

유지방율과 유단백율 증감이 사료비에 미치는 영향: 시뮬레이션 모델을 이용한 접근

이세영¹·배귀석²·박종수¹·서성원^{1*}

Effect of Changes in Targeted Milk Fat and Protein Contents on Feed Cost: a Simulation Modeling Approach

Se-Young Lee¹·Gui-Seck Bae²·Jong-Soo Park¹·Seongwon Seo^{1*}

ABSTRACT

This study was conducted to investigate effect of changes in target fat and protein contents in milk on feed cost using a simulation modeling approach based on the 2001 dairy NRC. Two simulations were done: simulation I had a limitation (up to 20%), but simulation II had no limitation for the use of cottonseed hull in a diet. Using commonly used feed ingredients in Korea, we formulated least cost diets that meet nutrient requirement of a lactating dairy cow producing 36 kg of milk with combinations of 0.1% decrease or 0.1% increase in target milk fat or protein, respectively, from the national average milk fat (4.0%) and milk protein (3.1%). The contents of alfalfa and corn in a least-cost diet were decreased and those of tall fescue, whole cottonseed and rapeseed meal were increased with decreasing fat and/or increasing protein in milk. Scenarios that decreased target milk fat percentage from 4.0% to 3.9% reduced feed cost by 2 won per kg. Due to decrease in feed intake, daily feed cost was even more reduced (136 won per head) by decreasing target milk fat percentage. Increase in target milk protein percentage from 3.1% to 3.2% reduced feed cost by 6 won per kg. Among scenarios simulated, the least feed cost was obtained in scenario aimed for 3.9% fat and 3.2% of protein in milk. We conclude that a feeding practice for increasing milk protein percentage does not directly increase feed cost. In addition, feeding practices that increase protein content in milk is expected to improve economic life-span and reproductive performance of dairy cows.

Key words: milk fat, milk protein, feed cost, simulation modeling

1. 서론

국내 낙농산업은 급속도로 발전하여, 2008년 기준 두당 평균 산유량이 8,567 리터이고(농림수산식품부, 2009) 전체 농가의 약 54%를 차지하는 검정농가의 305일 두당 산유량은 9,598 리터로(농협중앙회, 2009) 10,000 리터에 육박하고 있다. 하지만, 생산비 중 사료비가 차지하는 비중이 55%에 이르고(통계청, 2009), 그 중 많은 부분을 수입 사료자원에 의존하기 때문에 국제 곡류가와 원달러 환율의 상승으로 많은 어려움을 겪고 있으며, 따라서 생산 효율을 극대화할 수 있는 사양관리가 절실한 실정이다.

현재 우리나라의 원유에 대한 농가수취가격의 단가는 원유의 생산비를 고려하여 결정된 기본가격과 유지방가격 그리고 세균수와 체세포수에 따른 위생등급별 가격의 합으로

구성되고 있다. 이 같은 원유의 유지방함량 및 위생등급에 따른 가격차별화 정책은 그간 국내산 원유의 유지방 함량과 위생수준을 개선하는 데 크게 기여해 왔다. 검정농가를 기준으로 지난 약 20년간 유지방율은 1990년의 3.64%에서 3.79%로 4.1%가량 증가하였으며(농협중앙회, 2009), 세균수 1등급(10만/ml 미만)이 전체 납유량의 1996년 70.8%에서 2009년 98.1%로 급등하였다(낙농진흥회, 2010). 그러나 유지방 위주의 성분가격체제로 인해 유지방을 높이기 위한 사양관리 체계를 고착시킴으로써 유단백율은 검정농가를 기준으로 지난 약 20년간 3.33%에서 3.06%로 8.1% 감소하였고(농협중앙회, 2009), 젖소의 경제적 생산수명 및 번식능력이 단축되는 부정적인 효과를 초래하고 있다.

유지방을 증가시키는 사양방법은 비유초기의 에너지 음균형 상태를 가중시킬 수 있으며, 유지방/유단백 비율을 증가시키게 된다. 비유 초기의 유지방/유단백 비율은 번식율과 음의 상관관계를 지녀(Heuer 등, 1999), 유지방/유단백 비율이 높아짐에 따라 임신율이 낮아지는 경향을 보인다(Gabor 등, 2008). 번식효율의 증진은 경제수명을 높여주어 낙농가의 경제적 이익을 높여줄 수 있으므로(Sewalem 등, 2008), 현재와 같이 유지방에 편중된 사양관리 체계의 개편을 통해 유단백율을 높이는 사양관리가 필요하다.

