

젖소의 혈장 베타카로틴 농도 조사

남향미 · 문진산 · 주이석 · 오태호* · 박용호* · 한홍율*

국립수의과학검역원
서울대학교 수의과대학*
(1999년 10월 18일 접수)

Study of plasma β -carotene concentration in dairy cows

Hyang-mi Nam, Jin-san Moon, Yi-seok Joo, Tae-ho Oh*, Yong-ho Park*, Hong-ryul Han*

National Veterinary Research & Quarantine Service
College of Veterinary Medicine, Seoul National University*

(Received Oct 18, 1999)

Abstract : This study was carried out to determine the effects of β -carotene on the control of mastitis in dairy cows during the dry period. The relationship between the levels of plasma β -carotene and the status of udder health in Holstein dairy cows were investigated. Blood samples were collected from 117 cows to compare the levels of plasma β -carotene in lactating cows. The levels of plasma β -carotene were 1.82 μ g/ml in healthy cows(n = 65) and 1.12 μ g/ml in mastitic cows(n = 52), respectively(p < 0.01). In the experiment to compare the level of plasma β -carotene in the cows at different stages of lactation, the plasma β -carotene levels were 1.73 μ g/ml in lactating cows(n = 22), 1.29 μ g/ml in nonlactating cows(n = 35) and 0.43 μ g/ml in cows after calving(n = 16)(p < 0.05).

Key words : mastitis, plasma β -carotene, dairy cows.

서 론

젖소의 유방 저항성에 있어서 영양소의 역할에 대한 최근의 연구는 주로 항산화제에 관한 것이다. Erskine¹은 유방염 방제 프로그램의 일부로서 젖소군의 항산화제 상태를 monitoring할 필요성이 있다고 역설했으며 그 이

유로서 첫째, 저항성 증강을 위해 항산화제 보급이 가장 요구되는 시기인 건유기와 분만초기에 감염성 질병에 대한 유방 저항성을 개선시키기 위한 것이며 둘째, 유방염과 번식기 질환이 위험한 시기에 건유우와 처녀우는 항산화제 보급량이 종종 매우 낮은 수준에 있기 때문이라고 했다. 1982년이래 보고된 연구들은 비타민 A와 β -carotene이 비타민 E나 selenium과 마찬가지로 한 우군의

Address reprint requests to Dr. Hyang-mi Nam, National Veterinary Research & Quarantine Service, Anyang, Republic of Korea.

유방염 발생에 영향을 줄 수 있음을 지적했으며, 이러한 소견들이 현재 규명되어 있지 않은 유방염 발생률이나 감염정도에 있어서 집단간에 존재하는 차이를 이해하는데 중요할 것이라고 보았다². 고용량의 식이성 β -carotene이 소 유방염에 대한 방어적 기능을 가지고 있다는 연구보고도 많다³⁻⁵.

Lodham *et al*⁶은 젖소에서 비타민 A와 β -carotene을 함께 급여하면 비타민 A만 단독 급여한 것보다 임상형 유방염의 상태를 개선시켰음을 보고하였고, Watson *et al*⁷도 β -carotene을 급여했던 개체의 혈중에 비타민 A의 자연적 활성형인 retinol이 아닌 β -carotene 자체의 농도가 증가되었음을 주목하고 카로티노이드 자체의 특이적 면역조절작용 가능성을 시사한 바 있다. 비유기 컷 10주 동안 매일 300mg의 β -carotene을 공급했던 비유기 젖소들은 동량의 Vitamin-A를 급여했던 젖소들 보다 우유중 체세포수가 더 낮았으며⁸ 이와 유사하게 건유기 무렵에 동량의 β -carotene을 급여했던 젖소들은 건유기 초에 새로운 유선 감염발생률이 더 낮게 나타났다⁹. 또한 Batra *et al*¹⁰은 각각 38마리의 유방염우와 건강우의 혈장내 β -carotene의 차이를 조사하였던 결과 혈장내 β -carotene치는 유방염우에서 건강우 보다 훨씬 더 낮았으며 유방염 상태와 혈장 β -carotene치는 역상관관계(-0.38)가 있었음을 보고한 바 있다. Wang *et al*¹¹에 의하면 분만후 3일에서 98일까지 대조군을 포함한 젖소군에 매일 0mg~300mg의 β -carotene을 사료에 첨가하여 보충해준 결과 분만후 3주경에 β -carotene을 첨가 급여한 소에서 혈중 β -carotene의 농도가 더 높았고 실험기간 내내 보다 더 높게 유지되었으며, 또한 β -carotene을 첨가 급여한 소는 임상형 유방염에 대한 치료를 해야 할 필요성이 더 적었다고 하였다.

