

iCEF11에서 제시한 식품 공정-제품 기술 혁신 방향

Trend on Food Process Engineering and Product Innovation
in the View of iCEF11

김영호 | 신소재연구단

Young Ho Kim | Neo Food Resources Research Group

기술소개

우리의 문명은 과거보다 빠르게 변하고 있으며, 정보와 지식은 5~10년 동안 2배 이상 증가하고 있다. 인구증가는 앞으로도 계속되고 있으며 이로 인하여 자원소비는 가속화되고 있는데, 소비되는 자원의 대부분은 재생이 되지 않고 기후 변화를 유발시켜 생태계를 교란시키고 있다.

인류의 풍요로운 미래를 위한 필요충족 조건은 합리적 가격, 지속가능한 공급, 에너지 보존, 깨끗하고 신선한 물, 충분한 식량인데, 식품공학이 이러한 분야에 직간접으로 연관되어 있다. 따라서 식품공학 분야에서 추구하여야 할 연구 및 기술 혁신은 안전하고 영양이 풍부한 식품을 언제나 모든 사람이 쉽게 이용할 수 있는 식품안보(food security)에 중점을 두어야 한다. 이를 위하여 식품공학 분야는 의학, 사회학, 생리학 등의 분야와 밀접한 관계를 유지하여 미래에 발생하는 문제를 미리 해결하는 방향으로 연구가 진행되어야 한다. 이러한 관점에서 다음의 연구 분야가 실질적인 기술혁신에 도움을 줄 수 있다.

- 컴퓨터 시뮬레이션, 신소재, 새로운 측정장치, 나노기술과 같은 새로운 도구(tool)를 이용하여 창출한 지식으로 접목한 식품공정 및 가공 식품의 개발
- 공정 효율성을 통한 고품질 생산기술, 에너지 및 물 사용량 절감기술, 폐기물 및 환경오염물질 저감기술
- 식품안전을 보증하는 새로운 검증시스템
- 자동화시스템, 유연한 공정관리시스템

식품공학 분야의 기술 혁신은 현존하는 공정을 개조(renovation)하거나 개선(improvement)하는데 의존하지만, 식품산업은 학문적인 연구에 의하여 발전된 공정과 제품 혁신을 채택하는데 매우 보수적이고 채택 속도도 느리다. 그리고 혁신 기술이 성공적으로 채택되었다 할지라도 식품산업의 규제적 측면과 동기부여(motivations)에 익숙하지 않기 때문에 성장 속도도 느린 특징이 있다.

지난세기 동안 수많은 연구결과를 토대로 식품과 포장표면의 오염물질을 제거하기 위하여 초고

압(high pressure), 고전압전기장(pulsed electric field), 냉온플라스마(cold plasma) 등과 관련한 기술이 개발되었고, 기능성 식품은 식품의 나노구조, encapsulation 등을 통하여 개발되었다. 나노기술은 그 자체로 제품개발의 주요 요소는 아니지만 공정과 제품-구조 관계를 이해하는데 혁신을 주도하고 있다. 이러한 기술은 언젠가는 가열살균, 식품의 냉각 및 동결과 같은 진정한 혁신적인 기술로 인정될 것이다.

지금까지 식품산업에서 성공적으로 채택한 공정은 canning, aseptic processing, membrane concentration, individual quick freezing, centralized processing of meat, poultry and field crops 등이 있는데, 이들 공정이 성공한 이유는 안전성 확보, 저비용 생산, 품질보증, 저렴한 포장비용, 다양한 제품에의 적용 가능, 자동화 시스템 도입, 노동력 절감 등에 크게 공헌했기 때문이다.

