

병원균 제어 이종이식용 돼지의 장내 미생물 특성 확인

- 일반 환경과 병원균 제어 환경에서 사육하는 돼지 장내 미생물 군집 비교
 - 일반 환경 사육 돼지 장내 미생물 군집에서 질병 방어 작용 활성화된 것으로 추정
- 이종이식 및 연구용 돼지의 사육환경 예측 지표로 활용될 듯

이종이식* 연구의 핵심은 거부반응 제어와 더불어 돼지로부터 전파될 수 있는 병원균을 차단하는 것이다. 농촌진흥청(청장 권재한)은 병원균이 제어된 환경과 일반 환경에서 사육하는 돼지의 장내 미생물 군집을 비교해 병원균 제어 이종이식용 돼지의 장내 미생물 특성을 확인했다고 밝혔다.

* 종이 다른 동물의 조직이나 장기 등을 이식하는 것

장내 미생물은 ‘제2의 게놈(유전체)’ 이라고 불리며 동물의 성장과 건강에 직접적인 영향을 미친다. 음식물 소화와 영양소 흡수뿐만 아니라 면역 체계 조절과 병원균 성장을 억제하고 대사증후군이나 암, 자가면역질환 등 질환과도 밀접한 관련이 있다.

연구진은 사육환경에 따른 장내 미생물 특성을 파악하기 위해 일반 환경과 병원균 제어 환경에서 사육한 18개월령 이종이식용 돼지의 미생물 군집을 분석했다.

그 결과, 일반 환경에서 사육하는 돼지의 장내 미생물이 병원균 제어 환경에서 사육하는 돼지보다 다양함을 확인했다. 사육환경에 의해 여러 미생물에 노출될수록 돼지 장내 미생물의 구성도 다양해진다는 사실을 알 수 있었다.

특히 단쇄지방산 합성*에 관여하는 *prevotella* 속(genus)은 일반 환경에서 사육한 돼지의 장내 미생물 군집에 13.1% 분포했다. 하지만, 병원균 제어 환경에서 사육한 돼지의 장내 미생물에서는 발견되지 않았다.

반면, *prevotella*와 유사한 기능을 수행하는 *Lachnospiraceae* 과 (family), *Streptococcus* 속, *Ruminococcus* 속은 병원균 제어 환경에서 사육한 돼지의 장내 미생물 군집에 더 많이 분포했다.

* Short-chain fatty acids(SCFAs): 아세트산(acetate), 프로피온산(propionate) 등이 해당하며 돼지의 장내 미생물이 섬유질을 발효하여 생성하는 에너지원

미생물 군집의 풍부도를 기반으로 장내 미생물의 주요 기능을 예측한 결과, 일반 환경에서 사육하는 돼지의 장내 미생물 군집에서는 에너지·지방 대사, 병원균 제어 환경에서 사육하는 돼지의 장내 미생물 군집에서는 탄수화물 대사가 활발하게 일어난다는 것을 예측했다.

이를 통해 질병에 대한 방어 작용은 일반 환경에서 사육하는 돼지의 장내 미생물 군집에서 더욱 활성화한다고 추정하고 있다.

에너지를 이용한 세포 내외부의 물질 이동 시스템(ATP binding cassette transporter)이나 인산화 작용(phosphotransferase) 같은 환경 정보 처리 과정은 병원균 제어 환경에서 사육한 돼지의 장내 미생물 군집에서 더 활발한 것으로 분석했다. 병원균이 없는 환경에서 사육한 돼지의 장내 미생물 군집이 미세한 환경 변화에 더욱 민감하게 반응할 것으로 예측된다.

농촌진흥청은 연구 결과를 국제 학술지 ‘Journal of Microbiology and Biotechnology’ 에 논문*으로 게재했다.

