

고비유우군의 사양관리 (2)

미국사료 곡물협회

젖소는 반추동물이기 때문에 효과적인 사료급여 프로그램을 짜는데 어려움이 많다. 제1위(반추위)는 사람의 실수로 부적합하게 만들어진 사양프로그램의 문제를 완화시켜 주기도 하는 반면 정량적인 예측의 정확성을 기하는데 많은 어려움을 제공하기도 한다. 다시말해서 우리는 정확한 정보가 부족한 상황에서 영양의 요구량을 계산하거나 사료급여 프로그램을 짜고 있는 것이다. 따라서 영양소의 이용과 우유 생산반응을 논할때는 이러한 정보의 부족을 염두에 둘 필요가 있다.

IV 비유우의 영양소이용과 우유생산 반응

젖소의 사료급여 프로그램을 짤때에 고려해야 하는 주요사항은 1) 영양 요구량, 소화율 및 이용성, 2) 영양의 변동에 대한 우유 생산 반응, 그리고 3) 영양소 및 영양에 대한 우유 생산반응의 정량적인 예측 등 세가지다.

젖소는 반추동물이기 때문에 효과적인 사료급여 프로그램을 짜는데 어려움이 많다. 제1위

(반추위)는 사람의 실수로 부적합하게 만들어진 사양프로그램의 문제를 완화시켜 주기도 하는 반면 정량적인 예측의 정확성을 기하는데 많은 어려움을 제공하기도 한다. 다시말해서 우리는 정확한 정보가 부족한 상황에서 영양의 요구량을 계산하거나 사료급여 프로그램을 짜고 있는 것이다. 따라서 영양소의 이용과 우유 생산반응을 논할때는 이러한 정보의 부족을 염두에 둘 필요가 있다.

에너지

에너지에 대한 반응 : 에너지의 섭취량은 상당한 정도가 젖소의 에너지 요구량에 의해 조절되고 있다. 비유우에 대해 문제가 되는 것은 단기적으로 본 경우 이 에너지의 조정이 정확하게 이루어지지 않는다는 것이다. 다시 말해서 비유초기에는 우유생산에 필요한 에너지 요구량을 충족할만큼 충분한 양의 사료를 섭취할수 없는 것이다. 이러한 비유초기 단계에서 에너지 섭취량과 우유생산반응중 우리의 관심을 끄는 것은 첫째 에너지 섭취량이 요구량보다 많을때의 우유생산반응, 그리고 둘째는 비유초기에 있어서 산유량과 유기전체의 산유량과의 관계이다.

비유초기에 오는 우유생산 피크의 산유량은 젖소의 잠재 산유능력(유전능력)과 영양에 의해 결정되며 유기전체의 산유량을 결정하는 주요 원인이 된다. 많은 연구결과에 의하면 피크 유량이 1kg 증가할때마다 305일 전유기유량은 220-330kg 늘어난다고 한다. 표1에 최근 미국의 유우군 능력 향상을 위한 기록자료를 분석한 결과를 나타내고 있다. 피크산유량의 증가에 대한 총산유량 증가율은 어느 산차에서나 어떤 산유량 수준에서도 매우 일정하다. 평균적으로 피크에서 1kg 증가는 215kg의 총산유량 증가를 가져온다.

에너지 섭취량에 대한 산유량의 반응은 비유스테이지와 소의 유전능력에 영향을 받는다. 유전능력이 높고 비유초기일수록 에너지 섭취 증가에 대한 산유반응이 크다. 비유초기에 있어서는 일당 산유량이 15-30kg인 경우 에너지 1메가 칼로리를 증가함에 따라 0.3-0.6kg의 우유가 증산된다. 이는 건물기준 농후사료 섭취량이 1kg증가하면 그로인해 1.0-1.9kg의

