

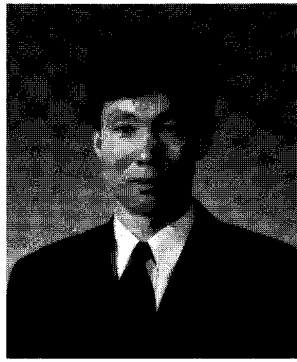
조사료원의 중요성과 개발 및 이용(Ⅱ)

2-2. 반추위의 역할

반추위는 과거에 단순히 거친 조사료를 연화, 마쇄시키는 기능과 사료의 저장조 역할을 수행하는 기관으로서만 알려져 왔으나 이후 소화기관으로서의 반추위에 대한 중요성이 해명됨에 따라 뛰어난 조절기능을 갖춘 효율 좋은 연속발효조로의 역할을 수행하고 있는 것이 밝혀졌다.

1) 반추위내 미생물

단위동물에서는 각종 영양소의 흡수장소가 되고 있는 소장 전까지는 미생물의 서식장소가 없고 소장을 지나 대장에 이르러서야 비로소 미생물의 존재가 인정된다. 따라서 식물세포벽을 구성하는 셀룰로스 등의 구조성 탄수화물은 대장에서 처음으로 소화되게 되는 것인데 흡수력이 소장에 비해 약하고 내용물의 통과속도가 빠르기 때문에 충분히 소화되지 않고 배설되어 버린다. 이에 반해 반추동물에서는 흡수활동이 활발히



문 상 호 교수
건국대학교 생명자원환경과학부

일어나는 소장의 전단계에 반추위라고 하는 커다란 발효조를 갖추고 있어 반추에 의한 재저작을 포함, 충분히 시간을 두고 발효시키고 그 발효산물인 휘발성지방산은 반추위 및 소장에서 효율 좋게 흡수된다. 반추동물의 이런 기

능은 바로 반추위 자체의 물리적 운동능력과 그곳에 서식하는 미생물의 작용에 의해 이루어지고 있는 것이다.

반추위내 미생물계는 세균, 프로토조아, 균류, 박테리아 등 여러 종류의 미생물이 서로 관련성을 갖고 서식하고 있다. 이 미생물계는 외부로부터 사료나 그에 부착되어 침입하는 미생물과 함께 동물체내에 있기 때문에 온도, 수분, pH, 기타 중요한 환경요인이 일정한 범위내에서 안정된 상태로 유지되고 있다. 게다가 미생물의 기질이 되고 있는 사료가 반영구적으로 지속적 공급이 이루어지기 때문에 미생물이 발효작용이라고 하는 역할을 충분히 발휘하는 특성을 갖

고 있다. 반추가축은 반추위내의 온도와 수분, 그리고 pH의 유지 및 미생물과 사료를 혼합하는 등 미생물의 생활여건을 조성해주며 미생물은 반추동물의 소화작용을 돕고 여러 가지 영양소를 합성하여 숙주동물인 반추동물이 이용할 수 있도록 해준다. 반추위내 미생물의 주된 기능은 다음과 같다.

- ① 섬유소의 분해(cellulose, hemicellulose)
- ② 필수아미노산의 합성
- ③ 비타민 B군과 K의 합성
- ④ 미생물체 영양소의 공급 등

한편 반추위내 박테리아는 수십 종에 달하며 그 종류와 수는 급여하는 사료의 종류, 질에 따라 큰 차이를 나타낸다. 일반적으로 이들을 이용하는 기질이나 발효생산물 등을 기준으로 해서 분류하면 다음과 같다.

- ① 섬유소 분해 박테리아
- ② 헤미셀룰로스 분해 박테리아
- ③ 당 이용 박테리아
- ④ 전분 분해 박테리아
- ⑤ 산 이용 박테리아
- ⑥ 단백질 이용 박테리아
- ⑦ 암모니아 생성 박테리아
- ⑧ 메탄 생성 박테리아
- ⑨ 지방 소화 박테리아
- ⑩ 비타민 합성 박테리아

이들 외에도 반추위내에는 수많은 박테리아들이 서식하고 있으나 이들은 위내 환경의 변화나 섭취사료의 종류 그리고 외부로부터 유입되는 정도 등에 따라 수시로 변

화되고 있으며 단독적인 모습보다는 상호 유기적인 관계 속에 생활하고 있다. 그러나 이들 미생물들이 일정한 환경에 적응하여 생활하기 위해서는 어느 정도의 적응기간이 필요하며 따라서 사료의 급격한 변화는 미생물상의 안정에 바람직하지 못하기 때문에 주의해야 한다. 즉, 반추위내의 환경변화, 예를 들면 사료의 종류나 질의 변화가 있었을 경우 그 사료에 특정하게 적응하여 살아 가고 있는 미생물의 증식이 충분히 일어나지 않기 때문에 소화작용 역시 효율적이지 못한 경우가 나타나며 경우에 따라서는 급격한 사료의 변화는 설사와 같은 소화기계 장애를 유발하기도 한다.