식품산업에서 아직 성공적으로 채택되진 못했지만 제한적으로 이용하고 있는 공정은 irradiation, high pressure, microwave, retort pouch foods, freeze drying, dry pasteurization, pulsed electric field, ohmic heating, cold plasma 등이 있는데, 이들 공정은 비열살균, 저비용, 품질개선, 특정제품군 적용 등의 장점이 있지만 기존의 공정을 대체할 만한 우수한 장점이나 비용이 아직까지는 뚜렷하게 매력적이지 못하고, 이들 공정을 적용할 수 있는 틈새시장이 한정되어 있기 때문이다. 그러나 식품산업에서 혁신 기술로 채택할 수 있는 성장가능성은 충분한 것으로 나타나고 있다.

현재 개발된 기술 중에서 아직 성공을 하지 못한 분야는 미국에서의 retort pouch, freeze concentration, meat analogues, ready meals 등이 있는데

고비용, 저생산성, 자동화 공정의 어려움, 저품질, 제한된 유통구조, 법적 규제 등의 문제점으로 아직까지는 성공여부를 확신할 수 없는 분야이다.

이상의 예에서 본 바와 같이, 새로운 기술과 제품이 성공하기 위해서는 공정이 단순하면서도 생산단가를 낮출 수 있고 지역문화를 존중하며 지역에서 생산되는 재료를 이용하고 건강과 영양 그리고 첨가물 기준 등을 고려하여 폐기물을 줄일 수 있는 친환경 공정이 개발되어야 한다. 즉 경제성이 있으면서 지속가능성을 나타낼 수 있는 기술 개발만이 식품산업에서 채택하는 혁신기술로 성공할 수 있다.

내용 요약

금년 5월 그리스 아테네에서 개최된 iCEF11(International Congress on Engineering and Food)에서는 나노기술, 식품특성, 모델링 및 시뮬레이션, 신기술, 냉각 및 냉동, 신제품 및 첨가물, 식품고분자, 유동특성, 열처리 공정, 분리 및 정제공정, 전통기술의 혁신, 식품공학 교육 등 수많은 소주제가 있었다. 변화하는 세계에서 식품공정 공학의 선도적 역할을 위하여 소주제별 상호 연결을 모색하였고, 이러한 연구를 토대로 공정-구조-기능과의 관계가 구명되고, 궁극적으로는 경제성이 있으면서 지속가능한 공정개발로 식품산업을 선도하는 기술과 제품 혁신을 제시하고 있다.

iCEF11에서 제시한 신기술은 high hydrostatic pressure(HHP), pulsed electric fields(PEF), ultrasound(US), cold plasma(CP), ohmic heating(OH) 등이 있는데, 이들 공정은 살균 효과, 저비용, 품질개선 효과, 에너지절감 효과 등의 장점이 있어 상용

화된 공정개발이 일부 이루어지고 있다. 하지만 기존 공정을 대체하는 틈새시장 공략에는 아직 성공하지 못한 사례로 식품산업이 채택할 수 있는 혁신 기술로서의 가능성은 충분한 것으로 예측하고 있다. 이러한 가능성을 염두에 두고 European technology platform food의 전략연구 아젠다는 맞춤형 식품과 공정-구조-기능의 관계해석을 중심으로 대상 식품(목적 식품)의 공정개발에 초점을 두고 있다.

식품산업에서 채택하는 혁신기술은 경험에 의존하기 보다는 과학적 연구를 근거로 하기 때문에 최근의 연구동향 분석에서 기술혁신과 제품혁신에 필요한 경제적이면서 지속가능성을 나타낼 수 있는 연구 분야를 개척할 필요가 있다고 생각한다. 이에 iCEF11에서 발표된 HHP, PEF, US, CP, OH 등의 신기술 연구논문 소개를 통하여 우리가 추진하여야 할 연구 및 기술 혁신이 무엇인지 생각하는 계기가 되길 바란다.

