국내 양돈장의 사육 온도와 밀사율이 구강액 채취율에 미치는 영향

변현섭¹ · 김미화¹ · 권성애¹ · 한미나¹ · 한성태¹ · 장래훈¹ · 정운수² · 김석현³ · 전보영^{4*}

충청북도동물위생시험소¹, 베스트팜R동물병원², 더좋은팜³, 연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 임상병리학과⁴

The effect of temperature and breeding density of piggery on the collection of oral fluid in Korea

Hyeon Seop Byeon¹, Mihwa Kim¹, Sungae Kwon¹, Mina Han¹, Sung Tae Han¹, Rae Hoon Jang¹, Yun-Soo Chung², Seokhyun Kim³, Bo-Young Jeon^{4*}

¹Chungcheongbuk-do Institute of Veterinary Service and research, Cheongju 28135, Korea

²Bestfarm R Animal Clinic & Medicine, Jinju 52611, Korea

³THE GOOD FARM, Icheon 17300, Korea

⁴Department of Biomedical Laboratory Science, College of Software and Digital Healthcare Convergence, Yonsei University, Wonju 26493, Korea

Received October 18, 2021
Accepted December 10, 2021

Corresponding author:

Bo-Young Jeon

E-mail: bojeon@yousei.ac.kr

<https://orcid.org/0000-0002-4314-216X>

We investigated the effect of temperature and stock density on the collection efficiency of oral fluid in the pig farm in Korea. Three pig farms with similar breeding environmental conditions were selected and four pens of each farm (total 12 pens) were tested for the collection efficiency of oral fluid from pigs. Collection rate was considered as significant when oral fluid was collected from 70% of pigs within a pen. In the case of growing pigs, when internal temperature of pig barn increased by one designated degree (5°C), the oral fluid collection rate significantly decreased by 24.7% ($P<0.05$). The collection rate of oral fluid also decreased by 7.1% ($P<0.05$) as the density rate increase by one designated degree (12.5%). It was estimated that the collection efficiency of oral fluid decreased when the internal temperature of pig barn was 30°C or higher, or barn density is higher 25% or high. On the other hand, in the case of stall-housing sows, unlike growing pigs, there was no significant differences according to the temperature, so oral fluid collection was considered to be efficient even in hot season.

Key Words: Pig, Oral fluid collection, Ambient temperature, Stock density, African swine fever

서 론

지난 수년 동안 전 세계적으로 양돈 산업은 생산 효율성을 높이기 위해 소규모 원 사이트 농장에서 대단위, 기업형 농장으로 변화하면서 전문화, 규모화를 추구하고 있다(Blokhuis H 등, 2003). 국내에서도 이러한 변화에 따라 소규모 농장(1,000마리 이하 사육)은 감소하고 대규모 농장(5,000마리 이하 사육)은 지속적으로 증가하고 있다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Korea, 2020). 이러한 변화로 특정 지역에 집약적 형태의 양돈 단지가 만들어지거나 사육 밀도가 높아지는 등 질병 관리에 어려운 여건이 조성되고 있어 기존 질병 모니터링

방법에 대한 보완 필요성이 제기되었다(Nathues et al, 2017; Pork check, 2018). 특히, 2019년 국내 양돈장에 처음 발생한 아프리카돼지열병(African swine fever; ASF)은 대규모 농장을 보다 정확하고 효율적으로 관리하기 위한 새로운 시료 채취법 도입에 대한 고민의 계기가 되었다.

국내 돼지 질병 예찰은 양돈장에서 개체별로 채취한 혈액을 이용해 병원체의 항원이나 항체의 존재 여부를 주기적으로 확인하는 방식으로 이루어지고 있다. 매년 전국 6천여 양돈장에 대해 정부 수의사 또는 전담 방역사가 직접 방문하여 혈액을 채취하나 질병 전파에 대한 부담과 돼지가 받는 스트레스로 인해 농장 방문은 매우 제한적으로 이루어지며 어렵고 미끄러운 돈사

환경으로 인해 노동 강도가 높고 부상 위험이 매우 크다.