* Comparing Gut Microbial Composition and Functional Adaptations between SPF and Non-SPF Pigs (Lee 등, 2024)

농촌진흥청 국립축산과학원 동물바이오공학과 류재규 과장은 “사육환경에 따른 돼지의 장내 미생물 군집을 나타내는 기초자료는 이종이식이나

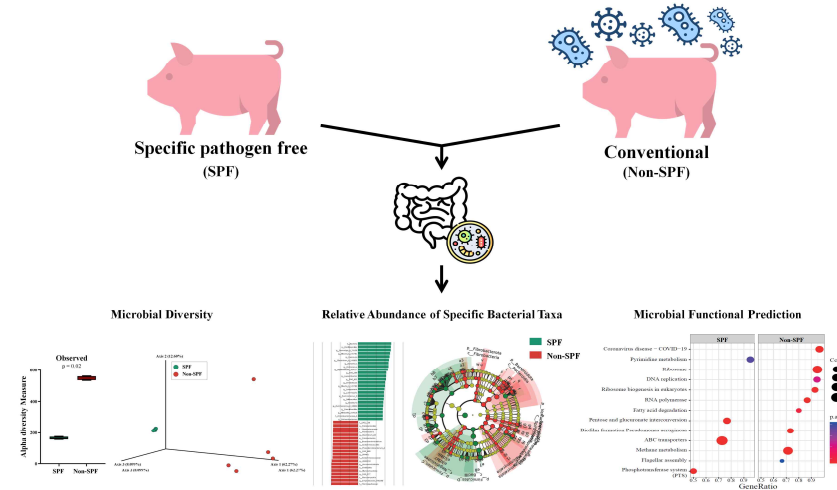
연구용 돼지가 병원균에 노출되었는지를 역추적하는 지표로도 활용될 수 있을 것이다.”라며 “이종이식이나 유전자 편집 돼지의 품질과 안전성을 평가하는 데 유용하게 쓰일 것으로 예상된다.”라고 말했다.

붙임

사육환경별 돼지 장내 미생물 군집의 구성 및 기능 비교

□ 사육환경에 따른 돼지 장내 미생물 군집 분석 개요

- 특정 병원균 제어(Specific pathogen free, SPF)와 일반(Conventional, Non-SPF) 환경에서 사육된 18개월령 돼지의 분변 내 장내 미생물 군집의 다양성 및 구성을 비교하고 장내 미생물 군집의 기능을 예측함



<사육환경에 따른 돼지 장내 미생물 분석 개요>

□ 사육환경에 따른 돼지 장내 미생물 다양성 및 군집 비교

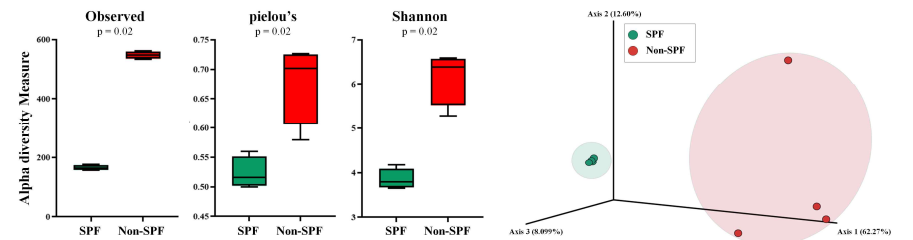
- 다양한 환경요인에 노출되는 일반돼지는 병원균 제어 돼지와 비교하여 유의적으로 높은 장내 미생물 군집의 다양성을 나타냄
- 병원균 제어 돼지와 일반돼지의 장내 미생물은 명확하게 분산된 군집을 형성하는 것을 확인함

붙임. 사육 환경별 돼지 장내 미생물 군집의 구성 및 기능 비교

담당 부서	국립축산과학원 동물바이오횥학과	책임자	과 장	류재규 (063-238-7250)
		담당자	연구사	이해선 (063-238-7264)



