

## Derleme: Koyunlarda Yapağı Özelliklerine Etkili Olan Keratin İle İlişkili Protein Genleri

Emine MUTLU<sup>1\*</sup>, Deniz DİNÇEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Veteriner-Genetik A.D., Bursa, Türkiye

<sup>2</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Genetik A.D., Bursa, Türkiye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-6260-4497>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-8015-9032>

\*Sorumlu yazar: mutluemine26@gmail.com

### Derleme

#### Makale Tarihçesi:

Geliş tarihi: 02.01.2024

Kabul tarihi: 07.02.2024

Online Yayınlanma: 08.03.2024

#### Anahtar Kelimeler

Koyun

Keratin

Yün folikülü

Yapağı

KAP

### ÖZ

Koyun yapağısının değeri, geçmişten günümüze yapısı ve genetiği ile ilgili kapsamlı araştırmalara ilham vermiştir. Keratin ile ilişkili proteinler (*KAP*'lar) yapağı liflerinin en önemli yapısal bileşenleridir. Bu protein genlerinin ekspresyonunun belirlenmesi, düzenlenmesi ve karakterizasyonu moleküler gelişmelerle hızla ilerlemiştir. Bu derlemede, *KAP* genlerindeki genetik varyasyon ile lif özellikleri arasındaki potansiyel ilişki incelenmiş ve *KAP* genlerinin daha kaliteli yapağı üretmek için koyun yetiştiriciliğinde seleksiyon için bir belirteç olarak kullanımı değerlendirilmiştir. Bu çalışma, son on yılda yüksek kaliteli yapağı verimi ve kaliteli yapağı üretimi ile koyun ırklarının ıslahı ile ilgili *KAP* genleri hakkındaki literatürün bir derlemesini sunmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, bu gen ailelerinin genotipik önemine dikkat çekilmesi amaçlanmıştır.

## A Review: Keratin-Related Protein Genes Affecting Wool Traits in Sheep

### Reviews

#### Article History:

Received: 02.01.2024

Accepted: 07.02.2024

Available online: 08.03.2024

#### Keywords:

Sheep

Keratin

Wool follicle

Fleece

KAP

### ABSTRACT

The value of sheep fleece has inspired extensive research into its structure and genetics from the past to the present. Keratin-associated proteins (*KAPs*) are the most important structural components of fleece fibres. The determination of expression, regulation, and characterization of these protein genes has been rapidly advanced by molecular advances. In this review, the potential relationship between genetic variation in *KAP* genes and fibre traits was examined and the use of *KAP* genes as a marker for selection in sheep breeding to produce higher-quality fleece was evaluated. The present study aims to provide a review of the literature on the *KAP* genes related to the breeding of sheep breeds with high-quality fleece yield and quality fleece production in the last decade. In this way, it is aimed to draw attention to the genotypic importance of these gene families.

**To Cite:** Mutlu E, Dinçel D., 2024. Derleme: Koyunlarda yapağı özelliklerine etkili olan keratin ile ilişkili protein genleri.

Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(1): 285-302.

## **Giriş**

### **Koyunculuk ve Yapağı**

İnsan ve hayvan arasında asırlar boyu gözlenen birliktelik beslenme ve korunma odaklı gibi değerlendiriliyor olsa da dönemin ihtiyaçlarına göre şekillendiği açıkça görülmektedir. Bu durum Rast-Eicher (2014) tarafından toplumlarda meydana gelen değişimlerin hayvansal ürün taleplerinde değişiklik yaptığı görüşüyle ifade edilmiştir. Benzer şekilde Sallaberger (2014) ile Tümertekin ve Özgüç (2013) ilk radikal değişikliğin avcı bir toplumun yerleşik hayata geçip tarım ve hayvancılık faaliyetleriyle uğraşmaya başlaması sonucu yapıldığını ifade etmişlerdir. Diğer yandan insanların koyunculukta elde ettikleri deneyimlerine etkili olan temel faktörlerden birisi tarımsal alanların bitkisel üretime elverişsiz olmasıdır.

Koyunun eski Yakın Doğu'da evcilleştirildiği, üretim unsurlarından biri olan yapağının Mezopotamya'da yolculuğuna başladığı bilirse de insan hareketliliği koyunun diğer kıtalara yayılmasını kolaylaştırmıştır (Ryder ve ark., 1964). MÖ 4000 yılında yapağının bir ticaret aracı olarak kullanıldığı, yapağının ilk kentsel toplumlardan evrensel imparatorluklara kadar ekonomide şekillendirici bir gücü olduğu, parasal olmayan ekonominin para birimi haline geldiği ifade edilmektedir (Michel & Breniquet 2014; Koyuncu 2019). Öz (2014)'e göre yapağının kıymetli bir armağan olarak görülmesi, saraylarda özel depolarda saklanması günümüze göre yapağının daha kıymetli olduğunu göstermektedir. Yapağının bu kadar değerli olmasının sebebinin her yönüyle muadilinin olmaması olduğu düşünülürken; bugün geri planda kalmasının birçok nedeni olmasına rağmen suni elyafın tekstilde yoğun bir şekilde kullanılması en önemlilerindedir (Öz, 2014).

Tarımsal planlamada koyun yetiştiriciliğinin yüksek talep görme nedenleri; kurak iklim koşullarında ve meralarda yetiştiriciliğinin yapılabilir olması, kuru tarım yapılan bölgelerde tarla ürünlerinin hasadından sonra anızın değerlendirilmesi, yapağı örtüsüne sahip olmaları nedeniyle barınak gereksinimlerinin daha ucuz olması, et, süt, yapağı gibi ürünlerin elde edilebilirliği ve işletmeye yarar sağlaması, gübresinin bitkileri beslemesi için kullanılması, generasyonlar arası sürenin daha kısa olması nedeniyle hızlı üremesi olarak sıralanabilir (Koyuncu, 2019).

Ülkemizde mevcut durum değerlendirildiğinde kentleşme oranının artması, mera alanlarının daralması ve tekstil sanayinde yapay liflerin kullanılması, yapağı üretiminin teşvik edilmemesi, yerli ırklardan elde edilen yapağının kalitesinin düşük olması, tekstil sanayisinin ihtiyacı olan bir örnek ince yapağının temin edilememesi sanayicileri yapağı ithalatına itmiştir.

Düzgüneş (1973) yapağı kalitesini incelik ve tek-tip yapı ile ilişkilendirirken; Koyuncu'ya (2019) göre ise incelik; yapağı kalitesinin ilk koşulunu oluşturmaktadır ve yapağı incelidikçe kalite ve fiyatının artacağı da belirtilmektedir.

