

두부응고제로 염화마그네슘 유화물의 사용량에 따른 품질특성

홍승석¹, 박원종¹, 황기성¹, 김관태¹, 김기선¹, 신승미², 정경희^{2*}
¹공주대학교 식품공학과, ²청운대학교 호텔조리식당경영학과

Quality Characteristics of Magnesium Chloride Emulsion Amount used the Soybean Curd Coagulant

Seung-Seok Hong¹, Won-Jong Park¹, Ki-Sung Hwang¹, Kwan-Tae Kim¹,
Gi-Sun Kim¹, Seung-Mee Shin² and Kyung-Hee Joung^{2*}

¹Dept. of Food science and technology, Kongju National University

²Dept. of Hotel Culinary and Catering Management

요약 염화마그네슘 유화물의 제품화를 위한 목적으로 분산상인 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액의 사용량에 대한 미분산성 및 침전성, 유지 중에 분산되어 있는 염화마그네슘 수용액의 입자크기, 유화안정성을 두유에 적용하여 두부제조 시 응고속도와 조직의 상태 및 이수율 등을 측정하여 최적조건을 확립하고자 하였다. 실험 결과 염화마그네슘 유화물을 조성하는데 있어서 60%(w/w) 두부응고제로서 두부의 조직 상태와 이수율 등에서 염화마그네슘 수용액의 사용량 70%로 제조하는 것이 최적조건으로 분석되었다.

Abstract Therefore, to establish optimal condition and composition with magnesium chloride emulsion as coagulant, this study compared its properties by the usage of 60%(w/w) magnesium chloride solution, lastly measured the characteristics of soybean curd coagulation, coagulation time, state of texture, and water separation ratio with using emulsion as coagulant.

After all the experiments, when manufacturing magnesium chloride emulsion with using 70% of quantity of 60%(w/w) magnesium chloride solution, it had the best result as coagulant according to the state of texture and the water separation ratio of soybean curd.

Key Words : Soybean Curd, Magnesium Chloride Emulsion, Texture

1. 서론

두부는 BC 2세기경 중국 한(漢)나라 때 회남왕(淮南王) 류안(劉安)이 만든 것이 시초로 우리나라에 두부가 전래된 것은 고려 말 무렵으로 송나라와 원나라를 통해 들어온 것으로 알려져 있다.[1, 2]

콩 단백질은 육류나 생선, 우유에 비해 질은 다소 떨어지지만 체내 흡수가 잘되어 어린이부터 노인까지 누구나

부담 없이 먹을 수 있으며, 또 콩 자체는 소화가 잘 안 되지만 두부는 소화율이 95%로 알려져 있다.[1, 3, 4] 두부 제조에 가장 많이 사용되는 황산칼슘은 두부수율이 좋으나 난용성이라 사용하기가 다소 불편하다. 또한 산응고제인 글루코노델타락톤은 수용성으로 물과 반응하여 생기는 글루콘산이 작용하여 천천히 콩 단백질을 응고시켜 탄력 있는 두부가 만들어지며, 수율도 좋으나 가수분해된 글루콘산으로 신맛을 주는 경우가 있다. 기타 이들의 혼

*Corresponding Author : Kyung-Hee Joung

Tel: +82-10-9405-7882 email: jkh022@hanmail.net

접수일 12년 05월 21일

수정일 12년 06월 21일

계재확정일 12년 08월 09일

합제제와 초산이나 구연산 등이 사용되고 있으며, 천일염에서 생성되는 간수는 비소 등 중금속과 이물질의 혼입으로 식품 첨가물로서 안전성과 위생상의 문제점으로 사용이 금지되고 있다.[5] 최근에는 소비자들이 맛이 부드러운 두부를 원하고 있어 반응속도와 맛을 적당히 조절하고 응고제 각각의 장점을 살린 혼합제제를 개발하여 사용되고 있으며, 일본에서는 이미 유화기술을 이용하여 염화마그네슘 W/O유화물을 제조하여 지효성 두부응고제로서 상용화되고 있다.[6, 7]

두부에 관한 선행연구는 각종 응고제에 따른 두부의 Texture특성[8], 충전두부의 저장성에 미치는 응고제의 효과[9], 응고제를 달리하여 제조한 두부의 질감과 구조특성[10], 분리대두단백 두부의 제조를 위한 가열시간 및 혼합응고제의 영향[11], 제조조건에 따른 두부의 물성연구[12], 응고제를 달리하여 제조한 두부의 텍스처 특성과 두부순물의 성분[13], 응고제의 종류와 농도에 따른 전지대두분 두부의 품질[14] 등이 보고되어 있다.

