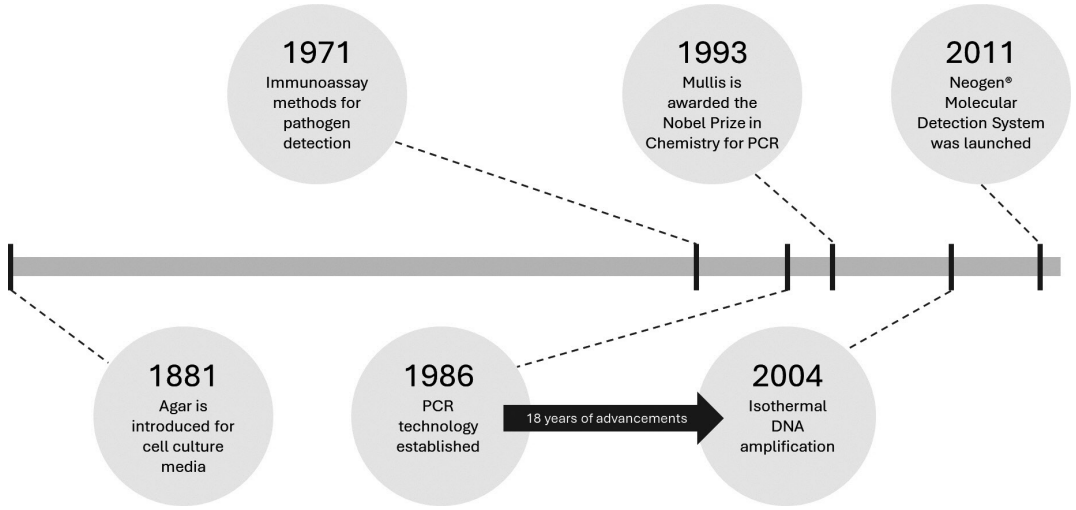
Neogen® Molecular Detection System과 환경 샘플링 솔루션을 활용한 신속 · 정확한 식중독균 검출

검사법의 진보는 단순히 새로운 장비 기술이나 특허의 도입으로만 정의될 수 없다. 정확도 향상, 검사 시간 단축, 사용 편의성을 통한 실험자 오차 개선과 같은 성능 향상이 시료 전배양 단계에서 최종 결과 판정에 이르기까지 전 과정에서 이루어질 때 비로소 '진보된 검사법'이라 할 수 있다.

이러한 관점에서 보면, 1881년 평판배지법의 도입 이후 면역학적 분석법을 거쳐 PCR에 이르기까지 식중독균 검출 기술은 지속적으로 발전해 왔음을 알 수 있다. 2004년에 개발된 등온증폭법은 PCR 이후 차세대 검사법으로 평가되며, 특히 LAMP(Loop-mediated Isothermal Amplification)법[1]은 핵산 증폭 과정에서 높은 민감도와 특이성을 갖춘 효율적인 등온증폭법으로 인정받고 있다.[2, 3]

현대 식품 안전 관리에서는 단순히 분자생물학적 분석법의 발전만으로는 충분하지 않다. 환경 샘플을 정확하게 채취하고, 표면에 남아 있는 살균 · 소독제의 영향을 최소화하며, 신속하게 검출할 수 있는 솔루션 또한 필수적이다. Neogen® Environmental Scrub Sampler Stick with Wide Spectrum Neutralizer는 환경 샘플링 단계에서 위음성을 방지하고, Molecular Detection Assay – Listeria Right Now™는 증균 배양 없이 2시간 이내에 환경 내 리스테리아 속을 검출할 수 있어, 검사 전 과정에서 빠르고 정확한 의사결정을 가능하게 한다.