강력한 항산화제로서의 기능이 널리 알려져 있는 β -carotene은 가장 대표적인 카로티노이드의 일종¹²으로서 광합성 식물과 유기물에서 합성되는 색소이나 동물 체내에서는 합성되지 않으므로¹³ 젖소의 카로티노이드 섭취는 주로 목초로부터 얻어진다. 그러나 카로티노이드는 목초를 건조시키거나 높은 온도나 습도 하에서는 매우 쉽게 산화되기 때문에 보관한 목초는 젖소 사료에서 풍부한 카로티노이드 섭취원이 되지 못한다. 따라서 젖소군에 급여되는 사료내의 카로티노이드 함량은 일반적으로 젖소의 유방건강을 위해 요구되는 양보다 낮을 것으로 예상된다¹⁴. 혈중에 존재하는 주된 카로티노이드는

β -carotene이기 때문에 면역과 건강에 있어서의 카로티노이드에 대한 연구는 주로 β -carotene에 집중되고 있는데 건유기 중에는 일반적으로 청초보다는 짙이 부족한 건초를 섭취하게 되므로 건유기 중의 젖소의 혈중 β -carotene 농도는 급격히 감소하게 되고 이러한 점이 건유기 초기나 말기에 젖소 유방염 발생률을 높아지게 하는 하나의 요인이 될 수도 있을 것이라 추정된다.

이러한 가설하에 본 연구는 강력한 항산화제로서 면역증강 효과를 갖는다고 알려진 바 있는 β -carotene과 젖소 유방염과의 상관성과 유방염에 대한 방제효과 가능성을 조사하기 위하여 국내에 사육되고 있는 젖소들을 대상으로 β -carotene의 주된 저장소라고 보고된 혈액¹⁵으로부터 개체별로 카로티노이드의 농도를 측정하고 이를 유방염 감염여부, 비유단계별, 계절별 및 목장간의 급여 사료 형태별로 비교하였다.

재료 및 방법

대상동물 및 재료채취 : 1995년 1월에서 1996년 6월 사이에 경기도 지역에 있는 젖소(Holstein) 목장중 착유두수가 50두 이상인 5개 목장, 30두 이상의 목장 4개 그리고 30두 미만의 5개 목장에서 젖소 277두를 무작위적으로 선발하였다. 혈장 카로티노이드 농도를 측정하기 위하여 277두의 젖소에 대해 혈액 채취시기, 비유단계 및 급여사료 형태를 개체별로 각각 기록하고 미정맥으로부터 혈액을 채취하였다. 이 혈액의 일부는 채혈병(녹십자)에 분주하여 실험실 도착 즉시 혈액검사를 실시하였고 나머지는 카로티노이드 농도를 측정하기 위하여 혈장을 분리한 후 검사할 때까지 냉동보관하였다. 또한 각 개체의 유즙을 무균적으로 채취하여 체세포수 및 세균학적 검사를 위하여 냉장 수송하였다.

우유검사 :

a. 체세포수 검사 : 멸균된 시험관에 무균적으로 채취한 가검 유즙을 Somacount 300(Bentley Co. Minnesota, USA)기기를 이용하여 체세포 수를 측정하였다.

b. 세균학적 검사 : 무균적으로 채취한 가검 유즙을 5% 면양 혈액 한천배지 및 MacConkey agar에 심고 37℃에서 24~48시간 배양후 세균집락 성상, 용혈성, 및 그람염색조건 등에 준하여 원인균을 분리한 후 Cowan¹⁶의 방법에 준하여 동정하였다. 체세포수가 5×10^5 /ml 이하이며 세균이 분리되지 않은 개체우를 정상우로서 판단하

는 방법으로 각 개체에 대한 유방염 감염유무를 판정하였다.

