

기후변화 대응 가축 장내발효 메탄 저감 연구 소개



오영균 박사
국립축산과학원
농업연구사

1. 반추가축의 장내발효와 메탄 배출

지난 100년간 지구 온난화에 의해 평균온도는 점점 증가하는 추세를 보이면서 지구 온난화 현상이 나타나고 있다. 이것은 메탄과 이산화탄소 등과 같은 온실가스의 증가로 인해 대기의 기온이 상승하는 온실효과에 인한 것으로 지구의 자동온도조절 능력이 위기를 맞고 있음을 보여준다.

이러한 기후변화는 기상이변, 해수면 상승 등을 초래하여 생태계와 사회 경제 분야에 지대한 영향을 끼치고 있다. 메탄가스는 연못, 습지, 논밭, 반추가축의 장내발효 및 분뇨 분해와 같은 미생물 발효에 의해 생성되거나 석탄, 석유, 천연가스, 배기가스 등 자연과 산업 활동에 의해서도 생성된다.

특히 메탄은 소, 물소, 면양, 산양 및 낙타 등의 위에서 정상적인 소화과정(장내발효) 중 발생되는데 2002년 Moss의 보고에 의하면 지구상에 연간 메탄가스 총배출량은 689 테라(Tera=10¹²)그램으로서 이 중 가축의 장

내발효에 의한 배출량은 80Tg이고 분뇨에 의해서 25Tg이 배출되고 있으며 장내발효에 의한 메탄 배출량 중 약 75%정도가 반추가축인 소에서 기인한다고 보고되었다.

축산부분에서 메탄발생은 온실가스 총 배출량의 1% 정도로 전체 배출량 면에서 큰 비중을 차지하고 있지 않지만 이후 기후변화협약과 관련하여 국가별 저감 압력은 총 발생량보다 생산성에 따른 메탄 발생량 기준으로 변화하고 있어 축산부분의 메탄 배출 감축 연구 및 대책이 시급하다.

이와 같은 국제적 기후변화협약 및 국가별 저감 압력에 대응하기 위해 우리 국립축산과학원에서는 과거 일반적인 사양방법 및 메탄저감 첨가제를 이용한 부분적 반추위 메탄발생 조절 방법과 환원적 초산생성균(Reductive acetogen) 및 천연식물자원을 이용한 복합적 기법을 이용한 메탄저감 연구를 수행하고 있으며 더불어 우리나라 대표 가축인 한우를 이용한 사양 시기별 메탄 배출 계수 산출연구도 병행하여 반추가축의 장내

발효에 의해 생성되는 메탄 저감 연구를 다 각도로 시행하고 있다.

2. 반추기축의 장내발효에 의한 메탄 배출 저감 기술

반추기축의 장내발효에 의한 메탄발생의 저감방법으로, 과거에는 영양, 사양방법과 화학적 방법이 사용되어 왔다. 그 중 화합물 첨가에 의한 반추위 메탄 발생 억제 효과는 널리 연구되어 왔으나 지속적으로 사용했을 때 효과가 감소하거나 최종 소비자인 사람에 대한 잔류 문제로 인해 사용이 제한되고 있는 실정이다. 따라서 이런 문제점을 해결하기 위해서 최근 반추위 메탄생성을 억제하고자 연구하고 있는 여러 방법을 소개하고자 한다.

1) 사료 급여 수준 및 종류

일반적으로 반추위의 소화 및 발효생리를 이용하여 사료 및 사양방법에 의해 메탄 발생을 저감할 수 있다. 즉 메탄발생은 사료급여 수준과 급여하는 사료 종류에 의해 영향을 받는다.

가축에 에너지 유지수준으로 사료를 급여했을 때 소화율이 증가하고 이에 따라 섭취된 사료당 메탄 발생량이 증가하지만 사료 섭취량을 높여 주었을 때 반추위내 pH가 낮아져서 메탄생성량이 감소하게 된다.

