

유제품 중 식중독균 안전관리기술

Safety Management Technologies of Foodborne Pathogens in Dairy Products

이은선, 오미화* (Eun-Seon Lee, Mi-Hwa Oh*)

농촌진흥청 국립축산과학원

National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

I. 서론

최근에는 지구온난화 등의 영향으로 계절에 상관없이 식중독이 연중 발생하는 양상을 보이고 있다. 활발한 국제교역 등으로 식중독 원인물질도 다양화되는 경향을 보여 안전관리에 어려움을 더하고 있다. 이런 상황에서 최근 축산물 중 위해요소 발생 사건에 대한 기사가 잇따라 보도되고, 소비자 우려도 커지고 있어 안전한 축산물 생산을 위한 노력을 더욱 기울여야 할 때이다. 식품 안전관리기술로는 식중독 위해요소를 신속하게 진단하거나, 사전에 제어(저감)하는 방법이 있다. 이 중 진단기술은 기술 자체를 먼저 개발하고, 식품에 적용·평가하는 연구가, 제어기술은 식품에 적용하는 방법을 개발하는 연구가 주로 진행되고 있다. 이에 따라 본 고에서는 식중독균 등 생물학적 위해요소를 기준으로 산업체에서 활용 가능한 진단기술의 개발 방향과 유제품 생산 시 적용 가능한 제어기술을 위주로 논하고자 한다.

II. 본론

1. 진단기술

전통적인 배지법을 활용하여 식품 중 식중독균을 검출할 경우, 잘 알려진 바처럼 2일 이상이 소요된다. 이는 전배양시간 때문인데, 이런 이유로 업체에서는 제품 출하 전에 안전성 검사를 완료하기 어려운 경우가 대부분이다. 또한 선택배지를 활용한 검출법은 특이성이 낮아서 일부 다른 균종이 목표균종으로 오인되기도 한다. 이러한 문제점을 극복하고자 다양한 식중독균 진단기술이 개발되고 있으며, 동시에 여러 종을 검출하거나 현장에서 간편하게 사용할 수

*Corresponding author: Mi-Hwa Oh
National Institute of Animal Science, Rural Development Administration,
Wanju 55365, Korea
Tel: +82-63-238-7379
Fax: +82-63-238-7397
Email: moh@korea.kr

있는 것을 목표로 연구가 진행 중이다. 이러한 진단기술 중 가장 많이 활용되는 방법은 유전자와 센서를 기반으로 한 기술이다. 물론 테라헤르츠파 등을 이용한 검출법 등도 연구된 바 있으나, 아직까지 식품산업 현장에서 활발하게 사용되고 있지는 않다. 이미 많은 논문 등에서 여러 진단기술의 원리와 개념에 대해서 자세하게 기술하고 있기 때문에, 본 내용에서는 현재 가장 많이 활용되고 있는 유전자와 센서 진단기술 중 산업체에서 활용 가능한 기술을 위주로 개발방향과 장단점을 기술하고자 한다.

(1) 유전자(핵산) 기반 진단기술

선택배지를 이용한 검출법을 대체할 신속 진단기술로서 가장 많이 사용되고 있는 것은 핵산(DNA와 RNA)을 분석하여 결과를 얻는 분자생물학적 방법이다. 그 중 가장 기본적인 중합효소연쇄반응(polymerase chain reaction, PCR)을 바탕으로 다양한 기법들이 활발하게 연구되고 있다. 연구 방향은 기존 PCR 방법을 보완하여 다양한 식중독균을 동시에, 더 빠르게, 정량적 분석하는 것이다. 이러한 목표 하에 실시간 중합효소연쇄반응(Real-Time PCR), DNA 마이크로어레이(Microarray), 모세관 전기영동(Capillary Electrophoresis) 융합 기술 등이 개발되고 있다.

