

**BAZI ÇİFTLİK HAYVANLARININ ÜREME FONKSİYONLARI ÜZERİNE  
 $\beta$ -KAROTENİN ETKİSİ  
(Effect of  $\beta$ -Carotene on Reproductive Functions of Some Farm Animals)**

**Şevket ARIKAN<sup>1</sup>    Ö. Hakan MUĞLALI<sup>1</sup>**

1.Kırıkkale Üniversitesi Veteriner Fakültesi – Kırıkkale

**ÖZET**

Çiftlik hayvanlarının reproduktif fonksiyonları üzerine A vitamini yetersizliğinin olumsuz etkileri uzun yıllardır bilinmektedir. Bununla birlikte, son çalışmalar  $\beta$ -karotenin, A vitamininin etkisinden bağımsız olarak reproduktif fonksiyonları etkileyebileceğini ortaya koymuştur.  $\beta$ -Karoten A vitamininin ön maddesidir. Yemdeki  $\beta$ -karoten yetersizliği direkt veya indirekt olarak ovaryum fonksiyonlarını ve uterus ortamını değiştirerek östrus, gebe kalma ve gebelik gibi reproduktif parametreleri olumsuz yönde etkilemektedir. Bu derlemede inek, koyun, tavşan ve domuzların reproduktif süreçleri üzerine  $\beta$ -karotenin fonksiyonel rolü irdelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Karoten, Üreme, Ovaryum, Korpus Luteum.

**SUMMARY**

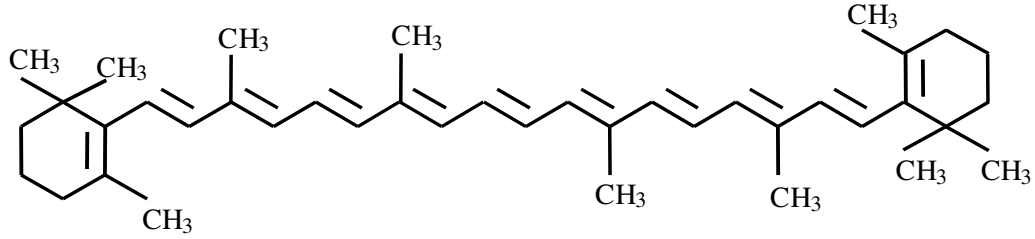
Vitamin A deficiency has long been known to affect reproductive function in farm animals. However, more recent studies are indicating that  $\beta$ -carotene may also play a role in reproduction, independent of that exerted by vitamin A.  $\beta$ -Carotene is a precursor for the vitamin A. Dietary deficiencies of  $\beta$ -carotene will decrease reproductive efficiency by directly or indirectly impairing ovarian function and the uterine environment, there by influencing oestrus, conception and pregnancy. This review focuses on the functional role of  $\beta$ -carotene in the reproductive process of bovine, sheep, rabbit and pig.

**Key words:** Carotene, Reproduction, Ovaryum, Corpus Luteum

**GİRİŞ**

Yeşil bitkilerin yapılarında bulunan karotenoidler en yaygını  $\beta$ -karotendir. Hayvanlar  $\beta$ -karoteni sentezleyemediklerinden ihtiyaç duydukları  $\beta$ -karotenin tamamını yemlerden sağlarlar. Bu nedenle serum  $\beta$ -karoten düzeyi yılın mevsimine ve yemin kompozisyonuna göre değişmektedir (17).

$\beta$ -Karoten A vitamini için temel kaynaktır.  $\beta$ -Karoten molekülünün her iki tarafında birer  $\beta$ -iyon halkası olduğu için teorik olarak, bir molekül  $\beta$ -karotenin tam ortasından kırılarak iki molekül A vitamini oluşturma potansiyeli

Şekil1.  $\beta$ -Karotenin kimyasal formülü.

vardır (Şekil 1). Özellikle bağırsak ve karaciğerde bulunan özel bir enzim ( $\beta$ -karoten 15.15' dioksijenaz) ve diğer hidrolazlar vasıtası ile organizmada bir molekül  $\beta$ -karotenin ortasından kırılması iki molekül A vitamini oluşturur. Bu nedenle A vitamini sentezi genel olarak ince bağırsak mukozası ile karaciğerde gerçekleşir (18, 47). Bunun yanı sıra korpus luteumun da  $\beta$ -karotenden A vitamini sentezleyebilme kapasitesi vardır (44).

İnek, koyun, tavşan ve domuz gibi hayvanlara yapılan  $\beta$ -karoten ilavesinin bu hayvanların üreme fonksiyonlarının performansını artırdığı pek çok araştırmacı (1, 7, 26, 36) tarafından bildirilmiştir.