혈액검사 : 미정맥으로부터 채취한 말초혈액내의 총 백혈구수는 Blood cell counter(system-9018; Serono)를 사용하여 측정하였고, 백혈구 감별계수는 혈액을 slide glass에 도말하여 메타놀로 5분간 고정한 후 Giemsa 염색하여 검정하였다.

β -carotene 측정 : 혈장 β -carotene 농도는 Jones¹⁷의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 혈장 1 ml를 시험관에 취하고 95% ethanol 1 ml 및 petroleum ether 2.5 ml를 가하여 vortex로 잘 흔들어 섞은후 10분간 정치해두었다가 이를 2,000rpm에서 10분간 원심 분리한 다음 carotenoid의 황색색소가 추출되어 있는 petroleum ether층 2.0ml를 취하여 파장 440nm에서 흡광도를 측정하고 표준곡선을 이용하여 carotenoid의 함량을 구하였다. Carotenoid의 표준품으로는 β -carotene (Sigma)을 사용하였다.

통계분석 : 통계분석은 컴퓨터 통계 프로그램인 Microcal사의 Origin 4.1을 사용하여 쌍체비교(paired T-Test)로 t-검정하였다.

결 과

유방염 감염우로 진단된 젖소 52두에서의 혈장 β -carotene의 농도는 Table 1에 나타낸 바와 같이 평균 1.12 μ g/ml로써 정상우의 평균 1.82 μ g/ml 보다 낮았다($p < 0.01$).

Table 1. Comparison of plasma β -carotene levels in healthy and mastitic cows during lactation

Groups	No. of cows (n = 117)	β -carotene concentrations (ug/ml)**
Healthy cows	65	1.82 \pm 0.31*
Mastitic cows***	52	1.12 \pm 0.42

* Mean values of healthy cows were significantly different from those of the mastitic cows($p < 0.01$).

** Data were expressed as mean \pm SD.

*** Cows with more than 5×10^5 /ml somatic cell counts in milk from more than one mammary gland and bacteria culture positive.

비유단계별로 구분하여 혈장 β -carotene 농도를 비교한 결과는 Table 2에서와 같다. 비유기 젖소군 22마리의 평균 혈장 β -carotene 농도가 1.73 μ g/ml로 가장 높게 나타났으며, 건유기 우군에서는 1.29 μ g/ml 그리고 분만 후의

Table 2. Plasma levels of β -carotene in dairy cows at different stages of lactation

Groups of stages	No. of tested** (n = 73)	β -carotene concentrations (ug/ml)*
		Mean \pm SD
Dry period ¹	35	1.29 \pm 0.48
Calving period ²	16	0.43 \pm 0.21
Lactation period	22	1.73 \pm 0.72

* Regardless of mastitic cows or healthy cows($p < 0.05$).

** Measured from May to November.

¹ Include the whole non-lactating days.

² Within 10 days of parturition.

우군에서는 0.43 μ g/ml로 가장 낮은 수치를 보였다($p < 0.05$).

한편 계절별로 젖소의 혈장 β -carotene 농도에 차이가 있는지를 조사하기 위해 젖소 5마리의 혈액을 월별로 채취하여 혈장 카로티노이드 농도를 측정한 결과는 Fig 1에 그리고 이를 계절별로 비교한 결과는 Table 3에 나타내었다. 개체별로 어느 정도 차이는 있었지만 5월에서 11월까지의 대체적으로 그 농도가 1.0 μ g/ml 이상이었다.

Fig 1. Mean plasma β -carotene concentrations in 5 dairy cows by month.

Table 3. Mean plasma levels of β -carotene in dairy coes by season

Season	β -carotene concentrations(ug/ml)*
	Mean \pm SD(n = 5)
Spring	1.18 \pm 0.28
Summer	1.24 \pm 0.69
Autumn	1.21 \pm 0.47
Winter	0.70 \pm 0.35

* Included mastitic and healthy cows($p < 0.05$).

