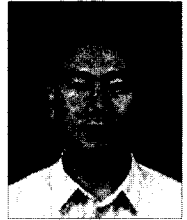


植物性油 첨가가 in vitro 발효성상, NDF 소실율에 미치는 영향



글 | 김동일((주)드림피드텍)

1. 서론

고능력우 사양에 있어서 사료내 지방을 첨가하여 에너지 밀도를 높이는 것이 필요하다. 그러나 지방 첨가 수준이 높을 때에는 조섬유 소화율 감소 등 반추위내 대사에 문제를 야기할 수 있다.

반추가축 사료에 지방을 첨가하면 반추위 발효를 방해함으로써 지방의 다른 영양소의 소화율을 감소시킨다. 실제 사양 조건에서는 건물 기준으로 사료의 지방함량이 5%를 넘게 되면 반추위내 조섬유 소화가 저하된다.

7~8% 이상이면 반추위 미생물에 직간접으로 나쁜 영향을 미친다. 그래서 초산/프로피온산 비율이 낮아지고 동시에 메탄, 수소 및 휘발성지방산 생성량이 감소한다. 지방첨가수준이 건물기준 10% 이하에서도 구조성 탄수화물의 반추위 소화율이 50% 이상 감소될 수 있다.

또한 지방첨가는 반추위 미생물(특히 섬유소 분해박테리아)의 활성을 저해시켜 초산은 감소하고 프로피온산의 함량은 증가한다.

지방의 종류와 형태는 반추위 발효에 영향을 미친다. 불포화지방산은 포화지방산보다 반추위 발효를 더 억제하나 장쇄지방산의 칼슘염, fatty alcohol 및 중성지방과 같은 반추위내 비분해 지방산 유도체 등은 유리지방산보다 반추위내 발효를 덜 억제한다.

유리된 지방산이 사료입자에 흡착될 때 지방첨가가 미생물에 미치는 악영향을 억제할 수 있다.

불포화 지방산의 농도가 증가하면 반추위내의 발효를 억제시키고, 반추위 미생물에 독성을 일으키기 때문에 불포화 지방산의 함량을 감소시킬 수 있는 방향으로 반추위내 대사 과정이 조정되어야 한다.

반추위에서는 자연적으로 양이온과 지방산이 결합하여 염을 형성한다. 지방을 첨가함으로써 야기되는 소화율의 저하는 양이온의 첨가로 개선될 수 있다.

알팔파에는 칼슘을 비롯한 양이온 함량이 높기 때문에 식물성유 첨가시 발생하는 섬유소 소화를 저하현상을 억제할 수 있다.

지방산을 칼슘염으로 대체한 in vitro 및 in vivo

시험결과 섬유소 소화억제 작용을 완화시킬 수 있다. 지방산(C17:0)을 칼륨과 결합시킨 지방산염을 두과 목초인 알팔파(예취시기별), 화본과 목초인 라이그래스와 버뮤다그래스 및 저질조사료인 벚짚과 밀짚에 흡착시킨 결과 알팔파가 다른 조사료에 비해 지방산염의 흡착량이 높았으며, 또한 모든 조사료에서 사료입자의 크기가 작아질수록 흡착량이 높았다.

지금까지 실험실에서 지방산 칼슘염을 제조하거나 제품화된 지방산 칼슘염을 구입하여 시험한 연구결과는 많으나 사료내 식물성유만을 첨가하여 반추위내에서 칼슘을 포함한 양이온과 결합하여 형성되는 지방산염 형성에 관한 논문은 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 칼슘을 포함한 양이온 함량이 다른 조사료에 비해 높고 지방산염 흡착량이 가장 높은 알팔파 건초를 기질로 선정하였다.

대두유와 옥수수유를 건물 기준으로 각각 10% 첨가하여 in vitro 배양시 유리지방산, 중성지방 및 지방산염의 형성정도와 지방산 조성, 식물성유 첨가에 따른 반추위내 발효성상과 NDF 소화율에 미치는 영향에 대하여 조사하고자 실시하였다.

2. 재료 및 방법

기질은 알팔파 건초(1st cut)로 하여 1) 식물성유 무첨가, 2) 대두유 10% 첨가 및 3) 옥수수유 10%를 첨가하였다.

배양조건은 39℃로 유지된 배양기에서 100rpm으로 교반하면서 0, 3, 6, 12, 24 및 48시간에 걸쳐

각 serum bottle을 회수하였다.

발효성상 및 NDF 소실율을 위한 시험에서는 120ml serum bottle을 사용하여 3반복 실시하여 pH, 암모니아태 질소, 휘발성지방산 농도 및 건물과 NDF 소실율을 분석하였다.

지방산 분획을 위한 시험에서는 60ml serum bottle을 사용하여 3반복 실시하여 유리지방산, 중성지방 및 지방산염의 형성 정도를 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

pH, 암모니아태 질소 및 건물과 NDF 소실율은 식물성유 첨가로 영향을 받지 않았다.