### İneklerdeki Etkisi

Bu konuda yapılan ilk araştırmalar, bir molekül  $\beta$ -karotenin enzimatik yolla parçalanarak iki molekül A vitamini dönüşmesi gerçeğinden hareketle,  $\beta$ -karotenin A vitamini olarak etki etmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. 1975-78 yılları arasında Almanya da gerçekleştirilen bir dizi çalışma,  $\beta$ -karotenin A vitamininden bağımsız olarak

ineklerin üreme performansını artırıcı yönde etki ettiğini gösteren ilk çalışmadır (1, 27, 28, 41). Bu çalışmalarda, iki gruba ayrılan ineklerin hepsine metabolik ihtiyaçlarını karşılayacak dozda A vitamini verilirken, ilk grupta bulunan hayvanlar kontrol grubu olarak tutulmuş ikinci gruptaki hayvanlara ise  $\beta$ -karoten verilmiştir.  $\beta$ -Karoten verilmeyen gruptaki hayvanlar,  $\beta$ -karoten verilenlerle karşılaştırıldığında daha düşük üreme performansı gösterdikleri bildirilmiştir. Bu performans düşüklüğü: gebelik oranında azalma, daha küçük korpus luteum oluşumu, ovulasyonda gecikme, ovaryum kistlerinin görülme sıklığında artış, erken embriyonik ölümler ve abort olaylarında artış şeklinde gözükmiştir. Yukarıda bildirilen dört Alman (1, 27, 28, 41) ile bir Amerikan (47) orjinli çalışmaya göre  $\beta$ -karoten graf folikülünün gelişmesi üzerine de etki edebilmektedir. Graf folikülünün gelişimi ile ilgili bu referanslardan seçilmiş bazı sonuçlar Tablo 1'de gösterilmiştir. Öte yandan, 39 süt ineğinden elde edilen plazmanın  $\beta$ -karoten ve progesteron yönünden yapılan analizleri, progesteron ile  $\beta$ -karoten arasında pozitif bir

Tablo 1. Graf folikülünün gelişimi üzerine  $\beta$ -karotenin etkisi

| LH Piki ile Ovulasyon Aralığı (saat)             |                                       |             |
|--|---------------------------------------|-------------|
| Kontrol Grubu                                    | $\beta$ -karoten desteği yapılan grup | Referanslar |
| 44.5   | 20.7                                  | (41)        |
| 46.5   | 31.4                                  | (1)         |
| 26.0   | 24.4                                  | (47)        |
| Östrusun Başlangıcı ile Ovulasyon Aralığı (saat) |                                       |             |
| Kontrol Grubu                                    | $\beta$ -karoten desteği yapılan grup | Referanslar |
| 69.0   | 45.0                                  | (28)        |
| 52.0   | 31.0                                  | (1)         |
| 28.7   | 23.4                                  | (47)        |

korelasyonun olduğunu göstermiştir (21). Ayrıca, rasyonuna iki ay süre ile hayvan başına günlük 500 mg  $\beta$ -karoten ilave edilen ineklerden elde edilen korpus luteumların, rasyonunda  $\beta$ -karoten yetersizliği bulunan ineklerden elde edilen korpus luteumlara oranla daha fazla progesteron sentezledikleri bildirilmiştir (38).

Bilindiği üzere  $\beta$ -karotenin büyük bir kısmı kan serumunda bulunan yüksek dansiteli lipoproteinlerce (HDL) taşınmaktadır. Yapısında düşük ve yüksek konsantrasyonda  $\beta$ -karoten içeren HDL'nin luteal progesteron sentezi üzerine etkisinin in-vitro şartlarda incelendiği bir başka çalışmada (35) ise, denemelerin %50'sinde, ortamına yüksek konsantrasyonda  $\beta$ -karoten içerikli HDL ilave edilen hücrelerin, düşük konsantrasyonda  $\beta$ -karoten içerikli HDL ilave edilen hücelere oranla daha fazla progesteron salgıladıkları, ancak denemelerin %50 sinde ise istatistiki olarak önemli bir fark bulunmadığı bildirilmiştir (35).  $\beta$ -Karotenin etkisindeki bu farklılık, hücrelerin elde edildiği korpus

luteumlar arasındaki varyasyondan ve farklı hayvandan elde edilen korpus luteumların farklı miktarda  $\beta$ -karoten içeriğine sahip olmasından kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Ayrıca, hücrenin bünyesinde ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde  $\beta$ -karoten bulunması durumunda ise, hücrelerin kültür ortamına ekstradan ilave edilen  $\beta$ -karotene cevap vermemesinin mantık dahilinde olduğuna da işaret edilmiştir (35).  $\beta$ -Karotenin luteal hücre kültürlerinde olduğu gibi granuloza hücre kültürlerinde de progesteron sentezini stimule ettiği bildirilmiştir (23). Öte yandan ovaryum foliküllerinin  $\beta$ -karoteni enzimatik yolla parçalayarak retinole dönüştürme kapasitesinin de olduğu saptanmıştır (42, 43).