특정 미생물이 단시간에 급격한 증식 또는 감소하는 경우가 그리 흔하게 나타나는 현상이 아니므로 바뀐 사료에 대한 적응력을 획득할 때까지는 충분한 시간적 여유가 필요하게 된다. 그러므로 위내 환경을 최적으로 조성하여 조사료에 대한 이용 및 소화 효율을 높이기 위해서는 반추위내의 미생물 상에 대한 세심한 배려도 필수사항이다.

정상적인 사슴의 반추위내 환경은 사료의 종류, 질, 양, 음수후의 시간이나 반추위내의 부위에 따라 다소의 차이가 있으나 내용물의 건물율은 약 10-15%, 온도는 39-40℃ 정도이며 pH는 채식전이 6.2-7.3 정도이다. 이런 위내 환경은 여러 가지 조건변화에도 불구하고 비교적 변화 폭이 크지 않는데 이는 반추위내의 항상성을 유지시켜 그

곳에 서식하는 미생물의 작용을 원활하게 해주는 큰 원동력이 되고 있다.

2) 반추위내의 소화

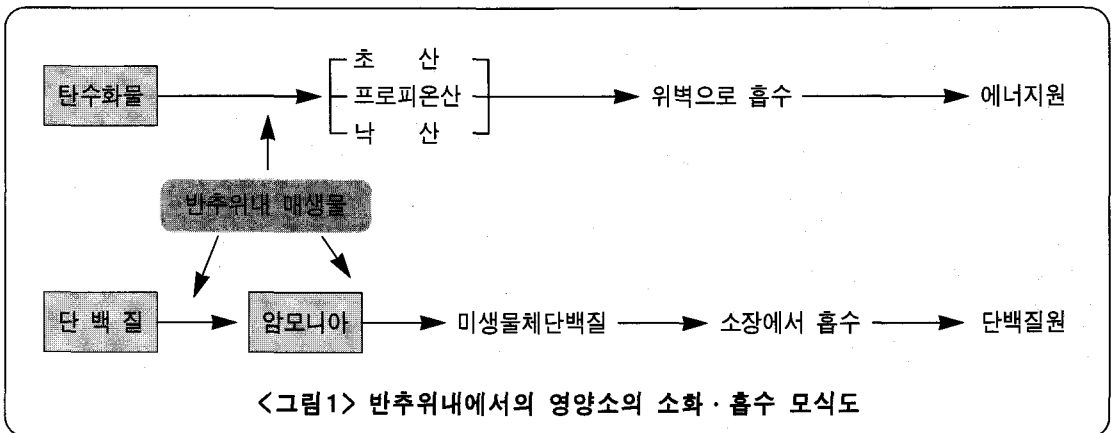
반추동물이 섭취한 조악한 조사료는 반추위내의 미생물에 의해 소화가 이루어지며 그 효율은 상당히 높은 편이다. 일반적으로 반추위내에서는 섭취한 사료중 유기물의 65%, 단백질의 25%, 세포막물질의 85%, 셀룰로오스의 90%, 가용성탄수화물의 80-90% 정도가 소화되는 것으로 알려져 있다.

특히 섬유소 함량이 높은 사료일수록 반추위내에서의 소화율이 높다. 반추동물이

섭취하는 사료의 약 70-75% 정도는 탄수화물 주체이며 이 탄수화물의 대부분은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 당류 및 전분의 형태로 섭취되고 있다. 반추위내 미생물은 이들 탄수화물을 분해하여 휘발성지방산(VFA)이라는 물질을 생성하며 이들은 반추가축의 주요 에너지원으로 이용되고 있는데 반추위내에서 생성된 휘발성지방산은 위벽과 소장을 통해 흡수되어 에너지원으로 활용되고 있으며 전체 반추가축이 필요로 하는 에너지의 약 50-70% 정도를 반추위내에서 생성된 휘발성지방산이 충당하고 있을 정도로 매우 중요한 영양적 기능을 수행하고 있다.