〈표 1〉 비유절정기 산유량과 305일 총산유량과의 관계

비유절정기 산유량 (kg)	연 차(연령)		
	초 산	2 산	3산이상
	kg / 305일
15	3,750	3,508	3,448
25	6,050	5,628	5,556
35	8,068	7,636	7,591
45	-	9,920	9,988

우유가 더 생산된다는 것을 뜻한다. 에너지 추가섭취에 대한 산유량의 증가비율은 분만후 시일이 경과함에 따라 작아져 간다. 그동안의 연구결과에 의하면 비유기 전체를 통해 농후사료 1kg(건물)의 증급에 따라 4,000-5,000kg의 수준에서는 0.3kg인데 반해, 유량이 9,000-11,000kg 수준에서는 1kg으로 변동이 큰것을 나타내고 있다. 이는 비유기 전체를 통해 에너지의 공급이 중요하다는것 특히 그 효과가 큰 고능력우의 경우는 더욱 중요하다는 것을 강하게 시사하고 있다.

에너지의 공급과 사료급여 연구 : 고능력우에 대한 에너지공급은 우선 양질의 조사료에서 출발해야한다. 사양프로그램에서 에너지 섭취량을 늘리기 위한 전통적인 방법은 농후사료의 급여량을 늘리는 것이다. 많은 연구에서 나타나듯이 농후사료가 총건물섭취량의 50-60%일때 에너지 섭취량이 최대가 되는 것이다(조사료 총건물량의 40-50%를 차지한다.) 그러나 결정적으로 중요한 것은 섭취형태와 품질, PH 사료의 수분, 그리고 제1위의 발효에 영향을 주는 그외의 요인들이다. 일반적으로는 곡물섭취량이 총건물량의 60%를 넘으면 다시말해서 산세제 불용섬유(ADF)함량이 19% 이하이면 제1위가 소화장애가 생겨 에너지섭취량이

저하된다. 이 경우는 또한 섬유소의 소화율이 크게 떨어지고 에너지 섭취량이 낮아질 뿐 아니라 생산되는 우유의 지방함량도 떨어진다.

이러한 문제점을 극복하기 위해 사료에너지 농도를 높여 에너지 섭취량을 증가시키기 위해 착유우사료에 지방을 첨가하는 것에 대한 관심이 집중되고 있다. 젖소의 사료에 유지를 첨가하면 제1위의 미생물과 섬유소의 소화에 좋지 않은 영향을 미칠 우려가 있다. 불포화지방산으로 구성된 식물성유지를 급여하면 섬유소 소화가 저하되며 유지방이 낮아지는 문제가 발생한다. 그러나 식물성 유지라 해도 전립종자로서 급여하면 좋은 결과를 얻을 수 있다. 그 예로서 착유하지않은 목화씨(면실)을 하루에 두당 3-4kg 급여하거나 볶은 콩을 1.5-2.5kg 급여하면 매우 좋은 결과를 얻을 수 있다.

포화지방은 식물유지와 비교하면 비유우의 사료에 첨가해도 문제가 될 가능성이 아주 적다. 효과를 기대할 수 있는 수준은 아직 정확하게 연구되지 않았지만 동물유지는 두당 하루에 0.5-0.75kg 정도를 급여할 수 있다. 또 유지의 첨가수준이 높을 때는 칼슘의 급여수준을 높여야 한다. 이는 지방산의 칼슘염은 유지가 제1위내에서 유해한 작용을 할 가능성을 감소시키기 위해서다.

지방과 다른 영양소, 반추위내의 미생물, 소화기능과의 상호작용은 많은 요인이 관련돼 있다. 지방함량이 높은 사료라고 해서 에너지 섭취량이 반드시 높은 것만은 아니다. 이들의 상호작용에 대한 충분한 연구가 이루어지면 지방의 효과적인 이용방법이 알려지게 될 것이다.