Kimi araştırmacılar  $\beta$ -karoten yetersizliği bulunan rasyonlarla beslenen ineklerde gebelik oranının daha düşük olduğunu bildirirken (3, 24), bunun aksine bazı araştırmacılar ise  $\beta$ -karotenin gebelik oranı üzerine etkisinin olmadığını bildirmişlerdir (47).

Süperovulasyon yapılmış 33 inekte plazma  $\beta$ -karoten konsantrasyonu ile embriyo kalitesi arasındaki ilişkinin incelendiği bir başka çalışmada ise, inekler plazmalarındaki  $\beta$ -karoten konsantrasyonu kriter alınarak (<200 veya >200  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) iki gruba ayrılmıştır. İkinci gruptaki hayvanlardan ( $\beta$ -karoten konsantrasyonu >200  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) birinci gruptaki hayvanlarla karşılaştırıldığında ( $\beta$ -karoten konsantrasyonu <200  $\mu\text{g}/\text{dl}$ ) daha fazla sayıda korpus luteum ve transfer edilmeye uygun embriyo elde edildiği ve daha az sayıda ovulasyona uğramamış folikülün bulunduğu bildirilmiştir (19).

Bilindiği üzere, yaz aylarında sıcaklık stresinden dolayı gebelik oranında düşüş görülmektedir (4). Yaz aylarında yapılan bir çalışmada, hayvan başına günlük 400 mg  $\beta$ -karoten verilen ineklerde verilmeyenlere oranla gebelik oranında artış olduğu bildirilmiş olup, aynı çalışmada  $\beta$ -karoten verilen ineklerin süt verimlerinin verilmeyenlere oranla daha iyi olduğu da saptanmıştır (2).

Kimi araştırmacılar plazma  $\beta$ -karoten konsantrasyonunun artışı ile mastitisin görülme sıklığı arasında ters bir orantının olduğunu bildirirken (8), kimi araştırmacılar ise  $\beta$ -karotenin meme sağlığı üzerine herhangi bir etkisinin olmadığını savunmuşlardır (6, 30, 34). Bunun yanı sıra yapılan çalışmalar (29, 45)  $\beta$ -karotenin üreme organının sağlığını da pozitif yönde etkileyebileceğini ortaya koymuştur. Doğumdan dört hafta sonra başlamak üzere hayvan başına günlük 600 mg  $\beta$ -karoten verilen süt ineklerinde kontrol grubu hayvanlarına oranla retensiyo sekondinarum

vakalarının daha düşük olduğu bildirilmiştir (29). Bu çalışmada kullanılan kontrol grubundaki hayvanlara,  $\beta$ -karoten yerine eşdeğeri kadar A vitamini verilmiştir. Bu noktadan hareketle oluşan etkinin,  $\beta$ -karotenin A vitamininden bağımsız olarak etkimesi sonucu oluştuğuna işaret edilmiştir (29). Ayrıca  $\beta$ -karotenin ovaryum kistlerinin görülme sıklığını azalttığı da bildirilmiştir (45).

Karoten absorpsiyonu üzerine hayvan türü ve rasyonun yapısı da etkilidir. Koyun, keçi ve domuzda karoten bağırsaktan absorbe olmadığı halde sığır ve atlarda absorbe olur. Bu nedenle sığır ve atlarda vücut yağı sarı renktedir. Sığırdaki absorpsiyon ırka bağlı olarak değişebilmektedir (32). Guernsey ve Jersey gibi sığır ırklarında karotenin pek azı A vitaminine çevrilir ve plazmada yüksek konsantrasyonda bulunur. Dolayısıyla sütle daha fazla atıldığından bu ırkların sütü daha sarı renklidir. Aynı nedenden ötürü ineklerin korpus luteumu sarı renktedir. Korpus luteumun bu rengi, yapısında bulunan yüksek konsantrasyondaki  $\beta$ -karotenden ileri gelir (22, 33, 35). Bu dokunun rengini dahi sarıya boyayacak kadar  $\beta$ -karoten içermesi pek çok araştırmacıyı  $\beta$ -karoten ile luteal fonksiyon arasındaki ilişkiyi incelemeye yöneltmiştir. Bazı vücut sıvı ve dokularındaki  $\beta$ -karoten konsantrasyonu Tablo 2' de verilmiştir.  $\beta$ -Karotenin korpus luteumda fonksiyonel bir rol oynadığına ilişkin diğer bir izlenim, korpus luteumdaki  $\beta$ -karoten miktarının luteal gelişim ve gerileme ile paralel bir tarzda artması ve azalmasıdır(40).