Simer 등(2005)은 돈군의 질병 모니터링을 위해 기존의 혈액 시료가 아닌 구강액을 이용하는 방법을 보고하였으며 Prickett 등(2011)은 효율적인 구강액 채취를 위해 면으로 만들어진 로프를 돼지가 물고 빨도록 20~30분 정도 방치하여 로프에 흡수된 구강액을 플라스틱 백을 이용해 회수하는 방식을 고안하였다. 시료적 가치를 알아보기 위해 혈액 대비 구강액의 효율과 효과를 비교 평가하였다(Prickett와 Zimmerman, 2010). 구강액은 순환계에서 유래된 조직 삼출액과 타액으로 구성된 것으로 혈액과 유사한 항체 조성을 나타내어 항체 검출이 가능하며, 특정 병원체에 대한 검출도 가능한 것으로 알려져 있다(Brandtzaeg, 2007). 특히, 구강을 통해 침입, 증식, 배출이 이루어지는 병원체(Classical swine fever virus, Foot and mouth disease virus, Hepatitis B virus, Vesicular stomatitis virus 등)에 대한 검출뿐만 아니라 돼지 호흡기 감염 유발 병원체도 검출이 가능하며(Juan Hernandez-Garcia, 2017). 최근에는 돼지의 주요 병원체인 *Actinobacillus pleuro-pneumoniae*, ASF virus, Influenza A virus, Lawsonia intracellularis, *Mycoplasma* spp., Porcine circovirus type 2 (PCV2), Porcine epidemic diarrhea virus의 항체와 항원까지 검출할 수 있는 것으로 알려졌다(Prickett 등, 2011; Costa 등, 2012; Goodell 등, 2013; Clavijo 등, 2014; Frana 등, 2014; Bjostrom-Kraft 등, 2016; Giménez-Lirola 등, 2016; Dietze 등, 2017; Senthilkumaran 등, 2017).

국내에서도 돼지 구강액에 대한 질병 진단과 모니터링의 효율성에 대해 평가하고자 하는 연구가 실시되었다. 돼지 쉼코병(Kim, 2010), 돼지호흡기생식기증후군(Kim, 2020), 돼지호흡기질병복합감염증(Cheong, 2017) 등 질병 원인체를 대상으로 혈액 시료와 구강액을 비교 분석한 결과 구강액은 원인체와 항체 검출이 매우 신뢰할 만한 시료인 것으로 나타났으며, 시료 채취로 발생하는 비용 또한 혈액 대비 건당 약 95,000원을 절감할 수 있어 경제적으로도 유리한 것으로 나타나 규모화된 양돈 산

업의 실태를 정확히 반영할 수 있는 가치 있는 시료로서 기대되고 있다(National Institute of Animal Science, 2019).

돈군 구강액을 이용한 질병 모니터링에서 무엇보다 중요한 사항은 구강액을 통해 대상 돈군의 상태가 정확히 반영되도록 하는 것이다. 돼지는 지능이 높고 호기심이 많아 구강액 채취 도구에 대해 높은 관심을 것으로 알려져 있다(Day et al, 1995). 그러나 국내 양돈장에는 돼지의 행동과 관심에 영향을 미치는 다양한 환경 요소(축사 구조, 온도, 습도, 밀사, 질병 상태 등)가 존재하는 만큼 채취자는 이러한 환경 요소를 고려하여 구강액 채취를 실시해야만 한다. 이에 본 연구에서는 돼지의 행동에 영향을 미칠 것으로 여겨지는 환경 요소인 돈사 내부 온도와 돈방 밀사율을 대상으로 구강액 채취율을 비교 평가한 후 효과적인 채취 요령을 제시하여 ASF 등 돼지 질병 모니터링에 활용하고자 한다.

재료 및 방법

대상 농장 및 돈군 선정

구강액 채취율을 조사하기 위하여 사육 환경이 비슷한 양돈장 3개소(A농장, B농장, C농장)를 선정하였다(Table 1). 각 양돈장의 15주령에서 18주령(체중 범위: 70 kg~90 kg)의 비육돈이 사육되고 있는 돈사에서 고정된 공간 표본 추출법(fixed spatial sampling)을 이용해 4개의 돈방을 무작위로 선정(총 12 돈방)하였다. 컬러 스프레이를 이용하여 선정된 돈방의 모든 사육 돼지의 등에 개체 번호를 표시하였다. 모돈의 경우 스톨에서 사육 중인 20두를 무작위 선정하였다.