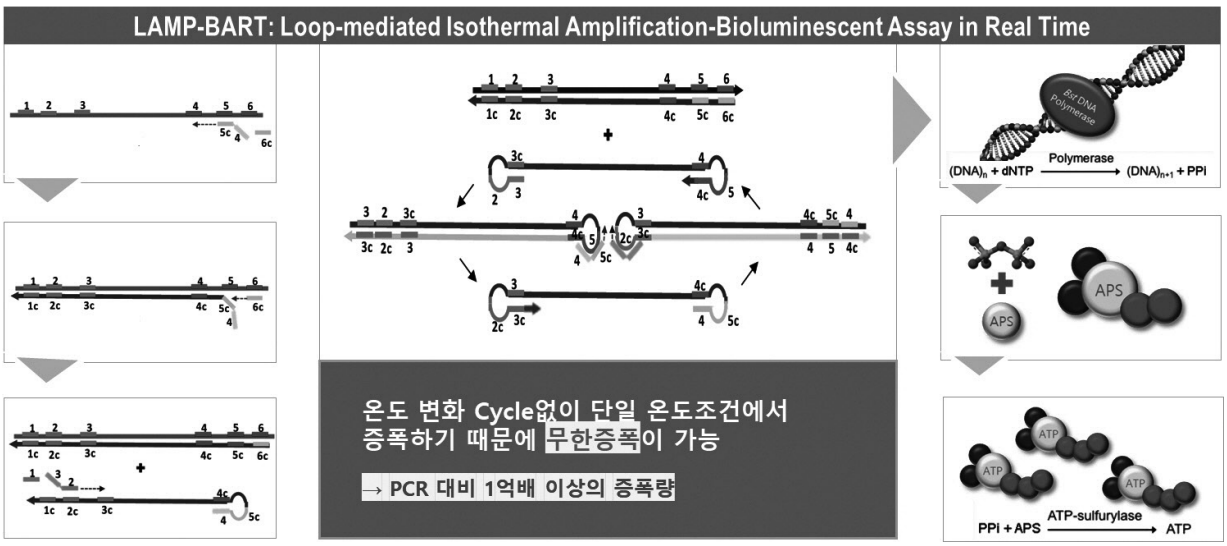
1) 정확한 시험법 선택

●분자생물학적인 방법의 최적 조합
– LAMP + Bioluminescence (ATP)

Neogen® MDS는 LAMP와 Bioluminescence(ATP) 검출 원리를 결합한 시스템으로, 기존 분자생물학적 검출법의 한계를 극복할 수 있도록 설계되었다.

먼저, LAMP(Loop-mediated Isothermal Amplification)는 60℃의 일정한 온도에서 Bst 중합효소를 이용해 연속적으로 DNA를 증폭한다. 이는 94℃ 이상의 고온에서 DNA 변성을 요구하는 PCR과 달리, 온도 사이클링 과정이 필요 없어 효율적이다. PCR은 (1) 3' → 5' exonuclease 활성이 없는 Taq 중합효소 사용으로 발생할 수 있는 오류율, (2)사이클 횟수에 따른 DNA 신장의 제약, (3)식품 및 환경 시료 내 자연적으로 존재하는 간섭물질의 영향 등으로 인해 위음성이 발생할 수 있다.[4-6] 반면, LAMP는 단일 온도 조건에서 중합효소의 탈착이 필요하지 않아 안정적인 증폭이 이루어지므로 이러한 저해요인을 크게 줄일 수 있다.[7-11] 실제로, 살균 처리된 달걀 매트릭스나 향신료 성분이 PCR 증폭을 방해하는 반면, Neogen® MDS는 동일 조건에서 안정적인 결과를 보였다는 연구 결과가 보고된 바 있다.[12-14]

Bioluminescence(ATP) 기반 검출 방식은 LAMP의 민감도를 더욱 강화한다. LAMP 증폭 과정에서 생성된 pyrophosphate는 ATP sulfurylase에 의해 ATP로 전환되고, 이는 luciferase 반응을 통해 빛으로 검출된다. 이 과정에서 생성되는 신호는 PCR보다 충분히 강력하여 높은 신뢰도를 제공한다. 또한, 형광 검출을 기반으로 하는 PCR이나 면역학적 분석법과 달리, 식품 매트릭스나 전배양 배지에 자연적으로 포함되어 있을 수 있는 형광 물질의



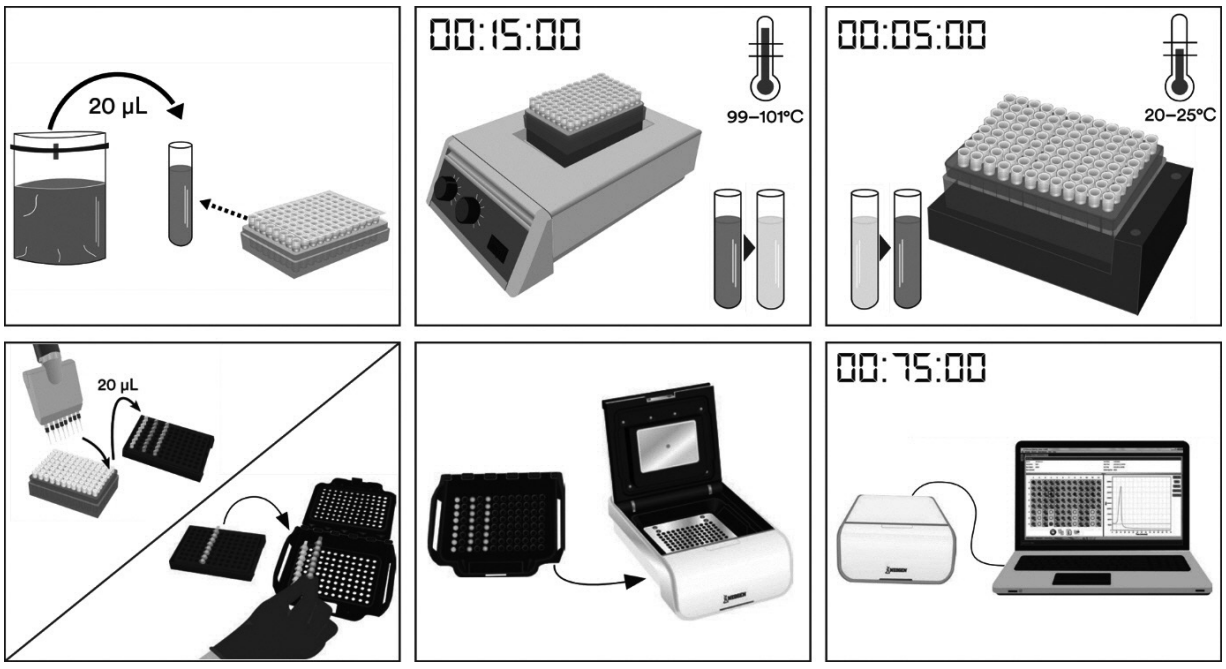
간섭을 받지 않아 위양성 발생 가능성이 낮다.[15]