Tablo2. Bazı vücut sıvı ve dokularının  $\beta$ -karoten konsantrasyonu.

| Serum (20)            | Folikül sıvısı (42)    | Korpus luteum (35) | Karaciğer (49)       |
|-----------------------|------------------------|--------------------|----------------------|
| $\mu\text{g/ml}$      |                        | $\mu\text{g/g}$    |                      |
| $3.32 \pm 2.7$ (n=52) | $2.49 \pm 1.5$ (n=179) | 76.3 (n=37)        | $7.01 \pm 0.5$ (n=3) |

### Koyunlardaki Etkisi

Koyunlarda  $\beta$ -karotenin fonksiyonel rolü ile ilgili çalışmalar çok sınırlıdır. Bağırsaklarından fazla miktarda  $\beta$ -karoten emilimi olmadığından koyunların kan serumu  $\beta$ -karoten düzeyi oldukça düşük olduğu için, vücut ve süt yağı beyazdır (49).

Koyun, keçi ve ineklerin ince bağırsak mukoza tabakasından hazırlanan doku örnekleri kullanılarak enzimatik yolla  $\beta$ -karotenin retinole dönüştürülmesi de karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. Buna göre koyun bağırsağında oluşan dönüşümün inek ve keçi bağırsağına oranla iki kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Bu hayvanların bağırsaklarındaki  $\beta$ -karotenin dönüşümü ile karaciğerde bulunan retinol konsantrasyonu arasında doğrusal bir orantının olduğu bildirilmiştir (48).

Başka bir araştırmada ise, kas içi verilen  $\beta$ -karotenin koyunların üreme fonksiyonlarını arttırdığı bildirilmiş olup, kan serumu  $\beta$ -karoten konsantrasyonunun verilen doz ile paralel bir şekilde arttığı gösterilmiştir (36). Buna rağmen  $\beta$ -karotenin koyunların üreme fonksiyonları üzerine olan etkisinin açıklığa kavuşturulması için daha fazla ve daha detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır.

### Tavşanlardaki Etkisi

Üzerinde daha kolay çalışılabilen bir hayvan olması nedeniyle  $\beta$ -karotenin tavşanların üreme fonksiyonları üzerine olan etkisi daha detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda bileşiminde yeterli miktarda A vitamini bulunan hazır yemlere  $\beta$ -karoten ilave edilerek (40 mg/kg) deneme grubundaki hayvanlara verildiğinde, bu hayvanların üreme ile ilgili seçilmiş bazı parametrelerinde önemli artışların sağlandığı görülmüştür (Tablo 3, deneme 1) (25). Yine aynı araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen ikinci bir çalışmada da, bileşiminde yeterli miktarda A vitamini bulunan hazır yemler kullanılmıştır. Fakat bu kez birinci denemeden farklı olarak, kontrol grubundaki hayvanların yemlerine ilave A vitamini katılmıştır. Bu denemede de birinci denemede olduğu gibi  $\beta$ -karoten verilen grubun daha iyi bir üreme performansı gösterdiği saptanmıştır (Tablo-3, deneme 2) (26). İkinci denemenin sonuçları araştırmacıları, bu etkinin direk  $\beta$ -karoten tarafından, yani  $\beta$ -karotenin A vitaminine dönüşebilme kapasitesinden bağımsız olarak gerçekleşmiş olabileceği sonucuna varmasına yol açmıştır (25, 26). Tavşanlara uygulanan embriyo transferi programında



Tablo 3.  $\beta$ -Karoten ilavesinin tavşanlarda seçilmiş bazı reproduktif parametreler üzerine etkisi\*

|  | Deneme I |                                     | Deneme II                                   |                                     |
|--|----------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
|  | Kontrol  | $\beta$ -Karoten<br>(40 $\mu$ g/kg) | Kontrol<br>(30.000 IU<br>A vitamini<br>/kg) | $\beta$ -Karoten<br>(40 $\mu$ g/kg) |
| Gebe kalma oranı (%)   | 81       | 88                                  | 77  | 83                                  |
| Bir batında canlı doğan yavru sayısı ortalaması                      | 5.87     | 6.4                                 | 7.05  | 7.25                                |
| Doğumdan 3 hafta sonra canlı kalan yavru sayısı. Her grupta (toplam) | 253      | 361                                 | 262   | 343                                 |
| Her batında (ortalama)   | 4.42     | 5.43                                | 5.18  | 5.80                                |
| Doğumdan 3 hafta sonra yavruların ağırlıkları ortalaması (g)         | 368      | 347                                 | 334   | 337                                 |
| Karaciğer A vitamini miktarı (IU/karaciğer)                          | 14.12    | 62.34                               | 186.40                                      | 54.49                               |

\*Veriler birbirini izleyen 7 gebelik periyodunun ortalamasıdır. Bu tablo Kormann ve arkadaşlarının (26) elde ettiği sonuçlar kullanılarak oluşturulmuştur.