구강액 채취

하루 중 돈사 내부의 열량 지수가 가장 높은 시간대인 오후 2시~3시에 구강액 채취를 실시하였다. 채취 도구는 로프, 비닐

Table 1. The information on the pig farms for oral fluid collection

Farm	Location	Rearing system	No. of pigs	Barn for growing pig		
				No. of pigs per pen	Status	Housing type
A	Chungbuk-do Eumsung	Farrow-to-finish	2,000	20~25	Healthy	Winch curtain Concrete bedding
B	Gyeonggi-do Icheon	Farrow-to-finish	2,000	16~22	Healthy	Winch curtain Sawdust bedding
C	Gyeonggi-do Pyeongtaek	Farrow-to-finish	3,000	18~26	Healthy	Winch curtain Concrete bedding

팩, 50 mL 튜브, 1회용 비닐장갑으로 구성된 시판 구강액 채취 세트(Oral fluids collection kit, 옵티팜, Korea)를 사용하였다. 로프의 규격은 3가닥 면사가 나선 방향으로 꼬인 형태로 길이 240 cm, 굵기 1.5 cm이다.

비육 돈사 바닥에서 2 m 높이에 위치한 사료 파이프에 로프를 설치하여 로프 끝이 돼지의 어깨 높이가 되도록 길이를 조절하였다. 돼지의 관심을 끌 수 있는 사람의 움직임이나 소리를 최소화하여 30분간 관찰하였다. 정확한 관찰을 위해 비디오 촬영을 병행하였다(Fig. 1).

모든 구강액은 스톨에서 사육 중인 모든 20두를 무작위로 선정하여 개별 채취하였다. 스톨 파이프에 로프를 묶고 끝이 모돈의 입 주변에 닿도록 길이를 조절한 후 돼지의 관심을 끌 수 있는 사람이나 물건의 움직임, 소리를 최소화한 채 30분 동안 관찰하였다. 돼지가 반응한 로프에서 구강액을 회수하여 눈금이 있는 15 mL 튜브를 이용하여 평균 채취량을 측정하였다(Fig. 1).

구강액 채취율 산출

Drew 등(2014)에 따라 구강액 채취율을 산출하였다. 구강액 채취율은 한 돈방의 돼지 중 채취용 로프에 반응(interaction with a rope)한 돼지의 비율로 하였다. 로프에 입을 대거나, 씹거나, 무는 행동을 하는 경우 로프에 반응한 것으로 하였으며 2회 이상 반응한 돼지는 중복 산입하지 않도록 하였다. 로프에 반응한 돼지의 두수를 2분 단위로 기록하여 30분 동안의 누적 두수를 확인하였다. 모돈의 경우 무작위로 선정된 20두 가운데 로프가 젖어 있는 모돈의 비율로 산출하였다. 효율적인 구강액 채취율의 기준을 70% 이상으로 정하였다.

돈사 온도에 따른 구강액 채취율 조사

온도에 따른 돈군 간 구강액 채취율 차이를 조사하고자 하였다. 돼지가 생활하기 적합한 온도 범위인 “적정(21℃~25℃)”를 기준으로 5℃씩 차이가 나도록 온도 구간을 나누어 다소 “높음(26℃~30℃)”, “높음(31℃~35℃)”으로 구분하였다. 돈사에 비치된 온도계로 내부 온도를 측정하여 온도 구간에 따라 구강액 채취를 실시하였다. 날짜를 달리하여 3회 반복 실시한 후 온도 구간별 평균 채취율을 비교하였다.

밀사율에 따른 구강액 채취율 조사

밀사율에 따른 돈군 간 구강액 채취율 차이를 조사하고자 하였다. B 농장에서 적정 사육 두수가 18두인 돈방(넓이 16.25 m²) 5개를 선정하여 각각의 돈방에 0두, 5두, 7두, 9두, 11두의 돼지를 추가 입식시켜 밀사율이 0%, 12.5%, 25%, 37.5%, 50%가 되도록 하였다. 돈사 내부 온도 범위가 “적정”, “다소 높음”, “높음”이 될 때 날짜를 달리하여 3회 반복 실시한 후 온도와 밀사율에 따른 평균 채취율을 비교하였다.