단 백 질

단백질의 공급과 그 반응 : 비유초기에 있어서 단백질의 공급은 단기적으로나 장기적으로

로 우유생산에 있어서 결정적으로 중요하다. 사료섭취로 공급되는 단백질의 양과 우유생산에 필요한 단백질의 양과의 갭을 메꾸기 위한 체내 축적량이 어느정도가 되는가는 확실하지 않다. 그러나 앞에서 언급한 에너지 축적(지방)과 비교하면 확실히 적은 것을 알 수 있다.

1978년 NRC보고서에 의하면 젖소의 체중 1kg의 손실에 의해 우유 3-4kg 생산에 필요한 단백질을 공급할 수 있다고 한다. 비유초기에 하루 2kg의 체중이 감소되고 있는 젖소는 거기서 공급되는 단백질로 우유 6-8kg을 생산할 수 있다. 그러나 이 사실을 증명할만한 실증적인 자료는 아직 없다. 사실 단백질의 공급 증감에 대한 우유생산량 반응은 아주 민감하다. 이것은 단기적으로는 젖소의 체내에 축적되어 있는 단백질의 이용이 제한되어 있음을 뜻한다.

단백질공급이 충분한가 아닌가를 아는 방법은 수일동안 단백질을 추가로 공급하는 것이다. 만일 단백질공급이 부족해 있다면 4-7일 이내에 산유반응을 관찰할 수 있다.

사료중의 단백질 함량은 비유초기에 가장 높다. 그 주된 이유는 분만후 산유량의 증가는 건물섭취량의 증가에 달려있다. NRC가 권장하는 전체사료의 조단백질함량은 비유초기에는 건물기준 16%이고, 중기에는 14-15%, 비유후기에는 13%다. 그러나 실제로는 많은 낙농가가 이보다 높은 수준의 단백질이 들어있는 사료를 급여하는 경향이 있다. 그러면서 그것이 유익하다고 생각하고 있다.

연구결과에 의하면 비유초기에는 젖소는 사료건물중의 단백질함량을 18-28%로 늘릴 때까지 우유생산 증가반응을 보인다고 한다. 물론 산유량의 반응은 단백질함량 16%까지가 가장 크고 그 이상에서는 우유생산 증가율이 저하된

다. 농장에서 사료중의 단백질함량을 정밀하게 아는 것이 어려우므로, 조사료중의 단백질함량의 변동, 또는 단백질 증가에 유량이 반응한다는 사실을 고려할때 비유초기에는 농후사료와 조사료를 혼합한 사료의 단백질함량은 약간 높은 수준인 17%정도로 맞추는 것이 경제적이라 할수 있다.

젖소는 우유생산을 포함한 체유지기능을 위해 2개의 다른 단백질 공급원이 있는데 첫번째는 미생물 단백질이다. 이는 반추위 속의 사료가 발효하는 과정에서 사료속의 단백질이나 질소를 포함한 화합물은 분해되고 미생물이 분리된 단백질(질소)을 성장하는데 이용하고 그리고 미생물이 젖소에 의해 이용된다(반추위내에서 분해되는 단백질을 보통 "용해성 단백질"이라 부른다). 두번째 단백질은 사료속의 단백질로 반추위내에서는 분해되지 않는 것이고 통과해서 하부의 장기에서 소화된다.

비유초기의 단백질 요구량은 미생물 단백질 만으로는 충족될수 없다. 그러나 모든 사료단백이 반추위내에서 분해되지 않고 바이패스해 버리면 미생물의 성장은 중지되고 그에따라 정상적인 소화와 발효도 중지된다. 고능력우는 비유초기에 용해성단백과 통과단백의 균형이 매우 중요하다. 현재 젖소의 사료배합에서는 용해성 단백질 및 바이패스 단백질이란 개념을 응용하고 있다.