$\beta$ -karotenin, üreme fonksiyonları ile ilişkili seçilmiş otuz kriter üzerine etkisi incelendiğinde,  $\beta$ -karotenin (40 mg/ml) üreme ile ilgili bu parametrelerin çoğuna herhangi bir etkisinin olmadığı, ancak, süperovulasyon yapılmış vericilerin ovaryum ağırlıkları, doğan toplam yavru sayısı, canlı doğan yavru sayısı ve embriyoların hayatta kalabilme şanslarının  $\beta$ -karoten tarafından pozitif yönde etkilendiği bildirilmiştir (5).

#### Domuzlardaki Etkisi

Domuzların tükettikleri yemlerde  $\beta$ -karoten düzeyi genellikle çok düşük olduğundan bu hayvanlarda diğer hayvanlara oranla A vitamini yetersizliğinin görülme sıklığı daha fazladır (16, 37). Domuzlarda sindirim kanalına ulaşan  $\beta$ -karotenin büyük bir

miktarı bağırsak mukozası tarafından A vitaminine dönüştürüldükten sonra emilmektedir (31). İneklerde çok az olan bu dönüşüm nedeniyle sindirim kanalına ulaşan  $\beta$ -karotenin çoğu direk olarak dolaşıma dahil olmaktadır (39). Bu nedenle, bir karşılaştırma yapıldığında domuz korpus luteumu inek korpus luteumuna oranla çok daha az miktarda  $\beta$ -karoten içerir (9). Öte yandan  $\beta$ -karotenin kandaki yarılanma süresi de inekte domuzla oranla çok daha uzundur. Bu süre ineklerde 5.5 gün iken domuzlarda 1 gündür (13, 14).

Tohumlama gününden başlamak üzere hayvan başına günlük 16.4 mg kas içi  $\beta$ -karoten enjeksiyonu yapılan domuzlarda, uterus salgısından sorumlu proteinlerin üretimi ile  $\beta$ -karoten arasında bir ilişkinin varlığı araştırılmış olup, gebeliğinin 15. gününde  $\beta$ -

karoten enjeksiyonu yapılan hayvanlarda, uterusun bu proteinleri sentezleme oranının, yapılmayanlara oranla daha fazla olduğu gösterilmiştir. Bu sonuç, uterus proteinlerinin embriyonun canlılık oranını etkileyebileceği kanısına varılmasına yol açmıştır (10).

Domuzların üreme fonksiyonları ile ilgili çeşitli parametreler üzerine, kas içi yolla enjekte edilen  $\beta$ -karotenin (32.6 mg/gün) etkisinin incelendiği bir başka araştırmada ise,  $\beta$ -karoten verilen hayvanlarda, bir batında doğan yavru sayısı ve yavru doğum ağırlığında artma ile embriyo ölümlerinde düşüş olduğu bildirilmiştir (7). Bu sonuçlar daha sonra başka araştırmacılar tarafından da desteklenmiştir (15). Bir başka çalışmada ise, kas içi olarak hayvan başına, günlük 300 mg  $\beta$ -karoten ilavesinden sonra hayvanların hem ovaryum ve hem de korpus luteumlarında önemli miktarda  $\beta$ -karoten birikimi olduğu ortaya konmuştur (11, 12).