그러나 겨울철에는 1.0 μ g/ml 이하의 낮은 농도로 나타났으며 ($p < 0.05$) 특히 1월중에는 0.67 μ g/ml 로서 가장 낮은 수치를 보였다.

겨울철에 14개 목장에서 무작위적으로 추출한 건유기 젖소들에 대한 혈장 β -carotene 농도를 조사한 결과는 Table 4에서와 같다.

목장별로 급여사료 형태 등에 따른 차이가 인정되기는 하지만 대부분의 목장(약 80%)의 젖소들이 1.0 μ g/ml 이하의 낮은 혈장 β -carotene 농도를 나타내었다. 급여사료 형태에 따른 우군별 혈장 β -carotene 농도를 비교조사한 결과는 Table 5에서와 같다. 조사료원으로 벣짚만을 급여한 우군에서의 0.31 μ g/ml에 비하여 벣짚을 기본으로 사일이지, 알팔파, 건초 등을 혼합 급여한 목장의 우군에서는 각각 0.52(± 0.21) μ g/ml, 0.82(± 0.44) μ g/ml, 1.53(± 0.23) μ g/ml로 보다 높은 농도를 나타내었다.

Table 4. Classification of dairy herds by mean plasma β -carotene levels

Mean values*	No. of herds**(n = 14)
> 1 μ g/ml	3
0.5~1 μ g/ml	3
< 0.5 μ g/ml	8

* Measured once a month from January to March.

** Included Mastitic and healthy cows at non-lactating period in herds.

Table 5. Comparison of plasma β -carotene levels in dairy herds fed by different feedstuffs

Group	No. of herds (n = 24)*	β -carotene concentrations(μ g/ml)**	
		Mean \pm SD	Range
Rice straw only	4	0.31 \pm 0.13	0.1-1.2
Rice straw + silage	6	0.52 \pm 0.21	0.3-1.5
Rice straw + silage + alfalfa	8	0.82 \pm 0.44	0.3-1.8
Rice straw + silage + alfalfa + grass hay	6	1.53 \pm 0.23	0.8-3.2

* Mastitic or healthy cows at non-lactating period were included in each farms.

** Measured once a month from January to March.

고 찰

자연계에 존재하는 여러가지 항산화제 가운데 β -caro-

tene의 기능에 대한 연구는 젖소에서 다양하게 이루어진 바 있으며 유방의 건강 뿐만 아니라 동물의 생식기 건강에도 개선효과를 보인다고 알려져 있는데 이는 β -carotene의 면역 증진효과와 관계가 있을 것이다¹⁴. 본 연구에서는 β -carotene과 젖소 유방염과의 상관성 및 그 효과를 국내에서 사육되고 있는 젖소들을 대상으로 조사하고자 하였다.

Herd와 Stowe¹⁵는 혈액이 β -carotene의 주된 저장장소인 것으로 보이며 따라서 혈액농도의 측정이 β -carotene의 상태를 측정하는 가장 정확한 방법이라고 보고한 바 있다. 이에 따라 먼저 젖소의 혈중 β -carotene 농도가 유방염우와 정상우에서 유의성 있게 차이가 나는지 또는 비유단계별로 유방염 발생률이 특히 증가되는 시기와 혈중 β -carotene 농도간에 어떤 관련성이 있는지 그리고 계절별 또는 각 목장별 젖소군에서 어느 정도의 차이가 인정되는지 등을 조사할 목적으로 1995년 1월부터 약 1년반동안 경기도 지역에 위치하는 여러 규모의 14개 목장 젖소 277두를 무작위적으로 선발하여 채혈하였다. 117두의 비유기에 있는 젖소만을 대상으로 정상우와 유방염우의 두 그룹으로 분류하여 혈중 β -carotene 농도를 검사한 결과, 비유기 중에 있는 건강한 우군에서 혈중 β -carotene의 농도는 평균 1.82 μ g/ml이었으며 유방염우로 진단된 우군에서는 1.12 μ g/ml로서 두 그룹간에는 분명한 차이가 나타났다. 지금까지 발표된 연구들은 사료 내에 β -carotene을 첨가 급여한 후의 여러가지 면역증강효과 등을 *in vivo* 또는 *in vitro* 상으로 조사한 것이 대부분이기 때문에 자연적인 급여상태에서의 정상적인 젖소들의 혈중 β -carotene 농도가 어느 정도인지 비교하기는 쉽지 않다. 더욱이 젖소의 카로티노이드 공급원은 주로 목초에서 비롯되므로 급여사료의 종류나 계절별로도 정상적인 젖소의 혈중 β -carotene 농도는 상당한 차이가 있을 수 있다. 또한 비유단계에 따른 생리적인 변화에도 영향을 받을 수 있기 때문에 동일개체에서도 시기별로 혈중농도는 상당한 차이가 있을 것으로 보인다. 그러나 Oldham *et al*⁴은 혈중 β -carotene의 최적 농도가 1.5 μ g/ml이며 2 μ g/ml 보다 더 높은 수치는 오히려 유선 방어작용에 있어 약간의 역작용을 나타내는 것으로 보고한 바 있어 이 실험결과와 거의 일치하였다. 건강한 비유기 젖소의 혈중 β -carotene 농도가 최적 농도보다 약간 높았던 것에 반해 유방염에 감염된 젖소에서 최적 농도를 훨씬 못 미치는 낮은 수준을 보이는 것은 체내의 β -carotene 함량이 젖