한편 조사료와 같이 cellulose 등 구조탄수화물을 많이 함유한 사료를 급여하였을 때 메탄발생량이 증가하고 농후사료와 곡류사

료 등, 가용성 탄수화물이 많이 함유된 사료 급여시는 발생량이 감소하게 된다.

2) 할로겐 화합물

1970년대 전후로 chloroform(CH_2Cl_2), carbon tetrachloride(CCl_4) 및 methylene chloride(CH_2Cl_2)과 같은 할로겐 화합물들이 반추위내 메탄생성을 억제한다고 최초 보고되었다. 이들 할로겐 화합물은 CO_2 대신 수소와 결합하는 역할을 하거나 methanogen에게 직접적인 독성(Toxic) 효과가 나타나 낮은 처리수준에서도 메탄억제 효과가 있으며, acetate : propionate 비율을 감소시킨다.

그러나 할로겐 화합물을 사용했을 때 수소축적, 기질 이용성 감소, 미생물 단백질 감소, 아미노산 분해의 억제, 사료 섭취량의 감소와 제제의 독성 등의 부작용을 나타낼 수 있고 축산물로의 잔류성 등, 안정성에 문제점을 내포하고 있다.

3) 항생제

모넨신(Monensin)과 같은 ionophore 항생제는 반추동물에 많이 연구되어 왔다. Ionophore계 항생제는 높은 친유성(Lipophilic) 물질로서, 사료효율 증가, 성장촉진, 산중독증 예방효과 뿐만 아니라 monensin같은 경우 여러 연구에서 메탄저감효과가 있는 것으로 알려져 있다.

그러나 항생제의 종류에 따라 저해효과는 지속적이지 않고 적용 축종에 따라 효과가 일정하지 않으며 최근 유럽에서는 가축에 항생제 사용을 금지하고 있으며 2012년 이

후 우리나라도 사료첨가제에 사용되는 기존 항생제 사용을 금지하여 천연항생제 개발이 시급하다.

4) 지방

지방은 사료 내 에너지 함량과 유량을 증가시키고 유지방의 지방산 조성을 변경하기 위해 사료 내 첨가하는데 한편으로는 메탄생성을 억제하기도 한다.

첨가하는 지방의 종류와 형태에 따라 메탄생성 억제효과에서 차이가 있는데 이중 또는 삼중결합을 포함하고 있는 불포화지방산은 반추위내에서 가수소화 반응 (Biohydrogenation)에 의해 포화지방산이 되는 과정에서 수소가 이용되어 메탄생성에 이용될 수소의 양이 줄어들면서 메탄생성량도 줄어든다. 그러나 지방산은 메탄 생성균에만 특이적으로 작용하는 것이 아니라 반추위내 미생물의 활성에 전체적으로 영향을 주어 다급 시 소화율이 억제되는 단점이 있다.

사료 및 사양조절 방법과 더불어 비교적

친환경적 방법으로서 가축의 생산성 증진까지 동반할 수 있어 메탄생성 억제방법으로서 효과 및 사용수준에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

5) 프로피온산 증진물질

(Propionate enhancer)

프로피온산 증진물질은 항생제 내성과 축산물 잔류 문제 때문에 항생제를 대체할 수 있는 물질로 주목받고 있다. 그 중에서 fumarate, malate와 같은 유기산은 프로피온산 생성을 높이며 사료 효율을 향상시키고, lactate와 메탄의 생성의 감소를 가져온다.

위의 유기산들은 프로피온산 생성과정의 중간 대사물질로서 대사 과정에 수소가 이용되기 때문에 메탄합성에 필요한 수소가 줄어들게 되어 메탄생성이 감소하게 된다.