섬 유 소

섬유소 그 자체는 영향이 아니지만 비유우의 사료설계를 위해서는 결정적으로 중요하다. 사료중의 섬유소가 너무 적거나 바람직한 형태가 아니면 반추위의 기능에 나쁜 영향을 미쳐 에너지의 섭취량이 줄고 생산된 우유중의 지방함량이 낮아지는 원인이 된다. 반대로 사료속의

섬유소가 너무 많으면 사료섭취량과 사료속의 에너지 농도가 저하되기 때문에 산유량이 감소한다. 섬유소는 발효를 통해 휘발성 저급 지방산의 주된 공급원이 된다는 점에서 영양소의 하나이다. 섬유소의 물리적인 역할도 매우 중요하다. 한편으로는 섬유소는 젖소에게 만족감을 주는 작용을 하고 사료의 섭취량을 제한한다. 그러나 반추, 타액의 생산, 완충작용, 사료의 통과 그리고 제1위 운동등의 작용을 통해 제1위의 기능을 유지하는데 중요한 역할을 다한다. 그런 까닭에 사료설계에 있어서 섬유소 문제는 매우 복잡하다.

〈표 2〉 섬유소의 부분적인 구성성분

성 분	함 유 비 율		
	CF	ADF	NDF
	%
헤미셀룰로스	15-25	0	100
셀룰로스	50-80	100	100
리그닌	10-50	100	100

사료배합시의 주의사항 : 사료를 배합할때 사료중의 섬유소함량에 관한 정보는 다음과 같이 이용된다. 그 하나는 사료 특히 조사료의 에너지를 추정하는데 이용된다. 과거에는 조섬유함량이 조사료의 에너지를 나타내는 지표로 사용되어왔는데, 현재는 산세제불용물질(ADF)소화율과의 상관관계가 높기 때문에 따라서 에너지가와의 상관도 강하다는 이유로 ADF함량으로 바뀌고 있다. 다른 하나는 반추위의 기능을 유지하고 유지율의 저하를 방지하기 위한 사료를 배합하는 지표로서 이용되는 것이다. 이 분야에서도 현재는 ADF개념을 이용하고 있다. 일반적인 기준은 사료건물중의 섬유소함량은 조섬유기준 15-17%또는 ADF 기준 19-21%를 넘어야 한다. 조사료의 절단길

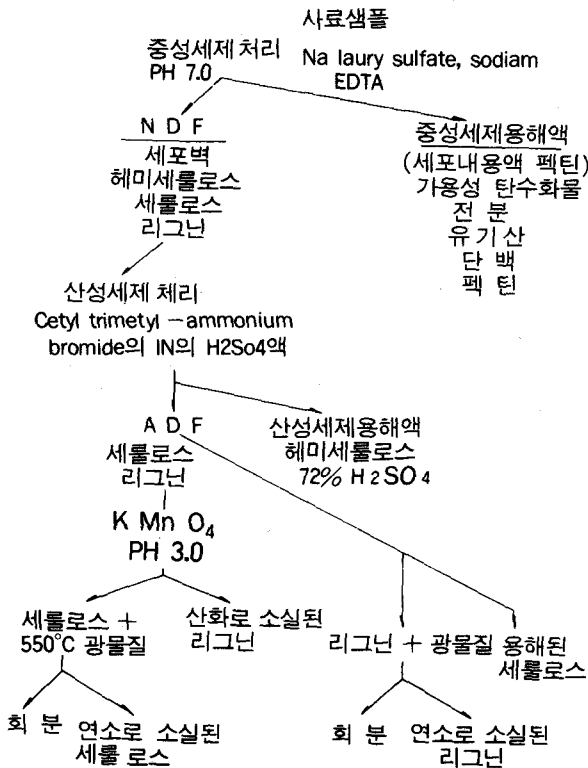
제 8 회 한미낙농경영 단기과정에서

이가 짧거나 수분함량이 높으면 섬유함량이 높아야 한다.