통계처리

돈사 내부 온도와 밀사율이 구강액 채취율에 미치는 영향을 확인하기 위하여 온도와 밀사율에 대한 기술 통계량을 분석하였다. 돈방별 구강액 채취율은 정규성 가정을 만족하여 선형회귀분석을 실시하였다. 통계프로그램은 IBM사의 SPSS version 25 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하였으며 모든 *P*-value는 0.05보다 작을 때 유의한 것으로 판단하였다.

Fig. 1. Oral fluid collection with hung cotton ropes. Growing pigs (A) and stall-housing sows (B) are interacting with a rope.

결 과

돈사 온도에 따른 구강액 채취율

비육돈에서 돈사 내부 온도에 따른 3개 양돈장(12개 돈방)의 평균 구강액 채취율의 변화는 Fig. 2와 같다. 온도 범위가 “적정”일 때 10분 이내 56%, 20분 이내 75%의 돼지가 반응하였다. “다소 높음”의 경우 10분 이내 55%, 20분 이내 71%의 돼지가 반응을 보여 “적정”일 때와 유사하였다. 반면, “높음”의 경우 10분 이내 29%, 20분 이내 32%의 돼지만이 반응을 보여 다른 온도 구간에 비해 매우 낮아졌다.

비육돈에서 돈사 내부 온도가 “적정”, “다소 높음”, “높음”일 때 평균 구강액 채취율은 각각 81.5% (95% confidence interval (CI): 78.9~84.2), 74.6% (95% CI: 75.9~81.6), 32.1%

(95% CI: 30.5~33.3)로 통계 분석 결과 온도에 따른 평균 구강액 채취율에 유의적인 차이가 있었으며($P<0.05$) (Table 2) 돈사의 온도가 한 구간(5℃) 증가하면 구강액 채취율은 평균 24.7% 감소하는 것으로 나타났다.

모돈의 경우 돈사 내부 온도 범위가 “적정”, “다소 높음”, “높음”일 때 평균 구강액 채취율은 각각 71.7% (95% CI: 66.3~77.0), 73.3% (95% CI: 68.0~78.7), 71.7% (95% CI: 66.3~77.0)로 나타났으며 통계 분석 결과 돈사 온도 구간에 따른 평균 구강액 채취율에 유의적인 차이가 나타나지 않아 모돈에 대한 구강액 채취는 돈사 온도에 영향을 받지 않음을 확인하였다 (Table 2). 모돈($n=180$)에서 회수한 구강액의 평균 채취량은 7.9 mL (95% CI: 7.4~8.3)이었다.

온도와 밀사율에 따른 구강액 채취율

온도와 밀사율에 따른 평균 구강액 채취율은 Table 3과 같으며 구강액 채취율 변화는 Fig. 3과 같다. 온도가 통제되었을 때 비육 돈방의 밀사율에 따른 평균 구강액 채취율에 유의적인 차이가 있었다($P<0.05$). 즉, 밀사율이 한 구간(12.5%) 증가하면 평균 구강액 채취율은 7.1% 감소하였다($P<0.05$). 밀사율이 통제되었을 때 비육 돈사의 온도 구간에 따른 평균 구강액 채취율에 유의적인 차이가 있었다($P<0.05$). 돈사의 온도가 한 구간(5℃) 증가하면 평균 구강액 채취율은 20.6% 감소하였다. 다중 선형 회귀분석 결과, 온도와 밀사율로 구강 채취 효율의 83.4%를 설명할 수 있었으며($R^2=0.834$), 이는 온도와 밀사가 구강액 채취율에 영향을 미치는 중요한 인자로 간주되었다.

고 찰

정부 방역 기관이나 양돈 수의사는 돈군의 질병 수준을 모니터링하기 위한 치료로 돼지의 혈액을 이용한다. 이를 위해 철제 보정기로 돼지의 코를 강하게 잡아 묶고 혈관을 찌르는 과정을 반복하여 돼지는 심한 통증과 스트레스를 받게 되어 감염 위험에 노출되기 쉽다. 이와 같은 치료 채취 방식은 동물 복지의 개

Fig. 2. Proportion of growing pigs responding to oral fluid collection ropes according to the designed ambient temperature conditions in pig pens. Optimum temperature: 21°C~25°C, mild temperature: 26°C~30°C, high temperature: 31°C~35°C.