6) 환원적 초산생성균

환원적 초산생성균을 이용한 메탄저감 방법은 화학적 첨가물 첨가에 의한 반추위 발

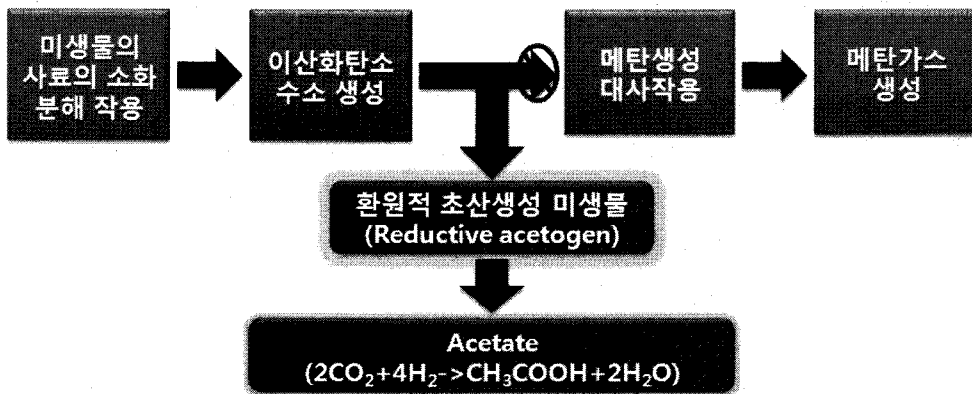


그림 1. 환원적 초산생성 미생물에 의한 메탄저감 방안

효의 부작용을 최소화하는 대안적인 메탄저감 방법 중 하나다. 반추가축으로부터 분리 동정된 초산생성균은 반추위 소화과정 중 이산화탄소를 기질로 이용하여 수소와 결합을 통해 초산생성반응(acetogenesis)이 활성화되면서 메탄발생을 저감시킨다.

초산생성균들은 기질로 개미산(formate), 포도당, cellobiose와 과당을 이용하는 능력이 있어 다른 메탄저감제와 달리 메탄저감에 따른 소화율 감소 등 부작용이 없다. 그리고 환원적 초산생성균을 이용했을 때 메탄저감 효과뿐만 아니라 휘발산지방산(VFA) 생성 증가와 에너지 손실을 감소 및 사료효율을 개선 할 수 있는 장점이 있다.

7) 천연식물자원

식물유래 천연식물자원 첨가제는 장내 발효 조절과 메탄생성 감소를 위한 사료 첨가제로서 관심이 증가하고 있다. 많은 연구가 들은 사포닌, 탄닌(tannin), 에센셜 오일(essential oil) 등과 같은 식물유래 천연물질들을 이용하여 반추위 메탄생성 저감에 일부 물질이 효과가 있음을 보고하였다.

국립축산과학원에서 수행한 십자화과 식물 추출물 첨가 시험에서 메탄발생량이 최대 84%까지 저감되었고, Real-time PCR을 통한 메탄생성 미생물의 DNA 측정량도 감소하는 결과를 얻었다. 유기황 화합물을 함유한 식물 추출물 첨가 시험에서도 풋마늘(Green garlic)과 갓(Mustard leaf) 추출물 첨가 시험에서 메탄저감 효과를 확인하였다.

식물유래 천연물질들은 메탄생성 억제 능력 이외에도 단백질 분해 및 암모니아 생성을 감소시키기도 하고 프로토조아 군집을 억제하는 등 다양한 반추위 조절 기능이 있다고 보고된 바 있다.

그동안 수많은 반추위내 메탄저감 연구들이 수행되었지만 대부분이 in vitro에 의한 실험실적 방법이고 아직까지는 실제로 가축에 급여하여 지속적인 효과를 보이는 메탄저감방법은 개발되지 않고 있다.

이것은 반추위내 미생물 환경을 인위적으로 조절하는 것이 얼마나 어려운가를 보여주는 결과이다. 국립축산과학원에서는 정상적인 반추위 미생물 생육 환경을 유지하면서 온실가스인 메탄 생성량을 줄이기 위하여, 메탄생성균의 직접적인 억제와 환원적 초산생성 미생물의 증식 등을 통한 영양소 대사경로의 변경과 같은 우회적인 방법 등의 통합적인 메탄저감연구를 수행하고 있다. ❏