

# 당밀혼합물이 반추위 미생물 단백질 합성량에 미치는 영향



글 | 김창현 교수(한경대학교 동물생명자원학과)

## 1. 비단백태 질소화합물(NPN)의 효율적 이용을 위한 탄수화물 공급원으로서 당밀의 이용

1949년에 Loosli 등은 면양과 염소에게 사료내 질소공급원으로 요소만을 공급하여 반추위내에서 반추위 미생물로부터 모든 필수아미노산이 합성됨을 발견하여 순수한 단백질이 아닌 비단백태 질소화합물(NPN)만으로도 미생물 단백질 합성의 가능성이 알려졌다.

반추동물의 질소공급원으로써 반추위 미생물들에 의한 NPN의 반추위내 분해물인 암모니아 이용성은 사료내 가용성 에너지의 양과 효과적으로 반추위내 미생물들이 에너지를 이용할 수 있는 능력에 달려있다.

반추위내에서 암모니아를 최대한 이용하여 미생물 단백질 합성을 최대화하기 위해서는 NPN으로부터 암모니아가 빨리 생성됨과 동시에 이용 가능한 탄소화물공급원으로부터 탄수화물이 빨리 분해

되는 것이 동시에 일어나야 한다.

설탕생산의 부산물인 당밀은 반추위내 급속한 용해성 때문에 요소, 뷰렛 및 기타 비단백태질소화합물 이용시 미생물 합성량을 증가시키기 위한 에너지 보충제 및 혼합제로써 널리 이용되고 있다.

육우에 단백질 함량이 3.5%인 저질 건초와 함께 당밀을 급여하였을 때 체중의 감소가 있었지만 당밀과 요소를 함께 급여시 체중은 변하지 않았다(Beames, 1959).

또한 면양에 연맥짚과 함께 당밀을 공급하여도 7주 동안 체중의 20%가 감소하였으나 당밀에 요소를 함께 급여하였더니 체중이 유지되었다. 요소 공급시 탄수화물 공급원을 옥수수와 당밀로 구분하여 급여하였을 때 거세우의 증체량과 사료효율에는 차이가 없었다(Kercher와 Paules, 1967).

이와 같은 연구들의 결과에서 당밀은 NPN과 함께 이용될 수 있는 주요 탄수화물 공급원임을 알 수 있다.

(공동연구자: 여준모(축산연), 정석근(축산연), 김현섭(축산연), 인병석(축산연), 신형태(성균관대))

## 2. 당밀발효부산물(Condensed molasses solubles, CMS)의 반추동물에 대한 효과

비단백태 질소화합물의 주요 공급원으로 요소가 널리 이용되고 있지만, 당밀의 발효 부산물을 NPN 공급원으로 이용하려는 많은 연구가 있어왔다.

당밀 발효 부산물이란 감미제인 monosodium glutamic acid(MSG), 라이신, 구연산 또는 에탄올의 생산과정에서 발생하는 부산물을 일컫는다.

당밀발효부산물(CMS)은 일반적으로 발효공정 및 원료의 종류에 따라 그 성분이 다양한데, 일반적으로 대부분의 MSG의 부산물은 조단백질(암모니아태 질소)과 미네랄 함량이 높다.

당밀발효부산물이 암모니아와 미네랄 함량이 높은 이유는 미생물 발효의 질소공급원으로 암모니아수가 배양액에 첨가되고 미생물의 발효에 필요한 적정 산도(pH)를 유지하기 위해 강산이 첨가되기 때문이다. 이와 같이 당밀발효부산물에는 반추동물의 NPN 공급원으로써 많은 암모니아를 함유하고 또한 요소가 공급할 수 없는 S, P 또는 K를 보충해 줄 수 있어서 반추동물의 반추위내 미생물 단백질 합성에 있어 주요한 영양소의 공급원이 될 수 있다

(〈그림 1〉 참조).

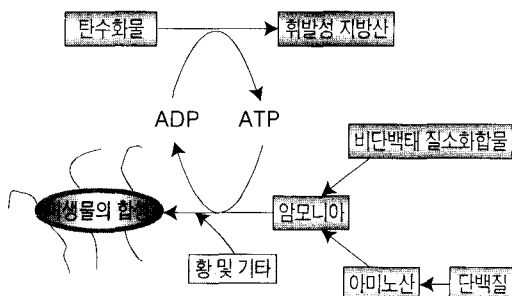
Karalazos와 Swan(1977)은 면양에 10~20%의 보리 대신 CMS를 급여하였을 때 건물, 유기물 및 총 에너지 소화율은 영향을 받지 않았고 반추위 미생물 단백질의 합성량도 증가되지 않았다고 하였다. 그러나 반추위내 암모니아 농도는 유의적으로 증가하여 CMS내 질소는 반추위 미생물이 이용할 수 없는 저질의 질소공급원일 수 있다고 하였다.