본 연구에서는 두부응고제로서 상용화되고 있는 염화마그네슘 유화물의 제품화를 위한 목적으로 분산상인 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액의 사용량에 따른 미분산성 및 침전성, 유지 중에 분산되어 있는 염화마그네슘 수용액의 입자크기, 유화안정성을 두유에 적용하여 두부제조 시 응고속도와 조직의 상태 및 이수율 등을 측정하여 최적조건을 확립하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

본 실험에 사용한 재료는 염화마그네슘(Dahuachem International Economic and Trade Corp, China) 옥수수기름(CJ 제일제당, Korea), 글리세린지방산에스테르(太陽化學, Japan), 혼합형 d-토코페롤(理研ビタミン, Japan)을 사용하였다. 본 실험은 2009년 12월부터 예비실험을 거쳐 2010년 6월까지 실험하였으며 두부제조에 사용한 두유는 시중 두부공장(충남, 아산시)에서 구입하여 사용하였다.

2.2 염화마그네슘 유화물의 제조

염화마그네슘 유화물의 배합비율은 花王(株)의 방법[6]에 따라 표 1과 같이 제조하였다. 옥수수기름과 글리세린지방산에스테르, 혼합형 d-토코페롤을 넣어 60℃로 가열하면서 용해시켰고, 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액을 제조하여 175 rpm으로 교반하면서 10~15분간 60℃의 온도를 유지하면서 premixture를 제조하였다. Dropping에

의한 premixing이 완료된 후 premixture를 1,000 mL beaker로 옮겨서 homomixer(우원기계, 180 Watt) 10,000 rpm의 회전속도로 5분간 균질화하여 염화마그네슘 W/O 유화물을 제조하였다. 조제한 염화마그네슘 유화물의 특성을 실험하기 위하여 염화마그네슘 수용액의 사용량을 50%(염화마그네슘 30%), 60%(염화마그네슘 36%), 70%(염화마그네슘 42%)로 한 유화물을 제조하였다.

[표 1] 염화마그네슘 유화물 제조

[Table 1] Formula of magnesium chloride W/O emulsion

Raw materials	Ratio(%)
Corn oil	28.15 ~ 48.15
Magnesium chloride	30 ~ 42
Pure Water	20 ~ 28
Glycerin Esters of Fatty acids	1.8
Mixed d-Tocopherol	0.05
Total	100%

2.3 미분산성 및 침전성

유화물을 제조하여 유화된 상태를 日高의 방법[7]에 따라 냉수에서의 미분산성(未分散性) 및 침전성을 실험하였다.

2.4 입자 크기

각 조건별 유화물을 옥수수기름에 5%(w/w)의 농도로 희석하여 광학현미경으로 ×600 배율로 접안마이크로미터 한눈금의 크기를 3 μm로 하여 염화마그네슘 수용액의 입자를 관찰, 비교하였다.

2.5 유화 안정성

유화안정성을 확인하기 위하여 정치분리법[6]으로 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액의 사용량을 달리한 유화물을 실온에 보관하면서 이상분리현상을 관찰하였다.

2.6 두부의 제조 및 응고시간

두부제조 및 응고시간은 稻岡의 방법[15]으로 1,000 mL beaker에 두유(10 Brix%) 800 g을 80℃까지 가열한 후 homomixer를 약 2,000 rpm으로 교반하면서 두부응고제로서 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액 3.20 g 및 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액의 사용량이 50%(염화마그네슘 30%)인 유화물 6.40 g, 60%(염화마그네슘 36%)인 유화물 5.33 g, 70%(염화마그네슘 42%)인 유화물 4.57 g을 각각 투입하였다. 이때 두부응고제로서 염화마그네슘의 첨가량은 두유 12.5 Brix%를 기준하여 0.3%(염

화마그네슘 42% 함유 유화물로서는 약 0.71%)에 상당하는 양으로 환산하였다. 두부응고제 투입완료 직후 homomixer의 회전속도를 7,000 rpm로 전환하여 최초 응고가 시작되는 시간을 측정하였다.

2.7 두부의 조직상태

상기의 방법으로 제조한 두부를 실온으로 냉각시켜 두부 단면의 조직 상태를 비교하였다.