따라서 Neogen® MDS는 LAMP의 안정적인 증폭 특성과 Bioluminescence 검출의 높은 신뢰성을 동시에 확보함으로써, 다양한 식품 시료에서 우수한 성능을 입증한 바 있다.[16] Peer-reviewed 연구에서도 그 우수성이 확인되었다.[17-32]

●물리 · 화학적 Lysis와 간소화된 Prep

분자생물학적 방법에서 정확한 결과를 얻기 위해서는 전배양(pre-enrichment)과 Lysis, 그리고 Prep 과정이 필수적이다. 그러나 crude lysis와 같은 단순 가열법(100℃, 10 - 15분)은 불완전한 세포 파괴로 인해 위음성을 초래할 수 있으며, 매뉴얼 기반의 vortexing · 원심분리 반복 역시 간섭 물질 제거가 불완전하고 표적 균주의 손실 가능성을 높인다. 이처럼 기존 방법은 복잡하고 번거로울 뿐만 아니라, 작업자의 숙련도에 따라 결과가 달라질 수 있다는 한계가 있다.

Neogen® Molecular Detection Assay 2는 enzymatic lysis buffer 대신 chemical lysis buffer를 사용하여 불완전한 lysis 가능성을 최소화하였다. 또한, lysis 용액에는 나노입자와 킬레이트 시약이 포함되어 있어, DNA 중합효소에 간섭을 일으킬 수 있는 단백질과 금속 양이온을 효과적으로 제거한다. 이 과정을 통해 별도의 vortexing이나 원심분리 없이도 정확하고 안



정적인 전처리가 가능하다.

이러한 물리 · 화학적 lysis 기반의 간소화된 Prep은 단순히 단계 수를 줄이는 것에 그치지 않고, 전 과정의 재현성과 신뢰성을 높인다. 예를 들어, Neogen® MDS는 대부분의 경우 단 두 번의 20 µL 피펫팅만으로 전처리를 완료할 수 있으며, Lysis 용액의 색 변화(분홍-노랑-분홍)는 단순한 온도 지시를 넘어 산성을 띠는 시료로 의한 불완전 전배양 여부까지 확인할 수 있다. 따라서, 실험자의 조작으로 인한 오차 가능성을 최소화하면서도 더 견고하고 정확한 결과를 제공한다.

●국제적으로 통용되어 사용되는 방법

○식품공전 총칙

식품공전은 제1. 총칙 1. 일반원칙의 4항에 '이 고시에서 규정한 시험방법보다 더 정밀 · 정확하다고 인정된 방법을 사용할 수 있고 미생물 및 독소 등에 대한 시험에는 상품화된 키트(kit) 또는 장비를 사용할 수 있으나, 그 결과에 대하여 의문이 있다고 인정될 때에는 규정한 방법에 의하여 시험하고 판정하여야 한다.'는 조항이 있다. 문장 그대로 해석하면 모든 상품화된 시험법을 사용할 수 있고, 그 결과에 의문이 없으면 규정한 방법에 의한 추가 시험이 없어서 부정확한 시험법까지도 통용될 수 있다는 우려가 제기될 수 있다.

따라서, 중요하게 판단하여야 할 부분은 '더 정밀 · 정확하다고 인정된 방법'인데, 이는 유효성 확인(Validation)과 유효성 검증(Verification)으로 해석할 수 있다.

○유효성 확인과 유효성 검증

유효성 확인은 시험법의 신뢰성 확보를 위해 표준법과 비교하여 동등 이상의 결과가 보임을 입증하는 절차이며, AOAC OMA 혹은 ISO (NF Validation, MicroVal) 등의 국제공인이 이에 해당한다. 유효성 검증은 이 검증된 시험법이 실시료에서 유효하게 작용하는지를 확인하는 것이다. 식품 등 시험법 마련 표준절차에 관한 가이드라인에 따르면 다음의 어느 하나에 해당하는 시험법의 경우에는 검증 절차를 생략할 수 있다고 명시되어 있다.[33]

1) 타 기관 법령 및 법령 등에서 고시하여 시행 중인 시험법
2) Codex Alimentarius Commission (CAC), Association of Official Analytical Chemists (AOAC) International, Pesticide Analytical Manual (PAM) 등 국제공인 시험법 및 유효성을 이미 검증하여 사용 중인 시험법

○USDA FSIS MLG

Neogen® Molecular Detection System(이하 MDS)은 출시된 모든 키트에 대해 국제공인인증을 취득함으로써 유효성이 확인된 시험법이다. 또한 MDS는 전 세계 각국의 정부기관뿐 아니라 검사기관 및 식품업체에서 다양한 식품군에 대해 우수한 유효성 검증 결과를 보여 왔다. 이에 따라 국제적으로 널리 통용되는 시험법으로 자리 잡고 있다.