Table 2. Percentage of pigs interacting with oral fluid collection rope in the 3 different conditions of ambient temperature

Group	Ambient temperature			P
	Optimum (21~25°C)	Mild (26~30°C)	High (31~35°C)	
Growing pig in pens (n=36)	81.5±4.9	74.6±5.1	32.1±2.7	0.000
Stall-housing Sows (n=180)	71.7±5.8	73.3±5.8	71.7±5.8	1.000

Values are mean ±standard deviation (SD).

Table 3. Oral fluid collection rate of growing pigs in the designed temperature and stock density

Ambient temperature	Stock density				
	0.0%	12.5%	25.0%	37.5%	50.0%
Optimum (21°C~25°C)	76.5±2.4	72.8±1.8	70.2±0.6	61.7±1.9	55.9±2.0
Moderate (26°C~30°C)	75.6±1.2	70.5±2.4	65.9±0.8	51.1±1.4	46.6±0.5
High (31°C~35°C)	29.9±1.5	36.1±5.2	32.5±6.4	31.8±5.8	22.2±7.9

Fig. 3. Percent of growing pigs interacting with an oral fluid collection rope during 30 minutes of observation period in the condition of different stock density. Optimum temperature: 21°C~25°C, mild temperature: 26°C~30°C, high temperature: 31°C~35°C.

넘과 상반되며 농장 생산성 측면에서 부정적인 영향을 주어 증체율을 감소시키거나 PSE (Pale, Soft, Exudate)와 같은 이상육 발생, 폐사의 원인(Altrock 등, 1999; Daniels 등, 2009)이 되는 것으로 알려진 바 점차 고통을 최소화하는 시료 채취 방법으

로 대체하려는 시도가 있다(Jordan 등, 2018). 이러한 취지를 반영한 구강액을 이용한 질병 모니터링은 대안으로 제시되었고 현장 적용을 위한 구체적 “채취 가이드 라인”이 만들어지고 있다(Alexandra 등, 2020).

본 연구에서 현장 적용을 위한 가이드 라인을 제공하고자 구강액 채취에 영향을 줄 것으로 여겨지는 양돈장의 환경 요소인 돈사 내부 온도와 밀사율에 따른 채취율 차이를 비교해 보았다. 돈사 온도가 한 구간(5℃) 높아질 때 구강액 채취율은 평균 24.7% 감소하였으며 밀사율이 한 단위(12.5%) 높아질 때 구강액 채취율은 7.1% 감소하였는데 이는 높은 온도와 밀사로 발생하는 스트레스가 돼지의 행동에 변화를 일으킨 결과로 추정된다. 돼지는 호기심이 많은 동물로 적절한 환경 조건에 있는 경우 주변 환경에 대해 탐색 활동을 지속하며 외부 자극에 대해 민감하게 반응한다. 그러나 돈사 온도가 높아지면 이러한 탐색 활동은 점진적으로 감소하게 되며 체온을 최대한 발산시키기 위해 동거 돼지와 접촉을 피하고 최대한 공간을 넓히려는 행동을 취하게 된다(Geers R 등, 1986). 돈사 온도가 31℃ 이상 되는 여름철(일반적인 국내 기온으로 6월 중순에서 8월 중순)에는 심한 온도 스트레스가 가해지기 때문에 구강액 채취가 효율적으로 이루어질 수 없음을 확인할 수 있었다. 다만, 여름철이라 하더라도 새벽이나 아침 시간대에는 한낮에 비해 온도가 낮은 만큼 채취가 이루어질 것으로 여겨지나 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