더 아픈 환자에게 양보해 주셔서 감사합니다
가벼운 증상은 동네 병의원으로

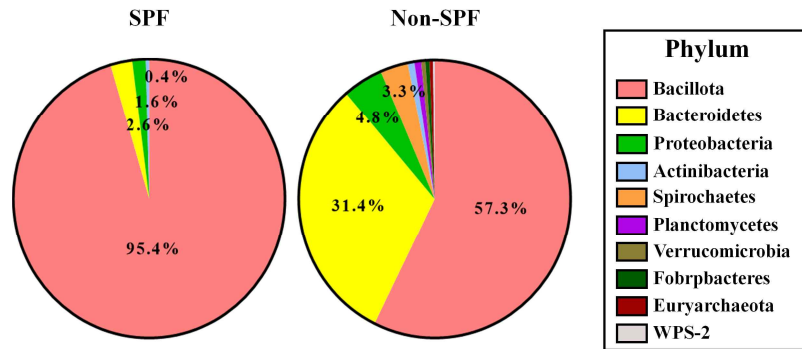


<사육환경별 돼지 장내 미생물 다양성 분석>

<사육환경별 돼지 장내 미생물 군집 비교>

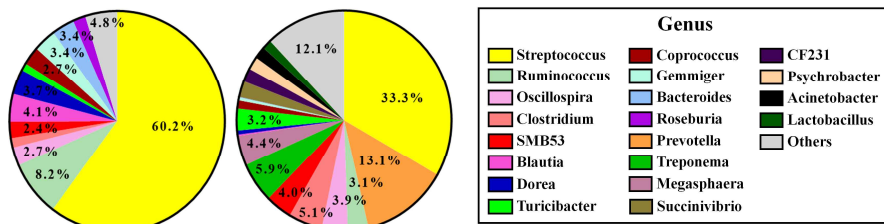
□ 사육환경에 따른 돼지 장내 미생물 군집의 구성 비교

○ 문(phylum) 수준에서 *Bacillota* 문은 병원균 제어(95.4%)와 일반돼지(57.3%) 모두에서 가장 높은 풍부도를 나타내었으며 *Bacteroidetes* 문이 병원균 제어(2.7%)와 일반(31.4%) 돼지에서 두 번째로 풍부하게 분포함. 병원균 제어 시설내 사육 돼지의 장내 미생물에서는 *Proteobacteria*(1.6%)와 *Actinobacteria*(0.4%)가, 일반 돼지의 장내 미생물에서는 *Proteobacteria*(4.8%), *Spirochaetes*(3.3%), *Planctomycetes*(0.8%), *Euryarchaeota*(0.4%)가 나머지 비율을 차지함



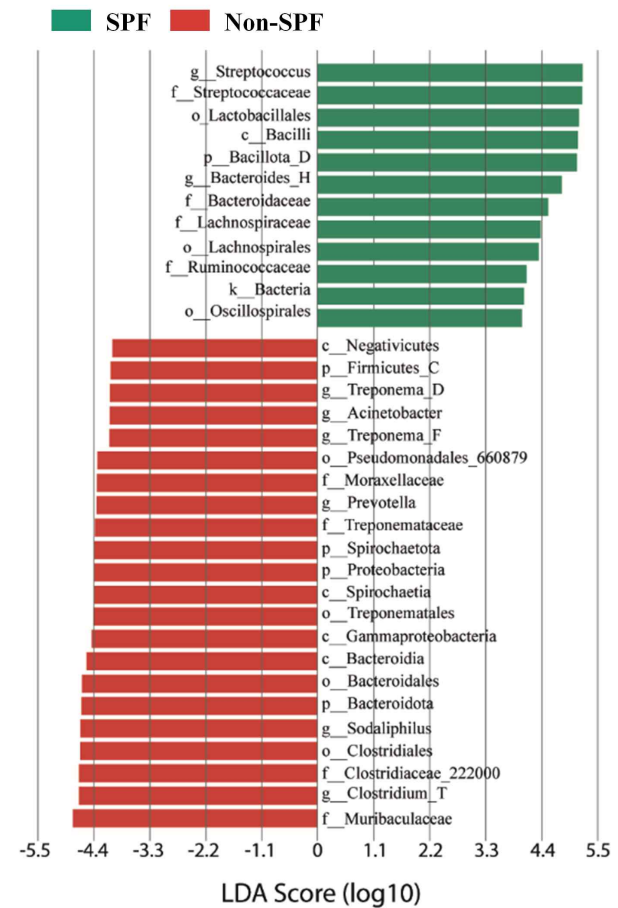
<문(phylum) 수준에서의 사육환경별 돼지 장내 미생물 구성 비교>

○ 속(genus) 수준에서는 *Streptococcus*가 병원균 제어(60.2%)와 일반(33.3%) 돼지에서 가장 풍부하게 분포하였으며 병원균 제어 돼지는 *Ruminococcus*(8.3%), *Blautia*(4.1%), *Dorea*(3.7%), *Germmiger*(3.4%)와 *Bacteroides*(3.4%)가 높은 순으로 존재하는 것으로 확인됨. 일반돼지의 경우 *Prevotella*(13.1%), *Treponema*(5.9%), *Clostridium*(5.1%), *Megasphaera*(4.4%), *SMB53*(4.0%), *Oscillospira*(3.9%), *Turicibacter*(3.2%) 및 *Ruminococcus*(3.1%)가 *Streptococcus*의 뒤를 이음