미 농무부 식품안전검사국(USDA FSIS)는 육류, 가금류, 알가공품에서 살모넬라 및 리스테리아 모노

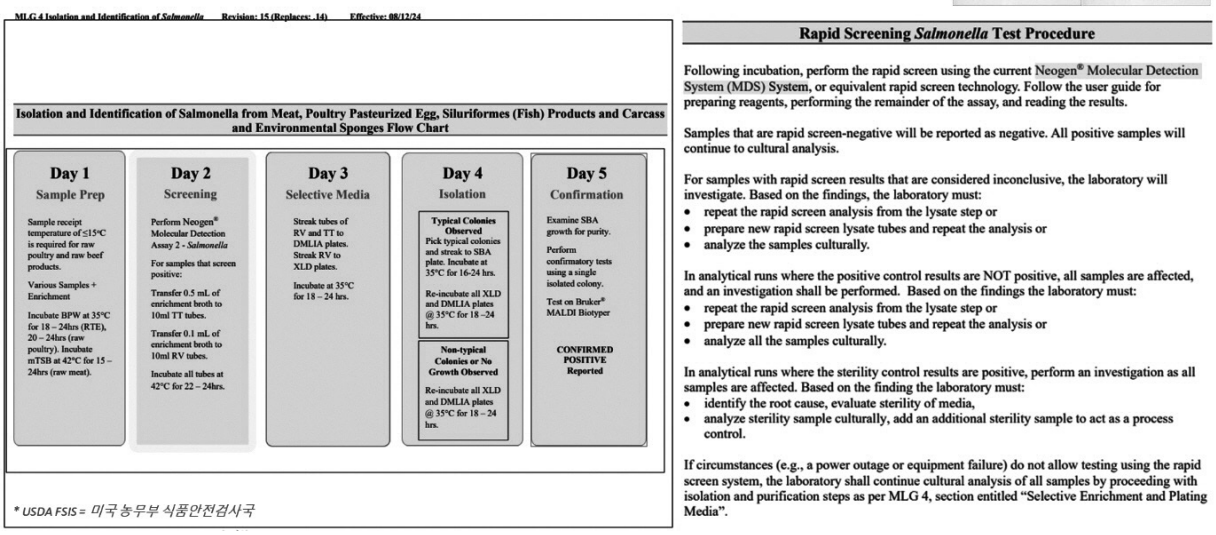
사이토제네스를 검사하는 공식 시험법으로 5년 이상 Neogen® MDS시험법을 채택하여 사용하고 있다.

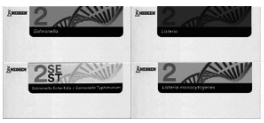
2) 검출 한계와 올바른 증균 배양

정성으로 관리되는 식중독균은 대부분 n=5, c=0, m=0/25g 기준으로 관리되며, 시료 25g에서 단 1 cfu의 균이 검출되어도 부적합으로 판단한다. 따라서 적절한 증균 배양 과정은 필수적이다. 예를 들어, 1 cfu/25g 수준으로 오염된 시료를 증균 배양 없이 평판배지로 바로 검출하려고 하면 양성 결과를 얻을 가능성은 매우 낮다. 평판배지의 검출 한계는 약 1 cfu/g(mL) 수준이며, 250 mL 완충액에 희석된 1 cfu는 피펫팅 오차만으로도 충분히 위음성으로 나타날 수 있기 때문이다. 결론적으로, 더 높은 농도로 균을 증식시키는 배양과 시료 내 저해물질을 고려한 안정적인 전배양이 필요하다. 전배양은 균이 정지기(stationary phase)에 도달할 때까지 진행해야 신뢰성 있는 검출이 가능하다.

분자생물학적 방법 역시 전배양이 충분히 이루어지지 않으면 검출 한계만으로 그 우수성을 평가할 수 없다. Neogen® MDS는 전 세계적으로 규정된 균종별 적합 전배양 조건을 설정하고, AOAC 및 NF Validation 등의 국제 공인을 통해 유효성을 검증하였다.

전배양 배지 또한 차별화되어 있다. Salmonella spp., STEC, EHEC, Cronobacter spp.의 전배양에 사용되는





Rapid Screening *Salmonella* Test Procedure

Following incubation, perform the rapid screen using the current Neogen® Molecular Detection System (MDS) System, or equivalent rapid screen technology. Follow the user guide for preparing reagents, performing the remainder of the assay, and reading the results.

Samples that are rapid screen-negative will be reported as negative. All positive samples will continue to cultural analysis.

For samples with rapid screen results that are considered inconclusive, the laboratory will investigate. Based on the findings, the laboratory must:

- repeat the rapid screen analysis from the lysate step or
- prepare new rapid screen lysate tubes and repeat the analysis or
- analyze the samples culturally.