<표 1> 알팔파 건초의 소화기관별 소화율

소화기관	소 화 율 (%)				
	유기물	조단백질	세포막물질	셀룰로오스	가용성탄수화물
반추위	64.4	24.1	86.8	89.9	82.0
장	35.4	75.9	13.2	10.2	18.0



<그림 1> 반추위내에서의 영양소의 소화·흡수 모식도

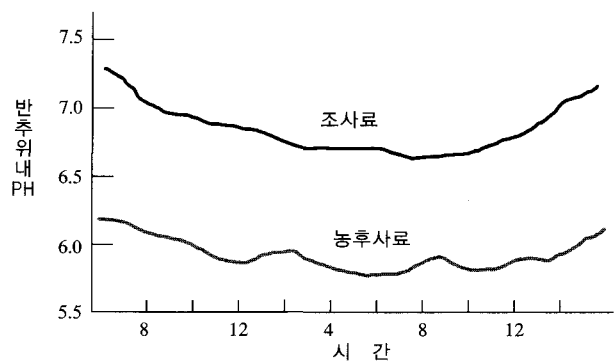
2.3 반추위내 발효와 pH

반추위의 항상성은 사료급여와의 관계에서 중요하며 유생산이나 유조성에 큰 영향을 미치게 되므로 이것이 붕괴되면 생산성의 저하와 더불어 각종 질병의 원인이 된다. 반추위는 위운동에 의한 내용물의 교반, 되새김에 의한 내용물의 마쇄, 타액에 의한 반추위내로의 질소화합물이나 무기물의 보급 등 각종 제어 장치를 갖춘 효율 뛰어난 연속 발효조로서 채식, 연하된 사료는 미생물의 작용에 의해 발효과정을 거쳐 여러 가지 발효산물을 생성한다. 이 발효산물 중 탄수화물을 원료로 하여 만들어진 것이 휘발성지방산 등의 유기산으로 반추동물의 중요한 에너지원이다. 한편 생성된 유기산은 대단히 높은 산도를 나타내기 때문에 이들의 생성에 의해 반추위내의 pH는 자연히 저하되기 마련이다. 그러나 연속발효조로서의 미생물의 서식과 작용을 원활히 하기 위해서는 위내의 항상성이 유지되지 않으면 곤란하다.

따라서 반추동물은 이들 유기산을 직접 위벽을 통해 흡수하고 또 하부 기관으로의 이행을 순조롭게 진행하여 반추위내에서 생성된 유기산이 축적되는 일이 없도록 하며 또한 구강으로부터 끊임없이 유입되는 막대한 양의 타액에는 알칼리성이 강한 중탄산염이 풍부하여 유기산에 의해 높아진 산도를 중화시키기 때문에

이들 상호간의 절묘한 조절기능에 의해 반추위내의 항상성은 유지될 수 있는 것이다. 그러나 농후사료를 다급했을 때는 반추위내에서의 빠른 발효로 인한 대량의 유기산 생성과 상대적으로 조사료에 비해 채식시 또는 반추시의 저작회수가 적기 때문에 중요한 완충능력을 갖고 있는 타액의 유입량 부족으로 인해 반추위내의 pH는 6이하로 저하되게 되고 이는 각종 소화기성 질병의 원인이 된다. 반추위내 pH가 더욱 저하되면 유산이 생성되어 이 유산에 의한 pH의 저하가 더욱 심해지는 악순환이 발생한다. 이런 상태가 지속될 경우 유산 아시토시스가 된다.

따라서 반추위내 미생물의 활동성을 높이고 정상적인 기능 발휘를 위해서는 반추위내 산도를 중성에 가깝도록 유지하는 것이 중요하며 그러기 위해서는 적절한 조사료의 공급과 물리성의 제공으로 충분한 반추와 저작에 의한 타액의 분비량 증가를 유도할 필요가 있다.

