

우유 단백질 함량 향상을 위한 영양관리

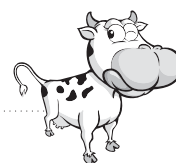


농학박사 최병렬
미래자원ML(주)
신소재개발연구소장

최근 웰빙(well-being)에 대한 소비자들의 관심이 높아지면서 지방 함량이 높은 우유제품을 기피하는 현상이 늘고 있는 추세이다. 또한 유제품의 고부가가치화를 이루기 위하여 치즈 생산에 많은 관심과 노력을 기울이고 있는 농가들이 늘어나고 있다. 이러한 추세에 따라 유단백율을 높이는 사양관리 방식에 대한 관심이 증가하고 있다. 오랜 기간 동안 유지되어 온 유량과 유지방 증대 위주의 사양관리 체계를 유단백율을 고려하는 사양관리 체계로 전환한다는 것은 사양관리 체계의 적지 않은 변화를 의미한다. 본 고에서는 유단백율을 개선하는데 필요한 사양관리 체계의 핵심들을 정리하여 보고자 한다.

1. 우유 단백질

우유 내 조단백질 중 순단백질(true protein)은 약 95%정도를 차지하고 있는데 그 종류는 주로 케이신(casein), 락탈부민(lactalbumin), 락토글로부린(lactoglobulin)으로 구성되어 있다. 이 중 케이신은 유단백질 중 약 76 ~ 80%를 차지하고 있다. 요소와 같은 비단백태 질소화합물(NPN)은 우유 단백질의 약 4 ~ 8% 정도를 차지한다. 일반적으로 유단백질 함량은 3.1 ~ 3.3% 수준이다. 우유 단백질은 주로 소장에서 흡수되는 아미노산들을 이용하여 유선에서 합성이 되고 알부민이나 면역 글로부린의 일부는 혈액에서 직접 전이되기도 한다. 소장에서 흡수되는 아미노산들이 유단백질로 합성될 때 반드시 포도당이 이용된다.



2. 영양적 요인들

영양 수준에 의한 유단백을 변화는 유지율 변화보다 덜하다. 영양 수준에 의하여 유단백율이 변하는 범위는 0.1 ~ 0.2% 수준에 불과하고 유전적인 용인이 더 크다고 볼 수 있다. 영양적 요인들에 의하여 유단백율이 변하는 양상을 다음과 같이 요약 정리하여 보았다.

1)비섬유질성 탄수화물(NFC) 섭취량 : 유단백율은 젖소의 건물 섭취량에 의하여 가장 큰 영향을 받는다. 특히 반추위 내에서 발효가 잘되는 탄수화물을 안전하게, 많이 급여하는 것이 중요하다. 탄수화물들은 반추위 내 미생물들이 체단백질을 합성하는데 에너지로 이용되며 반추위 내에서 탄수화물 발효에 의하여 다량 생성되는 프로피온산은 포도당으로 합성되어 유단백질 합성에 이용된다. 미생물 체단백질은 소장에서 흡수되어 유선조직에서 유단백질 합성에 이용된다. 그리고 탄수화물의 종류 또한 중요하다 할 수 있다. 반추위 내에서 빠르게 발효되는 당밀, 유청과 같은 탄수화물을 급여할 경우 유단백율을 증가시킬 수 있다는 보고가 있다. 에너지 함량이 낮은(발효 탄수화물이 낮은) 사료는 유단백율을 약 0.1 ~ 0.3%까지 저하시킨다. 표 1에서 보는 바와 같이 섬유질(ADF) 함량이 낮고 전분과 같은 비섬유질성 탄수화물(NFC) 함량이 높은 사료 급여 시 유단백율이 증가하는 것을 볼 수 있다.

표1. 사료 내 전분 함량에 의한 유성분 변화

항목	전분 65%, ADF 17%	전분 53%, ADF 25%
유량, kg/일	27.3	23.7
유지율, %	3.36	3.69
유단백율, %	3.22	3.11

Ireland-Perry 등, 미국낙농학회지 76:1074, 1993.

옥수수 후레이크 급여 시 유단백율이 증가하는 이유는 반추위 내 발효속도가 일반 옥수수에 비하여 빠르고 그로 인하여 단백질 합성에 필요한 포도당 공급 능력이 배가되기 때문이다. 표 2을 보면 옥수수를 여러 가지 형태로 가공하였을 때 유성분 및 유량의 변화가 나타나는 것을 볼 수 있다. 옥수수를 거칠게 분쇄 하였을 때 보다 미세 분쇄 및 후레이크 가공을 하였을 때 유단백율이 유의적으로 증가하였고 급여 빈도 수를 1회보다는 4회로 늘려 급여하였을 때 유단백율 및 무지고형분(SNF) 함량이 증가하였다.