In analytical runs where the positive control results are NOT positive, all samples are affected, and an investigation shall be performed. Based on the findings the laboratory must:

- repeat the rapid screen analysis from the lysate step or
- prepare new rapid screen lysate tubes and repeat the analysis or
- analyze all the samples culturally.

In analytical runs where the sterility control results are positive, perform an investigation as all samples are affected. Based on the finding the laboratory must:

- identify the root cause, evaluate sterility of media,
- analyze sterility sample culturally, add an additional sterility sample to act as a process control.

If circumstances (e.g., a power outage or equipment failure) do not allow testing using the rapid screen system, the laboratory shall continue cultural analysis of all samples by proceeding with isolation and purification steps as per MLG 4, section entitled "Selective Enrichment and Plating Media".

BPW ISO 배지는 카제인 기반 펩톤 성분과 pH 7.0으로 완충 작용을 강화하였다. TSB는 영양분이 풍부하여 표적균 외 다른 균도 빠르게 증식할 수 있어 배경 균총이 우점하면 자연 오염된 식중독균 배양에 영향을 줄 수 있으나, BPW ISO는 이러한 문제를 최소화한다.

Listeria spp.와 Listeria monocytogenes 전배양에는 Demi Fraser 배지를 사용한다. LEB 배지는 선택인자로 작용하는 항생 성분의 농도가 높아 Listeria monocytogenes의 성장을 오히려 저해할 수 있지만, Demi Fraser 배지는 항생 성분을 절반으로 줄여 적절한 선택성과 안정적인 배양을 동시에 제공한다. 이에 따라 배양 시간도 LEB 대비 절반 수준으로 단축(37℃, 24-32시간)할 수 있다.

Campylobacter Enrichment Broth는 산소 제거 성분이 포함되어 미호기성 세균인 Campylobacter를 호기 조건에서 배양할 수 있게 한다. 배양 시간은 22-28시간으로 식품공전의 1차 배양보다 빠르며, CO_2 pack이나 CO_2 incubator 없이도 배양할 수 있어 편리성과 경제성을 높였다.

이와 같이, Neogen® MDS는 검증된 차별화된 전배양 방법을 통해 시료 내 저해물질과 낮은 오염 수준에서도 안정적이고 신뢰성 높은 결과를 제공하며, 위음성 가능성을 최소화한다.

'등온증폭은 검출 한계가 높다'라는 확인되지 않은 루머에도 불구하고 Neogen® MDS가 정확할 수밖에 없는 근거이며, LAMP의 정밀·정확한 원리 때문에 USDA FSIS는 BPW ISO와 Demi Fraser 전배양을 유지하면서 Neogen® MDS를 표준법(MLG, Microbiology Laboratory Guidebook)으로 등재할 수 있었다.

3) 환경샘플 채취

– 살균·소독제에 대한 중화의 중요성 (ESS)

식품 매트릭스뿐만 아니라, 가공 시설과 생산·유통 환경 역시 식품 안전과 품질에 영향을 미치는 생물학적, 물리적, 화학적 위해 요인의 주요 원인이 될 수 있다. 특히, 환경모니터링의 부재는 Listeria monocytogenes와 같은 병원성균의 오염으로 연결될 수 있다. 따라서 최근 전 세계 식품 안전 규정과 기준은 환경모니터링 프로그램의 중요성을 지속적으로 강조하고 있다.

그러나 환경 샘플링에서 표면의 병원성균 오염 수준을 정확하게 반영하는 것은 쉽지 않다. 주된 이유 중 하나는 남아 있는 살균·소독제이다. 환경 표면에 남아 있는 살균·소독제는 샘플 채취 후에도 살균 또는 정균 작용을 계속할 수 있어, 샘플 내 미생물 수를 감소시키거나 운송 및 배양 과정에서 성장 억제를 초래할 수 있다. 이에 따라 정성적 검사에서는 실제 존재하는 병원성균을 반영하지 못하고, 음성 결과가 발생할 가능성이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 샘플 채취 도구(예: 스왑, 스펀지)에는 잔존 살균·소독제를 효과적으로 중화할 수 있는 구성 요소가 포함되어야 한다. 중화제의 종류에 따라 살균·소독제에 동일한 중화 효과를 나타내지 않기 때문에, 생산 현장에서 사용되는 살균·소독제 종류를 확인하고 적절한 중화제를 선택하는 것이 중요하다.

