농촌진흥청 보도자료 APEC 2025 KOREA

보도 시점	2025. 10. 21.(화) 11:00 10. 22.(수) 조간	배 포	2025. 10. 21.(화) 09:00

닭 세포 안전 보존 기술 '독성 낮춘 냉동법' 확인

- 독성 낮은 세포 보호용 물질 '폴리앰폴라이트(Polyampholyte)' 활용 닭 정원줄기세포 보존 성공
- 얼렸다가 녹인 뒤에도 세포가 잘 살아남고 기능 유지
- 가축 유전자원 안정적 보존 및 축산업 경쟁력 강화 기대

농촌진흥청(청장 이승돈)은 닭의 생식 능력 유지에 매우 중요한 정원줄기세포(Spermatogonial Stem Cells, SSCs)를 안전하게 보존할 수 있는 냉동 기술을 확인했다고 밝혔다.

이번 연구는 독성이 낮은 세포 보호용 물질 '폴리앰폴라이트(Polyampholyte, PLL)'를 활용해 닭의 정원줄기세포를 손상 없이 보존할 수 있음을 확인한 것이다.

정원줄기세포는 정자를 만드는 핵심 세포로, 이 세포를 안정적으로 보존하는 것은 가축의 우수 유전자원을 미래 세대에 전달하는 데 꼭 필요하다. 그러나 세포를 얼리고 녹이는 과정에서 얼음 결정이 형성되면 세포막이 손상되고, 급격한 삼투압 변화로 세포가 죽거나 기능이 떨어지는 문제가 발생한다.

이러한 손상을 줄이기 위해 일반적으로 '디메틸설폭사이드(Dimethyl sulfoxide, DMSO)'라는 화학물질을 동결보호제로 사용해 왔다. 이는 얼음 결정 생성을 억제해 세포를 보호하지만, 세포 내로 침투해 독성을 일으키며 줄기세포의 분화 능력과 생존율을 떨어뜨릴 수 있다고 보고되고 있다.

이에 국립축산과학원 연구진은 세포 외부를 감싸 보호하는 고분자 물질 '폴리앰폴라이트'를 동결보호제로 적용했다. 이 물질은 세포막 내부로 침투하지 않고 세포 주위를 부드럽게 감싸 얼음 결정 생성을 억제하기 때문에 세포 손상을 최소화할 수 있다.

다양한 농도의 디메틸설폭사이드(5, 10, 20%)와 폴리앰폴라이트(7.5%)를 적용해 닭 정원줄기세포를 얼리고 녹인 뒤, 세포의 생존율, 비정상적으로 세포가 스스로 사멸하는 비율, 줄기세포 고유 기능을 비교 평가했다.

그 결과, 폴리앰폴라이트를 사용한 세포는 해동 후에도 본래의 기능과 생존율을 유지했으며, 기존 동결보호제를 사용했을 때와 유의미한 차이가 없었다. 이는 폴리앰폴라이트가 기존 보호제를 대체할 수 있는 새로운 세포 보호물질로 활용될 수 있음을 보여준다.

이번 연구 결과는 국내 학술지『한국산학기술학회지』에 게재됐다. 국립축산과학원은 정원 줄기세포뿐 아니라 다양한 생식세포를 대상으로 연구를 확대해 더욱 안전하고 효율적인 가축 유전자원 보존 기술을 개발해 나갈 계획이다. 나아가 다른 가축의 유전자 보존 및 품종 관리에도 응용, 장기적으로 가축 유전자원의 안정 보존과 미래 축산 경쟁력 강화에 기여할 것으로 기대된다.

농촌진흥청 국립축산과학원 동물바이오유전체과 류재규 과장은 "이번 연구를 통해 폴리앰폴라이트의 기존 동결보호제 대체 가능성을 확인했다."라며, "가축 유전자원을 안전하게 보존할 수 있는 기술을 지속 개발해 축산업의 경쟁력 확보에 힘쓰겠다."라고 밝혔다.