표 2. 옥수수 가공 형태 및 급여 빈도 수에 따른 유성분 변화

항목	거친 분쇄 옥수수, 1회	미쇄 분쇄 옥수수, 1회	옥수수 후레이크, 1회	미쇄 분쇄 옥수수, 4회	옥수수 후레이크, 4회
유량, kg/일	36.6	38.0	38.1	37.1	38.6
유단백율, %	3.09	3.15	3.19	3.15	3.24
유지율, %	3.34	3.17	2.89	3.21	3.02
무지고형분, %	8.70	8.80	8.82	8.81	8.90

Dhiman 등, 미국낙농학회지 85: 217, 2002.

이처럼 NFC 급여량을 증가시킬 경우 반추위 내에서 프로피온산이 다량 생성되어 유단백율이 증가하는 것을 주목할 필요가 있다. 표 3을 보면 각 영양소 별로 유량 및 유조성에 미치는 영향을 비교해 볼 수 있다.

표 3. 추가 급여 영양소 별 유조성에 미치는 영향

(미첨가 대비변화 폭, %)

영양소	유량, kg/일	유지율	유단백율	유당율
아세트산	+8.3 1.8	+8.9 1.9	-1.2 0.8	+2.1 0.8
프로피온산	-1.6 2.6	-8.3 1.2	+6.5 1.3	+0.8 0.4
뷰티릭산	-4.9 3.1	+14.2 4.0	+2.2 0.8	+2.2 2.2
아미노산	+7.2 1.2	-2.5 1.4	+5.9 0.8	+0.5 0.5

Thomas 등, 1988. Nutrition and Lactation in Dairy Cows. pp97~118.

유단백율을 개선하는데 있어서 프로피온산이 아미노산보다 더 높은 영향을 미치고 있음을 볼 때 NFC의 적절한 공급량이 무엇보다도 중요함을 알 수가 있다. 그러나 유단백율을 높이기 위하여 극단적으로 NFC 함량을 높일 경우 반추위 과산증(rumen acidosis)을 초래할 수 있으므로 주의가 필요하다. 현재까지 여러 연구 보고를 정리해 보면 사료 총 건물 중 적정 NFC 함량은 35 ~ 40% 수준으로 나타나고 있다. 사료 총 건물 함량 중 NFC가 45% 이상이 될 경우 반추위 과산증 발생 위험이 매우 높아지므로 주의해야 할 것이다.

2) 지방 급여: 지방은 젖소에게는 에너지를 공급하지만 반추위 미생물들은 지방을 에너지로 이용할 수가 없다. 많은 연구 결과를 토대로 하여 볼 때 총 사료 건물 내 지방 함량이 5% 이상으로 급여를 하면 유단백율이 약 0.1 ~ 0.3% 정도가 저하되는 것으로 나타났다. 표 4에서 보는 바와 같



이 지방을 증량하여 급여 할 경우 유단백율이 감소하는 경향을 보이고 있다. 한 연구 결과에 의하면 사료 내 지방 함량이 2.1%인 표준 사료에 100g 씩 지방을 증량하여 급여할 경우 유단백율이 각각 0.03% 씩 감소한다고 보고하고 있다(Palmquist, 1984). 이처럼 지방을 급여하였을 때 유단백율이 감소하는 현상에 대해서 여러 가지 이론들이 제시되고 있으나 눈 여겨 볼 점은 지방을 다량 급여함으로써 상대적으로 전분으로 구성되는 NFC 급여량이 줄어들어 반추위 내에서의 프로피온산 공급 능력을 저하시키는 것도 유단백율 감소에 영향을 미칠 것으로 예상된다. 실제로 많은 농가에서 사료 배합비를 작성할 때 에너지를 극단적으로 지방을 이용하여 맞추는 경우가 있는데 이 경우 NFC 함량이 크게 줄어드는 경향을 보이고 있으므로 주의를 기울일 필요가 있다. 이러한 배합비는 극단적으로 유지율 만을 높이면서 유량이나 유단백율을 상대적으로 낮추는 결과들을 초래할 것으로 예상된다. 일반적으로 젖소의 총 건물 기준으로 지방 함량이 6% 이상을 초과할 경우 건물 섭취량이 감소하는 경우가 많으므로 지나친 지방 급여는 피하는 것이 유단백율 개선에 도움을 줄 것으로 사료 된다. 특히 불포화지방산 함량이 높은 천연 지방사료들(전지면실, 우지 및 전지대두)을 통한 지방 급여량이 총 지방 급여량의 2/3이상 상회할 경우 반추위 내 미생물들의 활성을 억제하거나 사료 발효를 억제하여 미생물 체단백질의 합성이 줄어들어 우유단백질 합성에 미생물체단백질 공급량 감소로 인한 유단백율 감소도 예견된다. 그리고 지방을 급여할 경우 유량이 전반적으로 증가하므로 이에 따른 유단백율 희석효과가 나타나는 면이 없지 않다. 지방 급여로 인하여 유단백율은 저하되지만 유량 증가로 인하여 실제 우유 단백질 생산량은 증가하는 것으로 대부분의 연구 결과가 보고되고 있다(Palmquist, 1984).