휘발성 지방산중 초산만 식물성유 첨가로 낮아졌고, 다른 지방산은 변화가 없었다.

중성지방은 배양시간이 증가함에 따라 감소하였고, 유리지방산은 중성지방의 가수분해로 인하여 증가하였다.

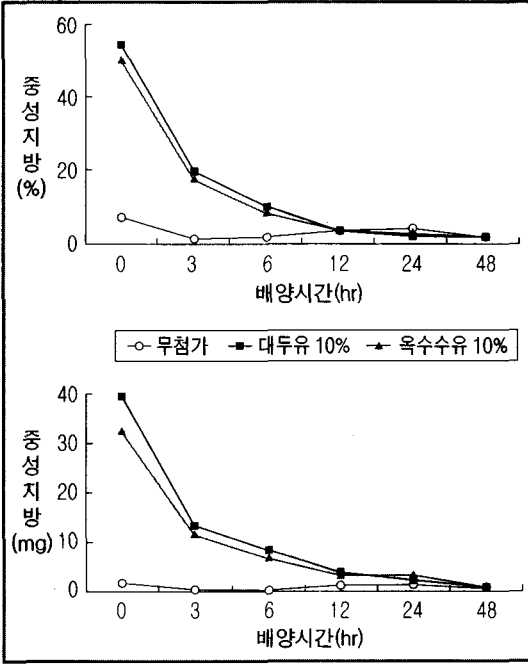
배양시간 48시간에서는 유리지방산이 양이온과 결합하여 지방산염의 형성 비율이 증가하였다.

특히 C18:0의 지방산염 형성은 배양시간 48시간에서 대두유 및 옥수수유 첨가시 각각 배양시간 0시간에 비해 각각 27.5 및 32.5배 증가하였다(〈그림 1, 2 및 3〉).

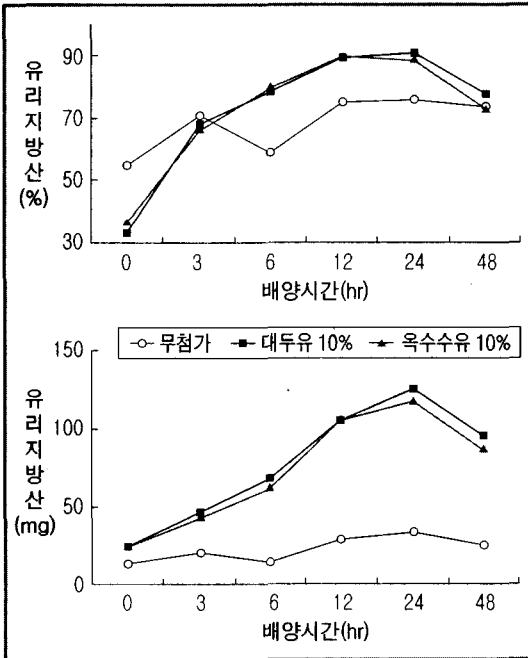
지방급여는 반추위내 발효를 억제하나, 급여사료에 건초의 비율을 높이면 지방의 분산효과로 조성유 소화율을 높일 수 있다.

반추위 내에서 유리된 지방산이 사료입자에 흡착되기 때문에 지방 첨가시 미생물에 미치는 유해한 영향을 억제할 수 있다.

<그림 1> In vitro 배양시간에 따른 중성지방의 비율과 농도



<그림 2> In vitro 배양시간에 따른 유리지방산의 비율과 농도



반추위 내용물 중 사료내 지방(중성지방과 미생물의 가수분해에 의해 생성된 유리지방산)은 소수성 상호작용에 의해 사료입자에 흡착된다.

반추위내 미생물은 알팔파와 같은 섬유소 사료를 소화할 때 식물표면 조직중 기공(stomata)을 통하여 조직내부로 침투하여 세포내부 물질을 먼저 소화하고 외부물질을 소화하게 된다.

즉, 반추위내 미생물은 섭취한 사료에 대하여 일단 외피부터 공격하게 되지만 쉽게 소화시킬 수 없기 때문에 외피의 파쇄된 부분을 통하여 세포내부로 침투한 후 소화하기 쉬운 내부 물질을 먼저 공격하고 그후 소화하기 어려운 외피부분을 공격하는 inside-out이라는 개념으로 소화작용을 하게 된다.

본 시험에 기질로 사용한 시료는 1mm 이하의 사료 입자도를 가진 알팔파 건조로써 1mm 이상의 사료입자에 비해서 표면적이 높을 것으로 생각된다.