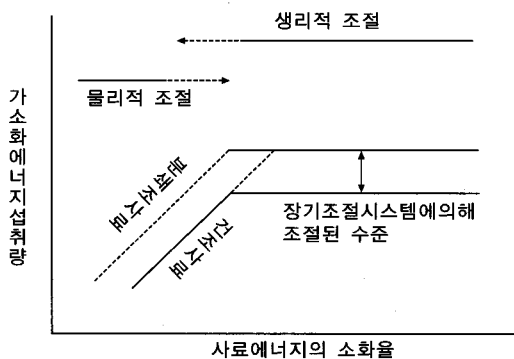


〈그림 2〉 사료의 종류별 반추위내 pH의 변화

2-4 사료의 물리적 형상과 반추위내 발효

사료의 소화율이 높아짐에 따라 반추동물의 자유채식량이 증대된다는 것은 일반적인 사실이다. 그러나 소화율이 어느 점을 넘어서면 그 이상 채식량이 증가되지 않게 된다. 이것은 자유채식량이 생리적 요인과 물리적 요인이라고 하는 두가지 큰 요인에 의해 지배되고 있어 사료가 갖고 있는 에너지의 소화율이 높으면 주로 전자가, 소화율이 낮으면 후자가 제어인자로 작용하기 때문이다.

생리적 조절은 시상하부에 있는 포식중추가 혈액중의 당이나 지방산과 같은 화학물질이나 혈액의 온도 등에 의해 자극되기 때문에 일어나는 것으로 알려져 있다.



〈그림 3〉 사료의 물리적 특성에 따른 소화율과 채식량과의 관계

한편 물리적 요인은 소화관에 대한 부하가 일정수준에 도달하면 그 이상 채식할 수



없게 되기 때문이라고 설명된다.

최근 여러 가지 사정에 의해 사료에 대한 기계적 또는 물리적 변화를 주게 되는 경우가 많다. 사료를 분쇄하는 등의 방법에 의해 사료조각을 작게 하면 채식량이 증가하는 것은 단위체적당의 증량증가, 미세한 사료조각은 2, 3위의 좁은 부분을 간단히 통과되기 때문에 사료의 소화관 통과속도가 빨라지는 것, 사료의 표면적이 증대되어 미생물에 의한 발효, 소화작용을 받기 쉽다고 하는 것 등의 요인에 의한 것으로 알려져 있다. 그러나 처음에는 채식량의 변화가 인정되나 시간이 경과함에 따라 일정수준으로 안정되게 된다. 이는 반추위의 부하는 작아져도 장 등의 하부소화기관의 부하가 커지기 때문에 그것이 제어인자가 되는 것이다.

한편 사료의 분쇄에 의해 채식량의 증가와 더불어 사료의 표면적 증대로 인한 급속한 발효가 일어나 단시간내의 유기산의 대



량생산으로 반추위내의 pH는 저하되기 쉽고 이를 완화해 줄 수 있는 타액의 분비도 저작수의 감소로 저하되는 것이 일반적이다. 타액의 분비속도는 사료의 물리적 성질(조강성, 즉 반추위벽의 자극성)이나 가축의 행동(채식, 반추, 휴식)에 의해 크게 영향을 받아 하루 분비량이 30-190ℓ의 변이성을 나타내고 있다.

통상 채식중에 타액분비량을 증대시킬 수 있는 사료는 휴식중이나 반추시에도 타액분비를 증대시키는 성질이 있어 타액의 분비량은 사료의 저작이나 반추시의 재저작에 요하는 시간과 깊은 관련이 있는 것으로

알려져 있다.

건초와 같은 조강한 사료라도 분쇄나 펠렛화, 헤이큐브 등 사료조각을 잘게 가공함으로써 채식후의 반추위내 발효는 급격히 일어나 다량의 휘발성 지방산이나 농후사료를 병급할 때는 유산도 생성되어 pH가 저하된다. 이러한 사료에서는 반추위내의 물리적 자극이나 반추시간이 감소함으로서 타액의 분비도 감소하여 반추위내의 pH를 정상으로 유지하는 것은 어려워진다. 그러나 절단정도의 세절로는 이러한 영향이 거의 일어나지 않는 것으로 알려져 있다. **만우양독**

(다음호에 계속)

〈표 2〉 사료 종류별 타액분비속도

사 료	타액분비속도(ml/h)
정 제 사 료	50
농 후 사 료	150
건 초	250

〈표 3〉 건초의 분쇄, 세절에 의한 채식 및 반추행동

행동형	미분쇄	조분쇄	9mm세절	30mm세절
입자도	2.21	3.08	4.63	5.24
채식시간(분)	178.0	147.3	143.3	173.3
반추시간(분)	322.0	420.5	510.5	514.3
반추식피수(회)	206.8	360.8	481.5	474.8
식과당반추시간(분)	1.56	1.17	1.06	1.08