¹ 충남대학교 동물바이오시스템과학과(Department of Animal Biosystem Sciences, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

² 중앙대학교 동물자원과학과 (Department of Animal Science and Technology, Chungang University, Anseong 456-756, Korea)

* Corresponding author: 서성원

Tel.: +82-42-821-5787 Fax: +82-42-823-2766

E-mail: swseo@cnu.ac.kr

2010년 8월 15일 투고

2010년 9월 2일 심사완료

2010년 9월 17일 게재확정

이에 따라 유지방 중심의 유대 산정 체계를 유단백을 고려한 새로운 체계로 개편해야 한다는 많은 논의가 있어 왔지만(인영민, 1999; 장중근, 2006), 유단백을 증진을 위한 사양 관리 전환 및 사료비 상승에 대한 불안으로 아직까지 이루어진 바 없다. 따라서 본 연구는 원료 사료 조성의 변화를 통한 목표 유지방 및 유단백율의 증감이 사료비에 미치는 영향을 분석하고자 실시하였다. 이를 위해 한국사양표준 젖소편(축산과학원, 2007)의 근간인 미국 NRC 젖소 사양표준(NRC, 2001)을 이용한 모델 시뮬레이션을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 동물 개체 정보

2008년 검정 자료(농협중앙회, 2009)에 근거하여 비유중기(분만 후 105일 비유; 일일 유량 36kg)의 2산차 착유우를 기준으로 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션에 이용한 동물 개체의 정보는 Table 1과 같다.

2. 사료 정보

국내 착유우 사료에 일반적으로 많이 쓰이는 원료사료(알팔파, 티모시, 톨페스큐 짚, 옥수수, 대두박, 채종박, 콘, 글루텐밀, 우지, 전지면실, 미강, 면실피, 당밀, 요소, 프리믹스, 중조)를 이용해 사료 배합표를 작성하였다. 원료 사료 분석성분은 한국사양표준 젖소편(축산과학원, 2007)의 주요사료 성분표를 기반으로 하되 분석 자료가 없는 경우에는 미국 NRC 젖소 사양표준(NRC, 2001)에서 비슷한 종류와 화학성분을 가진 원료의 분석치를 활용하였다.

사료가격은 조사료의 경우 농협중앙회에서 공급한 2008년 수입조사료에 대한 공급가격의 평균치를 이용하였고, 그 밖의 사료는 2009년 1월부터 10월까지 시장 가격의 평균을 이용하였다.

Table 1. Animal information used in the model simulation.

Items	Animal information
Physiological stage	Lactation
Age	45 months
Body weight	650 kg
Body condition score (BCS)	3.0
Age at 1st calving	27.0 months
Calving interval	15.0 months
Gestational period	0 d
Days in milk	105 d
Parity	2

3. 사료 배합 시뮬레이션

사료 배합은 마이크로소프트 엑셀로 구현된 미국 NRC 젖소 사양 표준 모델(NRC, 2001)을 이용하였다. 사료 섭취량은 NRC(NRC, 2001)의 예측치를 이용하였고, Risk Solver Platform v9.5(Frontline Systems, Inc.)를 이용하여 최소가격의 배합비를 도출하였으며, 사료 배합 가격의 최소치를 도출할 때 이용한 제한사항은 Table 2와 같다.

사료 NDF, 조사료 유래 NDF, 비섬유소탄수화물 함량의 제한 수치는 미국 NRC 젖소 사양 표준(NRC, 2001)의 권장사항을 따랐으며, 사료 내 당밀과 요소의 수치는 착유 실험 사료내 일반적으로 함유된 양(NRC, 2001)에 따라 제한하였다. 중조와 프리믹스는 사료 내 각각 0.3%, 0.5%를 첨가하도록 하였으며, 시뮬레이션 I의 경우에는 사료 건물 중 면실피의 함량을 20% 이내로 제한하였으며, 시뮬레이션 II에서 면실피 함량에 제한을 두지 않았다.