모돈 또한 온도 스트레스가 가해지면 피부를 최대한 바닥에 접촉되도록 눕고 움직임을 최소화하여 체온을 발산하고자 한다(Muns 등, 2016). 스트레스를 받은 돼지의 혈중 코티솔 농도는 정상에 비해 높아지며 유량 감소나 사료 섭취량 감소가 발생한다(Malmkvist 등, 2009). 그러나 본 연구에서 모돈의 구강액 채취는 비육돈과 달리 온도에 의한 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 돼지가 이동해야 하는 로프까지의 거리에 의한 영향으로 추정해볼 수 있다. 모돈의 경우 로프를 입 가까이 설치하기 때문에 쉽게 로프에 닿을 수 있는 반면 돈방 안쪽에서 4 m~5 m의 거리를 이동해야 하는 비육돈은 반응하기 어려웠을 것이다. 실제 ‘높음’ 온도 구간에서 돼지의 움직임을 관찰했을 때 로프에서 멀리 떨어져 있는 비육돈은 전혀 움직이지 않았고 로프 가까이 있는 돼지만이 반응하였다. 또한 스톨 사육이 아닌 돈방 단위 사육을 하는 모돈에서도 구강액 채취율이 스톨 사육 평균 채취량과 비교하여 매우 낮은 46.2%라는 연구 결과(Fablet 등, 2017)는 이동 거리에 대한 부담이 구강액 채취에 영향을 주었을 것이라 추정을 뒷받침 한다.

모돈은 사육 관리 중 외부 인원과 접촉할 기회가 많아 전염병 발생에 취약할 수밖에 없다. 모돈 폐사를 주요 증상으로 시작하는 국내 ASF 발생은(Yoon, 2020) ASF 예찰에 있어 모돈에 대한 대규모 검사가 매우 중요함을 시사한다. 이를 위한 방법 개발이 필수적이나 국내·외를 들어 모돈에서 구강액 채취에 대한 연

구 사례는 매우 드물어 활용이 제한적이어서 국내 양돈 전문가들도 모돈에서 구강액 채취는 여름철 높은 온도로 모돈의 사료 섭취율이 감소하고 수태율이 저하되는 일이 많이 발생하는 만큼 구강액 채취율 또한 낮을 것으로 조언하였으나 실제 본 연구에서 모돈의 구강액 채취율은 온도에 따른 유의성 있는 차이가 나타나지 않았고 평균 채취율이 70%를 상회하였기 때문에 여름철이라도 효율적인 구강액 채취와 대규모 시료 채취가 가능함을 확인하였다. 추가적으로 채취 과정에서 대부분 누워 자는 모돈의 특성을 고려하여 입과 코 주변의 피부를 로프로 먼저 문질러 주어 모돈의 관심을 유도해 주면 채취율을 더 높일 수 있음을 경험하였다.

밀사 상태인 돈방은 서열 정리가 되지 않아 불안한 상태가 지속된다. 동거 돼지끼리 경쟁적이며 공격적인 행동을 한다(Jensen, 1982). 공간이 좁으면 움직임에 제한을 받아 사료 섭취율이 감소하며 질병에 더 잘 걸리는 경향을 보인다(Lebret 등, 2006). 국내 관련 법령에 따른 돼지(체중 70 kg~90 kg 기준) 1 마리에 필요한 사육 공간의 최소 0.9 m²로 충분한 사육 공간이 제공되어야 사료 섭취와 휴식에 문제가 발생하지 않고 구강액 채취 또한 효율적으로 이루어질 수 있다. 아프리카돼지열병, 구제역과 같은 재난성 질병이 발생하면 이동 제한으로 인해 밀사율이 높아지는 경우가 있다. 이러한 상태의 양돈장은 돈방 당 로프의 숫자를 늘리거나 채취 시간을 늘려 채취율을 높여주어야 한다.

결론

국내 양돈장의 환경 조건을 고려하여 돈군의 구강액 채취율을 조사하였다. 비육돈의 경우 돈사 온도가 한 구간(5℃) 높아질 때 구강액 채취율은 평균 24.7% 감소하였으며 밀사율이 한 단위(12.5%) 높아질 때 구강액 채취율은 7.1% 감소하였다. 돈사 온도가 높은 여름철과 밀사율이 높은 돈방에 대한 구강액 채취는 매우 비효율적일 것으로 여겨진다. 반면, 모돈의 경우 비육돈과 달리 온도에 의한 영향을 받지 않았기 때문에 여름철이라도 효율적으로 구강액을 채취가 가능하기 때문에 구강액은 ASF, PRRS, PCV2 등 돼지의 질병을 모니터링하는데 매우 효율적인 대안으로 여겨진다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 가축질병대응기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음

(과제번호: 320071022HD020).