Yapağının kalite özelliklerinde incelik, uzunluk ve ondülasyon gibi morfolojik özelliklerinin yanı sıra elastikiyet, mukavemet, keçelenme kabiliyeti, yumuşaklık, sertlik, sıklık, randıman, renk, bir örneklik, parlaklık ve rutubeti emme gibi fiziksel özellikleri de bulunmaktadır (Simm ve ark., 2022). Yapağı miktarı koyunların yaş, ırk, cinsiyet, beslenme ve vücut ağırlığı faktörlerine göre değişmekle birlikte 2-5 kg arasında yapağı elde edilebileceği bildirilmiştir (Simm ve ark., 2022). Yapağının en önemli özelliklerinden olan lif çapı ise yapağı kalitesi tayininde önemli düzeyde rol oynamaktadır. Lif çapı kaba yapağılarda genellikle 10-70 mikron, ince yapağı da ise 10-30 mikron arasındadır. Yapağı kalite tayininde birçok ülkede farklı sistemler uygulandığı bilinmektedir. Ancak günümüzde en yaygın olarak kullanılan sistem İngilizler tarafından geliştirilen Bradford Sortiman (Spinning Count) sistemidir ve Tablo 1'de sistemin değerlendirme skalası sunulmuştur.

**Tablo 1.** İngiliz Bradford Sortiman sisteminde yapağı kalite tayin özellikleri (Simm ve ark., 2022).

İNGİLİZ BRADFORD	ABD KAN DERECELERİ	ALMAN HARF	UZUNLUK (CM)	İNCELİK (MİKRON)
80S	EN İNCE	AAAAA	2--3	<18
70S	İNCE	AAAA	3--5	19-20
64S	ORTA İNCE	AAA	5--8	21-22
62S	YÜKSEK YARIM KAN	AA	6--8	23-24
60S	YARIM KAN	A	8--10	25-26
58S	3/8 KAN	AB	10--12	27-28
56S	YÜKSEK KAN	B	10--12	29-30
50S	1/4 KAN	C	12--15	21-37
48S	1/4 KAN	D	12--15	38-45
46S	DÜŞÜK KAN	E	15-18	46-60
44S	ADİ	EE	16-18	61-62
40S	KABA KIL	F	18-20	>62

Yapağının sortiman tayini esas alındığında genel olarak 5 sınıfa ayrılıp incelenmektedir. Merinos tipi yapağı dendiğinde 58'S kalitesinden 90'S kalitesine kadar geniş bir aralıkta kalın, orta ve ince olarak sınıflandırılabilen fazla kıvrımlı ve yüksek keçeleşme özelliği olan yumuşak elbiselik kumaş üretiminde tercih edilen ince yapağı tipi belirtilmektedir (Simm ve ark., 2022).

Vasat veya orta yapağı tipinde ise daha az kıvrım bulunurken; 46'S ile 60'S arasındaki sınıflandırmaya girmektedir. Elbise ve battaniye kumaşı yapımında kullanılan orta kalite yapağlar genellikle yerli İngiliz ırklarından elde edilmektedir. Uzun tip yapağlar 18-23 cm arasında olan ve 44-50'S kalitesinde bulunup genellikle palto ve pardösü kumaşlarında, keçe yapımında kullanılan yapağı tipidir. Merinos ve yerel ırkların melezinden elde edilen orta ince sınıfa uygun; 48-60'S kalitesinde bulunan kamgarn kumaş yapımında kullanılan sınıfı ifade etmektedir. Çeşitli koyun ırklarından üretilen ince, vasat ve uzun liflerin yanında kemp kıllarını da içeren ve bu özelliği sebebiyle boyar madde ile temas ettirildiğinde boyayı ememeyen yapıda bulunan tip ise halı tipi yapağı olarak sınıflandırılmaktadır. Genellikle kemp kılı bulunduran bu yapağlar; örtü, döşemelik ve keçe yapımı için kullanılan ipliklerin yapımında kullanılır. Tablo 2'de yapağının sınıflandırılması ve kullanım alanları verilmiştir (Simm ve ark., 2022).

**Tablo 2.** Irklara göre yapağının sınıflandırılması ve kullanım alanları (Simm ve ark., 2022)

Yapağı Sınıfı	Elyaf Çapı	Irklar	Kullanım Alanı
İnce	25'e Kadar	Merinos, Porlwarth	Triko, Yüksek Kalite Kumaş
Orta	25-30	Corridale, Romney, Coopworth	Tekstil, Orta Kalite Kumaş
Kaba	30'un Üstü	Borderleicester, Drydale, Tudidale	Tekstil, Mobilya Kumaşı, Ağır Gramaj
Halı	Ortalama 40	Carpetmaster, Eliotdale, Scottish Blackface	Halı, Döşemelik Dolgu

### Yapağının Yapısı ve Kullanım Alanları

Yapağının geleneksel kullanım alanları olarak nitelendirilen konfeksiyon, ev tekstili, halıcılık, döşemecilik ile tıbbi tekstiller, geotekstiller, zirai tekstiller, teknik tekstiller gibi geleneksel kullanım alanlarının yanı sıra, akıllı materyaller, koruyucu giysiler, izolasyon-yalıtım, organik gübre ve hayvan örtüleri gibi yeni ve modern alanlarda da yaygın kullanım alanı bulunduğu görülmektedir. Yapay liflerden elde edilen tekstil ürünlerine göre yapağının daha sağlıklı olması özellikle konfeksiyon alanında kullanım oranını arttırmaktadır. Johnson ve ark. (2003) yapağının kendi yapısıyla ilişki olan fiziksel ve kimyasal özelliklerinden sıcak ve soğuğu tutma, nefes alabilirliği, nem ve koku emme gücü ile esnekliği gibi parametreler sebebiyle tekstil ve dokumacılıkta daha sağlıklı ve tercih edilebilir olduğunu belirtmektedir. Yapağının döşemecilik, halıcılık ve ev tekstilinde yaygın kullanımı yine yapağının özelliklerinden olan kirlenme ve lekelenmeye karşı dayanıklılığı ile yanmaya karşı dirençli oluşuyla ilgilidir. Yapağının toprak örtüsü veya tarım teknik tekstili olarak kullanılması geotekstil olarak adlandırılırken; yapağı lifinin sargı, basınçlı bandaj, yara örtüsü yapımında kullanılması tıbbi

olarak da medikal alanda kullanıldığının ifadesidir (Bahtiyari ve ark., 2008). Isıyı sabit tutabilme özelliği sayesinde doğal bir sıcaklık tamponlama sistemi olarak kullanılabilir olması sayesinde enerji tasarrufu amacıyla yalıtım maddesi olarak tercih edilmektedir (Johnson ve ark., 2003). Tarımsal bakış açısı ile değerlendirildiğinde yapağının azot, kükürt ve karbon içeren keratin yapıdan oluşması ve bunun yanında yıkanmış yapağının değerli ve çevre dostu denilebilecek gübre olarak kullanılabilmesi bitki beslemesindeki önemli yönünü göstermektedir (Tümertekin ve ark.,2013; Olfaz ve ark., 2015).