HHP

고압기술은 수많은 연구개발을 통하여 식품산업 전반에 응용이 가능한 기술로 알려지고 있다. 압력 수준은 일반적인 균질기 또는 초임계추출기에 이용되는 수십 MPa로부터 초고압 균질기 또는 고압 살균 단위공정에 이용하는 수백 MPa의 범위까지 확대되고, 고압 처리된 식품의 유통기한을 연장하기 위한 미생물 살균과 기타 수많은 응용기술이 있다. 식품구조공학에서 압력과 온도를 접목시키면 고압기술을 다양하게 활용할 수 있는 가능성이 있다. 식품공정에서 고압 처리를 하면 미생물학적 안전성, 고품질, 맞춤형 식품을 생산할 수 있는 잠재적 영향력이 큰데, 온도, 시간, 압력 변수를 이해하

면서 응용하면 공정개선을 유도할 수 있다. 고압공정을 식품산업에 접목시키는데 가장 큰 장벽은 생산성이 낮은 배치식이라는 것과 초기 자본투자가 높다는 점인데, 장치 디자인 및 경제적 소재 생산에 대한 연구와 기술혁신이 필요한 것으로 나타났다.

iCEF11에서 발표된 HHP 관련 논문

- Effect of temperature on the density of whole milk under high pressure(Guignon B *et al.*)
- High pressure and pulsed electric field pasteurization of orange juice(Vervoort L *et al.*)
- The different pathways of spore germination and inactivation of *Bacillus subtilis* under high pressure and elevated temperatures(Reineke K *et al.*)
- Identification of different physiological states of bacterial spores and distinction from vegetative cells after high pressure treatments via flow cytometry(Baier D *et al.*)
- Quality evaluation of slightly concentrated tomato juice produced under high pressure conditions(Boulekou S *et al.*)
- High pressure high temperature processing of plant based food systems: Mechanisms and kinetics(Hendrickx M)
- Pressure and temperature non uniformity during high pressure processing of foods (Karwe MV *et al.*)
- Industrial high pressure processing of foods: Review of evolution and emerging trends (Purroy F & Tonello C)

- Illustrating temperature uniformity in high pressure high temperature reactors using temperature sensitive indicators(Grauwet T *et al.*)
- Bioconversion of glutamic acid to gamma-aminobutyric acid in soybean by high pressure with precursor feeding(Ueno S *et al.*)
- The effect of the high hydrostatic pressure on polyphenols and anthocyanins in red fruit products(Ferrari G *et al.*)
- Ultra high pressure homogenization treatment of vegetable milks: Improving hygienic and colloidal stability(Ferragut V *et al.*)
- Gas-assisted oilseed pressing-design and tests with a novel high-pressure screw press(Pietsch A & Eggers R)

이외에 포스터 발표로써 고압공정 평가를 위한 수학적 모델링, 쇠고기 카르파초(*carpaccio*)의 이화학적 특성, 우유크림의 유동특성, 딸기 주스의 미생물 제어 및 청징 특성, 탈지유의 미생물 및 효소 변화, 잼의 조직 및 구조 변화, 커스타드 젤의 조직 및 구조 변화, 오렌지 분쇄물의 미생물 활성화, 과일 주스의 공정 개발, 사과와 향산화 활성화 및 미세 성분 효과, 알로에 젤의 미생물 안전성, 두부의 공정 개발, 오렌지 껍질의 펙틴 methylesterase의 변화, 산양치즈의 관능특성 등에 20여편 이상의 발표 논문이 있었다.

HP에 대한 연구는 압력과 열처리를 병행하여 효과를 극대화하기 위한 연구, 그리고 다양한 식품을 대상으로 살균, 품질개선, 효소 불활성화 등 응용기술 개발에 대한 연구가 특징적이었고, 신기술로 분류된 항목 중에서는 가장 많은 논문이 발표되었다.

PEF

세포막이 고전기장 펄스에 노출되면 전기장 강도(intensity)나 처리조건에 따라 세포막은 일시적 또는 비가역적인 천공(pore)이 생기게 된다. 낮은 전기장에서는 식물세포에서 스트레스 반응이 유도되고, 그 결과 2차 대사산물이 생성되어 방어기작을 촉진하지만, 높은 전기장에서는 세포막의 비가역적인 천공을 유발하고, 세포막의 방어 효과를 감소시켜 세포를 사멸시키는데, 이러한 기작을 이용하여 식물이나 동물의 원료분질의 분해 및 추출 또는 미생물 비열살균에 이용한다.