#### KAYNAKLAR

1. Ahlswede L, Lotthammer K-H (1978) *Untersuchungen Über Eine Spezifische, Vitamin A Unabhaengige Wirkung des  $\beta$ -Carotens Auf Die Fertilitaet des Rindes. 5. Mitteilung: Blutserumuntersuchungen. Deutsche Tierarztliche Wochenschr, 85: 7-12.*
2. Arechiga CF, Staple CR, Mcdowell LR, Hansen PJ (1998) *Effects of Timed Insemination and Supplemental  $\beta$ -Carotene on Reproduction and Milk Yield of Dairy Cows under Heat Stress. Journal of Dairy Science, 81: 390-402.*
3. Ascarelli I, Edelman Z, Rosenberg M, Folman, Y (1985) *Effect of Dietary Carotene on Fertility of High-Yielding Dairy Cows. Animal Production, 40: 195-207.*
4. Badinga L, Collier R., Thatcher WW, Wilcox CJ (1985) *Effects of Climatic and Management Factors on Conception Rate of Dairy Cattle in Subtropical Environments. Journal of Dairy Science, 68: 78-85.*
5. Besenfelder U, Solti L, Seregi J, Brem G, (1993) *Influence of  $\beta$ -Carotene on Fertility in Rabbits When Using Embriyo Transfer Programs. Theriogenology, 39: 1093-1109.*
6. Bindas EM, Gwazdauskas FC, Aiello RJ, Herbein JH, McGilliar ML, Polan CE (1984) *Reproductive and Metabolic Characteristics of Dairy Cattle Supplemented with  $\beta$ -Carotene. Journal of Dairy Science, 67: 1249-1255.*
7. Brief S, Chew BP (1985) *Effects of Vitamin A and  $\beta$ -Carotene on Reproductive Performance*

Öte yandan domuz karpus luteumları kullanılarak hazırlanan lütal hücre kültürlerine ayrı ayrı ilave edilen retinol, retinoik asit ve  $\beta$ -karotenin hepsinin de bu hücreler tarafından sentezlenen progesteron miktarını artırdığı bildirilmiştir (46). Bütün bu sonuçlar, ovaryum fonksiyonlarının düzenlenmesi için  $\beta$ -karotenin oynadığı direk rolün bir göstergesi olup,  $\beta$ -karotenin, üreme performansı üzerine olan bu etkisinin muhtemelen uterus ortamını ve/veya ovaryum ve uterus hormon sentezini etkileyerek gerçekleştirdiği düşünülmektedir.

#### SONUÇ

Yapılan çok sayıda araştırmaya rağmen, üreme ile ilgili belirli fonksiyonların düzenlenmesinde  $\beta$ -karotenin direk olarak mı yoksa A vitaminine çevrilerek indirek olarak mı etki ettiği henüz tam olarak açıklığa kavuşturulamamış olup, çalışmaların hücresel düzeyde yoğunlaştırılması konunun daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır.