2.8 이수율

자연탈수 방법으로 측정하기 위한 여과를 위해 200 mm 표준체와 팬을 결합하여 그 위에 미리 물을 흡수시킨 270 mm No.5B 정량용 여과지(ADVANTEC)를 얹어 무게를 달아 기록하였다(a). 제조한 각각의 두부를 실온으로 냉각 후 전체 무게를 달아 기록하였다(b). 약 1시간 정도 자연 상태에서 방치하여 두부로부터 이수되는 순물을 표준체 팬에 모은 후 beaker로 옮겨 그 무게를 달아(c) 다음의 식(1)로 이수율을 정량하였다.

$$\text{이수율}(\%) = \frac{c}{b-a} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

- a : 표준체 및 팬과 흡수처리여과지를 더한 무게(g)
- b : a와 응고시킨 두부를 더한 무게
- c : 두부로부터 팬에 모아진 두부순물의 무게

3. 연구 결과 및 고찰

3.1 미분산성 및 침전성

옥수수기름과 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액, 그리고 이 수용액의 사용량을 70%, 유화제 1.8%, 토크페롤 0.05%를 첨가한 유화물을 기준으로 하여 비중을 25℃와 60℃에서 측정한 결과는 표 2와 같다.

[표 2] 온도에 따른 유화물의 비중
[Table 2] Specific gravity of raw materials and emulsion in each temperature

Materials	Specific gravity	
	25℃	60℃
Corn oil	0.918	0.895
60% Magnesium chloride solution	1.264	1.255
Standard emulsion	1.138	1.121

日高[7]의 방법으로 조건별 염화마그네슘 유화물에 대한 냉수에서의 미분산성 및 침전성을 확인한 결과 시료 모두 냉수에 분산되지 않고, 비중 차이에 의해 침전되는 것으로 나타나 제조공정에서 W/O형태의 유화가 적절하게 이루어졌음을 알 수 있었으며, 이 결과는 제조 중이나 제조 후에 유화상태를 입증할 수 있는 방법으로 제시할 수 있는 것으로 생각된다.

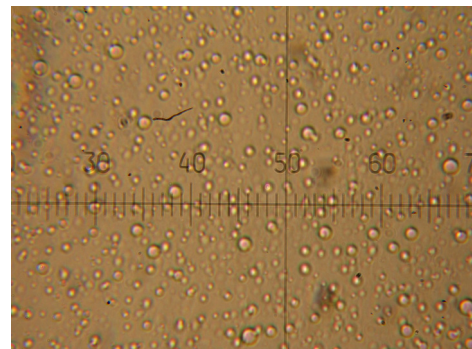
3.2 입자크기

염화마그네슘 수용액의 사용량을 달리한 유화물의 입자크기는 그림 1과 같다. 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액 50%와 60% 유화물의 입자크기는 2~5 μm로 차이가 없었으나 70% 유화물은 입자크기가 2~4 μm로 미세화 되는 경향을 나타내었다.

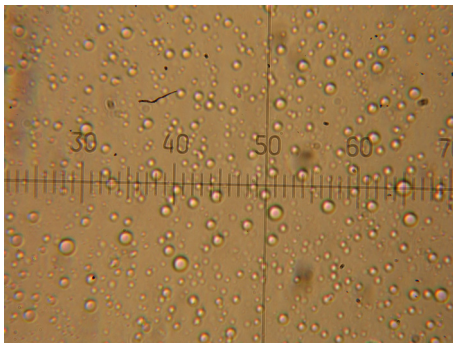
염화마그네슘 수용액의 사용량에 따른 유화물의 입자크기 변화폭은 사용량을 증가시킬수록 작아지는 경향이 었다. 옥수수기름 중에 분산되어 있는 염화마그네슘 수용액의 입자크기는 유화물 조성 및 제조에 있어서 안정성을 판단하는 중요한 척도로 분산상의 입자가 크게 형성된 유화물의 경우 연속상과 분산상이 계면장력의 차이에 의해 본래의 성질로 되돌아가기 위한 응집이 진행되고 합쳐져서 유화가 파괴되는[7] 연구와 유사한 경향이 었다.

3.3 유화안정성

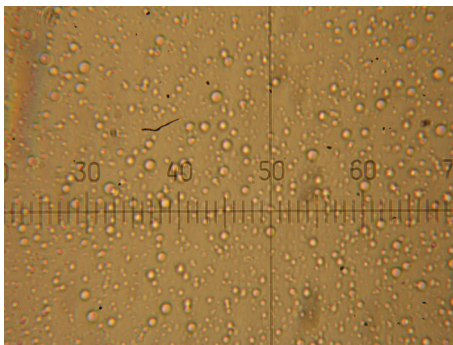
염화마그네슘 유화물을 실온에 보관하면서 상층부 유상분리의 발생을 측정한 결과는 표 3과 같다. 염화마그네슘 수용액을 50% 사용한 유화물은 제조한 후 3일, 60% 사용한 유화물은 5일 만에 상층부 유상분리가 발생한 반면 70% 사용한 유화물은 32일이 경과하여 상층부 유상분리가 발생하였다.