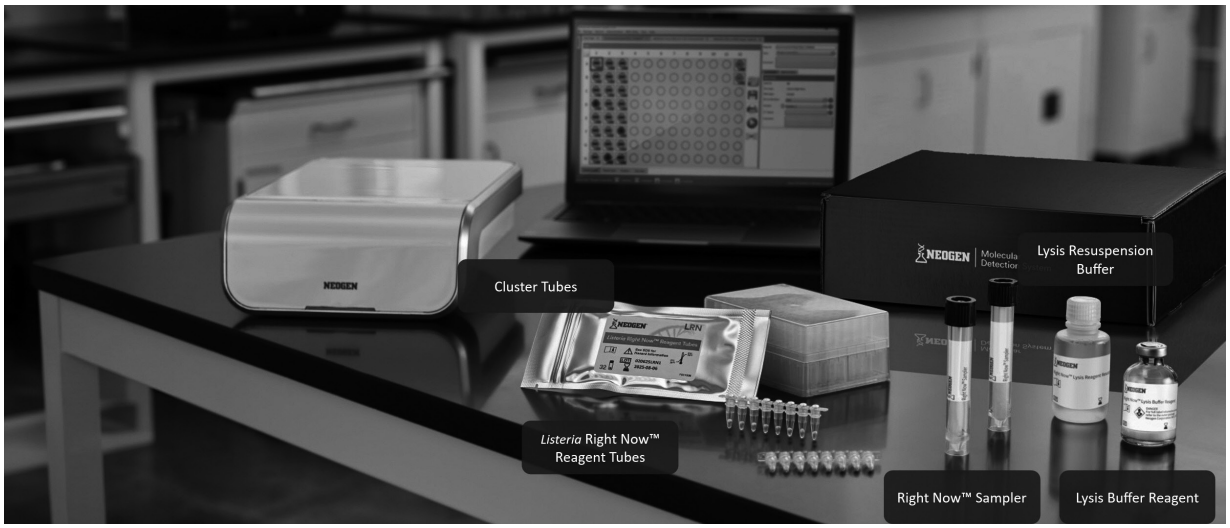
Neogen® Environmental Scrub Sampler Stick with Wide Spectrum Neutralizer는 Quats, High acid, Chlorine, Peroxide 등 다양한 살균제에 대해 효과적으

Sanitizer	Neogen Wide Spectrum Neutralizer	Letheen Broth	Dey-Engley (D/E) Neutralizing Broth	Neutralizing Buffer	Buffered Peptone Water
Quaternary ammonium compounds	✓	✓	✓	✓	X
Phenolics	✓	✓	✓	X	X
Iodine and chlorine	✓	✓	✓	✓	X
Peroxide and peroxyacetic acid	✓	Some	✓	X	X
Acids	✓	✓	✓	X	X

로 중화 작용을 수행하여 위음성을 예방할 수 있다.[34–38] 또한 최대 96시간까지 균의 생존을 유지하여 높은 회수율과 방출율로 보다 정확한 검출을 가능하게 한다.[39] Neogen의 dot technology를 적용하여 바이오필름이 형성된 환경에서 균을 효과적으로 채취할 수 있다.[40, 41] 이 제품의 스틱은 금속 탐지기에 감지될 수 있도록 설계되어, 생산 과정 중 식품에 혼입되더라도 즉시 확인 가능하다.

4) 증균 배양 없이 신속한 환경에서의 Listeria spp. 검출 – Listeria Right Now™

Neogen® MDS – Salmonella spp. 및 Listeria monocytogenes 환경 시료(콘크리트, 스테인리스 스



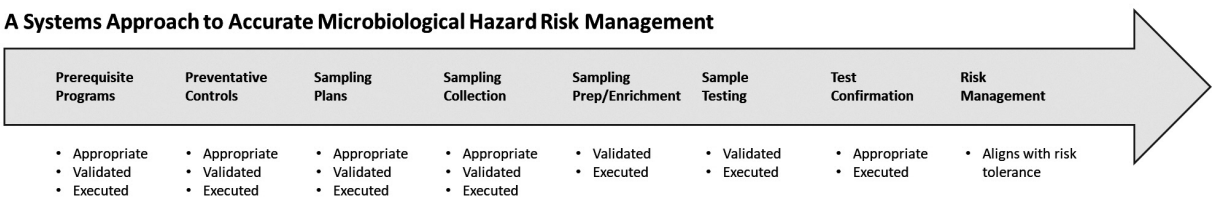
틸, 세라믹 타일, 플라스틱)에 대한 국제공인인증(AOAC OMA)을 취득하였다.

또한, Neogen은 2025년 7월 27일부터 30일까지 개최된 International Association for Food Protection (IAFP)에서 신속한 리스테리아 검사용 새로운 솔루션인 Molecular Detection Assay – Listeria Right Now™를 출시하였다. Molecular Detection Assay – Listeria Right Now™는 증균 배양 없이 환경 내 리스테리아 속을 검출할 수 있으며, 결과 확인까지 약 2시간이 소요된다. 이를 통해 식품 안전 전문가들은 복잡한 실험실 장비 없이도 정확성을 유지하면서 식품으로의 교차오염 위험을 신속히 평가하고 대응할 수 있다.

Listeria Right Now™는 최대 30cm x 30cm 표면을 효과적으로 샘플링하고, 좁은 틈새에도 접근할 수 있도록 설계된 채취 도구를 포함하고 있다. 전통적인 리스테리아 검출법은 증균 배양을 포함하여 24~48시간 이상 소요되므로, 유제품, 농산물, 육류, 즉석 섭취 식품 검사 시 작업 흐름을 방해하고 오염 위험을 높이며, 리콜 의사결정을 지연시킬 수 있다. 이에 비해 Listeria Right Now™는 증균 배양 없이 2시간 내 검출이 가능하여, 검출 과정을 단순화하고 같은 근무조 내에서 신속한 대응을 가능하게 한다.