소의 유방염 발생에 어떤 영향을 줄 수 있다는 추정을 가능케 하는 것 같다.

한편 Herdt와 Stowe¹⁵는 β -carotene이 사료 내의 기성화된 비타민 A에 의해 대체될 수 없는 난소기능 증진을 가질 수 있다며 번식장에 우군에서 난소의 기능장애가 뚜렷하고 사료에 β -carotene의 함량이 낮을 경우에는 β -carotene 결핍증을 고려해야 한다 하고 바람직한 β -carotene의 혈중농도를 $3\mu\text{g/ml}$ 이상으로 보았다. 이 수치와 비교하면 본 실험에서 얻어진 결과들은 전반적으로 상당히 낮은 수준의 혈중농도를 나타낸 것으로 보여지나 이러한 차이는 유방과 난소라는 연구목표가 되는 질병 기관이 다르기 때문에 연구자의 관점에 따라 최적의 혈중농도에 대한 기준이 달라질 수도 있고 또한 연구대상이 되었던 젖소의 품종이나 지역의 기후적 특성 또는 계절적 차이에 기인될 수 있는 것으로 사료된다.

실제로 β -carotene의 혈중농도는 소의 품종이나 계절에 따라 분명하게 차이를 나타냈는데 Ralston과 Dyer¹⁸는 육우에서의 혈중 카로티노이드 농도가 지역이나 계절에 영향을 받는다고 보고한 바 있다. 국내에서는 조 *et al*¹⁹이 젖소군과 한우군의 혈중 카로티노이드 함량을 조사 비교한 결과, 여름철에는 양 우군에서 유의성 있는 차이가 인정되지 않는 높은 수준을 유지하였으나 겨울철에는 여름철에 비해 양 우군에서 모두 현저히 낮은 수치를 나타냈으며, 특히 겨울철의 혈중 카로티노이드의 함량은 젖소군이 한우군 보다 월등히 높았음을 보고함으로써 소의 품종과 계절에 따른 차이를 시사하였다. 그리고 이러한 계절적인 차이가 나타나는 이유를 여름철에는 보다 충분한 녹초를 섭취할 수 있기 때문일 것으로 보았고 젖소군의 겨울철 혈중 함유량이 한우보다 훨씬 높았던 이유로는 젖소에 대한 인식이 한우보다 높고 젖 생산을 위해 비타민이 함유된 농후사료나 비타민 첨가제를 급여하기 때문일 것이라고 보았다.