그러나 Chen 등(1981)은 옥수수과 대두박 농후 사료의 0, 10 및 20%를 CMS로 대체하여 면양에 급여시 오줌을 통한 질소배출량이 감소되었기 때문에 이용성이 좋았고 유기물 소화율은 변화가 없었지만, 조섬유와 조지방 소화율은 증가한다고 보고하였다. In vitro 배양시험에서도 미생물에 의한 건물소화율이 요소첨가보다 CMS 첨가시 더 증가하였다(Hannon과 Trenkle, 1990).

면양에 보리를 10% 또는 20% 대체하여 CMS를 급여한 경우 총 휘발성 지방산함량은 변화가 없었지만 butyric acid는 유의적으로 증가하였다. 또한 옥수수와 대두박 대신에 CMS를 급여하였을 때 10%와 15%의 CMS 급여시 면양의 반추위내 propionic acid의 농도가 감소하였지만 butyric acid의 농도는 사료내 CMS의 첨가량이 증가할수록 증가하였다. 당밀발효부산물을 옥수수나 citrus 펄프를 사료에 대하여 0%, 7%, 14% 또는 21%로 대체 급여한 경우 거세우의 증체량과 사료전환율은 변화가 없었다(Chen 등, 1981).

또한 육성 거세우에 대하여 옥수수-citrus 펄프-면실박을 포함한 사료에 ①10% CMS, ②5% citrus 펄프+5% 당밀, ③2.5% CMS + 7.5% 당밀 및 ④10% 당밀을 각각 급여하였을 때 일당증체

〈그림 1〉 반추위 미생물 단백질 합성



량과 사료전환율은 영향을 받지 않았다.

그러나 CMS공급시의 역효과도 보고 되고 있다.

2.5% 또는 5% CMS를 파쇄한 옥수수 사료에 첨가하여 소에 급여시 성장률과 사료섭취량이 요소를 급여한 것에 비하여 감소하였다(Hannon과 Trenkle, 1990). 위의 연구에서 당밀발효부산물은 높은 함량의 황 (0.46%와 0.64%)에 의해 사료섭취량이 영향을 받았던 것 같았다.

황이 사료의 건물내 0.3%이상 포함되면 사료섭취량이 감소한다.

옥수수와 대두박 사료에 CMS를 5% 이상 대체하였을때 일당증체량이 감소하였고 사료전환율이 효율적이지 못하였다.

암모니아 독성과 관련하여 Bokori 등(1992)은 조단백질을 79% 함유한 라이신 제조시 발생하는 당밀발효부산물을 1일 0.5리터에서 1리터씩 급여시 젖소와 비육거세우의 건강에 위해를 주지 않았지만 1.5리터를 1일 2회 급여시 4~7%까지 유생산량, 비육거세우의 증체량, 반추위 및 혈액의 pH를 감소시켰고 혈액내 암모니아의 농도를 증가시켰다.

### 3. 당밀혼합물이 반추위 발효 및 미생물 합성량에 미치는 영향

본 연구는 monosodium glutamate 생산을 위한 당밀발효부산물이 반추동물의 질소공급원으로서 반추위 발효와 반추위 미생물 단백질 합성에 미치는 효과를 조사하여 향후 사료내 적정 첨가수준을 결정하

기 위하여 수행하였다.

반추위 누관이 장착된 건유기 젖소를 이용하여 ①일일 3kg 압착 보리와 보리짚을 자유 급여(기초사료구), ②기초사료에 일일 200g 당밀과 물 300g 급여(당밀급여구), ③기초사료에 일일 200g 당밀, 200g 당밀발효부산물 그리고 물 100g 급여(당밀혼합물급여구) 2)해 각 처리에 대한 반추위내 발효특성과 미생물 생합성량을 측정하였다. 급여된 당밀의 조단백질 함량과 당의 함량은 각각 4.1%와 47.2%이었으며, 보리의 건물 및 조단백질 함량은 각각 91.0%와 12.4%이었다.

보리 짚의 건물, NDF 및 ADF 함량은 각각 86.6, 86.0 및 57.5%로 벧짚보다 더 조악한 저질의 섬유질원으로 이용가치가 낮은 조사료이었다.

당밀혼합물 급여구간 반추위 pH에 유의적인 차이가 있었지만 모든 처리에서 7.18 이상 높은 pH를 유지하였으며 하루 동안 pH의 변화가 아주 작았다.

이러한 것은 젖소에 급여된 저질조사료의 과잉 섭취로 인하여 많은 양의 타액이 생산되어 반추위내 완충작용으로 pH가 높은 수준을 유지하였다고 생각되었다.