(a) MgCl₂ · 6H₂O solution 50%



(b) $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ solution 60%



(c) $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ solution 70%

[그림 1] 염화마그네슘 사용량에 따른 유화물의 입자크기
[Fig. 1] Particle size of emulsion prepared with different quantity of magnesium chloride solution

W/O형의 유화물임에도 불구하고 분상상인 염화마그네슘 수용액의 사용량이 50%, 60%의 경우보다 70%일 경우가 안정한 유화물을 형성하고 있었다. 일반적으로 분상상이 연속상보다 많은 비율일 경우 유화안정성이 저하되거나 전상(轉相)이 일어나는 것[7]과는 상이한 결과이었다.

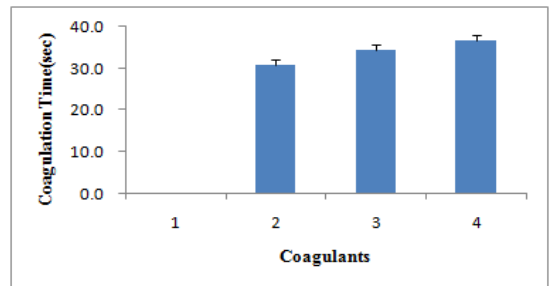
[표 3] 저장기간에 따른 실온에서의 유화물 유상분리
[Table 3] Oil phase separation of emulsion in each condition during storage period at room temperature

Emulsions	Oil separation(day)	
Magnesium chloride solution	50%	3
	60%	5
	70%	32

3.4 두부의 응고시간

두부제조 시 응고시작시간을 측정한 결과는 그림 2와

같다. 대조군인 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액을 응고제로 사용하여 제조한 두부는 두유에 응고제 투입 시 분산을 돕기 위한 2,000 rpm의 homomixing 과정에서 응고제 투입과 동시에 응고가 일어났다. 염화마그네슘 수용액의 사용량에 따른 응고 시작 시간은 50%, 60%, 70%에서 각각 30.7초, 34.3초, 36.6초가 소요되어, 염화마그네슘 수용액의 사용량이 증가될수록 응고가 지연되는 경향이 있었다. 稻岡[15]는 지효성 응고 기작에 의해 응고제의 분산입자의 상태는 염화마그네슘의 방출특성에 영향을 주며, 분산상태가 조밀하게 될수록 염화마그네슘의 방출속도가 느려지게 되고, Mg^{++} 이온이 두유 중에 균일하게 확산 단백질의 응고반응이 개시되어 치밀한 gel을 형성할 수 있다고 하였는데 본 연구에서도 비슷한 경향을 나타내었다.



[그림 2] 응고제에 따른 응고시간
[Fig. 2] Coagulation time of each coagulant

TS 1 : 60%(w/w) Magnesium chloride solution

TS 2 : Emulsion prepared with magnesium chloride solution 50%

TS 3 : Emulsion prepared with magnesium chloride solution 60%

TS 4 : Emulsion prepared with magnesium chloride solution 70%

3.5 두부의 조직상태

염화마그네슘 수용액의 사용량을 50%, 60%, 70%로 달리한 유화물을 응고제로 사용하여 제조한 두부는 그림 3과 같다. 일반적인 방법으로 제조한 두부의 조직 상태와 비교하였을 때 사용량에 관계없이 표면 및 단면이 매끄럽게 응고가 이루어졌으며, 탄력이 좋고 보형성이 양호한 결과를 나타내었다.