본 실험에서도 계절적으로 젖소의 혈중 β -carotene 농도에 차이가 인정되는지를 조사하기 위해 전남 무안 지방에 위치하는 대규모 목장의 젖소 5마리에 대한 혈액시료를 월별로 채취하여 혈장 β -carotene의 농도를 측정해 보았던 결과, 개체별로 어느 정도의 차이가 있었지만 5월에 평균 $1.82\mu\text{g/ml}$ 로 가장 높은 수준을 나타냈으며 1월에는 $0.67\mu\text{g/ml}$ 로서 가장 낮은 수치를 나타냈다. 전반적으로 5월에서 11월 사이에는 $1.0\mu\text{g/ml}$ 이상이었으나 1월에서 4월 사이에는 평균 $0.8\mu\text{g/ml}$ 정도로 낮게 나타

나 겨울철에 접어들면서 그 이듬해 봄까지는 혈중 β -carotene 농도가 저하되었음을 알 수 있었다. 그러나 계절별 차이는 현저하지는 않았으며 여름철에도 월별로 상당한 변화가 나타난 것을 볼 수 있는데 이는 월별 혈중 베타카로틴 농도분석을 위해 대상으로 삼았던 젖소들의 비유단계나 유방염 감염여부를 고려하지 않았던 바 개체차이에도 기인했을 수 있다고 사료된다. 터키에서 HPLC를 이용하여 젖소의 혈중 β -carotene 농도를 조사한 연구자들은 혈중 β -carotene의 농도가 계절적으로 변화가 있었으며 건조기에 알팔파나 옥수수 사일리지, 건초 및 당근 찌꺼기 등의 혼합물을 급여함으로써 적절한 혈중농도를 유지시킬 수 있다고 보고하였다²⁰. 국내에서도 이러한 계절적인 차이에 따른 젖소의 건강과 질병예방을 위해 적절한 사료와 공급방법 등에 대해서 관심을 기울여야 할 것으로 사료된다.

5월에서 11월 사이에 채혈한 젖소 73마리를 대상으로 비유기, 건유기 및 분만후의 세 단계로 분류하여 혈중 카로티노이드 농도를 조사했다. 시료의 수가 많지 않았던 관계로 유방염 감염여부는 고려하지 않고 비유단계만으로 분류하여서 측정한 결과, 비유기의 젖소들이 Oldham *et al*⁴이 혈중 최적 농도라고 제시한 바 있는 $1.5\mu\text{g/ml}$ 보다 약간 더 높은 $1.73\mu\text{g/ml}$ 를 나타냈던데 비해 건유기 젖소들이나 분만 후의 젖소들은 이에 훨씬 못 미치는 낮은 농도였음이 드러났다. 조사기간이 일반적으로 혈중농도가 비교적 높게 나타나는 여름철이었는데도 특히 분만 후의 젖소들은 비유기나 건유단계에 있는 젖소들에 비해 현저히 낮은 수치를 보이고 있다는 점이 주목할 만하다. 이와 관련하여 Sutton *et al*²¹은 겨울동안 신선하게 양질의 알팔파 혼합건초를 급여했던 소에서 분만 4주전부터 분만시까지 혈장 β -carotene의 수치가 69%로 비타민 A는 87%로 급격히 감소되었음을 보고하였으며, Michal *et al*⁵도 레티놀이나 β -carotene의 혈장농도가 분만 전후기 중에는 극적으로 감소한다고 하였다. 또한 이와 유사한 혈장 카로티노이드와 비타민 A 등의 감소가 미성숙 송아지를 분만한 유방절제우에서도 발생하였는데 Goodwin²²은 이러한 분만 전후기의 혈장내 β -carotene 농도감소가 호르몬 상태에 의해 영향을 받는 것으로 보인다고 보고한 바 있다⁵. 분만 전후기 중에는 이와 같이 생리적인 상태에 많은 영향을 미치는 호르몬의 극단적인 변화를 거치게 될 뿐만 아니라 초유생산이나 분만과정을 포함한 여러가지 스트레스 요인들로 인하여

그 젖소의 숙주 방어기전이 저하된다⁵. 한편 건유기 젖소에 전형적으로 급여되는 사료는 일반적으로 보다 질이 낮은 목초로서 비유우에 전형적으로 급여되는 사료보다 더 적은 양의 소화가능한 lipid를 공급하게 되는데 β -carotene은 혈장에서 lipoprotein을 통하여 운반되기 때문에¹⁵ lipoprotein 농도의 저하는 이러한 영양소를 운반하는 혈장의 능력을 저하시킬 수 있다. 이러한 이유들로 인해 건유기나 분만 전후기에는 β -carotene과 같은 비타민의 혈중농도가 비유기에 비해 보다 낮은 수준으로 떨어지게 되고 바로 이 점이 이 시기 중에 새로운 유방염의 발생률을 특히 높아지게 하는 원인일 수도 있을 것이라 사료된다.