일반 PCR 기술은 PCR 증폭산물을 전기영동 등을 통해 확인해야 하며, 정량적인 분석결과를 얻는 것이 어렵다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하고자 다중 PCR 기술과 모세관 전기영동-단일쇄 형태변환 다형성 기술(Single-Strand Conformation Polymorphism)을 결합하여 식중독균의 유전자 염기서열의 다양성을 기반으로 동시에 여러 종을 분석할 수 있는 방법이 개발된 바 있다. 농촌진흥청 국립축산과학원과 포항공대가 공동으로 수행한 연구에 의하면, 이 기술을 활용하여 우유에서 주요 식중독균 12종을 동시에 분석하는 것이 가능하였다(Kim 등, 2016). 이 외에도 PCR 반응 후 SNP(Single Nucleotide Polymorphism)에 의존하

여 반응생성물을 분리하는 PCR-DGGE(Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) 방법 등 다양한 PCR 기법이 존재한다. PCR 기기를 제외하면, 현재 식중독균 검출을 위해서 업체에서 가장 많이 보유하고 있는 기기는 실시간(real-time) PCR일 것이다. 다양한 식중독균에 대한 프라이머(primer)가 이미 상용화되어 있어서 손쉽게 사용이 가능하다. 실시간 PCR은 이론상으로 증폭산물을 실시간 확인할 수 있고, 이에 따라 일부 정량적인 결과 도출이 가능하다. 전기영동으로 확인해야 하는 부분을 한 기기 안에 내재하여 실험의 번거로움도 최소화하였다. 기존 PCR 기술의 또 다른 단점은 온도변화에 의해 PCR 증폭산물을 생성하다 보니 시간이 오래 걸린다는 점이다. 이에 최근 활발하게 연구되는 기술 중 하나가 등온증폭기술(loop-mediated isothermal amplification, LAMP)이다. 이 기술은 일정온도에서 PCR 증폭이 일어나기 때문에 특정 PCR 기기가 필요하지 않고 단시간 내에 대폭적인 유전자 증폭이 가능하다는 장점이 있다. 마지막으로 핵산기반 기술을 좀 더 손쉽게 사용할 수 있도록 개발된 것이 DNA 마이크로어레이(칩) 기술이다. 이는 DNA 탐침자(probe)를 이용하여 미생물 특유의 유전인자 핵산을 측정하는 방법이다. 물론 분석결과 확인을 위한 추가기기를 필요로 하는 경우가 많지만, 다른 PCR 기기들에 비하면 상대적으로 적은 비용이 소요된다. 칩 기술은 한동안 많은 연구가 이루어져 왔으나, 혼성화 효율이나 비특이적인 혼성화 등의 문제로 정량적인 검출 결과의 신뢰가 부족하다는 단점이 있었다(Oh 등, 2013). 상업용 칩은 이러한 문제를 얼마나 잘 극복했느냐에 따라 그 활용도가 달라질 것이다.

종합적으로 볼 때, 일반 PCR 기술은 식중독균의 정성 분석용으로 사용할 수 있고, 실시간 PCR과 좀 더 정밀하다고 알려진 Droplet Digital PCR 등은 핵산의 정량분석이 가능하지만, 이 결과가 꼭 시료 중 식중독균의 양을 대변하는 것이 아닐 수 있다. 그리고 대부분의 핵산기반 기술은 여전히 전문성과 고가 기기가 필요한 경우가 많아서 영세한 산업현장에서 활용하기에는 어려움이 있다. 따라서 향후 연구개발은 이러한 단점을 극복하기 위한 방

향으로 진행되어야 하며, 그렇게 진행되고 있기도 하다.

(2) 센서 기반 진단기술

현장에서는 앞서 기술한 분자진단기술보다는 좀 더 간단하고 쉬운 형태의 검출기술을 선호할 수밖에 없다. 이러한 요구를 충족하고자 연구되고 있는 기술이 센서 기반 기술이다. 그러나 이 기술도 맨눈으로 결과를 확인하기보다는 신호증폭을 위한 다양한 분석기기가 필요한 경우가 많다. 일반적으로 전배양과정을 거치지 않는다면 민감도가 좋은 편인 기술이 식품 중 10^3 CFU/mL 정도의 식중독균 검출율을 보인다. 기존 대부분의 기술은 10^5 CFU/mL 수준으로 검출이 가능하다. 따라서 분석시간이 10분 이내라고 표현된 센서 진단기술 대부분이 별도로 최소 6시간 이상의 전배양과정을 필요로 한다.