〈표 3〉 주요사료의 섬유소 함량

사료명	CF	ADF	NDE
	건물중 %
알팔파 건조, 조기예취	30	34	45
오차드그래스 건조, 조기예취	30	39	65
옥수수사일리지	22	29	43
옥수수	2	3	13
소맥	3	4	14
말분	8	10	37
대두박-C P44%	7	10	16
대두	40	50	68

〈그림 1〉 사료중의 섬유소의 부분적 구성 (Van Soest 법)

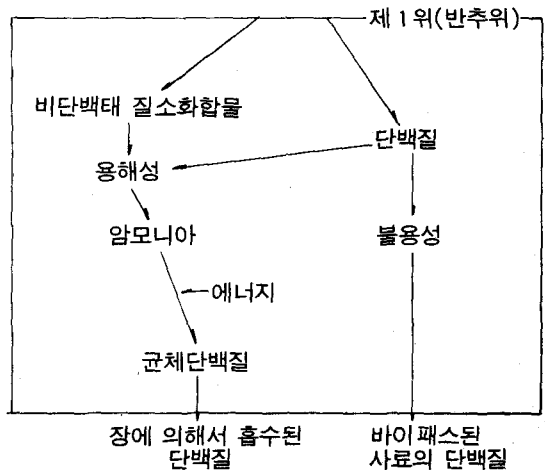


V 단백질의 바이패스에 대한개념

오래전부터 조단백질은 젖소의 단백질 요구량을 계산하거나 사양프로그램을 짜기위한 자료로 사용되어 왔다. 통상 단백질에는 16%의 질소가 함유되어 있기때문에 질소함량*6.25=조단백질함량이 된다. 최근 단백질의 용해성 (또는 반추위내에서 분해되지 않는 통과되는 단백질의 양)을 기초로 한 사료배합 및 급여계획에 대해 산업계에서는 상당한 관심을 갖고있다.

비유중의 젖소는 정상의 반추위 기능과 최적의 우유생산을 위해 반추위 내에서 분해되는 단백질과 분해되지 않는 단백질 모두를 필요로 하는것을 알 수 있다. 반추위내 미생물은 자신들의 발육과 반추위내에서의 효율적인 발효를 위한 질소필요량의 약75%는 암모니아의 형태로 요구한다. 그런데 최적의 우유생산을 위해 비유우는 박테리아의 발육에 필요한 양보다 더 많은 양의 단백질을 필요로 한다.

〈그림 1〉 사료중 요소성분



만일 박테리아가 암모니아를 비단백태 질소 화합물(NPN)에서 얻을 수 없다면 박테리아는 단백질을 분해해서 암모니아를 얻는다. 젖소에게 단백질을 직접 이용할 수 있도록 하려면 사료중의 단백질이 반추위에서 분해되지 않고 통과되게 해야 한다는 개념이 성립된다. 이 개념은 불용성의 단백질은 반추위내에서 분해될 수 없을 것이고 또 용해성의 단백질과 비단백태 질소화합물은 젖소에게 있어 영양가치가 제한된 것이라는 것을 가정으로 하고 있다.

〈표 1〉 질소의 재순환

1. 혈액과 타액을 통한 재순환이 이루어진다.
2. 반추위내의 질소 요구량의 5-10%가 재순환에 의하여 공급된다.

〈표 2〉 주요사료의 NPN과 단백질의 용해성

사료명	조단백질에 대한 비율	
	NPN	용해성
 %
곡 류	5-15	5-70
두과 건초	10-15	30-40
화분과 건초	20-30	25-35
목 초(생초)	20-30	40-60
옥수수 사일리지	20-30	40-60
목초 사일리지	30-70	50-70

반추위내의 암모니아는 혈액중에 흡수되어 간장에서 변화된다. 이 혈액중의 질소는 반추 위 벽에서 흡수되든가 또는 사료섭취나 반추중에 반추위 속에서 계속해서 타액으로 흡수된다. 이는 반추위내 미생물이 필요로 하는 암모니아의 일부를 충족시키기 위한 도움이 된다. 이러한 리싸이클에 의한 양은 젖소에게 급여하고 있는 사료로 단백질이 제공되고 있다면 리싸이클의 양이 한층 많아지는 바 반추위 미생물이 필요로 하는 양의 5-10%를 충족시키게

될 것이다. 그런데 박테리아의 암모니아 요구량의 나머지 90-95%는 NPN이나 용해성 단백질에서 공급된다. 이것들은 일반적인 사료에서 반드시 공급되어야 한다.