PEF를 열처리와 접목하면 미생물 사멸효과를 증가시킬 수 있다. PEF는 단백질과 효소뿐만 아니라 다른 잔존하는 식품성분에도 영향을 미치기 때문에 생물활성을 지닌 향미생물 우유 성분의 살균뿐만 아니라 열에 민감한 비타민 용액에도 적용할 수 있다. 이외에 감자, 사과, 사탕무, 당근, 포도 등에서 주스, 유용색소, polyphenolic substances를 추출하는데 PEF 공정을 이용하는 기술이 개발되고 있다. PEF 기술혁신을 이루기 위해서는 식품매트릭스의 구조, 식품 매트릭스 내의 물질전달, 그리고 PEF와 관련된 공정-구조와의 상호관계에 대한 충분한 이해가 이루어져야 하고, 이를 통하여 식품산업에서 채택할 수 있는 경제적이고 지속가능한 공정 개발을 유도하여야 한다.

iCEF11에서 발표된 PEF 관련 논문

- Pulsed electric fields-assisted vinification(Donsi F *et al.*)
- Predictive model for inactivation of *Lacto-*

bacillus thammnosus in apple juice by combined pulsed electric field and thermal processing (Buckow R *et al.*)

- Pulsed electric field food treatment-scale up from lab to industrial scale(Toepfl S)
- Enhancing extraction from solid foods and biosuspensions by electrical pulsed energy (pulsed electric field, pulsed ohmic heating and high voltage electrical discharge) (Vorobiev E & Lebovka N)
- Adjustment of milling, mash electroporation and pressing for the development of a pulsed electric field assisted juice processing in industrial scale(Jaeger H *et al.*)
- Understanding enzyme inactivation mechanisms during pulsed electric field treatments (Meneses N *et al.*)
- Effect of electric field on some functional properties on α -lactalbumin bovine analysed as well with circular dichroism(Maria Reyna RL *et al.*)
- Simulations of coupled electro-, fluid- and thermo-dynamics and lactoperoxidase inactivation during continuous pulsed electric field treatments(Buckow R *et al.*)

이외에 포스터 발표로써 식물조직 손상에 미치는 식물조직의 세포크기와 전기전도도가 미치는 영향, 사탕무의 품질특성에 미치는 영향, 과일주스-두유 음료의 아미노산 조성 및 카로티노이드 조성에 미치는 영향, 살균공정에서의 에너지 효율성 등의 논문이 발표되었다.

PEF에 대한 연구 및 상용화기술은 독일에서 주도하고 있다. 초기에는 미생물의 비열살균 연구 분야로부터 시작되었으나 최근에는 유용성분의 추출 기술 및 품질개선과 관련된 응용기술까지 확대되는 추세이다. 현재 PEF 기술은 액상식품에 주로 이용하고 있는데, 공정-구조-기능과의 상호이해를 통한 기술 개발로 고체식품 등 대상 식품의 범위를 확대시켜 기술혁신을 주도할 필요가 있다.

US

초음파를 이용한 공정은 식품과학기술 분야에서 성장하는 분야로써 열처리 보조역할, 물질전달 공정개선, 식품보존, 식품조직의 비파괴 분석 등과 같은 다양한 응용분야에서 효과가 좋은 것으로 나타나고 있다.

초음파 공정개발 역시 식품 매트릭스 내의 구조 변화 및 기능과 연계되어야 하고, 이러한 관점에서 소스, 드레싱, 유제품 및 껌의 조직감 부여와 농후제로 이용되는 단백질의 품질 향상을 위한 초음파 처리기술, 미생물 살균, 압출공정 개선, 초음파 진동에 의한 유체저항 감소, 유동특성 증가 기술 등에 대한 연구가 진행되고 있다. 육가공 분야에서는 결착력, 보수력, 색깔 및 생산수율 향상을 위한 기술 개발 분야에 접목시키고 고기연화공정에도 효과가 있는 것으로 보고되고 있다. 채소류와 과일류에 초음파 처리하여 공동 손상(cavitation damage)을 유도하고, 세포의 뒤틀림을 증가시켜 유용성분 추출수율을 높이는 기술 개발에 대한 연구도 진행되고 있다.