결론적으로, 현대 식품 안전 관리에서 진보된 검사법은 단순한 장비 혁신이 아니라, 시료 전처리와 전배양, 환경 샘플링, 신속 검출 솔루션이 통합되어 전 과정에서 정확도와 효율성을 보장할 때 완성된다. Neogen® MDS와 관련 솔루션은 이러한 통합 접근을 통해 국제적으로 검증된 유효성을 제공하며, 다양한 식품군과 환경 조건에서도 신뢰성 높은 결과를 실현함으로써, 안전하고 과학적인 식품 관리 체계 구축에 기여하고 있다.

Neogen은 최초의 건조필름배지인 Petrifilm®을 비롯해, 병원성 미생물 검출 시스템(Molecular Detection System), ATP 기반 모니터링(Clean-Trace®), 디지털 환경모니터링 분석 플랫폼(Neogen Analytics), 알레르겐 및 곰팡이 독소 분석(Reveal®, Veratox®), 식품 영양 및 성분 분석(Megazyme) 등 폭넓은 분석 솔루션을 보유하고 있다. 이를 활용하여 식품 생산 및 유통 과정 전반에서 신속하고 정밀한 데이터를 제공함으로써, 고객이 과학적인 품질관리를 실현할 수 있도록 지원한다. 또한 변화하는 글로벌 규제와 소비자 요구에 대응할 수 있도록 솔루션을 지속적으로 발전시키며, 안전하고 신뢰받는 식품 공급망 구축에 기여하고 있다.



참고 문헌

1. Notomi T, et al, Loop-mediated isothermal amplification of DNA. Nucleic Acids Res, 2000, 28:E63.

2. Fu S, et al, Applications of loop-mediated isothermal DNA amplification, Appl. Biochem, Biotechnol, 2011, 163:845-50.

3. Parida M, et al, Loop mediated isothermal amplification (LAMP): a new generation of innovative gene amplification technique; perspectives in clinical diagnosis of infectious diseases, Rev. Med. Virol, 2008, 18:407-21.

4. Opel K, et al. A study of PCR inhibition mechanisms using Real Time PCR. J. Forensic Sci. 2010, 55:25-33.

5. Rossen L, Nørskov P, Holmstrøm K, Rasmussen OF. 1992. Inhibition of PCR by components of food samples, microbial diagnostic assays and DNA-extraction solutions. Int J Food Microbiol. 17:37-45.

6. Hoorfar J, et al. Practical considerations in design of internal amplification controls for diagnostic PCR assays. J Clin Microbiol. 2004, 42:1863-1868.

7. Francois P, et al, Robustness of a loop-mediated isothermal amplification reaction for diagnostic applications. FEMS Immunol. Med. Microbiol. 2011, 62:41-48.

8. Kaneko H, et al. Tolerance of loop-mediated isothermal amplification to a culture medium and biological substances. J. Biochem. Biophys. Methods. 2007, 70:499-501.

9. Kiddle G, et al. GMO detection using a bioluminescent real time reporter (BART) of loop mediated isothermal amplification (LAMP) suitable for field use. BMC Biotechnology. 2012, 12:15.

10. Plutzer J, and Karanis P. Rapid identification of Giardia duodenalis by loop-mediated isothermal amplification (LAMP) from faecal and environmental samples and comparative findings by PCR and real-time PCR methods. Parasitol. Res. 2009, 104:1527-1533.

11. Nkouawa A, et al. Evaluation of a loop-mediated isothermal amplification method using fecal specimens for differential detection of Taenia species from humans. J. Clin. Microbiol. 2010, 48:3350-3352.

12. Hu L, et al. Evaluation of 3M Molecular Detection System and ANSR Pathogen Detection System for rapid detection of Salmonella from egg products. Poultry Sci. 2017, 96:1410-1418.

13. Lins P. Detection of Salmonella spp. in spices and herbs. Food Control. 2017, 83: 61-68.

14. Sarowska J, et al. Detection of Salmonella in Foods Using a Reference PN-ISO Method and an Alternative Method Based on Loop-mediated Isothermal Amplification Coupled with Bioluminescence. Adv Clin Exp Med. 2016, 25:945-950.

15. Rossmanith P, et al. The fluorescence characteristics of enrichment media in the wavelength range of Real-Time PCR thermocycler optical path assignments. Food Anal. Methods. 2010, 3:219-224.

16. Gandelman OA. Novel bioluminescent quantitative detection of nucleic acid amplification in real-time. PloS ONE. 2010, 5: e14155.

17. Yang Q, et al. Rapid detection of Salmonella in food

and feed by coupling loop-mediated isothermal amplification with bioluminescent assay in real-time. BMC Microbiol. 2016, 16:112.

18. Miks-Krajnik M, et al. Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) coupled with bioluminescence for the detection of Listeria monocytogenes at low levels on food contact surfaces. Food Control. 2016, 60:237-240.