현재까지 다양한 바이오센서들이 개발되고 있는데, 바이오센서가 가지고 있는 가장 큰 장점은 특이성이다. 바이오센서는 생물체 내에서 사용되는 수용체의 인지 특이성을 이용하여 시료에 존재하는 특정한 목표물질을 검출하는 것을 기본으로 한다. 센서를 개발하기 위해서는 먼저 특정 유해미생물을 특이적으로 인지할 수 있는 생물 수용체를 확보해야 하고, 인지된 정보를 적절히 증폭하여 전달하는 신호전달시스템도 필요하다. 최근 핵산과 펩타이드로 구성된 압타머에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 압타머는 폴리머 구조를 가지고 있는 바이오 수용체로 항체(특이항체)보다 발굴이 용이하고 안전성이 높아, 항체 대체물질로의 개발이 많이 진행되고 있다. 나노바이오센서에 대한 개발은 여전히 많이 이루어지고 있는데, 대표적 나노물질인 탄소나노튜브(carbon nanotube), 나노선(nanowire), 나노입자 등은 전기공학적으로 우수한 특성을 가지고 있어서 센서의 핵심소재로 많은 관심을 받고 있다. 그러나 혈액 등 물성과 성분이 비교적 단순한 시료에서는 잘 작동하나, 유제품 등과 같이 복잡한 식품시료에 적용하기에는 적합하지 않은 경우가 많다.

이렇듯 바이오 및 나노바이오 센서에 대한 집중적인

연구가 진행되고 있지만, 업체에서 식중독 유해인자 진단을 위해 여전히 가장 많이 사용하고 있는 신속 간이 검출법은 항체를 이용한 방법이다. 항체를 기반으로 한 신속검출법 중 가장 잘 알려진 방법은 효소면역분석법(Enzyme Immunoassay)으로 현재 다양한 종류의 제품이 키트 형태로 출시되어 식중독균 및 식중독 유발 독소의 검출을 위해 사용되고 있다. 그러나 면역학적 방법도 전배양과정을 거치지 않는다면 검출 민감도가 좋지 않다. 현재는 나노입자 등과 목표미생물에 특이적으로 결합하는 항체를 결합한 형태의 진단센서가 가장 보편적으로 개발되고 있기 때문에 검출 민감도는 센서의 유용성을 판단하는 핵심 요건이 될 수밖에 없다. 센서기술의 또 다른 단점은 결과분석을 위한 추가 기기가 필요한 경우가 대부분이라는 점이다. 예를 들면 자성나노입자를 활용해서 우유 속에 포함된 식중독균을 단시간에 분리·농축한 후에도 이를 최종 진단하기 위해서는 신호증폭을 위한 표면 플라즈몬 공명(Surface Plasmon Resonance) 같은 고가의 추가 기기를 활용해야 한다. 국립축산과학원에서도 이러한 문제를 겪고, 이후 페이퍼디스크 등 간편한 키트 형태의 검출방법을 개발하기 위해 노력하고 있다.

지금까지 기술된 바처럼 검출기술은 센서물질 자체에 대한 기술이 부족한 것이 아니라, 식품에 적용 시 검출민감도가 떨어지는 문제를 해결할 활용기술이 부족한 것이다. 몇 마리 수준의 균을 검출할 수 있다고 쓰여진 논문의 대부분은 잘 정제된 실험실 환경에서 물 정도의 시료에서 실험하여 얻은 결과를 기술한 것이다. 이에 식품전문가들 사이에서는 식품 속에 존재하는 미량의 위해요소를 효과적으로 분리하는 전처리 기술에 대한 필요성을 강조하기 시작하였다. 특히 농산물에 비해 훨씬 복잡한 물성과 영양성분을 가지는 유제품 등 축산물에 대한 전처리 기술의 개발은 매우 중요하다.

2. 제어(저감)기술

최근에는 식중독균 중 항생제 내성균과 진균류에 대

한 우려가 높아지고 있으며, 이를 저감하기 위한 기술 자체의 안전성에 대한 관심도 또한 높아지고 있다. 식품 업계에서 안전한 제품 공급을 위해 다양한 기술들이 활용되고 있다. 특히 유제품에서는 치즈의 부적절한 숙성으로 인하여 ochratoxin A, aflatoxin M₁ 과 같은 곰팡이독소 오염에 노출될 수 있어 세균뿐 아니라, 다양한 유해 미생물에 대한 각별한 주의가 필요하다(Hymery 등, 2014). 따라서 본 내용에서는 유제품 중 식중독균 등 유해 미생물을 제어하여 안전성을 향상시킬 수 있는 다양한 기술에 대하여 논하고자 한다.