표 4. 지방 급여에 의한 유량 및 우유 조성분 변화

항목	칼슘염 보호지방 사료내 함량 %			
	0	3	6	9
건물섭취량, kg/일	23.9	21.7	20.3	19.8
유량, kg/일	31.9	32.2	32.5	29.9
유지율, %	3.27	3.15	3.34	3.41
유단백율, %	3.12	2.97	2.96	2.99

최와 팜퀴스트, 미국영양학회지 126:2913, 1996.

3) 사료 내 단백질 함량: 조단백질 함량이 낮은 사료 급여 시 유단백율은 저하된다. 그렇다고

조단백질을 다량으로 급여한다 해서 유단백율이 반드시 증가되는 것은 아니다. 여러 연구 결과에 의하면 사료 내 조단백질 함량 중 반추위 분해 단백질(RDP) 및 비분해단백질(RUP)의 비율을 60~65 : 35~40% 수준으로 조정하여 급여하였을 때 유량 및 유단백율이 개선되었다고 한다. 최근 NRC(2001)에 의하면 유단백율은 비분해단백질 함량이 증가할수록 증가한다고 보고하였다. 그러나 최근 소장으로 공급되는 제한 아미노산들의 중요성이 강조되고 있다. 특히 라이신과 메치오닌을 급여하였을 때 유량과 유단백율이 증가하는 것으로 나타났다. NRC(2001)에 따르면 가소화 대사 단백질 중 라이신 및 메치오닌 함량이 각각 7.2 및 2.4%이었을 때 최대의 유단백율을 얻을 수 있을 것으로 예측하고 있다. 표 5에서 보는 바와 같이 보호 라이신과 메치오닌을 급여한 젖소들에게서 유량 및 유단백율이 유의적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서 이들 두 제한 아미노산들의 급여량을 적절하게 유지시켜 주는 것이 유단백율 개선에 도움이 될 것으로 사료된다.

표 5. 제한아미노산 보충 급여에 의한 유량 및 유조성 변화

항목	무첨가구	라이신 28g/일 메치오닌 8g/일	라이신 40g/일 메치오닌 13g/일
유량, kg/일	33.8	37.5	39.0
유지율, %	3.66	3.98	3.96
유단백율, %	3.06	3.06	3.29

Xu 등, 미국낙농학회지 81:1062, 1998.

이들 두 제한 아미노산들은 반추위 미생물 체단백질 중에 풍부하게 존재치않아 젖소가 필요로 하는 요구량을 못 맞추어 주는 경우가 많다. 이런 부족분을 라이신과 메치오닌이 풍부한 단백질들을 열처리나 화학적 처리 방법을 통하여 보호단백질로 전환하여 급여하거나 보호 라이신-메치오닌을 첨가하여 급여할 경우 유단백율을 높일 수 있는 방안 중 하나라고 볼 수 있다.

4) 조사료 : 조사료를 짧게 절단하거나 조사료 펠렛을 급여할 경우 장초 급여 시 보다 유단백율이 단기적으로 개선되는 것으로 나타났다. 이렇듯 짧은 조사료나 조사료 펠렛을 급여할 때 유단백율이 개선되는 것은 반추위 내에서 이들 조사료들의 발효 속도가 입자도가 긴 장초에 비하여 빠르기 때문에 상대적으로 프로피온산 생성 비율이 증가하는 것 때문으로 풀이된다. 그러나 문제는 되



새김질의 감소로 인하여 반추위 과산증에 의한 사료 섭취량의 점진적인 감소와 유량 감소, 연변과 유지율 저하가 초래된다는 점이다. 따라서 조사료의 길이는 되도록 3 ~ 5 Cm 정도를 유지하는 것이 바람직하다 하겠다. 반면 조사료 급여량이 지나치게 높을 경우 반추위 만복(rumen fill) 기작으로 인하여 건물 섭취량, 특히 발효성 탄수화물의 섭취량이 제한을 받아 미생물 체 단백질 합성에 필요한 에너지 공급이 부족을 겪게 되어 유단백율이 저하될 수 있다.