CONFLICT OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Hyeon Seop Byeon, <https://orcid.org/0000-0003-1919-483X>
Mihwa Kim, <https://orcid.org/0000-0002-3891-7856>
Sungae Kwon, <https://orcid.org/0000-0003-3313-4358>
Mina Han, <https://orcid.org/0000-0002-0865-4530>
Seong Tae Han, <https://orcid.org/0000-0001-7163-1529>
Rae Hoon Jang, <https://orcid.org/0000-0001-6766-2592>
Yun-Soo Chung, <https://orcid.org/0000-0003-0163-0939>
Seokhyun Kim, <https://orcid.org/0000-0002-2874-7136>
Bo-Young Jeon, <https://orcid.org/0000-0002-4314-216X>

REFERENCES

- Alexandra HD, Luis GL, David HB, Jeffrey Z. 2020. Guidelines for oral fluid-based surveillance of viral pathogens in swine. *Porcine Health Management* 6: 28.
- Altrock A, Holleben K. 1999. Sudden deaths in taking blood samples from fattening swine herds. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr* Mar 112(3): 86-90.
- Bjuström-Kraft J, Woodard K, Giménez-Liro-la L, Rotolo M, Wang C, Sun Y, Lasley P, Zhang J, Baum D, Gauger P, Main R, Zimmerman J. 2016. Porcine epidemic diarrhea virus (PEDV) detection and antibody response in commercial growing pigs. *BMC Vet Res* 12: 99.
- Blokhuis H. 2003. Measuring and monitoring animal welfare: transparency in the food product quality chain. *Anim Welfare* 12: 445-455.
- Brandtzaeg P. 2007. Do salivary antibodies reliably reflect both mucosal and systemic immunity?. *Ann N Y Acad Sci* 1098: 288-311.
- Cheong YT. 2017. Survey of porcine respiratory disease complex-associated pathogens among commercial pig farms in Korea via oral fluid method. Master's thesis, Konkuk University, Seoul, Korea.
- Clavijo MJ, Oliveira S, Zimmerman J, Rendahl A, Rovira A. 2014. Field evaluation of a quantitative polymerase chain reaction assay for *Mycoplasma hyorhinis*. *J Vet Diagn Invest* 26(6): 755-760.
- Costa G, Oliveira S, Torrison J. 2012. Detection of *Actinobacillus pleuropneumoniae* in oral fluid samples obtained from experimentally infected pigs. *J Swine Health Prod* 20(2): 78-81.
- Daniels C, and Funk J. 2009. Prevalence of carcass defects in sows at harvest. Circle H Animal Health, LLC, Dalhart, TX, USA.
- Day J, Kyriazakisa I, Lawrence A. 1995. The effect of food deprivation on the expression of foraging and exploratory behaviour in the growing pig. *Appl Anim Behav Sci.* 42: 193-206.
- Dietze K, Tucakov A, Engel T, Wirtz S, Depner K, Globig A, Kammerer R, Mouchantat S. 2017. Rope-based oral fluid sampling for early detection of classical swine fever in domestic pigs at group level. *BMC Vet Res.* 13: 5.
- Drew White, Marisa Rotolo, Chong Wang, John Prickett, Apisit Kittawornrat, Yaowalak Panyasing, Rodger Main, Chris Rademacher, Marlin Hoogland, Jeff J Zimmerman. 2014. Recommendations for pen-based oral-fluid collection in growing pigs. *Journal of Swine Health and Production* 22: 138.
- Fablet C, Renson P, Pola F, Dorenlor V, Mahé S, Eono F, Eveno E, Dimn M, Liegard-VM, Eudier S, Rose N, Bourry O. 2017. Oral fluid versus blood sampling in group-housed sows and finishing pigs: Feasibility and performance of antibody detection for porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV). *Veterinary Microbiology* 204: 25-34.
- Frana T, Warneke H, Stensland W, Kinyon J, Bower L, Burrough E. 2014. Comparative detection of *Lawsonia intracellularis*, *Salmonella*, and *Brachyspira* from oral fluids and feces. *Proc AASV*. Dallas, Texas. 2014:67-69.