시뮬레이션은 동일 유량을 생산한다고 가정할 때 유성분의 함량 변화에 따른 배합사료비의 증감을 분석하기 위해 실시되었다. 목표 유성분을 기준으로 시뮬레이션을 수행하되, 2009년 낙농진흥회 및 서울우유 집유 성적 기준 평균 유지방율(4.0%)과 유단백질율(3.1%)에서 유지방율을 0.1% 감소하거나 유단백질을 0.1% 증가한 경우의 네 가지 시나리오를 설정하였다. 또한 유지방 기준 인센티브의

Table 2. Constraints used to formulate least cost diets for the model simulation.

Items ¹	Range of limitation
NE balance	< 0.05 Mcal/d
RDP balance	< 1 g/d
RUP balance	< 1 g/d
MP balance	< 1 g/d
NDF in feed	> 25%/DM of feed
NDF in forage	> 19%/DM of feed
NSC in feed	< 44%/DM of feed
Molasses in feed	< 5%/DM of feed
Urea in feed	0.5%/DM of feed

¹ NE, net energy; RDP, rumen degradable protein; RUP, rumen undegradable protein; MP, metabolizable protein; NDF, neutral detergent fiber; NSC, non-structural carbohydrate.

Table 3. Scenarios for each simulation.

Scenario	Simulation I*					Simulation II**		
	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	II-1	II-2	II-3
Milk yield	36kg							
Milk fat	4.3%	4.0%	3.9%	4.0%	3.9%	4.0%	3.9%	4.0%
Milk protein	3.1%	3.1%	3.1%	3.2%	3.2%	3.1%	3.1%	3.2%

* A limitation (up to 20%) for the use of cottonseed hull in a diet.

** No limitation for the use of cottonseed hull in a diet.

최고액을 수취할 수 있는 유지방 4.3%의 경우도 추가하였다. 각 시뮬레이션별 시나리오 설정은 Table 3과 같다.

III. 결과 및 고찰

시뮬레이션 I과 시뮬레이션 II에 따른 최소가격의 사료 배합비는 Table 4와 Table 5에 나타나 있다. 시뮬레이션 I에서의 시나리오별 원료사료의 사료내 함량을 보면, 상대적으로 저렴한 면실피는 모든 배합비에서 20%까지 함유되었고, 알팔파는 12.4~22.4%, 톨페스큐는 9.5~16.8%, 옥수수는 20.4~23.1%, 전지면실은 14.2~15.4%, 채종박은 4.6~8.6%의 범위로 사료내 포함되었다. 유지방율이 감소되고 유단백율이 증가되는 경우 사료내 알팔파 및 옥수수의 함량은 감소되었고, 톨페스큐, 전지면실 및 채종박의 함량은 증가하였다. 시뮬레이션 II에서도 같은 경향이 있었다.

Table 5에서 보는 바와 같이 면실피 함유량에 제한을 두지 않을 경우 면실피의 가격이 상대적으로 저렴한 이유로 과다하게 배합되어 사료 내 면실류 사료(면실피 + 전지면실)의 비중이 50% 이상을 차지하게 되고, 전분의 공급원인 옥수수의 함유량이 0이 되는 결과가 발생하므로 올바른 사료 배합이라 할 수 없다. 따라서 사료의 가격 분석 결과는 시뮬레이션 I의 결과만 제시하였다(Table 6). 시뮬레이션 II에서의 가격 증감의 변화는 시뮬레이션 I의 결과와 동일한 경향을 보였다.

Table 4. Least cost diets formulated for each scenario in simulation I with a limitation (up to 20%) for the use of cottonseed hull in a diet.

Feed ingredients	Feed formula (% DM)				
	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5
Alfalfa	22.40	18.84	17.60	13.80	12.43
Timothy	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tall fescue	9.46	12.10	13.01	15.82	16.84
Corn	23.08	22.50	22.30	20.66	20.43
Soybean meal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Corn gluten meal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tallow	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Whole cottonseed	14.19	14.04	13.99	15.44	15.42
Rice bran	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cottonseed hull	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
Rapeseed meal	4.56	6.23	6.80	7.98	8.58
Molasses	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Urea	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Premix	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sodium bicarbonate	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

유지방율 및 유단백율 변화에 따른 사료가격의 변화는 Table 6에 제시된 바와 같이 목표 유지방율을 4.0%에서 0.1% 감소함에 따라 사료가격은 kg당 2원이 절약되며, 유지방율 감소에 따른 섭취량의 감소로 인해 일일 두당 136원의 사료비가 절약되었다. 현 유대체계에서의 유지방율 4.0%로부터 0.1% 감소에 의한 10.3 원/리터의 유지방 인센티브 감소를 감안하더라도, 목표 유지방율 감소에 따른 사료비 절감으로 농가 수익의 증대를 기대할 수 있다.

