공학과 교수

<관심분야>
농산물 수확후 관리, 저장유통기술