(1) 물리적 제어기술

원유 및 유제품을 생산·가공하는 과정에서 살균을 위해 사용하는 가장 전통적인 방법은 열처리법으로 저온장시간살균(low temperature long time, LTLT), 고온단시간살균(high temperature short time, HTST), 초고온살균(ultra high temperature, UHT)이 있다. 여기서는 그 외의 다양한 기술들을 소개하고자 이를 제외한 기술 중 많이 사용되는 기술 위주로 특성 및 적용 현황에 대하여 기술하였다.

앞서 언급한 가열처리의 경우, 미생물을 제어하기 위한 방법으로 가장 효율적이지만, 탈색, 단백질 변성 영양소 손실 등 품질을 변화시키는 문제점이 있어, 신선상태로 섭취하는 치즈, 요거트와 같은 최종 유제품에 적용하기에는 어려운 점이 있다. 이의 대체 기술로 고전압 펄스전기장, 초고압처리, 막여과법 등이 있으며, 이들은 유제품의 관능적 특성을 보존하고, 제품의 안전성 확보까지 가능하다. 먼저 고전압펄스전기장은 매우 짧은 고전압을 식품에 적용하는 비가열살균 처리 방법이다. 고전압펄스전기장의 가장 큰 장점은 온도의 상승이 없어 처리 후 식품의 관능적 특성이 변하지 않을 뿐 아니라, 세균의 유용 성분의 추출에도 응용이 가능하다는 점이다. 또한 우유, 요거트, 주스, 액상란과 같이 전기장에 저항성이 있는 액체 제품의 경우 살균에 연속적으로 처리가 가능하며, 고상 제품까지 널리 적용이 가능하다

(Khan 등, 2017). 또한 장치설비의 경우, 전기발생 장치 외에 별도의 설비가 필요하지 않아 간단하게 현장에 적용할 수 있다는 장점도 있다. 현재 식품업계에서 가열처리 이외에 새롭게 적용되고 있는 처리법으로는 초고압처리법이 있다. 물론 초고압기술 자체는 이미 예전부터 다양한 연구결과들이 나왔지만, 국내 시장에는 근래에 들어서야 기술이 적용된 제품이 소비자들에게 판매되고 있다. 초고압처리가 된 주제품으로는 주스, 육가공품 등이 있으며, 식품 본연의 풍미와 영양소를 보존하여 공급하고 있다. 아직 유제품에는 초고압처리가 활용되고 있지 않으나, 향후에는 널리 적용될 것으로 사료된다. 또한 가장 간단한 원리로 특별한 장비 없이 식품입자의 크기에 따라 제균처리가 가능한 막여과법이 있다. 막여과법의 경우, 필터의 직경 사이즈를 조절하여 세균 등 유해 미생물을 분리하는 제어기술로도 사용할 수 있으며, 우유의 유지방구 크기를 줄여 부드러운 조직감을 형성하는 데 활용할 수도 있다(Inc, 2004). 국내 유기업에서 우유에 마이크로필터공법을 도입하여 유해세균을 걸러내고, 저온살균을 거쳐 가열과정 중에서 파괴될 수 있는 영양소를 보존하여 친환경·저온살균우유로 제품을 고급화한 사례도 찾아볼 수 있다.

다음은 품질의 변화는 다소 있을 수 있으나, 살균효과가 뛰어나서 연구가 활발히 진행되고 있는 플라즈마 처리법, 자외선 조사법, 방사선조사법 등의 기술에 대해 언급하고자 한다. 플라즈마는 전기에너지로 비활성 기체를 이온화하여 전자, 라디칼, 양이온이 풍부한 상태로 만들어 제품에 처리하는 비가열 처리기술이다(Misra 등, 2011). 저온플라즈마는 포자, 바이오필름, 진균류를 포함한 미생물을 비활성화시켜 유제품의 안전성을 높일 수 있다. 최근 국내에서 식품 중 화학물질 검출 때문에 체내 잔류성이 없는 안전한 제어 기술에 대한 관심이 증대되고 있다. 저온플라즈마는 이러한 부분에서 우려를 덜어낼 수 있다. 가장 큰 장점은 친환경적이며 잔류물질이 없고, 사용 시 용매를 사용하지 않아 폐기되는 자원을 아낄 수 있다는 것이다. 이 기술은 열처리에 의해 발생하는 품질 변화는 극복할 수 있으나, 유제품에 적용하기 위해서는 구성 성분, 즉 단백질, 지방, 수분의 비율에