(a) $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ solution 50%



(b) 60% $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ solution



(c) $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ solution 70%

[그림 3] 응고제로 염화마그네슘 유화물의 사용량에 따른 두부의 조직

[Fig. 3] Soybean curd made by using emulsion having different quantity of magnesium chloride solution as coagulant

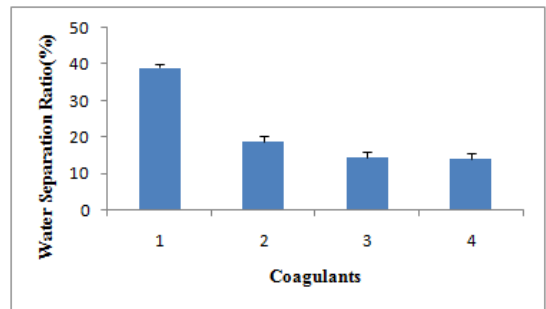
조직이 거칠고 매끄러움의 차이는 응고진행시간에 관계하여 염화마그네슘 유화물의 경우에는 두유 내 단백질과

의 자연적인 응고가 이루어지지 않기 때문에 homomixer를 이용한 가역적인 유화 파괴와 더불어 응고반응 지효화 기작[15]에 의해 서서히 방출된 염화마그네슘이 세세하게 두유 중에 분산되어 치밀한 겔을 형성하여 조직이 매끄럽고 탄력이 있는 두부가 만들어졌고 보형성이 우수하였다고 판단된다.

3.6 이수율

제조한 두부의 조직상태를 확인한 후 1시간 정도 자연상태로 방치하여 이수율을 측정한 결과는 그림 4와 같다.

일반적인 방법의 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액을 응고제로 사용한 경우 이수율은 39.1%로 가장 높았다. 염화마그네슘 수용액의 사용량 달리한 유화물 응고제를 50%, 60%, 70% 사용 시 각각 18.6%, 14.2%, 13.9%를 나타내어 염화마그네슘 수용액의 사용량 및 유화제 첨가량을 증가시킬수록 이수율이 감소하였다.



[그림 4] 응고제에 따른 두부의 이수율

[Fig. 4] Water separation ratio of soybean curd by each coagulant

TS 1 : 60%(w/w) Magnesium chloride solution

TS 2 : Emulsion prepared with magnesium chloride solution 50%

TS 3: Emulsion prepared with magnesium chloride solution 60%

TS 4 : Emulsion prepared with magnesium chloride solution 70%

이상의 실험결과 각 조건별 염화마그네슘 유화물에 대한 이화학적 특성과 두부제조 시의 특성을 실험한 결과, 최적조건으로 염화마그네슘 유화물을 조성하는데 있어서 염화마그네슘 수용액의 사용량을 70%로 제조하는 것이 두부응고제로서 두부의 조직상태와 이수율 등이 가장 좋은 결과를 나타내었다.

4. 결론 및 요약

염화마그네슘 유화물을 응고제로서 최적조건과 조성을 확립하기 사용량에 따른 특성을 비교하고 유화물을 응고제로 사용하여 두부응고특성인 응고시간, 조직상태, 이수율을 측정하였다.

W/O형의 유화물로서 제조 후의 냉수에서 양호한 미분산성 및 침전성을 나타내었다. 염화마그네슘 유화물의 입자크기는 2~5 μm로 분포하고 있었으며, 미세화할수록 유화안정성이 양호하였다. 유화물의 보관 중 유상분리는 분산상 입자 크기와 상관관계가 있었다. 각 유화물에 대한 두부의 응고 특성에 있어서는 30초 이상의 응고지연효과를 나타냈으며, 조직은 매끄럽고 탄력성 및 보형성이 양호하였으며, 평균 이수율은 약 15.6%를 나타내었다. 따라서 염화마그네슘 유화물을 조성하는데 있어서 60%(w/w) 염화마그네슘 수용액의 사용량은 70%로 제조하는 것이 두부응고제로서 두부의 조직 상태와 이수율 등이 가장 좋은 결과를 나타내었다.

References

[1] G. H. Kim, "Soybean curd and soybean sprouts science", Korea Advanced Institute of Science and Technology, pp. 59-185, 1982.

[2] G. O. Lee, "Soybean Curd Market Trend", The Monthly Food World, July, 07: 41-47, 2007.

[3] Masao Fujimaki, Hiroshi Miura, Kenichi Ochuka, Toshiharu Kawabata, Susumu Kimura, "Food industry", Kabukikaisha Kouseishakouseikaku, pp. 263-278, 1985.

[4] Takayasu Asari, Teruo Ota, Sinnokyoku Onihara, Mitsuhiro Saigo, Toyoaki Togano, Yutaka Fujii, "Processing, storage, packaging in the food", Kaseiyoikusha, pp. 89-93, 1972.

[5] C. J. Kim, "Lack of filtration and separation research for soybean milk and soybean curd residue", The Monthly Food Industry, July, 07: 94-105, 2005.

[6] KAO Cooperation, Coagulant for Tofu, patent, 10-0831913, 2008.