### **Yapağının Genetiği**

Yapağının kalitesini genetik ve çevresel faktörler etkilemektedir. Hayvanın genotipi yapağının kalitesini etkileyen en önemli faktör olmasına rağmen aynı ırkın bireyleri arasında da yapağı üretimi ve kalitesi açısından farklılıklar bulunmaktadır (Khan ve ark., 2012). Yapağının genetik olarak incelenmesiyle birlikte kalite ve miktarını etkileyen temel özelliğinin folikül yoğunluğu olduğu ifade edilmektedir (Doyle ve ark., 2021). Diğer yandan yüksel folikül yoğunluğu daha düşük ortalama lif çapı ile ilişkililikten daha düşük temiz yapağı ağırlığını etkilemektedir. Dolayısıyla genotip farklılıkları ile ifade edilen yapağı özellikleri arasında negatif korelasyon bulunmaktadır. Bu bağlamda yüksek yapağı verimine sahip koyunların genetik altyapısının belirlenmesinin yetiştiricilere avantaj sağlayacağı ve kapsamlı seleksiyon stratejilerinin oluşturulmasında önemli rol oynayacağı düşünülmektedir (Doyle ve ark., 2021). Merinos ırkı koyunlarının yapağı verimi hususunda üstün ırk olarak sınıflandırılmasının sebebi derilerinde düz ve derin folikül bulundurmalarıdır (Doyle ve ark., 2021). Islah stratejilerinde folikül sayısında arttırım gözetmeden yüksek yapağı üretimi elde edebilmek için lif üretim hızı arttırılmalıdır. Lif yapısı ve folikül özellikleri seçim yapılarak değiştirilebilecek kalıtsal özelliklerdendir. Yapağı folikülünün temel lif üretim bölgeleri bulunmaktadır. Bunlar; folikül soğanı, keratinizasyon bölgesi ve sertleşme bölgesidir. Hücrelerin hızla çoğaldığı bölge folikül soğanı olarak isimlendirilir ve çoğalan hücreler yüksek kükürt içeriğine sahip olduğu bilinen amino asit proteini olan keratini hızla sentezler. Keratin, çevresinde bulunan kan damarlarındaki amino asitlerden sentezlenip yapıya uygun taşıma sistemleri ile hücrelere dağıtılır. Yapağı proteinleri gen ifadesi kapsamında transkripsiyon ve translasyon mekanizmaları sayesinde memeli hücrelerinde olgunlaştırılır. Hücreler keratinizasyon bölgesinin son kısmına doğru ilerledikçe dış kılıf kuruyarak sertleşmeye başlar. Sertleşme keratin ilişkili proteinlerin yapısında bulunan sisteinlerin kükürt ile disülfid bağı kurmasının bir sonucu olarak gerçekleşir (Doyle ve ark., 2021).

## Keratin Genleri

Yapağı lifinin temel yapısal bileşeni olan keratinler koyunlarda toplam lifin %90'ını sağlayan yapısal ara filament proteinleridir. İfade edilen Keratin Gen Proteinleri (*KRTs*), Keratin Ara Filament proteinleri (*KIF*) ve Keratin İlişkili Proteinler (*KAPs*) şeklinde iki gruba ayrılarak sınıflandırılır (Yardibi ve ark., 2015). *KIF* proteinleri, *KAP* matrisi içinde yer alan bir disülfid ağı aracılığıyla filamentler oluşturur. Keratinle ilişkili proteinler, *KIF*'lerin köklendiği yarı sert bir matris oluşturdukları için saç ve yapağı liflerinin fizik-mekanik özelliklerinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Gong ve ark., 2015; Gong ve ark., 2016). *KAP*'lar bileşenlerindeki aminoasit bakılarak üç gruba sınıflandırılır; yüksek sülfürlü proteinler (*KAP1.n*, *KAP2.n* ve *KAP3.n*), ultra yüksek sülfürlü proteinler (*KAP4.n*, *KAP5.n* ve *KAP10*) ve yüksek glisin-tirozin proteinler (*KAP6.n*, *KAP7.n* ve *KAP8.n*). Yapılarında bulunan aminoasit kompozisyonlarından sülfür miktarına göre ; yüksek sülfür (HS) ( $\leq$ %30 mol sistein içeriği), ultra yüksek sülfür (UHS) ( $\geq$ %30 mol sistein içeriği) ve yüksek glisin ve tirozin (HGT) (%30-60 mol glisin ve tirozin) olacak şekilde ayrılırlar (Gong ve ark., 2016).

Günümüzde küçükbaş hayvanlarda *KAP* genlerinden *KAP4-n*, *KAP3-n* ve *KAP1-n* gen aileleri OAR11 ile (Mclaren ve ark., 1997; Gong ve ark., 2011; Gong ve ark., 2012) ; *KAP24*, *KAP13*, *KAP11*, *KAP8* ve *KAP6* gen aileleri OAR1 ile (Mclaren ve ark., 1997; Gong ve ark., 2011; Zhou ve ark., 2012; Gong ve ark., 2014; Yardibi ve ark., 2015) ; *KAP5-n* genleri ise OAR21 ile eşleştirilmiştir (Mclaren ve ark., 1997; Gong ve ark., 2012). Wang ve ark. (2014) OAR11 kromozomu üzerindeki *KAP* genlerinden 30 MB uzaklıkta yapağı kıvrımını etkilediği ifade edilen bir Kantitatif Özellik Lokusu (QTL) tanımlamıştır. Parson ve ark. (1994) ise *KAP6* geninde gözlenen varyasyonun, orta yapağı sınıfında betimlenen Peppin Merinoslarında ortalama lif çapı ile ilişkili olduğunu buna benzer olarak Beh ve ark. (2001) ise orta yapağılı Merinoslarda ortalama lif çapını etkileyen bir QTL'in kromozom 1 ile eşleştiğini ifade etmektedir. OAR1 üzerinde Roldan ve ark. (2016) ortalama lif çapı için herhangi bir QTL saptayamamış olmalarına karşın kıvrım ve verim gibi yapağı özelliklerini kapsayan bir QTL saptamışlardır. Yakın dönemde, *KRTAP6-1*'de gözlenen varyasyonun yapağı elyaf çapı ile ilişkili özellikleri etkilediği ve 57 bp'lik bir delesyon sonucunda daha büyük elyaf çapı standart sapması ile daha kaba yapağı oluşumu ilişkilendirilmiştir (Zhou ve ark., 2015). Rogers ve ark. (1994), Romney koyunlarında gerçekleştirdikleri bir çalışmada OAR11 üzerinde *KRT1-2*'yi kapsayan bölgede yapağı elyaf dayanıklılığını etkileyen bir QTL bildirmişlerdir. Aynı kromozom için Roldan ve ark. (2016) kirli yapağı ağırlığı, yapağı ağırlığı ve elyaf mukavemeti için geçerli bir QTL tespit edip; *KRTAP1-2* bölgesinin yapağı ağırlığı üzerinde daha etkili olduğunu bildirmişlerdir. İfade edilen çalışma ve bulgular yapağı özellikleri üzerinde etkisi

bulunan ve daha kapsamlı araştırmalara aday olan *KAP* geninin önemini göstermektedir. Potansiyel olarak yapağı lifinde ifade edilen genlerin varyasyonu ile elyaf özelliklerinin ilişkisi, yapağı kalitesini iyileştirmek için yapılacak seçim hedeflerinde *KAP* genlerinin önemli rol oynayacağını düşündürmektedir.