조사료는 NPN의 주된 공급원이고 생초나 사일리지의 NPN 함량도 높다. 모든 사료는 NPN을 다소 포함하고 있다. 조단백질의 용해성은 같은 패턴을 가지지만 경우에 따라서는 평균치에서 크게 벗어난다는 사실을 잊어서는 안된다. 특히 이러한 현상은 곡류사료에서 많이 나타난다. 미국농무성(USDA)의 연구에서는 15종류의 사료에 대해 단백질의 분해성을 각각 다른 4가지 방법으로 측정했다. 그 결과는 표3과 같다.

〈표 3〉 단백질의 용해성

	측 정 방 법			
	A	B	C	D
%.....			
소맥분	55	42	35	46
대두박	42	52	24	23
면실박	32	29	10	15

각종 사료의 분석치 및 단백질의 용해성의 순위는 각 측정방법에 따라 일치하고 있지 않다는 것을 확실히 알 수 있다. 예를 들면 측정법 C와 D는 측정법 A와 B에 비교해서 면실유와 대두박의 용해성에서 낮은 수치를 나타내고 있다. 그런데 측정법 C와 D로 분석한 소맥분의 수치는 측정법 B의 수치보다 높고 측정법 A의 수치에 가깝다. 이제까지의 연구에 의하면 용해성이 높은 단백질은 반추위 내에서 급속하게 분해되어 버리고 전혀 통과되지 않는다고 단정할 수 없다. 용해성과 불용성의 단백질의 부분은 수종류의 사료에서 분석되어 있다. 그래서 반추위내 미생물의 효소로 단백질이 분해

제 8 회 한미낙농경영 단기과정에서

되는 속도의 측정도 이루어지고 있다(표4).

〈표 4〉 단백질의 용해성 및 분해속도

	단백질의 용해성 (%)	단백질의 분해속도(%)	
		용해성	불용성
대두박	25-50	100	93
어 박	5-10	236	43

대두박은 용해성 단백질의 함량이 높지만 불용성 단백질과 용해성 단백질 부분의 분해속도는 거의 마찬가지이다. 어분은 용해성 단백질의 함량은 적지만, 대두박의 용해성 단백질의 분해와 비교하면 어분의 용해성 단백질은 매우 급속하게 분해된다.

단백질의 바이패스 양은 반추위에서 나온 단백질의 종류와 양을 측정하기 위해 제4위를 통과한 소장에서 측정할 수 있다. 이 같은 연구는 매우 어렵고 또 비용이 들기 때문에 비유우를 이용해서 거의 하지 않지만 젖소 이외의 반추동물로 한 시험이나 2-3두의 젖소를 이용한 시험은 단백질이 반추위를 어느 만큼 통과하는가를 측정하기 위한 주요 요인을 설명하고 있다.

반추위내에서 어느 만큼의 단백질이 분해되는가를 측정하는데 있어서 주요한 요인중의 하나는 단순히 그 사료가 반추위내에 어느 정도로 오래 머무는가이다. 반추위내의 체류시간이 짧으면 분해되는 단백질의 양은 적어질 것이다.

〈표 5〉 반추위의 유출속도

	사료의 섭취수준/체중	
	1%	3%
%/시간.....	
대 두 박	4.3	6.2
면 실 박	3.4	4.9
임 자 박	4.3	5.8

스웨덴의 연구에서는 3종류의 사료의 한시간 당 반추위에서 유출하는 속도를 체중의 1%와 3%의 사료섭취 수준으로 급여한 젖소를 이용해 측정했다(표5).