[7] Toru Hitaka(Translated by J. S. Noh & E. H. Park) "Emulsifier for food", published by suseowon, pp. 85-123, 1991.

[8] S. J. Moon, K. H. Sohn, Y. H. Kim, "The study of textural characteristics of soybean curd prepared with various coagulants", Journal of the Korean Home Economics Association, 17: 12-19, 1979.

[9] D. H. Kim, K. S. Lee, "Effect of coagulant on storage of packed Tofu", Korean Journal of the Food Science and Technology, 24: 92-96, 1992.

[10] H. J. Lee, I. K. Hwang, "Textural characteristics and microstructure of soybean curds prepared with different coagulants", Korean Journal of Food and Cookery Science, 10: 284-290, 1994.

[11] K. H. Ku, W. J. Kim, "Effect of heating yime and mixed coagulants for prepared SPI Tofu", Korean Journal of the Food Science and Technology, 26: 26-30, 1994.

[12] H. J. Kim, B. Y. Kim, M. H. Kim, "Rheological studies of the Tofu upon the processing condition", Korean Journal of the Food Science and Technology, 27: 324-328, 1995.

[13] S. M. Lee, I. K. Hwang, "Texture characteristics of soybean curds prepared with different coagulants and compositions of soybean-curd whey", Korean Journal of the Food Science and Technology, 13: 78-85, 1997.

[14] J. Y. Kim, J. H. Kim, J. K. Kim, K. D. Moon, "Quality attributes of whole soybean flour Tofu affected by coagulant and theirs concentration", Korean Journal of the Food Science and Technology, 32: 402-409, 2000.

[15] Sechujiro Inaoka, "Development background and technology innovation about emulsified coagulant of bitter 'MAGNESFINE'", Soybeans and Technology, Winter Issue, pp. 14-19, 2000.

홍 승 석(Seung-SeokHong)

[정회원]



- 2009년 : 공주대학교 식품공학과 (공학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 식품공학과 박사과정
- 1991년 1월 ~ 현재 : (주)광일 생산기술연구소 소장

<관심분야>

식품가공, 식품첨가물, 기능성 식품

황기성(Ki-Sung Hwang)

[정회원]



- 2009년 2월 : 배재대학교 호텔컨벤션 경영학 석사
- 2010년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 식품공학과 박사과정
- 2003년 8월 ~ 현재 : 호텔 인터시티 조리팀 과장

<관심분야>
서양조리, 기능성 식품

박원종(Won-Jong Park)

[정회원]



- 1983년 2월 : 건국대학교 농화학(농학석사)
- 1995년 2월 : 건국대학교 농화학(농학박사)
- 1981년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 식품공학과 교수
- 2004년 1월 ~ 현재 : 농림부 특화사업(구기자)단 단장
- 2001년 1월 ~ 현재 : 농업진흥청 작물연구전문위원

<관심분야>
식품가공, 기능성 식품, 식품공학

김관태(Kwan-Tae Kim)

[정회원]



- 2009년 2월 : 청운대학교 관광통상경영학과(경영학석사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 공주대학교 식품공학과 박사과정
- 2012년 1월 ~ 현재 : (사) 대한제과협회 기술지도 위원
- 1997년 ~ 현재 : 농가의빵집 대표

<관심분야>
식품가공, 기능성 식품

신승미(Shin Seunge-Mee)

[정회원]



- 1987년 2월 : 숙명여자대학교 식품영양학과(가정학석사)
- 1997년 2월 : 숙명여자대학교 식품영양학과(이학박사)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 청운대학교 호텔조리식당경영학과 교수

<관심분야>
식품영양학, 전통한국음식, 조리과학, 기능성 식품

김기선(Gi-Sun Kim)

[정회원]



- 2009년 2월 : 공주대학교 식품공학과(이학석사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 공주대학교 식품공학과 박사과정
- 2011년 3월 ~ 현재 : 오곡백과알앤디(주) 대표이사

<관심분야>
식품가공, 기능성 식품

정경희(Kyung-Hee Joung)

[정회원]



- 2005년 2월 : 청운대학교 관광통상경영학과(경영학석사)
- 2010년 2월 : 공주대학교 식품공학과(공학박사)
- 2005년 8월 ~ 현재 : 청운대학교 호텔조리식당경영학과 겸임 교수
- 2007년 3월 ~ 현재 : (주)바이오폴리텍 연구소장

<관심분야>
조리과학, 기능성 식품, 식품영양학