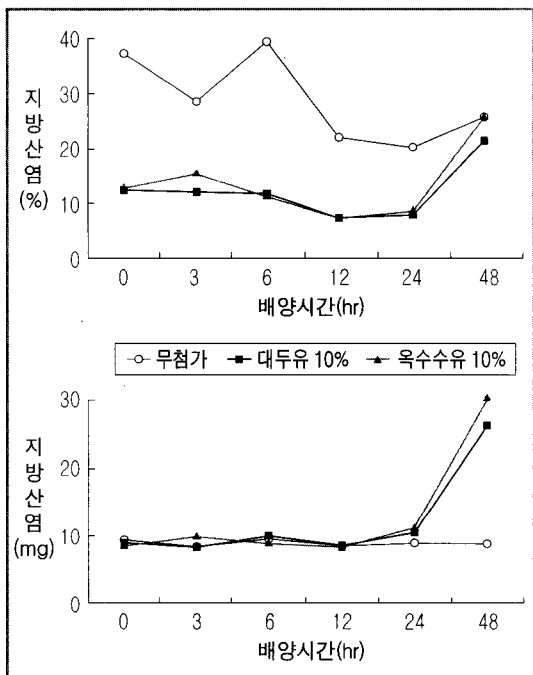
배양시간 모두 배양액내 중성지방과 유리된 지방산이 표면적이 높은 알팔파 사료입자에 흡착되어 지방첨가로 인해 발생하는 미생물에 미치는 유해한 영향을 감소시킬 수 있다.

또한 배양액내 미생물이 사료입자의 기공을 통하여 침투하여 세포내부 물질을 소화시킨 후 외피를 소화하기 때문에 발효성상에 미치는 영향이 없었던 것으로 사료된다.

시험결과 알팔파는 지방산염 흡착율이 다른 목건초 종류에 비해 가장 높았고, 또한 지방산염을 최대한으로 흡착할 수 있는 능력을 가지고 있었다.

또한 칼슘을 포함한 양이온의 함량이 4.26%로 높은 알팔파의 경우 배양시간이 증가함에 따라 양이온이 용출되면서 사료입자에 흡착된 유리지방산

<그림 3> in vitro 배양시간에 따른 지방산염의 비율과 농도



과 결합하여 지방산염을 형성하기 쉽다.

시료내 중성지방과 첨가한 대두유와 옥수수유가 배양시간이 증가함에 따라 반추위 미생물에 의한 가수분해 작용으로 유리지방산으로 유리되고, 유리 지방산은 시료에서 용해된 양이온 및 배양액내에 존재하는 양이온과 결합하여 지방산염을 형성하게 된다. 지방산과 양이온이 반응하여 지방산염을 형성하는데 시간이 필요한데, 그 이유는 반추위내 지방산이 주로 사료입자에 흡착되어 있기 때문이다.

대두유나 옥수수유를 알팔파건초에 첨가하였을 때 반추위내 발효성상에 영향을 미치지 않은 것은 배양 24 및 48시간에서 식물성유 첨가시 지방산염 형성이 증가하여 미생물에 미치는 유리지방산의 유해한 영향이 감소한 것도 한 요인이라 볼 수 있다.

포화지방산이 불포화지방산보다 지방산염 형태로 더 많이 존재하기 때문에 전자가 양이온과 더 잘 반응한다.

포화지방산이 양이온과 더 쉽게 반응하여 지방산염을 형성하기 때문에 반추위 내에서 불포화지방산보다 반추위 미생물의 성장을 덜 억제한다.

결론적으로 in vitro 배양시 대두유와 옥수수유를 10% 첨가하더라도 배양 12시간까지는 배양액내에서 빠르게 가수분해 후 유리된 지방산이 미생물과 결합하여 표면적이 높은 알팔파 사료입자에 분산되어 흡착한다.

배양시간이 증가할수록 칼슘을 포함한 양이온 함량이 높은 알팔파가 분해되면서 양이온이 용해되어 유리된 지방산과 결합하여 지방산염을 형성하게 된다. 이때 불포화지방산보다는 포화지방산이 양이온과 반응하여 지방산염을 형성하기 쉽다.

또한 C16:0 이상의 장쇄지방산이 주로 지방산염을 형성하였다.

이러한 특성 때문에 배양액내에 유리된 지방산염을 형성하기 쉽고 식물성유 첨가시 발생하는 발효성상 및 NDF 소실율에 미치는 악영향을 최소화한 것으로 보인다.

따라서 본 시험에서 식물성유를 10% 첨가해도 반추위 발효성상에 미치는 유해한 영향은 없으므로 보이거나 in vitro 시험 결과만 가지고 식물성유를 10% 첨가할 수 있다고 할 수는 없다.

목건초 종류, 예취시기 및 사료입자크기에 따라 지방산 흡착율이 다르기 때문에 in vitro 및 in vivo 시험을 수행한 후 종합적인 고찰을 통하여 지방의 적정 첨가수준을 결정해야 할 것이다. ⑤