한편 국내에서 사육되는 젖소들의 혈중 카로티노이드 농도가 각 목장별로 위치하고 있는 지역이나 급여되는 사료 등 사육조건이 달라짐에 따라 어느 정도 차이를 나타내는지 알아보고자 전반적으로 혈중농도가 가장 낮은 것으로 알려져 있는 겨울철(1월~3월)에 전국 14개 목장의 건유기 젖소들을 대상으로 혈중농도를 측정, 비교하였다. 전체 사료에 대한 3개월간의 평균 농도는 0.88 μ g/ml로서 일반적으로 최적 농도라고 알려진 수치의 절반 정도밖에 되지 않았지만 목장별로는 상당한 차이가 인정되었다. 즉, 14개 목장중 약 57%에 달하는 8개 목장의 평균치가 0.5 μ g/ml 이하였으며 3개 목장(21.4%)에서는 평균 농도가 1.0 μ g/ml 이상의 수치로 나타났는데 이는 목장별 사육조건에 따라서 겨울철에도 젖소의 혈중 카로티노이드 농도에 큰 차이가 있을 수 있음을 의미하는 것으로서 바로 이러한 사실이 각 젖소 집단간에 유방염을 비롯한 질병 발생률에 있어 차이가 나타나는 이유 중의 하나가 될 수 있을 것이다.

β -carotene이 결핍된 젖소들은 상피세포의 보전을 저해시킬 수 있으며 그로 인해 병원체의 침투 뿐 아니라 면역 글로부린의 수송과 호중구의 우유 내로의 유주에도 변화를 일으킴으로서 유방염과 기타 질병에 보다 감수성이 높아질 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 유방염이나 번식장애 등의 문제를 가지고 있는 목장에서는 전체 젖소들에 대해서 β -carotene과 같은 필수적인 영양성분의 상태를 점검함으로써 부족성분을 첨가 급여해주는 것도 질병예방을 위한 좋은 방책이 될 수 있을 것이다.

결 론

항산화제로서 동물체 내에서 면역증강효과를 가지는 β -carotene의 젖소 유방염과의 상관성과 유방염에 대한 방제효과 가능성을 조사하기 위해 먼저 국내에 사육되고 있는 젖소의 혈중 β -carotene 농도를 측정하고 이를 유방염 감염여부, 비유단계, 계절 및 급여사료 형태별로 비교하였던 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유방염 감염우군의 혈중 평균 β -carotene 농도는 1.12 μ g/ml로서 정상우군의 1.82 μ g/ml 보다 낮았다($p < 0.01$).
2. 비유단계별 혈중농도는 비유기, 건유기, 분만후기의 순으로 높았으며 각각 1.73, 1.29 및 0.43 μ g/ml이었다($p < 0.05$).
3. 계절별 혈중농도는 각 개체나 목장별로 약간의 차이는 있었지만 대체적으로 봄에서 가을까지가 1.0 μ g/ml 이상이었던 반면 겨울철에는 0.70 μ g/ml의 낮은 농도를 보였으며($p < 0.05$) 특히 1월에는 0.6 μ g/ml로 그 농도가 가장 낮았다.
4. 겨울철에 건유 중인 14개 우군의 혈중 β -carotene 농도를 측정하였던 바 목장별로 차이는 있었지만 대부분의 우군이 1.0 μ g/ml 이하의 낮은 농도이었다.
5. 급여사료 형태에 따른 우군별($n = 24$) 혈중 β -carotene 농도는 조사료원으로서 볏짚만을 급여한 목장에 비해 사일리지와 알팔파 등을 혼합급여한 목장의 우군에서 더 높은 수치를 나타냈다.