따라서 지방산화가 일어날 수 있고, 수소결합의 분해 등 품질 특성에 부정적 영향을 줄 수 있어 다양한 변수들을 고려해야 한다(Coutinho 등, 2018). 자외선 조사는 오래전부터 식품의 살균을 위해서 사용되어 왔던 물리적인 처리법 중 하나다. 세균, 바이러스, 곰팡이 등 미생물의 치명적인 손상을 주기 위해 DNA의 변성을 줄 수 있는 단파장인 UV-C(200-280 nm)를 조사하는 방법이다(Bintis 등, 2000). 하지만 가장 큰 단점은 조사시간 및 에너지가 증가함에 따라서 비례적으로 온도가 상승하여 제품에 손상을 줄 수 있다. 따라서 신선제품인 유제품에 직접적으로 장시간 조사하기보다는 우유 수송관이나 작업대 등 제품 생산 및 가공환경에서 살균법으로 주로 사용되고 있다. 이온화방사선 기술은 세 가지 유형으로 나뉘며, 이는 감마선, X선, 전자빔 조사이다. 대부분의 사람들이 신선도를 향상시키는 비가열기술 중에서 방사선 조사가 병원균과 부패 미생물을 제거하는데 있어서 가장 효과적이라고 생각한다. 하지만 소비자들의 방사능 잔류에 대한 우려와 지방 산패, 이미, 이취 등 처리 중 원치 않는 품질변화가 생겨 다양한 식품에 적용되고 있지는 않다. 특히 유제품에서는 근섬유 수축을 야기하여 거친 조직감을 만든다. 현재 유제품에 방사선을 조사하는 것이 법적으로는 허용되어 있지 않아, 산업적으로 일반화되기까지 좀 더 시간이 걸릴 것으로 생각된다.

(2) 생물학적 제어기술

유제품에 적용할 만한 가장 잘 알려진 생물학적 제어기술은 박테리옌을 활용한 방법이다. 박테리옌은 20-40개의 아미노산만으로 구성된 펩타이드로 세균이 생산하는 단백질성 화합물이다(Sobrinho-López와 Martín-Belloso, 2008). 현재 국내에서 법적으로 사용이 허가된 박테리옌은 니신(Nisin)이다. 미국의 경우, 니신이 고대부터 오랫동안 먹어온 식품에 존재했다고 생각하기 때문에 일반적으로 안전하다고 인정(generally recognized as safe, GRAS)하고 있다. 니신은 34개의 아미노산으로 구성된 펩타이드로 원유 및 채소를 원료로 한 제품에서 분리된 *Lactococcus lactis*

subsp. *lactis*에서 생산되는 2차 산물로 항균 메커니즘은 균의 세포질막에 공극을 형성하여 세포막의 전위와 pH 구배의 붕괴를 유도한다(Sobrinho-López와 Martín-Belloso, 2008). 하지만 극적인 세균 제어 효과를 확인하기 위하여 많은 양을 사용하기에는 비경제적이라는 단점이 있다. 박테리옌은 법적 규제, 대량생산 문제 등 여러 한계점들이 존재하고 있지만, 니신 이외에도 다양한 박테리옌을 활용한 연구들이 활발하게 진행되고 있어 잠재적인 발전 가능성이 있다.