붙임. 닭 정원줄기세포 PLL 기반 동결보존 연구 결과 및 논문

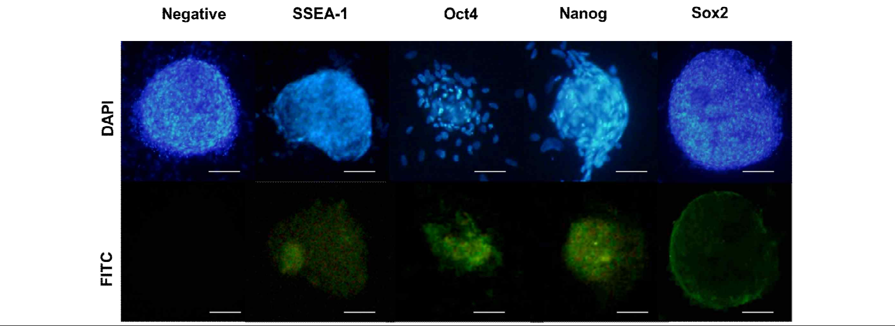
담당 부서	국립축산과학원 동물바이오유전체과	책임자	과 장	류재규 (063-238-7250)
		담당자	연구사	이재영 (063-238-7266)

붙임 닭 정원줄기세포 PLL 기반 동결보존 연구 결과

□ PLL 활용 동결보존 후 닭 정원줄기세포 특성 평가

○ 세포 면역형광분석을 통해 PLL을 활용하여 동결한 닭 정원줄기세포가 정원줄기세포의 특성을 가지고 있음을 확인.

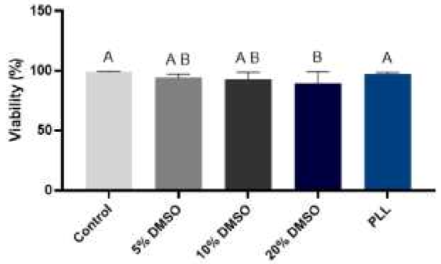
* 줄기세포 성질을 확인할 때 사용하는 마커인 SSEA-1, Oct4, Nanog, Sox2 활용



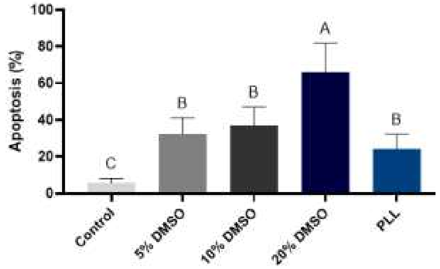
닭 정원줄기세포의 줄기세포 인자 확인

□ DMSO와 PLL 활용 동결보존 효율 비교 분석

○ 닭 정원줄기세포를 DMSO와 PLL을 사용하여 동결·융해 한 후 세포의 생존율(Viability)과 세포자멸사(Apoptosis)를 확인한 결과, DMSO와 PLL 그룹에서 차이를 보이지 않음을 확인.

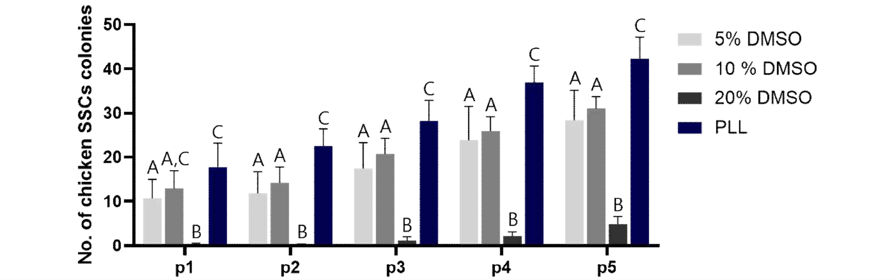


DMSO와 PLL 활용 닭 정원줄기세포 동결융해 후 생존성 확인



DMSO와 PLL 활용 닭 정원줄기세포 동결융해 후 세포자멸사 확인

○ 닭 정원줄기세포를 DMSO와 PLL을 사용하여 동결·융해 한 후 세포가 줄기세포 본연의 성질을 유지하면서 다시 증식할 수 있는 능력를 평가한 결과, PLL을 활용하여 동결한 세포에서 더 높은 능력을 보이는 것을 확인.