3. 유단백율에 영향을 주는 인자들

영양적인 요인 이외에도 유단백율에 영향을 주는 인자들이 있는데 다음과 같이 정리를 하여 보았다.

- 1) 품종: 홀스타인은 평균 3.2%, 저지는 3.75%의 평균 유단백율을 나타내고 있다.
- 2) 유전: 유단백율은 유전력이 약 0.5 정도로서 개량을 통하여 고단백 우유 생산 젖소를 확보할 수가 있을 것이다.
- 3) 나이: 산차가 증가할수록 유단백율이 저하되는 경향이 있다.
- 4) 비유기: 분만 직후에 유단백율이 높고 비유초기부터 최성기에 낮아지는 경향이 있는데 이는 증가하는 유량과 관계가 있다. 비유 중기부터 다시 유단백율이 증가한다.
- 5) 계절: 유단백율은 일반적으로 건물 섭취량이 높은 가을과 겨울철에 높은 것으로 나타난다.
- 6) 유방염: 유방염으로 인한 유단백율 저하 현상은 자주 발생한다.

표 6. 정상 우유와 유방염 우유의 조성 변화

항목	정상 우유	유방염 우유
유지방율, %	3.4	3.2
유단백율, %	3.2	2.8
무지고형분(SNF), %	8.5	7.0

4. 권장 사양관리법

- 1) 유단백율이 높은 개체로의 종축 개량이 필요하다.
- 2) 유방염 발생을 예방하여야 한다.
- 3) 소화율이 높은 양질의 조사료 급여가 필수적이다.

- 4) 조섬유 최소 요구량을 충족시켜 주면서 발효 탄수화물 급여량 증량한다. 총 사료 건물 중 NDF는 약 27 ~ 30% 정도를 유지하고 NDF 중 75%는 조사료를 통하여 공급되도록 한다. 물론 조사료 입자도는 3 ~ 5 Cm 정도가 되어야 반추위 과산증을 피할 수 있다.
- 5) 총 사료 건물 내 비구조성 탄수화물(NFC)의 함량이 35 ~ 44% 정도가 되도록 하여 반추위 내 미생물체 단백질 합성에 충분한 에너지 공급이 이루어지도록 한다. 단 NFC 함량이 45% 이상이 될 경우 반추위 과산증이 우려되므로 주의할 필요가 있다.
- 6) 비유 초기 사료 내 총 단백질 함량은 17 ~ 18% 수준으로 하고 이 중 분해 단백질(RDP)은 60 ~ 65%, 비분해 단백질(RUP)은 35 ~ 40% 수준으로 조정해 준다. 보호 라이신과 메치오닌의 사용도 검토한다.
- 7) 과도한 지방 급여는 피한다. 총 사료 건물 내 지방 함량은 6% 이내에서 급여하는 것이 바람직하다.
- 8) 건물 섭취량을 최대화 할 수 있는 사양관리 방식을 적용한다. 건물 섭취량이 증가하면 반추위 미생물들이 이용할 수 있는 에너지와 단백질 함량이 높아져 미생물 체 단백질 합성량이 증가되어 유단백을 증가시킬 수 있을 것이다.
- 9) 반추위 미생물들의 활성과 단백질 합성 능력을 최대한 효율화하기 위해서는 안정적인 반추위 환경 조성이 가장 중요하다. 따라서 반추위 미생물들에게 안전한 환경을 제공하기 위해서는 반추위 pH와 발효환경을 안정화 시키는 것이 가장 중요하다. 이를 위하여 효모제와 같은 사료 첨가제를 적절하게 활용하는 것이 바람직하다.

지금까지의 연구 결과들을 종합하여 보면 사양관리 변경을 통하여 유단백을 획기적으로 개선하기는 어렵다. 그러나 기존에 낮은 유단백을 보이는 목장이라면 지금까지 정리한 내용들을 토대로 사양관리를 한다면 정상적인 유단백 3.2 ~ 3.3% 정도까지 증가시킬 수 있을 것으로 사료된다.