- in *Gilts*. Journal of Animal Science, 60: 998-1004.
8. **Chew BP, Hollen LL, Hillers JK Herlugson ML**, (1982) *Relationship between Vitamin A and  $\beta$ -Carotene in Blood Plasma and Milk and Mastitis in Holsteins*. Journal of Dairy Science, 65: 2111-2118.
  9. **Chew BP, Holpuch DM, O'Fallon JV** (1984) *Vitamin A and  $\beta$ -Carotene in Bovine and Porcine Plasma, Liver, Corpora Lutea, and Follicular Fluid*. Journal of Dairy Science., 67: 1316-1322.
  10. **Chew BP, Rasmussen H, Pubols MH, Preston RL** (1982) *Effects of Vitamin A and  $\beta$ -Carotene on Plasma Progesterone and Uterine Protein Secretions in Gilts*. Theriogenology, 18: 643-654.
  11. **Chew BP, Szenci O, Wong TS, Gilliam VL, Hope PP, Coelho MB**, (1994) *Uptake of  $\beta$ -Carotene by Plasma, Follicular Fluid, Granulosa Cells, Luteal Cells and Endometrium in Pigs after Administering Injectable  $\beta$ -Carotene*. Journal of Animal Science, 72 suppl. 1: 100.
  12. **Chew BP, Szenci O, Wong TS, Gilliam VL, Hoppe PP, Coelho MB** (1994) *Subcellular Distribution of  $\beta$ -Carotene in Ovarian Luteal Cells of Pigs Injected with  $\beta$ -Carotene*. Journal of Animal Science, 72 (Suppl.): P.100.
  13. **Chew BP, Wong TS, Michal JJ** (1993) *Uptake of Orally Administered  $\beta$ -Carotene by Blood Plasma, Leukocytes, and Lipoproteins in Calves*. Journal of Animal Science, 71: 730-739.
  14. **Chew BP, Wong TS, Michal JJ, Standaert FE, Heirman LR** (1991) *Kinetic Characteristics of  $\beta$ -Carotene Uptake after an Injection of  $\beta$ -Carotene in Pigs*. Journal of Animal Science, 69: 4883-4891.
  15. **Coffey MT, Britt JH** (1993) *Enhancement of Sow Reproductive Performance by  $\beta$ -Carotene or Vitamin A*. Journal of Animal Science, 71: 1198-1202.
  16. **Czarnecki R, Iwanska S, Falkowska A, Delikator B, Karmelita M, Pycio Z** (1992) *Effect of  $\beta$ -Carotene Containing Caromix on Reproductive Performance of Primiparous Sows*. World Review of Animal Production, 27: 27-30.
  17. **Çetinkaya N, Özcan H** (1991) *Investigation of Seasonal Variations in Cow Serum Retinol and  $\beta$ -Carotene by High Performance Liquid Chromatographic Method*. Comparative Biochemical Physiology, 100A: 1003-1008.
  18. **Goodman DS, Olson JA** (1969) *The Conversion of All Trans- $\beta$ -Carotene into Retinal*. Methods in Enzymology, 15: 462-475.
  19. **Goto K, Kajisa O, Ezoe K, Nakanishi Y, Ogawa K, Tasaki M, Ohta H, Inohae S, Tateyama S, Kawabata T** (1989) *Relationship between Plasma  $\beta$ -Carotene Concentration and Embryo Quality in Seperovulated Japanese Black Cattle*. Memoirs of the Faculty of Agriculture, Kagoshima University. 25: 113-117.
  20. **Graves-Hoagland, RL, Hoagland TA, Woody CO** (1988) *Effect of  $\beta$ -Carotene and Vitamin A on Progesterone Production by Bovine Luteal Cells*. Journal of Dairy Science, 71: 1058-1062.
  21. **Graves-Hoagland RL, Hoagland TA, Woody CO** (1989) *Relationship of Plasma  $\beta$ -Carotene and Vitamin A to Luteal Function in Postpartum Cattle*. Journal of Dairy Science, 72: 1854-1858.
  22. **Holt AJ, Rodway RG, Findlay JBC, Sands H, Batchelder DN** (1995) *Studies on  $\beta$ -Carotene in Bovine Corpus Luteum*. Journal of Reproduction and Fertility, Abstract Series No 15: 46-47.
  23. **Inaba T, Mezan M, Shimizu R, Ono T, Mori J** (1987) *Effects of  $\beta$ -Carotene and Vitamin A on Progesterone Production by Cultured Bovine Granulosa Cells*. Japanese Journal of Veterinary Science, 49:1021-1025.
  24. **Jackson PS** (1981) *A Note on a Possible Association between Plasma  $\beta$ -Carotene Levels and Conception Rate in a Group of Winter-Housed Dairy Cattle*. Animal Production, 32: 109-111.
  25. **Kormann AW, Schlachter M** (1984) *Preliminary Trials Concerning Growth and Reproduction of Rabbits on Variable Supplementation of  $\beta$ -Carotene and Vitamin A*. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> World Rabbit Congress, Rome, Italy, 1: 467-474.
  26. **Kormann AW, Riss G, Weiser H** (1989) *Improved Reproductive Performance of Rabbit Does Supplemented with Dietary  $\beta$ -Carotene*. Journal of Applied Rabbit Research, 12: 15-21.