DMSO와 PLL 활용 닭 정원줄기세포가 줄기세포 본연의 성질을 유지하면서 다시 증식할 수 있는 능력 평가

☐ 논문

Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 26, No. 6 pp. 755-762, 2025

https://doi.org/10.5762/KAIS.2025.26.6.755
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

Polyampholyte의 닭 정원줄기세포 동결보존 효과

이재영[1], 고비아난드 쿱판난[1,2], 변승준[3], 류재규[1*]
[1]농촌진흥청 국립축산과학원 축산생명환경부 동물바이오유전체과, [2]누룰 이슬람 치과대학 미생물학과,
[3]농촌진흥청 국립축산과학원 가금연구센터

Effect of Cryopreservation Using Polyampholyte on Chicken Spermatogonial Stem Cells

Jae-Yeong Lee[1], Gobianand Kuppannan[1,2], Sung June Byun[3], Jae Gyu Yoo[1*]
[1]Animal Biotechnology and Genomics Division, National Institute of Animal Science, RDA
[2]Department of Microbiology, Noorul Islam College Of Dental Sciences
[3]Poultry Research Center, National Institute of Animal Science, RDA

요 약 본 연구는 닭 정원줄기세포(spermatogonial stem cells, SSCs)의 동결보존에 있어 기존 동결보호제인 DMSO(Dimethyl Sulfoxide)와 대체 동결보호제 Polyampholyte(PLL)의 효과를 비교하였다. DMSO는 가장 널리 사용되는 동결보호제이지만, 세포 독성으로 인해 줄기세포의 장기 보존과 기능 유지에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 반면, PLL은 세포 독성이 적고 생존율을 높이는 대안으로 주목받고 있다. 본 연구에서는 DMSO(5, 10, 20%) 및 7.5% PLL을 사용해서 닭 정원줄기세포를 동결 보존하고, 융해 후 생존율, 세포자멸사, 콜로니 형성 및 줄기세포 고유 기능을 평가하였다. 연구 결과, 7.5% PLL 처리군은 DMSO 처리군(5, 10%)과 비교하여 닭 SSCs 생존율 및 세포자멸사에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 콜로니 형성은 passage 2~5에서 7.5% PLL 처리군이 DMSO 처리군 보다 유의적으로 많았다($p<0.05$). 또한, 7.5% PLL 처리군에서 동결융해 후에도 줄기세포의 고유 기능을 잘 유지하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 PLL이 DMSO만큼 안전하고 효과적인 동결보호제로 작용할 수 있음을 시사하며, 가축 번식 기술 및 유전자원 보존에 중요한 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 향후 연구에서는 닭의 원시생식세포(primordial germ cells, PGCs)를 대상으로 PLL의 동결보존 효과를 확장 적용함으로써, 유전자원 보존 기술 개발에 기여하고자 한다.

Abstract This study evaluated the cryoprotective efficiency of dimethyl sulfoxide (DMSO) and polyampholyte (PLL) at preserving chicken spermatogonial stem cells (SSCs). While DMSO is conventionally used, it presents cytotoxic risks that may compromise cell function. On the other hand, PLL has lower toxicity and is more biocompatible. Chicken SSCs were cryopreserved with 5%, 10%, 20% DMSO, or 7.5% PLL. Post-thaw assessments examined viability, apoptosis, colony formation, and maintenance of stemness. The 7.5% PLL group had viability and apoptosis rates similar to the 5% and 10% DMSO groups but significantly improved colony-forming ability between passages 2 and 5 ($p < 0.05$). Notably, stem cell characteristics were preserved in the PLL group. These findings indicate that PLL is a promising alternative to DMSO for SSC cryopreservation and support its use in livestock reproduction and genetic resource conservation. Future work should explore the application of PLL to chicken primordial germ cell cryopreservation.

Keywords : Chicken, Spermatogonial Stem Cells, Cryoprotectant, DMSO, Polyampholyte

본 논문은 농촌진흥청 사업과제(PJ00646904, "형질전환 닭 생산")의 지원으로 수행되었음.
*Corresponding Author : Jae Gyu Yoo(National Institute of Animal Science)
email: vetjack@korea.kr
Received February 17, 2025 Revised April 14, 2025
Accepted June 5, 2025 Published June 30, 2025