(3) 화학적 제어기술

화학적 제어기술의 경우, 크게 두 가지 측면의 기능을 살펴볼 수 있다. 먼저, 식품에 직접적으로 첨가할 수 있는 식품첨가물로서 미생물의 생장 및 증식을 억제하는 방법과 식품에 이행될 수 있는 유해미생물을 생산 환경으로부터 유입되는 것을 방지하도록 기구 등의 살균소독제로서 사용하는 방법이다. 하지만 유제품의 특성상 살균제나 세척제 처리를 한 후 농산물처럼 물 세척을 통하여 잔류물질을 제거하는 과정을 거치기 어렵기 때문에 직접적으로 첨가하여 미생물을 사멸시키는 경우는 거의 드물다. 원유 수송관 세척제는 크게 알칼리 제제와 산성제제로 나뉘게 되는데, 알칼리 세척제의 경우에는 유석을 제거하는데 쓰이며, 산성 세척제는 잔류된 단백질, 염 제거 및 형성된 바이오필름을 제거하기 위해 사용된다. 주로 사용되는 알칼리 세척제는 0.15%-1.0%의 수산화나트륨, 산성세척제는 무기산의 경우 인산, 질산, 유기산의 경우 구연산을 사용한다(Thomas와 Sathian, 2014). 그 외에 고온에서 견딜 수 있는 포자 등을 제거하기 위한 세척제로는 차아염소산수, 과산화수소, 오존, 과산화아세트산 등이 있다. 과산화수소나 오존은 하이드록시라디칼 같이 반응성이 높은 산화물을 활용하여 세포 독성을 유발하게 함으로써 항균효과를 나타내게 된다. 과산화물의 장점은 세균의 내생포자에 대해 제어효과가 있으며, 많은 미생물에게 치명적이다. 또한 물과 산소로 완전히 분해되어 환경에 독성이

없다(Meireles 등, 2016). 그러나 식품접촉표면에는 적용이 가능하나, 채소류와 같은 농산물에서는 갈변이 발생할 수 있어 이를 극복하기 위한 복합처리가 필요하다(Kim 등, 2015). 차아염소산수의 경우에는 염소소독에 비하여 훨씬 저농도의 유효염소농도로 단시간에 강력한 살균효과를 나타내어 직접적인 병원균 살균뿐 아니라, 작업도구에 의한 교차오염 방지 등 광범위하게 응용이 가능하다. 다만 화학적 처리 전 고려해야 할 사항은 살균소독제를 사용법과 규정에 맞게 사용하여야 하며, 화학제 제조 시 사용자의 피부에 접촉을 피하는 등 안전에 유의해야 한다는 점이다.

앞서 언급한 물리적, 생물학적, 화학적 살균처리 중에서 단일처리로도 탁월한 효과를 내는 유해미생물 제어 기술도 있지만, 미생물이 사멸할 때까지 장시간 처리하

면 제품의 관능적 특성 및 영양소에 영향을 주는 기술도 있다. 따라서 여러 가지 기술의 복합처리를 통해 소요되는 자원의 효율성을 높이고, 미생물을 사멸하는데 시너지효과를 얻는 것이 미생물학적 안전성을 확보하는데 더욱 효과적이다.

III. 결론

최근까지 식품 안전관리기술은 IT·BT·NT 융합 기술을 위주로 개발되어 왔다. 현재는 4차 산업혁명 시대를 맞아 블록체인이나 유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network) 기술까지 합세하여 안전성 분석결과와 품질 관련 정보를 실시간으로 받을 수 있게 변해가고 있다. 이렇게 다양한 기술과 정보가 쏟아져 나오고 있으나, 여전히 업체에서 실질적으로 사용하는 기술은 극히 제한적이다. 본문에서 기술한 바처럼 각각의 기술은 각기 다른 장단점을 가지고 있기 때문에, 현장에서 목적에 맞게 적절한 기술을 선별하여 사용하여야 한다. 그리고 이때 축산식품 안전전문가의 도움을 받는 것이 바람직하다. 기술 자체가 워낙 다양하고 빠르게 변화하고 있을 뿐만 아니라, 정부에서 공인된 기술인지, 어느 정도의 규모와 시설을 갖춘 현장인지, 기술을 사용하여 도출하고 싶은 결과가 무엇인지 등을 파악하여 그 목적에 따라 서로 다른 기술을 적용해야 하기 때문이다. 이를 위해서 생산자나 업체가 적극적으로 현장을 공개하고, 제품 생산과정 전반에 대한 컨설팅을 받으려고 노력해야 한다. 또한 정부와 학계에서는 실용화 연구를 집중 육성해서 현장에서 실제로 사용할 수 있는 기술을 개발·보급하여야 할 것이다. 이러한 노력이 합쳐져서 안전한 유제품 생산을 통한 축산물 소비촉진과 궁극적으로 국민보건 증진에 기여할 수 있기를 기대해 본다.

사사

본 결과물은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01257601)에 의해 이루어진 것임.