초음파는 식품생산 공정에 효율성, 경제적으로 다양한 장점을 제공하므로 음파의 독특한 특성에

대한 이해를 통하여 원하는 제품 생산에 필요한 초음파 공정변수를 조절할 수 있는 기술이 개발되어야 한다.

iCEF11에서 발표된 US 관련 논문

- Aggregation and gelation properties of egg white proteins ad affected by high intensity ultrasound(Arzeno C *et al.*)
- Ultrasound assisted nucleation of water during freezing(Kiani H *et al.*)
- High intensity ultrasound as a new food processing and preservation modality(Feng H *et al.*)
- High-power ultrasound-assisted pasteurization of honey(Kabbani D *et al.*)
- Ultrasonic sealing of packaging film-influencing material properties(Thurling K & Bach S)
- Influences of ultrasound and ohmic heating on growth of Sake yeast(Hu H *et al.*)
- Effect of magnetic fields and ultrasound on aerobic mesophiles and histamine in tuna (*Thunnus albacares*) (Gelvez Ordonez VM & Fuentes Berrio L)

이외에 포스터 발표로써 맥아제조에 미치는 영향, 초음파 처리 우유에서 제조한 요거트의 발효공정 및 품질특성, 대류건조와 초음파를 병합한 건조 채소류의 조직특성, microencapsulation에서의 초음파 효과, 쇠고기 및 참치의 호기성균과 히스타민에 미치는 영향 등에 대한 논문이 발표되었다.

초음파 관련 논문은 아일랜드에서 대부분 발표

하였으며, 미국, 포르투갈, 아르헨티나, 일본 등에서도 관심을 가지고 있는 것으로 나타났다. 초음파 연구는 품질개선 분야가 대부분이었고, 초음파 추출기술이나 공정 효율성 등과 관련된 연구는 아직 활발하지 않은 것으로 나타났다. 우리 연구원에서 추진하고 있는 단백질의 초음파 추출기술은 iCEF 발표 논문과 비교할 때, 선도적 기술로 생각되었고 경제성과 지속가능성을 부여할 수 있는 장치디자인 및 공정시스템에 대한 연구가 보완된다면 식품 산업체에서 이용할 수 있는 혁신기술의 가능성이 있는 것으로 생각된다.

CP

냉온 플라즈마는 서로 다른 압력수준에서 다양한 전기방전에 의하여 생성되는데, 대기압 이하의 압력에서는 건조식품소재나 포장소재의 살균에 적합하다. 최근 연구 분야는 식품표면의 미생물 살균에 대부분 초점을 맞추고 있지만 식품 매트릭스 내에서 미치는 플라즈마의 영향은 아직 알려진 바 없다.

그러나 학제 간 연구에 의하여 가스조성, 식품표면, 식품성분, 공정압력 등과 같은 복잡한 변수를 가진 플라즈마 응용기술을 개발하는 과정에서 공정-구조-기능과의 상호관계를 이해할 것이고, 결과적으로 식품표면의 변형을 원하는 대로 유도할 수 있는 플라즈마 기술을 축적할 수 있을 것이다. 대기압에서 냉온 플라즈마의 처리는 표면오염 방지, 표면특성 변형(modification)과 같은 식품공정에 이용할 수 있지만, 향후에는 플라즈마-식품 매트릭스 내의 상호작용에 대한 연구, 식품에 적용하기 위한 안전한 공정, 맞춤형 공정을 개발하는데 주력을 하여야 할 것이다.

iCEF11에서 발표된 CP 관련 논문

- Modification of polyphenols and cuticular surface lipids of Kale with non-thermal oxygen plasma gaseous species(Grzegorzewski F *et al.*)
- Diagnostic and efficacy characterization of a novel in-package cold atmospheric plasma system(Valdramidis VP *et al.*)
- Plasma technology for sterilization of food packaging materials(Muranyi P & Wunderlich J)

이외에 포스터 발표로써 식품첨가물에 미치는 대기압 플라즈마의 영향, 신선제품의 오염방지 효과 등에 대한 논문이 발표되었다.