참 고 문 헌

1. Erskine RJ, Bartlett PC, Herdt T, *et al.* Effects of parental administration of vitamin E on health of periparturient dairy cows. *J Am Vet Med Assoc*, 221(4): 466-469, 1997.
2. Jukola E, Hakkarainen J, Saloniemi H, *et al.* Blood selenium, vitamin E, vitamin A, β -carotene concentrations and udder health, fertility treatments, and fertility. *J Dairy Sci*, 79:838-845, 1996.
3. Chew BP, Hollen LL, Hillers JK, *et al.* Relationship between vitamin A and β -carotene in blood plasma and milk and mastitis in Holsteins. *J Dairy Sci*, 65(11): 2111-2118, 1982.
4. Oldham ER, Eberhart RJ, Muller LD. Effects of supplemental vitamin A or β -carotene during the dry period and early lactation on udder health. *J Dairy Sci*

- , 74(11):3775-3781, 1991.
5. Michal JJ, Herman LR, Wong TS, *et al.* Modulatory effects of dietary β -carotene on blood and mammary leukocyte function in periparturient dairy cows. *J Dairy Sci*, 77:1408-1421, 1994.
 6. Lodham ER, Eberhart RJ, Muller LD. Effects of supplemental vitamin A or beta-carotene during the dry period and early lactation on udder health. *J Dairy Sci*, 74:3775-3781, 1991.
 7. Watson RR, Prabhala RH, Plezia PM, *et al.* Effect of β -carotene on lymphocyte subpopulations in elderly humans: evidence for a dose-response relationship. *Am J Clin Nutr*, 53(1):90-94, 1991.
 8. Chew BP, Wong TS, Michal JJ. Uptake of orally administered β -carotene by blood plasma, leukocytes, lipoproteins in calves. *J Dairy Sci*, 71(3):730-739, 1993.
 9. Dahlquist SP, Chew BP. Effects of vitamin A and β -carotene on mastitis in dairy cows during the early dry period. *J Dairy Sci*, 69:119-125, 1985.
 10. Batra TR, Singh K, Ho SK, *et al.* Concentration of plasma and milk vitamin E and plasma beta-carotene of mastitic and healthy cows. *Int J Vitam Nutr Res*, 62(3):233-237, 1992.
 11. Wang JY, Owen FG, Larson LL. Effect of β -carotene supplementation on reproductive performance of lactating Holstein cows. *J Dairy Sci*, 71(1):181-186, 1988.
 12. Arianna C, Fred GH. Plasma carotenoid concentrations before and after supplementation with a carotenoid mixture. *Am J Clin Nutr*, 59:896-899, 1994.
 13. Rock CL. Carotenoids: biology and treatment. *Pharmacol Ther*, 75(3):185-197, 1997.
 14. Chew BP. Effects of supplemental β -carotene and vitamin A on reproduction in swine. *J Anim Sci*, 71: 247-252, 1993.
 15. Herdt TH, Stowe HD. Fat-soluble vitamin nutrition for dairy cattle. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*, 7(2):391-415, 1991.
 16. Cowan ST. Manual for the identifications of medical bacteria. 2nd ed., Cambridge University Press, London, 45-50, 1974.
 17. Jones JH. Vitamin A and carotene in blood. Vitamin Method II. Academic Press Co. New York, 279, 1951.
 18. Ralston AT, Dyer IA. Relationship of liver and plasma carotenoid and vitamin A content in cattle as affected by location and season. *J Anim Sci*, 18:865-872, 1959.
 19. 조종후, 양용관, 이광원. 우유 및 한우의 혈청중 carotenoid 및 vitamin A 함량. *Korean J Vet Res*, 13(1): 13-16, 1973.
 20. Cetinkaya N, Ozan H. Investigation of seasonal variation in cow serum retinal and beta-carotene by high performance liquid chromatographic method. *Comp Biochem physiol*, 100:1003-1008, 1991.
 21. Sutton TS, Kaeser HE, Soldner PA. Changes in the level of vitamin A and β -carotene in the blood plasma of dairy cows associated with parturition and beginning lactation. *J Dairy Sci*, 28:933-939, 1946.
 22. Goodwin TW. The comparative biochemistry of the carotenoids. Chapman and Hall Ltd. London. England. 1952.