Nolan과 Leng(1972)에 의하면 생산된 타액의

**<표 1> 당밀 및 당밀+당밀발효부산물 첨가급여에 의한 반추위내 발효특성과 반추위 미생물 합성량에 미치는 영향**

	기초사료	당밀급여구	당밀혼합물급여구	
			1	2
pH	7.18	7.29	7.36	7.27
총 휘발성 지방산 (mmol/L 반추위액)	73	76	77	75
암모니아태 질소 (mg/L 반추위액)	88	76	79	89
노내 총 질소배설량 (g/일)	37.9	36.7	45.1	47.4
반추위 미생물합성량 (%)	100	106	101	118

양이 사료의 물리적 구조에 의해 주로 영향 받을 수 있다는 것이다. 즉, 급여되는 사료에 조사료의 비율이 높을수록 타액의 생산은 증가된다는 것이다.

또 다른 효과는 사료섭취의 속도에 의한 영향인데 하루동안 안정된 속도로 소들이 사료를 섭취하여 반추위내 총 휘발성지방산의 함량변화가 크게 변하지 않아서 반추위내 산도가 크게 영향을 받지 않았기 때문이다. 당밀혼합물 처리간 질소의 섭취량은 대조구에 비하여 당밀혼합물 급여구가 더욱 높았지만 <표 1>에서처럼 반추위내 암모니아태 질소의 수준은 각 처리간 차이가 없었다.

이러한 것은 암모니아가 반추위 벽을 통해 빠른 속도로 흡수되었고 높은 속도로 요소가 간에서 합성되어 반추위내로 재이용되어 반추위내 암모니아 농도가 일정할 수 있도록 기여하였다.

요소는 반추위 미생물을 위한 질소원으로서 재활용되어지는데 혈장내 요소는 타액을 통해 그리고 단순히 반추위벽으로 확산을 통해 반추위내로 들어온다. 요소가 타액으로 다시 들어오는 정도는 혈액내 요소의 함량 및 생산된 타액의 양과 직접적인 관계가 있다. 이것은 소의 오줌내 총질소배출량에서 유추할 수 있는데 오줌내 총질소배출량은 기초사료 급여구나 당밀급여구에 비하여 당밀혼합물 급여구에서 더 높았다.

일반적으로 pH 7 이상일 경우 암모니아의 반추위내 흡수율은 이온화되지 않은 암모니아가 더 빨리 반추위벽을 통과하기 때문에 높아진다.

또한, 반추위 pH가 6.5 이하일 경우에는 반추위로부터 암모니아가 빨리 흡수되지 않는다.

본 연구에서 당밀혼합물로부터 공급된 암모니아가 지나치게 빨리 흡수되어 미생물이 제대로 사용

하지 못했음을 알 수 있었다.

반추동물의 오줌으로 배출되는 purine 유도체(알란토인, 요산, 크산틴과 하이포크산틴)는 미생물내의 purine 유도체들이 미생물이 소화되어 흡수됨으로써 흡수된 purine의 약 80%가 오줌으로 배설되어 오줌내 purine 유도체를 분석하게 되면 반추동물의 반추위에서 생합성된 반추위 미생물들의 합성량과 가축체내 흡수량을 간접적으로 분석할 수 있다.

본 연구에서는 미생물 단백질 생산량을 알란토인/크레아티닌의 비율로 측정한 결과 당밀혼합물 급여구중 200g의 당밀혼합물 급여시 미생물 단백질 생산이 증가함을 알 수 있었다.

비록 높은 수준의 당밀혼합물이 반추위 미생물 합성량을 증가시킨 것 같지만 당밀혼합물 급여에 의한 뚜렷한 결과는 얻지 못하였다. 그 이유는 예상했던 것보다 많은 양의 짚 섭취량에 의해 반추위 pH가 높아 너무 빨리 반추위벽을 통해 흡수되어 반추위내 미생물에 의한 암모니아의 이용이 적절한 환경이 아니었기 때문이며 부가적으로 각 처리별 공급된 사료내 질소공급량이 있어서 처리간에 차이점이 아주 작아 당밀혼합물을 통한 질소공급이 미생물 합성에 미치는 영향보다 체내에서 재활용된 요소의 효과가 더 크게 작용한 것 같다.

결론적으로 당밀발효부산물을 NPN 공급원으로 활용시 당밀과 함께 급여할 경우 일일 200g 첨가 급여시 반추위 미생물 단백질 합성량을 어느 정도는 증가시킬 수 있으나 그 효과를 더욱 증가시키기 위해서는 조악한 섬유질 사료보다는 양질의 조사료를 이용하고 당밀발효부산물의 양을 증가시켜 공급한다면 당밀혼합물에 대한 반추동물의 반응을 더욱 증가시킬 수 있을 것이다. 55