### ***Keratin-İlişkili Protein Geni 1 (KAP1n)***

*KAP1* geni koyunlarda 11.kromozom üzerinde diğer *KAP* genleri ile kümelenmiş olarak bulunan, 4 üyeden (*KAP1.1/KRTAP1-1*, *KAP1.2/KRTAP1-2*, *KAP1.3/KRTAP1-3*, *KAP1.4/KRTAP1-4*) oluşan ve yüksek düzeyde varyasyon içeren gen ailesidir. Bu kromozom bölgesinde yapılan önceki çalışmalarda ortalama elyaf mukavemeti , elyaf çapı varyasyon katsayısı , kirli yapağı ağırlığı ve temiz yapağı ağırlığı dahil olmak üzere yapağı özellikleri ile ilişkili olan birçok QTL daha önce bildirilmiştir (Gong ve ark., 2015).

Yardibi ve ark. (2015)'nın Sakız, Kıvırcık ve İvesi koyun ırklarında *KAP1.1*, *KAP1.3* ve *K33* gen polimorfizmlerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda; *KAP1.1* için 3 alel (A,B,C) elde edilmiş ve bu alellerden A ve B'nin İvesi ırkında ; C alelinin ise Sakız ırkında daha yüksek oranda olduğu belirtilmiştir. *KAP1.3* için ise 9 alel elde edilmiş (A-I), elde edilen C alelinin İvesi ırkında, G alelinin ise Kıvırcık ırkında en yüksek olduğu gözlemlenmiştir. A ve D alelleri ise her üç koyun ırkında da ifade edilememiştir. Çalışmada yapağı kalitesi için tercih edilen Kıvırcık koyun ırkının ve yapağı özellikleri için tercih edilen İvesi koyun ırkının yapağı kalitesi ile yapağı ürünleri arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Gong ve ark. (2015), Merinos x Southdown koyunlarda *KAP1-2* gen varyasyonunu araştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada temiz yapağı ağırlığı, kirli yapağı ağırlığı, yapağı verimi, ortalama lif çapı, lif çapı standart sapması, lif kıvrımı parametrelerini değerlendirmek amacıyla altı ortak *KAP1-2* genotipinde (AF, AG, BF, FF, FG ve FH) hepsi potansiyel olarak polimorfik olan çok sayıda varyasyon elde ettiklerini bildirmiş; bununla birlikte *KAP1-2*'nin tek başına potansiyel olarak yapağı ağırlıkları için bir belirteç olduğunu ifade etmişlerdir. Kumar ve ark. (2016)'nın Hint yapağı verimli koyun ırklarında (Malpura, Avikalin, Chokla, Sonadi, Nali, Nellore, Garole, Magra, Deccani, Patanwadi ve Kendrapara) gerçekteştirdiği çalışmalarında; *KAP1-3* gen polimorfizmi incelemesinde XX, XY ve YY olmak üzere 3 genotip belirlenerek yapağı verimi yüksek olan koyunlarda X alelinin baskın olduğu ve buna bağlı olarak bazı koyun ırklarında genetik mesafe açısından Y alelinin baskın olduğu ifade edilmiştir. *KAP1.1* ve *KAP1.3* genlerinin polimorfizm tespiti ve Mısır koyun ırklarında yapağı özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla Farag ve ark. (2018)'nin yaptığı çalışmada ise elyaf mukavemeti, elyaf uzunluğu, temiz yapağı ağırlığı ve elyaf çapı gibi bazı ekonomik yapağı özellikleri

değerlendirilmiştir. Sonuç olarak *KAP1.1* geninde 3 alel (A, B, C) gözlenirken AB genotipine sahip hayvanların daha uzun elyaf yapısına, BC genotipine sahip hayvanların daha yüksek elyaf mukavemetine, AA genotipine sahip hayvanların ise daha yüksek temiz yapağı verimine; sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda *KAP1.3* geni için 10 genotip ve 7 alelin varlığını doğrulayarak en yüksek elyaf uzunluğu, elyaf mukavemeti, temiz yapağı ağırlığı ve elyaf çapı özelliklerini sırasıyla DJ, FG, AB ve CC genotipi ile ilişkilendirdiklerini ifade etmişlerdir. Nyoni ve ark. (2019), Karakul koyunundan köken aldığı ifade edilen Swakara koyununda yaptıkları çalışmada *KAP1.1* geni için 3 alel (A, B, C) gözleyerek B alelinin yüksek oranda dağılım gösterdiğini ve bu ırkın moda sektöründe çeşitli renklerde post üretimi için yetiştirildiğini bildirmişlerdir. Singh ve ark. (2018)'nin yaptığı *KAP1.2* geni için filogenetik analiz çalışmasında gen bölgesi için 15 nükleotid değişikliği gözlemleyerek Rambouillet koyunlarında ifade edilen gende çoklu alel varlığını saptamışlardır. Bu ırk içindeki değişikliğin korunmasına bağlı olarak yapağı için seleksiyon uygulamalarının daha etkili olacağı sonucuna varmışlardır. Nyoni ve ark. (2020)'nin yaptığı bir başka çalışmada ise Nabibya bölgesinde yetiştiriciliği yapılan Swakara koyununda *KAP1.3* ve *KRT33A* genlerindeki polimorfizmin üstün yapağılı postlar ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada, tanımlanan polimorfizmler ile ifade edilen bölgede bulunan koyunların akrabalık ilişkisi gösterilmiş ve *KAP* genleri üzerine daha fazla çalışma yapılmasının üstün özellikli post için gerekli olduğuna vurgu yapılmıştır. Singh ve ark. (2022), Rambouillet koyunlarında *KAP1.2* polimorfik varyantlarının kirli yapağı ağırlığı, elyaf uzunluğu, elyaf çapı gibi yapağı kayıtlarının ilişkisini incelemek için gerçekleştirdikleri çalışmada 3 genotip (AA, AB, BB) gözlemleyerek çalışılan popülasyonun *KAP1.2* geni için polimorfik olduğunu ifade etmiş ve en yüksek kirli yapağı üretiminin BB genotipinde olduğu sonucuna varmışlardır.