목표 유단백율이 0.1% 증가(3.1%에서 3.2%)함에 따라 사료비는 kg당 6원이 절약되었는데, 이는 Table 4에 나타나 있는 배합비의 변화에서 알 수 있듯이 조단백질(crude protein; CP)와 반추위분해단백질(RDP)의 함량이 높은 고가의 조사료원(알팔파)을 상대적으로 저렴한 조사료원(톨페스큐짚)과 상대적으로 반추위미분해단백질(RUP)의 함량이 높은 단백질 사료(채종박)로 대체함으로써 얻어지는 효

Table 5. Least cost diets formulated for each scenario in simulation II without a limitation for the use of cottonseed hull in a diet.

Feed ingredients	Feed formula (% DM)		
	II-1	II-2	II-3
Alfalfa	15.71	14.48	11.23
Timothy	0.00	0.00	0.00
Tall fescue	14.42	15.32	17.73
Corn	0.00	0.00	0.00
Soybean meal	0.00	0.00	0.00
Corn gluten meal	0.00	0.00	0.00
Tallow	0.00	0.00	0.00
Whole cottonseed	12.10	12.09	13.47
Rice bran	0.00	0.00	0.00
Cottonseed hull	40.87	40.66	39.28
Rapeseed meal	10.62	11.14	11.99
Molasses	5.00	5.00	5.00
Urea	0.50	0.50	0.50
Premix	0.50	0.50	0.50
Sodium bicarbonate	0.30	0.30	0.30
Total	100.00	100.00	100.00

Table 6. Simulated feed cost by changing target milk fat and protein percentages in simulation I.

	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5
Milk yield (kg)	36	36	36	36	36
Milk fat (%)	4.3	4.0	3.9	4.0	3.9
Milk protein (%)	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2
Feed intake (kg/d)	25.44	24.85	24.66	24.85	24.66
Feed cost (won/d·head)	10,744	10,337	10,201	10,156	10,015
Feed cost (won/kg)	373	368	366	362	360

과이다. 채종박을 제외하고 실시된 시뮬레이션에서도 전체적인 사료비 상승이 발생하였지만, 목표 유단백울 변화에 따른 사료비의 변화는 Table 6의 결과와 동일한 경향을 보였다. 또한, 조사료의 가격을 2008년 평균이 아닌 2008년 초반의 낮은 가격으로 시뮬레이션을 수행하였을 때, 유지방울 4.0%에서 유단백울을 3.1에서 3.2%로 증가함에 따라 kg당 사료가격에는 변화가 없었다. 현 유대체계에서 유지방울 기준 인센티브의 최고액(77.25 원/리터)을 수취할 수 있는 유지방울 4.3%의 경우 두당 일일 사료비가 10,744원으로 가장 높았는데, 유지방에 따른 유지방울 4.0%(61.8 원/리터)와 비교할 때 약 540원의 추가 유대를 받게 되므로 유단백울이 동일한 경우보다는 이익(133원)이나 목표 유단백울 3.2% 보다는 추가이익이 없는 것(-48원)으로 나타났다. 시나리오 중 기준 평균 유지방울(4.0%)과 유단백울(3.1)에서 유지방울을 0.1% 감소시키고, 유단백울을 0.1% 증가시킬 때 사료비가 가장 낮았다.