<속(genus) 수준에서의 사육환경별 돼지 장내 미생물 구성 비교>

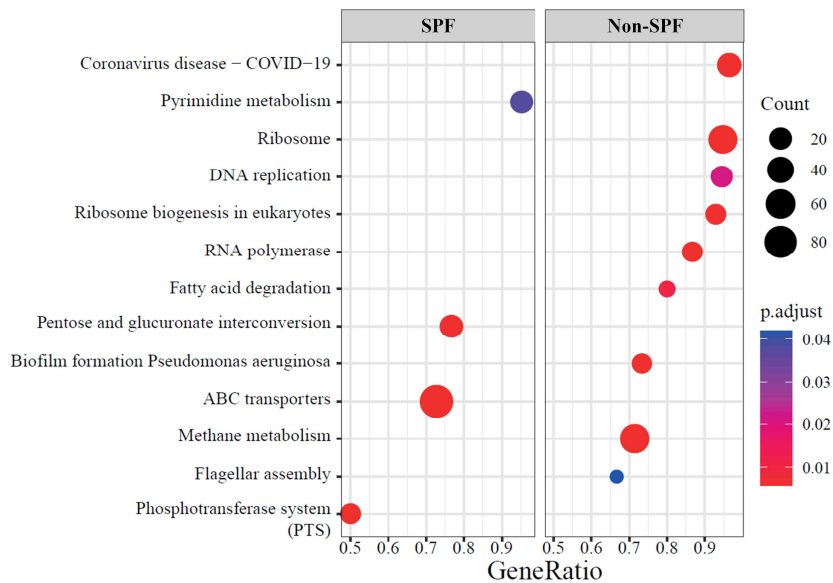
○ 박테리아 분류군 차이 비교를 위해 linear discriminant analysis(LDA) effect size(LEfSe) 분석을 수행한 결과 병원균 제어와 일반돼지에서 56개의 분류군에 대한 상대 분포에서 유의한 차이가 있었음(LDA score>2.0, p<0.05). 이 중 *Streptococcus*, *Bacteroides*, *Germmiger*, *Blautia*, *Faecousia*, *Clostridium_N* 등 23개 분류군이 병원균제어 돼지에서 유의적으로 풍부한 반면, *Clostridium_T*, *Sodaliphilus*, *Prevotella*, *Treponema*, *Actinobacter*, *Lactobacillus* 등 33개 분류군은 일반돼지에서 유의적으로 풍부한 것으로 확인됨



<사육환경별 돼지 장내 미생물 내 박테리아 분류군 차이 비교>

□ 사육환경에 따른 돼지 장내 미생물 군집의 기능 예측

- 병원균 제어와 일반돼지의 장내 미생물 군집의 기능적 차이를 더 예측하기 위해 미생물 기능 프로파일링을 수행함
- 탄수화물(pentose and glucuronate interconversion) 및 뉴클레오티드(pyrimidine metabolism) 대사와 관련된 기능을 하는 박테리아는 병원균 제어 돼지에, 에너지(methane metabolism) 및 지방(fatty acid degradation) 대사와 관련된 박테리아는 일반돼지에 풍부한 것으로 예측됨
- 또한 병원균 제어 돼지에서는 환경 정보 과정(environmental information processes)인 막 운반(ATP binding cassette transporters, phosphotransferase system)이 주로 나타남. 한편, 일반돼지에서는 전사(RNA polymerase), 번역(ribosome biogenesis in eukaryotes, ribosome), 복제 및 수리(DNA replication)에 관련된 유전정보 과정(genetic information processes)과 세포 공동체(biofilm formation-Pseudomonas aeruginosa) 및 세포 이동성(flagellar assembly), 그리고 질병(coronavirus disease)에 대한 대사가 풍부한 것으로 예측됨



<사육환경별 돼지 장내 미생물 군집의 기능 예측>