### ***Keratin-ilişkili Protein Geni 2 (KAP2n)***

Günümüze kadar koyun genomunda tanımlanan birçok keratin ilişkili protein genindeki varyasyonun yapağı verimi, yapağı ağırlığı, ortalama lif çapı, ortalama elyaf uzunluğu ve ortalama lif kıvrımı olmak üzere çeşitli parametrelerle ilişkili olduğu bildirilirken bu durumun keratin ilişkili protein genlerinin yapağı özelliklerinin iyileştirilebilmesi için aday belirteçler olarak yararlı olabileceği gösterilmiştir. Ancak *KAP2(n)* gen ailesi henüz tamamen koyunlarda tanımlanmamıştır (Wang ve ark., 2020).

Wang ve ark. (2020) kaba, orta ve ince yapağılı ırklar olarak ayırdıkları Çin Merinosu, Tibet, Kazak ve Gansu Alpin koyunlarında gerçekleştirdikleri çalışmada *KAP2(n)* geninin nükleotid dizisi ve çeşitli varyasyonlarını saptamayı amaçladıkları çalışmada genin OAR11



üzerinde bilinen birkaç *KAP(n)* ile kümelendiği ancak daha önce kaydedilmemiş bir lokasyonda bulunduğu belirtilmiştir. *KAP2(n)* genindeki varyasyon, ele alınan çalışma kapsamında yapağı fenotip verileri yetersizliği sebebiyle karşılaştırılamamış olsa da ince, kaba ve orta incelikte yapağı sınıfındaki koyun ırklarında gözlenen varyant farklılıkları sebebiyle genin seçim baskısında olabileceği veya yapağı lif çapının değerlendirilmesinde aday olabileceği bildirilmiştir (Wang ve ark., 2020).

### ***Keratin-ilişkili Protein Geni 3 (KAP3n)***

Koyun derisinde yüksek oranda ifade edilen keratin ailesi genlerinden olan keratin-ilişkili protein geni 3.2'nin transkriptom analizine yönelik Fan ve ark. (2013)'nin sunduğu çalışmada siyah koyun derisinde *KAP3.2* genleri down-regülasyon göstermiş ve tek keratin geninin kürk rengi özelliğinden sorumlu olmadığını; ancak yüksek miktarda sistein kalıntısı içermesi sebebiyle yapağının mukavemetini etkilediği görüşünü ifade etmişlerdir. Tibet koyunlarında yapağı folikül soğanı ve doku ekspresyon seviyelerinin analizi için yapılan transkriptom çalışmasında; Zhao ve ark. (2016) yapağı folikülü ve deride *KAP3.3* ve *KAP11.1*'in mRNA ekspresyonunun *Keratin 83* ve *Keratin 5* referans genlerine göre yüksek oranda ifade edildiği bildirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada 11. ve 1. kromozom üzerinde bulunan *KAP11.1* ve *KAP3.3* genlerinin yüksek sülfür içermelerinden kaynaklı sadece yapağı liflerinin kortikal bölgesinde güçlü bir şekilde ifade edildiğinin ortaya koymuşlardır. *KAP* genlerinin transkripsiyon başlangıç bölgesi (TBB) ve motifler yardımıyla promotör bölgelerinin ve transkripsiyon faktörlerinin analizi amacıyla yapılan *in silico* çalışmada ise Wagari ve ark. (2022), *M-KAP3*'ün koyun *KAP* genleri için en yaygın motif olarak tanımlandığını ifade edilmiştir. *Pro-KAP-3-2* promotör bölgesi ise başlangıç kodonuna daha yakın olan TBB olarak seçilmiştir böylece yaptıkları analizde keratin ilişkili protein genlerinin %72,4 'ten fazlasının iki veya beş TBB arasında değişen çoklu TBB'lere sahip olduğu ve tanımlanan aday motifler arasında *M-KAP3*'ün, çoğunlukla Çinko Parmak (ZNF) için bağlanma bölgesi olarak çalıştığı ortaya konmuştur. Mahajan ve ark.(2015), *KAP3.2*'nin Rambouillet koyun ırkında polimorfik varyantlarını belirlemek için yaptıkları bir çalışmada ilgili gene ilişkin AA, AB ve BB olmak üzere 3 genotip tespit etmişlerdir. Kirli yapağı ağırlığı (KYA) ile ilişkilendirdikleri gende AB genotipine sahip hayvanların daha yüksek KYA'ya sahip olduğu ve sırasıyla AA ve BB genotipin bunu takip ettiğini bildirmişlerdir. Wang ve ark. (2010) ise aynı polimorfizm açısından AA genotipine sahip hayvanlarda yapağı uzunluğunun önemli oranda yüksek olduğunu ve AA genotipine sahip hayvanların yapağı veriminin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Benzer bulgular yine Wang ve ark. (2011)'nin bir başka çalışmasında Tibet,

Oula ve Qiaoke koyunlarında da bildirilmiştir. Dolayısıyla kıl folikülünde ve deride eksprese olduğu tespit edilen *KAP3* geninin kirli yapağı ağırlığı ve yapağı uzunluğuna etki edebileceği düşünülmektedir.

### ***Keratin-ilişkili Protein Geni 6 (KAP6n)***

Çok genli *KAP6* ailesi (*KAP-n*) düşük sülfür ve yüksek glisin-tirosin içeriğine sahip *KAP*'ları içerir (Gong ve ark., 2011). *KAP8* ailesinden genlerle birlikte ortokortekste ifade edilirler (Gong ve ark., 2015; Zhou ve ark., 2015). *KAP-n* ailesi bilinen genlerinin çoğunda varyasyon içerir; *KRTAP6-1*, *6-2*, *6-3*, *6-4* ve *6-5*.

Liu ve ark. (2014) tarafından Çin Merinosu, Hu koyunu, Romney ve Hu x Merinos melezinde yapılan çalışmada *KAP6* geni için 6 farklı dizi elde edilmiş ancak ifade edilen diziler dört koyun ırkında da farklı bulunmuştur. B ve C dizilerinin Çin Merinosu ve Hu x Çin Merinosu melezlerinde gözlenmesi büyük lif çapına sahip Çin Merinosu x Hu melezi koyunlarda varyasyon olduğu görüşüyle açıklanmıştır. Merinos melez sürülerinde *KAP6* genindeki varyasyonun kapsamını ve yapağı özellikleriyle olan ilişkisini araştırma amacıyla Zhou ve ark. (2015)'nin yaptığı çalışmada tespit edilen altı genotipten (AA, AB, AC, BB, BC, CC) C alelinin varlığı lif çapı varyasyon katsayısı, ortalama lif çapı ve lif çapı standart sapması ile ilişkili bulunmuştur. Bu kapsamda değerlendirilen çalışma *KAP6-1*'deki varyasyonun yapağı lif çapı ile ilişkili özellikleri etkilediği böylece kaba yapağı üretimine yol açtığı görüşüyle açıklanmaktadır. Zhou ve ark. (2015)'nin yaptığı çalışmaya benzer olarak Yeni Zelanda Wiltshire koyununda, bildirilen varyant ve genotiplere ek olarak F ve G varyantları saptayan Wilding (2016) bu ırkta gözlenen kıl dökülmesini yüksek dağılıma sahip F ve G varyantları ile ilişkilendirmiştir. *KAP6-1* geninde gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise Tao ve ark. (2017) 2 yeni varyant (D, E) tespit etmiştir. Çin Tan Koyunlarında D varyantı doğumda artan düz lif uzunluğu ile ilişkili bulunurken, E varyantı doğum sonrası artan düz lif uzunluğu ve kıvrım sayısı ile ilişkili bulunmuştur. Elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda *KAP6-1*'de ki varyasyonun koyun yaşamının erken dönemlerinde etkili olabileceği sonucuna varılmıştır.