Tena-Martínez 등(2009)은 유단백울 0.1%의 증가에 따라 도태율은 1~4산차에 각각 0.5%, 2.3%, 3.2%, 6.4% 감소하고, 분만후 100일 이내 수태율이 1~4산차에서 각각 3.8%, 3.5%, 3.9%, 5.7% 증가하는 것으로 보고하였다. 따라서 유단백울을 증가시키는 사양 방법은 도태율과 분만간격의 감소에 따른 추가의 경제적 이익이 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 한정된 사료자원을 이용하여 제한된 조건에서 실시하였기 때문에, 실제 현장의 다양한 상황에 그대로 적용하는 데에는 한계가 있다. 하지만, 유단백울을 높이는 사양 방법이 동일한 조건 하의 시뮬레이션을 통해 사료비의 인상과 직결되지 않음을 알 수 있으며, 젖소의 경제 수명 연장 및 번식 능력을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

IV. 결론

본 연구는 원료 사료 조성의 변화를 통한 목표 유지방 및 유단백울의 증감이 사료비에 미치는 영향을 분석하고자 실시하였다. 이를 위해 한국 사양 표준 젖소편의 근간인 미국 NRC 젖소 사양표준을 이용한 모델 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션은 사료내 면실피 함량을 20%로 제한을 둔 경우(시뮬레이션 I)와 면실피 함량에 제한을 두지 않은 경우(시뮬레이션 II)로 나누어 분석하였으며, 유량은 동일하게 설정하고 목표 유성분(유지방울 및 유단백울)을 기준으로 시뮬레이션을 수행하여 유성분의 함량 변화에 따른 배합사료비의 증감을 분석하였다. 시뮬레이션 결과, 유지방울이 감소되고 유단백울이 증가되는 경우 알팔파 및 옥수수 함량은 감소되었고, 톨페스큐, 전지면실피 및 채종박의 함량은 증가하였다. 면실피 함유량에 제한을 두지 않았을 때에는 사료 내 면실피류 사료(면실피 + 전지면실피)의 비중이 50% 이상을 차지하였다. 목표 유지방울을 4.0%에서

0.1% 감소함에 따라 사료가격은 kg당 2원이 절약되며, 유지방울 감소에 따른 섭취량의 감소로 인해 일일 두당 136원의 사료비가 절약되었다. 목표 유단백울이 0.1% 증가(3.1%에서 3.2%)함에 따라 사료비는 kg당 6원이 절약되었다. 시나리오 중 기준 평균 유지방울(4.0%)과 유단백울(3.1)에서 유지방울을 0.1% 감소시키고, 유단백울을 0.1% 증가시킬 때 사료비가 가장 낮았다. 본 연구에서 실시한 모델 시뮬레이션을 통해 유단백울을 높이는 사양 방법은 사료비의 인상과 직결되지 않음을 알 수 있으며, 젖소의 경제 수명 연장 및 번식 능력을 향상시킬 수 있음을 시사한다.

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업 (과제번호: PJ006575)의 지원에 의해 이루어진 것임.

참고문헌

1. 낙농진흥회. 2010. 2009 낙농통계연감.
2. 농림수산물부. 2009. 농림수산물식품 주요통계.
3. 농협중앙회. 2009. 2008년도 한국 우수군 능력검정 사업 보고서.
4. 인영민. 1999. 원유의 수급 전망과 유대결정체계의 개선: 한국 원유 유대 결정체계 개선 방안. pp. 91-129. 한국낙농학회 추계심포지움.
5. 장종근. 2006. 낙농 산업 경쟁력 제고를 위한 원유 가격제도 개선 방향. 한국유가공기술과학회지. 24: 43-51.
6. 축산과학원. 2007. 한국사양표준 젖소.
7. 통계청. 2009. 2008년 축산물생산비.
8. Gabor, G., F. Toth, L. Ozsvári, Z. Abonyi-Toth, R.G. Sasser. 2008. Factors influencing pregnancy rate and late embryonic loss in dairy cattle. *Reprod. Dom. Anim.* 43: 53-58.
9. Heuer, C., Y.H. Schukken, P. Dobbelaar. 1999. Postpartum body condition score and results from the first test day milk as predictors of disease, fertility, yield, and culling in commercial dairy herds. *J. Dairy Sci.* 82: 295-304.
10. NRC. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.
11. Sewalem, A., F. Miglior, G.J. Kistemaker, P. Sullivan, B.J. Van Doormaal. 2008. Relationship between reproduction traits and functional longevity in Canadian dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 91: 1660-1668.
12. Tena-Martínez, M.J., D. Val-Arreola, J.D. Hanks, N.M. Taylor. 2009. The use of early lactation milk protein content to predict subsequent fertility performance and likelihood of culling, in commercial dairy cows. *J. Anim Feed Sci.* 18: 209-220.