플라즈마 기술은 독일에서 큰 관심을 가지고 있는 것으로 나타났지만 아직 식품 매트릭스 내에서 미치는 플라즈마의 영향에 대한 연구는 이루어지지 않은 바, 우리 연구원에서도 이러한 연구 분야에 관심을 기울인다면 플라즈마 기술 혁신을 선도할 가능성이 충분한 것으로 생각된다.

OH

통전가열은 전류를 식품에 통과시킬 때 얻어지는 식품자체의 저항열을 이용하는 기술로써($q = E^2\sigma$, $q =$ internal energy generation rate, W/m^3 ; $E =$ electric field strength, V/m ; $\sigma =$ electrical conductivity of the product, S/m) 대상 식품(액체, 고체, 페이스트상)을 신속하고 균일하게 가열할 수 있으며, 특히 shear sensitive한 제품의 품질향상에 기여하는 것으로 나타나고 있다.

통전기술은 액란, 과실류 가공에 순간 열처리 기술로 이용하고 있으며, 최근에는 고품질식품 생산, 저산성 및 고산성 식품의 공정에 이용하고 있다. 잼 생산시 기존 공정에 비하여 에너지 효율이 4배 이상 증가하고 운전비용이 50% 이상 감소되며, 미생물 살균시 가열과 전기천공이 병행되어 기존의 살균방법에 비하여 D-value가 낮아지는 것으로 보고되고 있다.

연구초기에는 통전기술 원리의 이해 부족으로 불균일한 가열 및 품질저하로 상용화가 중단되었으나, 학제 간 연구를 통하여 전기전도도, 주파수, 전압, 전류 등의 복잡한 변수를 응용하는 기술 개발 과정에서 공정-물성-기능 등의 상호관계에 대한 폭넓은 이해가 축적되었고, 장치 디자인도 다양해지고 있다.

통전기술은 액체식품, 고체식품, 고형물 함유 액체식품 등 대상 식품의 범위가 넓고, 공정변수에 따라 열처리 또는 비열처리가 가능하기 때문에 식품 고유풀성에 따른 통전특성을 이해하고 공정변수를 조절할 수 있어야 한다. 이와 더불어 미생물 살균, 단백질 변형, 유용성분 추출, 냉동식품의 해동, 브랜칭, 건조 및 탈수 공정 등에서 기술 혁신을 이루기 위해서는 장치 디자인, 전극소재 등 경제성과 지속가능한 공정을 구현할 수 있는 통전기술 개발이 필요하다.

iCEF11에서 발표된 OH 관련 논문

- Effects of ohmic heating on denaturation of whey proteins solutions: Influence on whey-derived products(Pereira RN *et al.*)
- Ohmic and moderate electric field processing: Developments and new applications(Sastry SK *et al.*)
- Exploring the heating patterns of multiphase

foods in a continuous flow, simultaneous microwave and ohmic combination heater (Nguyen LT *et al.*)

○ Influences of ultrasound and ohmic heating on growth of Sake yeast(Hu H *et al.*)

이외에 포스터 발표로써 삼투압 건조와 통전가열을 접목한 사과건조 공정의 최적화 및 제품품질에 미치는 영향에 관한 논문이 있었다.

통전기술 관련 논문은 미국, 일본에서 주로 발표하였고, 일부 유럽국가에서도 관심을 가지고 있었다. 그러나 앞서 언급한 다른 신기술에 비하여 발표 논문은 그리 많지 않았다. 열처리에 의한 단백질 변성, 효모 성장, 건조 등과 관련된 연구가 발표되었으나, 유용성분 추출과 관련된 논문은 보이지 않았다. 이번 iCEF11 발표 논문을 분석할 때, 통전기술은 상용화기술을 가지고 있는 일본이 가장 앞선 것으로 나타났다. 미국, 독일 등에서 기술 추적 양상을 보였다.