Merinos x Southdown melezi kuzularda *KAP6-3* geninde gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise Li ve ark. (2017) tanımlanan dört varyanta (A, B, C ve F) ek olarak G varyantı tanımlamışlardır. AG genotipine sahip koyunlar AA genotipine sahip koyunlara göre daha düşük ortalama lif çapına ve lif çapı standart sapmasına ; AB genotipli koyunlar ise AA genotipine göre daha yüksek ortalama lif çapına ve lif çapı standart sapmasına sahip olduğu belirtilmiştir. Gözlenen etkilerin *KAP6-3* geninde G varyantı ile yapağı uzunluk varyasyonlarının azaldığı; B varyantı ile arttığı şeklinde çıkarımda bulunmuşlardır. Sandyno ve

Nilagiri koyun ırklarında *KAP6-1* geni için yapılan bir başka çalışmada ise Bharathesree ve ark. (2019) AC genotipi için yüksek temiz yapağı ağırlığı üretimi; BB genotipi için düşük temiz yapağı üretimi saptamıştır. Lif çapı, AC genotipinde AA genotipine göre daha yüksek bulunmuştur. Merinos melezi ve Romney koyunlarında *KAP6-1* varyasyonu için Li ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada 9 genotip (AA, AB, AE, AF, BB, BE, BF, EE ve FF) karşılaştırılmıştır. A alelinin varlığının artmış lif çapı varyasyon katsayısı ve ortalama lif çapı ile ilişkili olduğu; B alelinin varlığının ise azalmış kaba kenar ölçümü ile ilişkili olduğu saptanmıştır. Lif çapı standart sapması ve lif kıvrımı parametreleri için genotip ilişkisi saptanmamıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda *KAP6-1* gen varyasyonunun yapağı lif çapını etkilediği ifade edilmiştir. Beş Pakistan koyun ırkında gerçekleştirilen çalışmada Ullah ve ark. (2020) *KAP6-3* geni için daha önce bildirilen varyantlara ek olarak H varyantı bildirilmiştir. Değerlendirdikleri yapağı özellikleri arasında lif çapı varyasyon katsayısı ile lif çapı standart sapması ve lif çapı standart sapması ile medullasyon arasında güçlü korelasyon gözlemlenmiştir. B varyantının varlığının, yokluğuna göre daha yüksek lif çapı varyasyon katsayısı ile ilişkili olduğunu saptanmıştır. Barki ırkı koyunlarda incelenen *KAP6-1* geni için Sallam ve ark. (2021) tarafından üç genotip (GG, GC ve CC) tanımlanmıştır. GC genotipi daha yüksek frekansta gözlenmiştir ve kirli yapağı ağırlığı, elyaf uzunluğu, lif çapı, kemp skoru, parlaklık derecesi, kirli renk skalası ve diken faktörü üzerinde etkili olduğu ifade edilmiştir. Ancak CC genotipine sahip hayvanların diğer genotiplere göre daha uzun elyaf uzunluğuna sahip olduğunu ve daha ince yapağı ürettiği belirlenmiştir. Dolayısıyla çok genli ve yüksek varyasyonlu olduğu bilenen *KAP6* gen ailesi özellikle *KAP6-1* ve *KAP6-3* genleri açısından yapağı lif uzunluğu ile ilişkilendirilmiştir.

### ***Keratin-ilişkili Protein Geni 7 (KAP7)***

Rambouillet koyunlarında *KAP7* geni için Mahajan ve ark. (2017) tarafından üç genotip (AA, AB, BB) tanımlanmıştır. Bildirilen genotipleri erkek ve dişi hayvanlar üzerinde karşılaştırarak elde ettikleri sonuçlarda; erkeklerde daha yüksek temiz yapağı verimi ve kirli yapağı ağırlığı gözlenirken, dişilerde daha üstün lif çapı gözlemledikleri ifade edilmiştir. Ayrıca BB genotipine sahip hayvanların yüksek stapel lif uzunluğu ve yüksek kirli yapağı ağırlığına sahip olduğunu bildirilmiştir. Sunulan veriler Sulaiman ve ark. (2015)'nin Heitan koyunlarındaki bulguları ile uyumlu iken; Tibet koyunlarında Wang ve ark. (2010)'nin sonuçlarından farklılık gösterdiği görülmüştür. Beş farklı Pakistan koyun ırkında gerçekleştirilen çalışmada Ullah ve ark. (2020) *KAP7-1* geninde daha önce bildirilen (AA, AB, BB) genotiplerden AA genotipinin ortalama verim ile ilişkili olduğunu; AB genotipinin ise

ortalama elyaf uzunluğu ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Dolayısıyla incelenen *KAP7* geninin verim özellikleri, lif çapı ve elyaf uzunluğu ile ilişkili olduğu görülmektedir.

### ***Keratin-ilişkili Protein Geni 8 (KAP8n)***

*KAP8* gen ailesinin tanımlanmış sadece bir üyesi bulunur ve intron içermeyen tek bir gen tarafından kodlanır (McLaren ve ark., 1997; Gong ve ark., 2012). Daha önceki çalışmalarda Wood ve ark. (1992), *KAP8* geni için akraba olmayan 33 koyun ırkında 11 alel bildirmiştir. Bu kapsamda incelenen gen ailesinde bol miktarda varyasyon olduğu ifade edilmektedir. Dört Çin koyununda incelenen *KAP8* geni için Liu ve ark. (2014), birbiriyle homolog olan beş alel olduğunu bildirmişlerdir. Bu alellerin incelenen tüm ırklarda benzer ifadesinin olmasını, genin yapıları özelliklerindeki farklılıkları yansıtamayacağı görüşüyle açıklamışlanmıştır. *KAP8* gen ailesi üyesi *KAP8-2*'yi tanımlamayı amaçlayan Gong ve ark. (2014) tarafından A ve B olmak üzere iki varyant tespit edilmiştir. Romney melez koyunlarda AA, AB ve BB genotiplerinden A varyantının daha yüksek frekansta bulunduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmaya benzer olarak Tao ve ark. (2017) ise Çin Tan koyunlarında 2 alel tespit etmiştir. Ancak B alel varyantının Yeni Zelanda Romney melez koyunlarına göre daha yüksek frekansta gözlemlendiğini belirtmişlerdir. A alel varyantının düzleştirilmiş yapıları uzunluğu üzerinde negatif korelasyonlu bir etkiye sahip olduğunu ifade edilmiştir. Mahajan ve ark. (2019)'nın yaptığı bir başka çalışmada ise Rambouillet koyunlarında tanımlanan 3 genotipten (AA, AB, BB) AA genotipine sahip koyunların üstün lif çapına; AA ve AB genotipine sahip koyunların ise üstün kirli yapıları ağırlığına sahip olduğunu saptanmıştır. Pakistan koyun ırkları ise *KRTAP8-2* genindeki varyasyon açısından Ullah ve ark. (2022) tarafından incelenmiştir. *KRTAP8-2*'de C olarak adlandırılan yeni bir varyant tespit edilmiştir. Söz konusu çalışmada, *KRTAP8-2*'deki varyasyonun ortalama stapel lif uzunluğunu ve medullasyondaki varyasyonu etkilediği tespit edilmiştir.