27. **Lotthammer KH, Ahlswede L** (1977) *Üntersuchungen Über Eine Spezifische, Vitamin A Unabhaengige Wirkung des  $\beta$ -Carotens Auf Die Fertilitaet des Rindes. 3. Mitteilung: Blutserumuntersuchungen.* Deutsche Tierarztliche Wochenschr, 84: 220-226.
28. **Meyer J, Ahlswede L, Lotthammer KH** (1975) *Üntersuchungen Über Eine Spezifische, Vitamin A Unabhaengige Wirkung des  $\beta$ -Carotens Auf Die Fertilitaet des Rindes. 1. Mitteilung: Versuchsanstellung Korperentwicklung Und Eierstocksfunktion.* Deutsche. Tierarztliche Wochenschr, 82: 444-449.
29. **Michal JJ, Chew BP, Wong TS, Heirman LR, Standaert FE** (1990) *Effect of Supplemental  $\beta$ -Carotene on Blood and Mammary Phagocyte Function in Peripartum Dairy Cows.* Journal of Dairy Science, 73 (Suppl. 1): 149.
30. **Michal JJ, Heirman LR, Wong TS, Chew BP** (1994) *Modulatory Effects of Dietary  $\beta$ -Carotene on Blood and Mammary Leukocyte Function in Periparturient Dairy Cows.* Journal of Dairy Science, 77: 1408-1421.
31. **Nagao A, During A, Hoshino C, Terao J, Olson JA** (1996) *Stoichiometric Conversion of All Trans  $\beta$ -Carotene to Retinol by Pig Intestinal Extract.* Archives of Biochemistry and Biophysics, 328: 57-63.
32. **Newman S-AN, Knight TW, O'Neill KT, Death AF, Ridland M** (1994). *Effect of Breed on Plasma Carotene Concentration in New Zealand Dairy Heifers.* Proceedings of New Zealand Society Animal Production, 54:119-120.
33. **O'Fallon JV, Chew BP** (1984) *The Subcellular Distribution of  $\beta$ -Carotene in Bovine Corpus Luteum.* Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 177: 406-411.
34. **Oldham ER, Eberhart RJ, Muller LD** (1991) *Effects of Supplemental Vitamin A or  $\beta$ -Carotene During the Dry Period and Early Lactation on Udder Health.* Journal of Dairy Science, 74: 3775-3781.
35. **O'Shaughnessy PJ, Wathes DC**, (1988) *Bovine Luteal Cell Activity in Culture. Maintenance of Steroidogenesis by High Density Lipoprotein Containing High or Low  $\beta$ -Carotene Concentrations.* Animal Reproduction Science, 17: 165-176.
36. **Özpnar H, Özpnar A, Bilal T, Türkalp I, Firat A** (1995) *Pharmacokinetics of Intramuscular Administered  $\beta$ -Carotene and Its Effects on Reproduction in Sheep.* Wiener Tierarztliche Monatsschrift, 82: 229-231.
37. **Paschma J, Plonka S, Mandecki A, Drozdza W** (1993) *The Effect of  $\beta$ -Carotene Supplement in a Diet on the Reproductive Performance in Sows.* Roczniki Nauk. Zootechniki, 20: 259-265.
38. **Pethes G, Horvath E, Kulcsar M, Huszenicza G, Somorjai G, Varga B, Haraszti J** (1985) *In Vitro Progesterone Production of Corpus Luteum Cells of Cows Fed Low and High Levels of  $\beta$ -Carotene.* Zentralbl. Veterinarmedizine. Rehia A, 32: 289-296.
39. **Poor CL, Bierer TL, Merchen NR, Fahey GC, Erdman JW** (1993) *The Accumulation of  $\alpha$ - And  $\beta$ -Carotene in Serum and Tissues of Preruminant Calves Fed Raw and Steamed Carrot Slurries.* Journal of Nutrition, 123: 1296-1304.
40. **Rapoport R, Sklan D, Wolfenson D, Shaham-Albalancy A, Hanukoglu I** (1998) *Antioxidant Capacity is Correlated with Steroidogenic Status of the Corpus Luteum During the Bovine Oestrous Cycle.* Biochimica et Biophysica Acta, 1380: 133-140.
41. **Schams D, Hoffmann B, Lotthammer KH, Ahlswede L** (1977) *Üntersuchungen Über Eine Spezifische, Vitamin A Unabhaengige Wirkung des  $\beta$ -Carotens Auf Die Fertilitaet des Rindes. 4. Mitteilung: Auswirkung auf Hormonale Parameter Waehrend des Zyklus.* Deutsche. Tierarztliche Wochenschr, 84: 307-310.
42. **Schweigert FJ, Zucker H** (1988) *Concentrations of Vitamin A,  $\beta$ -Carotene and Vitamin E in Individual Bovine Follicles of Different Quality.* Journal of Reproduction and Fertility, 82: 575-579.
43. **Schweigert FJ, Wierich M, Rambeck WA, Zucker H**(1988) *Carotene Cleavage Activity in Bovine Ovarian Follicles.* Theriogenology, 30: 923-930.
44. **Sklan D** (1983) *Carotene Cleavage Activity in the Corpus Luteum of Cattle.* International

- Journal of Vitamin and Nutrition Research, 53: 23-26.
45. **Stowe HD** (1984)  *$\beta$ -Carotene and Bovine Reproduction*. Compendium of Continuing Education for the Practising Veterinarian, 6: 167-175.
46. **Talavera F, Chew BP** (1988) *Comparative Role of Retinol, Retinoic Acid and  $\beta$ -Carotene on Progesterone Secretion by Pig Corpus Luteum In Vitro*. Journal of Reproduction and Fertility, 82: 611-615.
47. **Wang JY, Larson LL, Owen FG** (1982) *Effect of  $\beta$ -Carotene Supplementation on Reproductive Performance of Dairy Heifers*. Theriogenology, 18: 461-473.
48. **Yang A, Tume RK**(1993) *A Comparison of  $\beta$ -Carotene-Splitting Activity Isolated from Intestinal Mucosa of Pasture-Grazed Sheep, Goats and Cattle*. Biochemistry and Molecular Biology International, 30: 209-217.
49. **Yang A, Larsen TW, Tume RK** (1992) *Carotenoid and Retinol Concentrations in Serum, Adipose Tissue and Liver and Carotenoid Transport in Sheep, Goats and Cattle*. Australian Journal of Agricultural Research, 43: 1809-1817.