이용 분야

iCEF11에서 제시한 HHP, PEF, US, CP, OH 등의 신기술은 다양한 식품군에서 살균, 추출, 효소불활성화, 단백질조질화, 건조 등의 공정에서 기존 공정을 대체할 수 있는 경제적 혁신기술로서의 가능성을 보이고 있다. 신기술이 기존 공정을 대체하는 틈새시장 공략에 성공할 수 있는 기술 혁신과 이를 통한 제품 혁신을 이루기 위해서는 안전성 확보, 품질 향상, 다양한 제품 적용 가능성, 자동화 시스템, 노동력 절감, 폐기물 감소, 에너지 효율성 및 생산성 향상 등에 기여할 수 있는 공정개발 연구가 필요하

다. 이를 위해서는 공정-구조-기능의 상호관계를 분명히 파악하여 경제성과 지속성을 구현할 수 있는 학제 간 연구가 필수적이다.

● 참고문헌 ●

1. Arzeno C, Perez OE, Pilosof AMR, Aggregation and gelation properties of egg white proteins ad affected by high intensity ultrasound, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 407-408, 2011
2. Baier D, Mathys A, Knorr D, Identification of different physiological states of bacterial spores and distinction from vegetative cells after high pressure treatments via flow cytometry, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 357-358, 2011
3. Boulekou S, Mallidis C, Taoukis PS, Stoforos NG, Quality evaluation of slightly concentrated tomato juice produced under high pressure conditions, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 359-361, 2011
4. Buckow R, Karpinski K, Knight G, Predictive model for inactivation of Lactobacillus rhamnosus in apple juice by combined pulsed electric field and thermal processing, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 469-470, 2011
5. Buckow R, Semrau J, Sui Q, Knoerzer K, Simulations of coupled electro-, fluid- and thermo-dynamics and lactoperoxidase inacti-

- vation during continuous pulsed electric field treatments, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 335-336, 2011
6. Clark JP, Food process engineering and product innovation in a changing world-the industry perspective, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 3-4, 2011
 7. Donsi F, Ferrar, G, Fruilo, M, Pataro, G, Pulsed electric fields-assisted vinification, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 349-350, 2011
 8. Feng H, Zhou B, Li Y, Lee H, Lee JW, Raviyan P, Zhang Z, High intensity ultrasound as a new food processing and preservation modality, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 545-546, 2011
 9. Ferragut V, Hernandez-Herero M, Poliseli F, Valencia D, Guamis B, Ultra high pressure homogenization treatment of vegetable milks: Improving hygienic and colloidal stability, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 429-430, 2011
 10. Ferrari G, Maresca P, Ciccicone R, The effect of the high hydrostatic pressure on polyphenols and anthocyanins in red fruit products, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 371-372, 2011
 11. Gelvez Ordonez VM, Fuentes Berrio L, Effect of magnetic fields and ultrasound on aerobic mesophiles and histamine in tuna(*Thunnus albacares*), 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 2017-2018, 2011
 12. Grauwet T, Plancken VD, Vervoort L, Master A, Hendrickx M, Van Loy M, Illustrating temperature uniformity in high pressure high temperature reactors using temperature sensitive indicators, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 367-368, 2011
 13. Grzegorzewski F, Zietz M, Rohn S, Kroh Lothar W, Schlueter O, Modification of polyphenols and cuticular surface lipids of Kale with non-thermal oxygen plasma gaseous species, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 4239-424, 2011
 14. Guignon B, Rey I, Sanz PD, Effect of temperature on the density of whole milk under high pressure, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 205-206, 2011
 15. Hendrickx M, High pressure high temperature processing of plant based food systems: Mechanisms and kinetics, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 361-362, 2011
 16. Hu H, Yonezawa Y, Matsuda A, Ishida N, Noguchi A, Influences of ultrasound and ohmic heating on growth of Sake yeast, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 441-442, 2011
 17. Jaeger H, Schulz M, Lu P, Knorr D, Adjust-