### **Sonuç**

Küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinde yapıları kalitesi ve verimini arttırmak amacıyla yapılacak ıslah çalışmaları çevre faktörünün yanında genetik faktörlerinde bir bütün olarak değerlendirilmesi gereklidir. Genetik faktörlerin dolayısıyla aday genlerin değerlendirilmesi moleküler araştırmalardaki gelişmelere paralel olarak zaman içerisinde artmıştır. Yüksek varyasyona sahip olduğu gözlemlenen ve yapıları özellikleri üzerinde doğrudan etkisi olduğu ifade edilen *KAP* genlerinin daha geniş popülasyonlarda ve farklı koyun ırklarında değerlendirilmesi literatürü zenginleştirirken; elde edilen sonuçların seleksiyon programlarına

dahil edilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir. Moleküler genetik teknikleri ile tanımlanan genlerin ve tek nükleotid polimorfizmlerinin erken dönemde yapıları kalitesi ve üretimi için seleksiyon çalışmalarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

### **Kaynaklar**

Anonim., 2022. Erişim Adresi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Y%C3%BCn>

Bahtiyari M, Akça C, Duran K., 2008. Yün lifinin yeni kullanım olanakları. *Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon*, 18(1): 4-8.

Beh KJ, Callaghan MJ, Leish Z, Hulme DJ, Lenane I, Maddox JF., 2001. A genome scan for QTL affecting fleece and wool traits in Merino sheep. *Wool Technology and Sheep Breeding*, 49(2): 88-97

Bharathesree R, Murali N, Saravanan R, Anilkumar R., 2019. Polymorphism of keratin-associated protein (KAP) 6.1 gene and its association with wool traits of Sandyno and Nilagiri breeds of sheep. *Indian Journal of Animal Research*, 53(12): 1566-1571.

Breniquet C, Michel C., 2014. Wool economy in the ancient Near East and the Aegean. *Wool Economy in the Ancient Near East and the Aegean: from the beginnings of sheep husbandry to institutional textile industry. Ancient Textile Series*, 17: 1-11.

Doyle EK, Preston JW, McGregor BA, Hynd PI., 2021. The science behind the wool industry. The importance and value of wool production from sheep. *Animal Frontiers*, 11(2): 15-23.

Düzgüneş O., 1973. Hayvancılık. Türkiye Ziraî Donatım Kurumu Kültür Yayınları. Yenigün Matbaası. 3.Baskı. 249-277s.

Fan R, Xie J, Bai J, Wang H, Tian X, Bai R, Dong C., 2013. Skin transcriptome profiles associated with coat color in sheep. *BMC Genomics*, 14: 1-12.

Farag IM, Darwish HR, Darwish AM, El-Shorbagy HM, Ahmed RW., 2018. Effect of genetic polymorphisms of the KAP1. 1 and KAP1. 3 genes on wool characteristics in Egyptian sheep. *Journal of Biological Sciences*, 18(4): 158-164.

Gong H, Zhou H, Plowman JE, Dyer JM, Hickford JG., 2010. Analysis of variation in the ovine ultra-high sulphur keratin-associated protein KAP5-4 gene using PCR-SSCP technique. *Electrophoresis*, 31(21): 3545-3547.

Gong H, Zhou H, Hickford JG., 2011. Diversity of the glycine/tyrosine-rich keratin-associated protein 6 gene (KAP6) family in sheep. *Molecular Biology Reports*, 38: 31-35.

Gong H, Zhou H, Dyer JM, Hickford JG., 2011. Identification of the ovine KAP11-1 gene (KRTAP11-1) and genetic variation in its coding sequence. *Molecular Biology Reports*, 38: 5429-5433.

Gong H, Zhou H, Yu Z, Dyer J, Plowman JE, Hickford J., 2011. Identification of the ovine keratin-associated protein KAP1-2 gene (KRTAP1-2). *Experimental Dermatology*, 20(10): 815-819.

Gong H, Zhou H, McKenzie GW, Yu Z, Clerens S, Dyer JM., Hickford JG., 2012. An updated nomenclature for keratin-associated proteins (KAPs). *International Journal of Biological Sciences*, 8(2): 258.

Gong H, Zhou H, Dyer JM, Hickford JG., 2014. The sheep KAP8-2 gene, a new KAP8 family member that is absent in humans. *SpringerPlus*, 3(1): 1-5.

Gong H, Zhou H, Hodge S, Dyer JM, Hickford JG., 2015. Association of wool traits with variation in the ovine KAP1-2 gene in Merino cross lambs. *Small Ruminant Research*, 124: 24-29.

Gong H, Zhou H, Forrest RH, Li S, Wang J, Dyer JM, Hickford JG., 2016. Wool keratin-associated protein genes in sheep-A review. *Genes*, 7(6): 24.

Johnson NAG, Wood EJ, Ingham PE, McNeil SJ, McFarlane ID., 2003. Wool as a technical fibre. *Journal of the Textile Institute*, 94(3-4): 26-41.

Kaymakçı M, Sönmez R., 1992. Koyun yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık Hayvancılık Serisi No: 3 İzmir. 303-313s.

Khan MJ, Abbas A, Ayaz M, Naeem M, Akhter MS, Soomro MH., 2012. Factors affecting wool quality and quantity in sheep. *African Journal of Biotechnology*, 11(73): 13761-13766.

Koyuncu M., 2019. Koyun yetiştiriciliği. Dora Yayıncılık. 367-386s.

Kumar R, Meena AS, Kumari R, Jyotsana B, Prince LLL, Kumar S., 2016. Polymorphism of KRT 1.2 and KAP 1.3 genes in Indian sheep breeds. *Indian Journal of Small Ruminants*, 22(1): 28-31.

Li S, Zhou H, Gong H, Zhao F, Wang J, Luo Y, Hickford JG., 2017. Variation in the ovine KAP6-3 gene (KRTAP6-3) is associated with variation in mean fibre diameter-associated wool traits. *Genes*, 8(8): 204.