그림 1. 식품 산업에서의 펄스전기장 가공 공정(Khan 등, 2016)

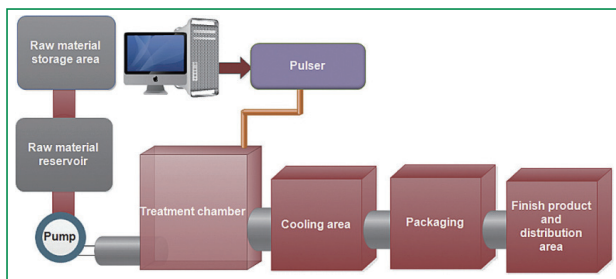
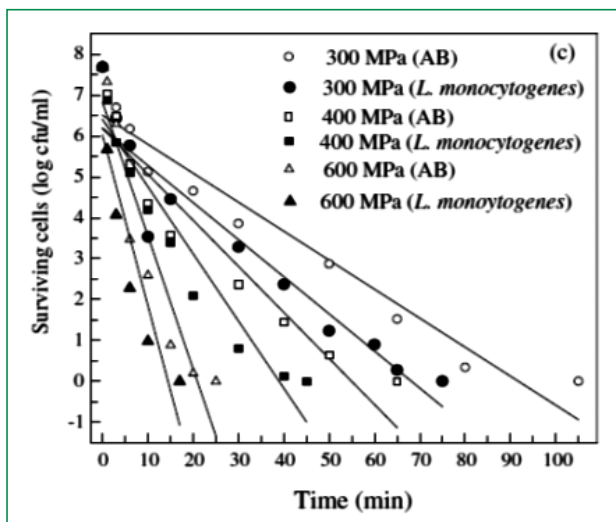


그림 2. 우유에서의 초고압 세기 및 노출시간에 따른 *Listeria monocytogenes* 및 총균수의 저감화 효과(Erkmen과 Dogan, 2004)



참고문헌

1. Bintsis T, Litopoulou-Tzanetaki E, Robinson RK. 2000. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry—a critical review. *J Sci Food Agric* 80:637-645.
2. Coutinho NM, Silveira MR, Rocha RS, Moraes J, Ferreira MVS, Pimentel TC, Borges FO. 2018. Cold plasma processing of milk and dairy products. *Trends Food Sci Technol* 74:56-68.
3. Dogan C, Erkmen O. 2004. High pressure inactivation kinetics of *Listeria monocytogenes* inactivation in broth, milk, peach and orange juices. *J Food Eng* 62:47-52.
4. Hymery N, Vasseur V, Coton M, Mounier J, Jany JL, Barbier G, Coton E. 2014. Filamentous fungi and mycotoxins in cheese: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 13:437-456.
5. Inc I. 2004. Membrane technology benefits the food processing industry. *Filtr Sep* 41:32-33.
6. Khan I, Tango CN, Miskeen S, Lee BH, Oh DH. 2017. Hurdle technology: A novel approach for enhanced food quality and safety—A review. *Food Control* 73:1426-1444.
7. Kim SY, Chung BR, Chang JH, Jung GY, Kim HW, Park BY, Oh SS, Oh MH. 2016. Simultaneous identification of 13 foodborne pathogens by using capillary electrophoresis-single strand conformation polymorphism coupled with multiplex ligation-dependent probe amplification and its application in foods. *Foodborne Pathog Dis* 13:566-573.
8. Kim HY, Choi JK, Shin IS. 2015. Bactericidal effects of hypochlorous acid water against *Vibrio parahaemolyticus* contaminated on raw fish and shellfish. *Korean J Food Sci Technol* 47:719-724.
9. Meireles A, Giaouris E, Simões M. 2016. Alternative disinfection methods to chlorine for use in the fresh-cut industry. *Food Res Int* 82:71-85.
10. Misra NN, Tiwari BK, Raghavarao KSMS, Cullen PJ. 2011. Nonthermal plasma inactivation of food-borne pathogens. *Food Eng Rev* 3:159-170.
11. Oh MH, Kim YR, Jung GY, Chang JH, Park BY. 2013. Rapid diagnostic techniques of pathogens. *Food Sci Anim Resour Ind* 2:41-46.
12. Sobrino-López A, Martín-Belloso O. 2008. Use of nisin and other bacteriocins for preservation of dairy products. *Int Dairy J* 18:329-343.
13. Thomas A, Sathian CT. 2014. Cleaning-in-place (CIP) system in dairy plant-review. *IOSR J Environ Sci Toxicol Food Technol* 8:41-44.