젖소가 사료를 많이 섭취하면 반추위에서 사료가 유출되는 속도가 빨라지는 것은 확실하다. 체중의 3%의 사료를 섭취한 경우는 체중 당 1%를 섭취할 때와 비교해서 유출속도가 50%까지 빨라졌다. 당연한 것으로 이같은 섭취량을 올리는것은 단백질의 분해를 적게 한다고 생각할 수 있을 것이다. 이러한 사실은 사료섭취량을 달리한 비유우를 대상으로 단백질의 바이패스를 소장에서 측정한 연구에서도 나타나고 있다(표6).

〈표 6〉 사료섭취 수준과 단백질의 바이패스량

	사료의 섭취수준/체중	
	1%	2.8%
단백질의 바이패스량(%)	29	45

체중당 1%의 섭취량의 증가(1.8-2.8%)는 급여사료전체의 단백질 바이패스량을 50%까지 증가 시켰다. 사료의 섭취량이 한층 높은 수준에서는 단백질의 반추위 통과량은 반추위에서의 사료유출 속도가 빨라지기 때문에 더욱 커질 것이라 생각 될 수도 있을 것이다. 그런데 조사료의 급여비율은 곡류사료중의 단백질의 분해율차이에 따른 우유생산 반응에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구가 영국에서 착수되었다 (표7).

〈표 7〉 단백질의 분해율과 산유량

조사료 : 곡류	단백질의 분해율(%)	1일 착유량(kg)
50 : 50	높 다	27.8
	낮 다	27.4
70 : 30	높 다	22.3
	낮 다	23.9



곡류의 급여비율이 높아지면 단백질의 분해 비율이 낮은 사료를 급여해도 좋다. 한편 조 사료의 비율이 높은 사료는 반추위의 유출 속도를 늦게 할지도 모른다. 이에 따라 곡류사료의 단백질 분해율의 차이에 의한 효과가 뚜렷하게 나타났다. 그런데 저자는 체중과 에너지 섭취량을 측정해보면 체중 손실과 에너지의 부족상태는 조 사료의 급여비율이 높은 우군 안에서 단백질의 분해율이 낮은 경우가 더욱더 체중의 감소가 컸다.

이상에서 통과 단백질의 실제적인 효과에 대해 살펴보았는데 부정적인 요소도 없지 않다. 그중 하나는 양질의 단백질이 반추위 내에서 분해되기 쉽다는 것이다 (표8).

〈표 8〉 아미노산의 반추위내 분해

	반추위내에서의 분해(%)
필수 아미노산	51
비필수 아미노산	38

사료섭취량은 양 시험구에서 같았지만 반추위 내에서 분해되지 않고 통과되는 단백질의 양을 높이기 위해 포름알데히드를 처리한 대두박을 급여한 시험구의 유량의 증가는 나타나지 않았다. 포름알데히드 처리는 우유의 단백질의

함량이 낮은 것에서도 나타나고 있듯이 단백질의 이용률을 감소시켰다. 반추위내의 분해에 대한 저항력을 높여서 장에서 흡수되도록 화학적 또는 가열처리라든지 혹은 자연상태에서 저항력 높은 사료원료를 사용하여 바이패스 단백질함량을 높이면 반추위내의 질소량이 제한된다는 사실이 증명되고 있다 (표9).

〈표 9〉 포름알데히드 처리효과

	대조구	포름알데히드 처리구
1일 착유량(kg)	26.9	26.7
우유단백질(%)	3.49	3.26

이는 요소같은 NPN을 첨가하는 것에 의해 막을 수 있다. 그런데 단백질이나 건물 또는 에너지 소화율을 퓨리나사의 소화시험에 얻어진 것처럼 낮아지는 경우가 있다 (표10).

〈표 10〉 바이패스 단백질첨가시 소화율 및 산유량

	대조구	바이패스구
소화율(%)		
건물	65.4	63.6
단백질	64.9	59.7
유량/일(kg)	31.1	30.1
우유 단백질(%)	3.0	2.8