19. Abirami N, et al. Evaluation of commercial loop-mediated isothermal amplification based kit and ready-to-use plating system for detection of Salmonella in naturally contaminated poultry and their processing environment. Food Control. 2016, 70:74-78.

20. Vongkamjan K, et al. Various Ready-to-Eat Products from Retail Stores Linked to Occurrence of Diverse Listeria monocytogenes and Listeria spp. Isolates. J Food Prot. 2016, 79:239-45.

21. Lim HS, et al. Evaluation of commercial kit based on loop-mediated isothermal amplification for rapid detection of low levels of uninjured and injured Salmonella on duck meat, bean sprouts, and fishballs in Singapore. J Food Prot. 2015, 78:1203-1207.

22. Ryan G, et al. Evaluation of Rapid Molecular Detection Assays for Salmonella in Challenging Food Matrices at Low Inoculation Levels and Using Difficult-to-Detect Strains. J Food Prot. 2015, 78:1632-41.

23. Loff M, et al. 3M™ Molecular detection system versus MALDI-TOF mass spectrometry and molecular techniques for the identification of Escherichia coli O157:H7, Salmonella spp. & Listeria spp. J Microbiol Methods. 2014, 101:33-43.

24. Fortes ED, et al. Validation of the 3M molecular detection system for the detection of Listeria in meat, seafood, dairy, and retail environments. J Food Prot. 2013, 76:874-878.

25. Bonardi S, et al. Comparison of an isothermal amplification and bioluminescence detection of DNA method and ISO 6579:2002 for the detection of Salmonella enterica serovars in retail meat samples. J Food Prot. 2013, 76:657-61.

26. Bird P, et al. Evaluation of 3M Molecular Detection Assay (MDA) 2- Listeria for the Detection of Listeria Species in Select Foods and Environmental Surfaces: Collaborative Study, First Action 2016.07. J AOAC Int. 2017, 100:82-98.

27. Bird P, et al. Evaluation of the 3M™ Molecular Detection Assay (MDA) 2- Listeria monocytogenes for the Detection of Listeria monocytogenes in a Variety of Foods and Select Environmental Surfaces: Collaborative Study, First Action 2016.08. J AOAC Int. 2017, 100:454-469.

28. Bird P. et al. Evaluation of the 3M™ Molecular Detection Assay (MDA) 2- Salmonella for the Detection of Salmonella spp. in Select Foods and Environmental Surfaces: Collaborative Study, First Action 2016.01. J AOAC Int. 2016, 99:980-997.

29. Bird P, et al. Evaluation of 3M™ Molecular Detection Assay (MDA) Listeria for the Detection of Listeria species in Selected Foods and Environmental Surfaces: Collaborative Study, First Action 2014.06. J AOAC Int. 2015, 98:993-1002.

30. Bird P, et al. Evaluation of 3M™ Molecular Detection Assay (MDA) Listeria monocytogenes for the Detection of Listeria monocytogenes in Selected Foods and Environmental Surfaces: Collaborative Study, First Action 2014.07. J AOAC Int. 2015, 98:980-992.

31. Bird P. et al, Evaluation of Modification of the 3M™ Molecular Detection Assay (MDA) Salmonella Method (2013.09) for the Detection of Salmonella in Selected

Foods: Collaborative Study. J AOAC Int. 2014, 97:1329–1342.

32. Bird P, et al. Evaluation of 3M™ Molecular Detection Assay (MDA) Salmonella for the detection of Salmonella in selected foods: collaborative study, J AOAC Int. 2013, 96:1325–1335.

33. 식품의약품안전처. 식품등 시험법 마련 표준절차에 관한 가이드라인(민원인 안내서). 2025, 10–11.

34. Health Canada. The Compendium of Analytical Methods. Volume 3. Laboratory Procedures for the Microbiological Analysis of Foods. 2010. MFLP–41: Environmental Sampling for the Detection of Microorganisms.

35. Neogen. Letheen Broth: A Neutralizing Solution for Iodine, Chlorine, Quaternary Ammonium and Acid Sanitizers (Internal Data).

36. Neogen. Sample Handling Sponges — New Sponge Qualification Performance Summary. TB.119.00.

37. Igor Ignatovich, et al. Comparison of Neutralizing Buffered Peptone Water and Dey/Engley Broth in the Recovery of Salmonella Enterica from Broiler Carcass Rinsates. J Food Protection. 2017, 80 (Supplement A): 163.

38. Park, Y.J., Chen, J. Mitigating the Antimicrobial Activities of Selected Organic Acids and Commercial Sanitizers with Various Neutralizing Agents. J Food Protection. 2011, 74:820–825.

39. Neogen. Neogen® Environmental Scrub Sampler with 10 mL Wide Spectrum Neutralizer: Bacterial recovery after 96–hour refrigerated storage. TB. 768712.01.

40. Bai. X, et al. Bacterial Biofilms and Their Implications in Pathogenesis and Food Safety. Foods. 2021, 2117.

41. Neogen. A New Approach to Sampling Biofilms Using the Neogen® Environmental Scrub Sampler with 10 mL Wide Spectrum Neutralizer (Internal Data).