- Geers R, Goedseels V, Parduyns G, Vercruysse G. 1986. The group postural behaviour of growing pigs in relation to air velocity, air and floor temperature. *Appl. Anim. Behav. Sci* 16: 353-362.
- Giménez-Lirola LG, Mur L, Rivera B, Mogler M, Sun Y, Lizano S, Goodell C, Harris DH, Rowland RR, Gallardo C, Sánchez-Vizcaíno J, Zimmerman J. 2016. Detection of African swine fever virus antibodies in serum and oral fluid specimens using a recombinant protein 30 (p30) dual matrix indirect ELISA. *PloS One*. 11(9):e0161230.
- Goodell C, Prickett J, Kittawornrat A, Zhou F, Rauh R, Nelson W, O'connell C, Burrell A, Wang C, Yoon KJ, Zimmerman J. 2013. Probability of detecting influenza A virus subtypes H1N1 and H3N2 in individual pig nasal swabs and pen-based oral fluid specimens over time. *Vet Microbiol*. 166: 450-460.
- Jensen P. 1982. An analysis of agonistic interaction patterns in group-housed dry sows-Aggression regulation through an "avoidance order". *Appl Anim Ethol* 9: 47-61.
- Jordan BK, Christopher-Hennings J, Daly R, Main R. 2018. The use of oral fluid diagnostics in swine medicine. *Journal of Swine Health and Production* Volume 26, Number 5.
- Juan HG, Nardy R, Damien M, Thomas E, Ian D, Sara MK, JR Thomson, Alexander WT. 2017. The use of oral fluids to monitor key pathogens in porcine respiratory disease complex. *Porcine Health Management* 3: 7.
- Kim JH, Son JK, Kim WI. 2020. Comparison of PRRSV and antibody detection in oral fluid and serum samples from different age categories of PRRSV endemic farms. *Korean J Vet Serv* 43(3): 173-179.
- Kim WI. 2010. Application of Oral Fluid Sample to Monitor Porcine circovirus-2 Infection in Pig Farms. *J Vet Clin* 27(6): 704-712.
- Lebret B, Meunier-Salaün MC, Foury A, Mormède P, Dransfield E, Dourmad JY. 2006. Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. *J Anim Sci* 84:2436-2447.
- Malmkvist J, Damgaard BM, Pedersen LJ, Jørgensen E, Thodberg K, Chaloupková H, Bruckmaier RM. 2009. Effects of thermal environment on hypothalamic-pituitary-adrenal axis hormones, oxytocin, and behavioral activity in periparturient sows. *J. Anim. Sci* 87:2796-2805.
- Muns R, Malmkvist J, Larsen M, Sørensen D, Pedersen L. 2016. High environmental temperature around farrowing induced heat stress in crated sows. *J Anim Sci* 94: 377-384.
- Nathues H, Alarcon P, Rushton J, Jolie R, Fiebig K, Jimenez M. 2017. Cost of porcine reproductive and respiratory syndrome virus at individual farm level - an economic disease model. *Prev Vet Med* 142:16-29.
- National institute of animal science. 2019. Application of oral fluid sample to monitor pig epidemics. <https://www.nias.go.kr/>
- Pork check. 2018. Rapid detection and epidemiological surveillance of African Swine Fever using oral fluid. <https://porkcheckoff.org/research>.
- Prickett JR, Johnson J, Murtaugh MP, Puva-nendiran S, Wang C, Zimmerman JJ, Opriessnig T. 2011. Prolonged detection of PCV2 and anti-PCV2 anti-body in oral fluids following experimental inoculation. *Transbound Emerg Dis* 58(2): 121-127.
- Prickett JR, Zimmerman JJ. 2010. The development of oral fluid-based diagnostics and applications in veterinary medicine, *Animal Health Research Reviews* 11(2): 207-216.
- Senthilkumaran C, Bittner H, Ambagala A, Lung O, Babiuk S, Yang M, Zimmerman J, GiménezLirola LG, Nfon C. 2017. Use of oral fluids for detection of virus and antibodies in pigs infected with swine vesicular disease virus. *Transbound Emerg Dis* 64: 1762-1770.
- Simer R, Prickett J, Zhou E-M, Zimmerman J. 2005. An improved method for PRRS virus surveillance and monitoring. *Proc International PRRS Symposium*.

St. Louis, Missouri.

Yoon HC, Hong SK, Lee I, Yoo DS, Jung CS, Lee E, Wee SH. 2020. Clinical symptoms of African swine fever

in domestic pig farms in the Republic of Korea. Transboundary and Emerging Diseases Volume 67, Issue 5 p. 2245-2248.