- ment of milling, mash electoporation and pressing for the development of a pulsed electric field assisted juice processing in industrial scale, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 431-432, 2011
18. Kabani D, Sepulcre F, Wedekind J, High-power ultrasound-assisted pasteurization of honey, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 1959-1960, 2011
 19. Karwe MV, Cuitino A, Khurana M, Miyazawa Y, Maldonado JA, Pressure and temperature non uniformity during high pressure processing of foods, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 363-364, 2011
 20. Kiani H, Zhang Z, Delgado A, Sun DW, Ultrasound assisted nucleation of water during freezing, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 521-522, 2011
 21. Knorr D, Jaeger HR, Reineke K, Schoessler K, Schleuter O, Emerging technologies for targeted food processing, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 419-420, 2011
 22. Maria Reyna RL, Rene R, Sanchez Humberto H, Arana Andes H, Effect of electric field on some functional properties on α -lactalbumin bovine analysed as well with circular dichroism, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 445-446, 2011
 23. Meneses N, Jaeger H, Knorr D, Understanding enzyme inactivation mechanisms during pulsed electric field treatments, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 437-438, 2011
 24. Muranyi P, Wunderlich J, Plasma technology for sterilization of food packaging materials, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 699-700, 2011
 25. Nguyen LT, Choi W, Lee SH, Jun S, Exploring the heating patterns of multiphase foods in a continuous flow, simultaneous microwave and ohmic combination heater, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 435-436, 2011
 26. Pereira RN, Teixeira, JA, Vicente AA, Effects of ohmic heating on denaturation of whey proteins solutions: Influence on whey-derived products, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 413-414, 2011
 27. Pietsch A, Eggers R, Gas-assisted oilseed pressing-design and tests with a novel high-pressure screw press, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 601-602, 2011
 28. Purroy F, Tonello C, Industrial high pressure processing of foods : Review of evolution and emerging trends, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 365-366, 2011

29. Reineke K, Doehner I, Baier D, Mathys A, Knorr D, The different pathways of spore germination and inactivation of *Bacillus subtilis* under high pressure and elevated temperatures, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 355-356, 2011
30. Sastry SK, Shynkaryk M, Somavat R, Ohmic heating and moderate electric field processing: developments and new applications, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 433-434, 2011
31. Schubert H, Schuchmann HP, Food process engineering research and innovation in a fast changing world, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 1-2, 2011
32. Thurling K, Bach S, Ultrasonic sealing of packaging film-influencing material properties, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 109-110, 2011
33. Toepfl S, Pulsed electric field food treatment-scale up from lab to industrial scale, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 347-348, 2011
34. Ueno S, Katayama T, Watanabe T, Nakajima K, Hayashi M, Shigematus T, Fujii T, Bio-conversion of glutamic acid to gamma-amino-butyric acid in soybean by high pressure with precursor feeding, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 369-370, 2011
35. Valdramidis VP, Byrne E, Connolly J, Karatzas KAG, Keener K, Mosnier JP, Cullen PJ, Diagnostic and efficacy characterization of a novel in-package cold atmospheric plasma system, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 427-428, 2011
36. Vervoort L, Plancken VD, Grauwet T, Hendrickx M, Van Loey A, High pressure and pulsed electric field pasteurization of orange juice, 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 351-352, 2011
37. Vorobiev E, Lebovka N, Enhancing extraction from solid foods and biosuspensions by electrical pulsed energy(pulsed electric field, pulsed ohmic heating and high voltage electrical discharge), 11th International congress on engineering and food, Athens, Greece, 403-404, 2011

김영호 공학박사

소 속 : 한국식품연구원 신소재연구단

전문분야 : 식육화학(대체가열기술)

E-mail : youngho@kfri.re.kr

T E L : 031-780-9159