Li W, Gong H, Zhou H, Wang J, Li S, Liu X, Hickford JG., 2019. Variation in KRTAP6-1 affects wool fibre diameter in New Zealand Romney ewes. *Archives Animal Breeding*, 62(2): 509-515.

Liu YX, Shi GQ, Wang HX, Wan PC, Tang H, Yang H, Guan F., 2014. Polymorphisms of KAP6, KAP7, and KAP8 genes in four Chinese sheep breeds. *Genetics and Molecular Research*, 13(2): 3438-3445.

Mahajan V, Das AK, Taggar RK, Kumar D, Sharma R., 2017. Polymorphism of keratin-associated protein (KAP) 7 gene and its association with wool traits in Rambouillet sheep. *Indian Journal of Animal Sciences*, 88: 206-209.

Mahajan V, Das AK, Taggar RK, Kumar D, Khan N., 2019. Keratin-associated protein (KAP) 8 gene polymorphism and its association with wool traits in rambouillet sheep. *International Journal of Life Sciences and Applied Sciences*, 1(1): 50-57.

Mahajan V, Das AK, Taggar RK, Kumar D, Kumar N., 2015. Polymorphism of keratin-associated protein (KAP) 3.2 gene and its association with wool traits in Rambouillet sheep. *Indian J. Anim. Sci*, 85: 262-265.

McLaren RJ, Rogers GR, Davies KP, Maddox JF, Montgomery GW., 1997. Linkage mapping of wool keratin and keratin-associated protein genes in sheep. *Mammalian Genome*, 8: 938-940.

Nyoni NF, Itenge TO, Shipandeni MN., 2019. Genetic variation in the KRTAP1. 1 gene and its potential to supplement Indigenous Knowledge Systems within the Swakara sheep in Namibia. In *Proceedings of the 5th Annual Conference of the African Association for the Study of Indigenous Knowledge Systems*. 43-50pp.

Nyoni NF, Itenge TO, Shipandeni MN., 2020. Polymorphism of the KAP1. 3 and KRT33A genes in the Swakara sheep of Namibia. *Welwitschia International Journal of Agricultural Sciences*, 2: 81-93.

Olfaz M, Tüfekçi H., 2015. Yapağının alternatif kullanım alanları. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*, 1(1-2): 18-28.

Öz E., 2014. Kültepe metinleri ışığında eski Anadolu'da tarım ve hayvancılık. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sumeroloji Anabilim Dalı Doktora Tezi.

Parsons YM, Cooper DW, Piper LR., 1994. Evidence of linkage between high-glycine-tyrosine keratin gene loci and wool fibre diameter in a Merino half-sib family. *Animal Genetics*, 25(2): 105-108.

Parsons YM, Piper LR, Cooper DW., 1994. Linkage relationships between keratin-associated protein (KRTAP) genes and growth hormone in sheep. *Genomics*, 20(3): 500-502.

Rast-Eicher A., 2014. Bronze and iron age wools in Europe. *Wool Economy in the Ancient Near East and the Aegean*, 12-21.

Rogers GR, Hickford JGH, Bickerstaffe R., 1994. A potential QTL for wool strength located on ovine chromosome 11. In *Proceedings of the 5th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 21: 291-294.

Roldan DL, Doderio AM, Bidinost F, Taddeo HR, Allain D, Poli MA, Elsen JM., 2010. Merino sheep: a further look at quantitative trait loci for wool production. *Animal*, 4(8): 1330-1340.

Ryder ML., 1964. The history of sheep breeds in Britain. *The Agricultural History Review*, 12(1): 1-12.

Sallaberger W., 2014. The value of wool in Early Bronze Age Mesopotamia: On the control of sheep and the handling of wool in the Presargonic to the Ur III periods (c. 2400–2000 BC). *Wool Economy in the Ancient Near East and the Aegean*, Oxford and Philadelphia: Oxbow Books, 94-144.

Sallam AM, Gad-Allah AA, Al-Bitar EM., 2021. Association analysis of the ovine KAP6-1 gene and wool traits in Barki sheep. *Animal Biotechnology*, 32(6): 733-739.

Simm G, Pollott G, Mrode R, Houston R, Marshall K., 2022. Çiftlik hayvanlarının genetik ıslahı. Ankara, Türkiye: Nobel Akademik Yayıncılık. 325-351s.

Singh VP, Taggar RK, Chakraborty D, Pratap B, Singh PK, Singh S, Gupta P., 2022. KRT 1.2 gene polymorphism & its association with wool traits in Rambouillet sheep. *Pharma Innovation*, 6: 2619-2621.

Singh VP, Taggar RK, Khajuria P, Chakraborty D, Kumar D, Kumar N, Wazir VS., 2018. Phylogenetic analysis of KRT1. 2 gene in Rambouillet sheep. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 5(2): 22-26.

Tao J, Zhou H, Gong H, Yang Z, Ma Q, Cheng L, Hickford JG., 2017. Variation in the KAP6-1 gene in Chinese Tan sheep and associations with variation in wool traits. *Small Ruminant Research*, 154: 129-132.



Tao J, Zhou H, Yang Z, Gong H, Ma Q, Ding W, Hickford JG., 2017. Variation in the KAP8-2 gene affects wool crimp and growth in Chinese Tan sheep. *Small Ruminant Research*, 149: 77-80.

Tümertekin E, Özgüç N., 2013. *Ekonomik coğrafya. Kureselleşme ve kalkınma. Çantay Kitabevi. İstanbul.*

Ullah F, Jamal SM, Ekegbu UJ, Haruna IL, Zhou H, Hickford JG., 2020. Polymorphism in the ovine keratin-associated protein gene KRTAP7-1 and its association with wool characteristics. *Journal of Animal Science*, 98(1): 381.

Ullah F, Jamal SM, Zhou H, Hickford JG., 2020. Variation in the KRTAP6-3 gene and its association with wool characteristics in Pakistani sheep breeds and breed-crosses. *Tropical Animal Health and Production*, 52: 3035-3043.

Ullah F, Jamal SM, Zhou H, Hickford JG., 2022. Variation in ovine KRTAP8-2 and its association with wool characteristics in Pakistani sheep. *Small Ruminant Research*, 207: 106-598.

Ullah F, Jamal SM, Zhou H, Hickford JG., 2023. Variation in ovine KRTAP8-1 affects mean staple length and opacity of wool fiber. *Animal Biotechnology*, 34(3): 602-608.

Wagari G, Cho D, Abera B., 2022. In silico analysis of promoter region and regulatory elements of sheep keratin-associated protein genes using bioinformatics tools. *Animal Gene*, 24: 200126.

Wang ZY, Qi Q, Chen Y., 2010. Analysis on single nucleotide polymorphisms of keratin-associated proteins gene in plateau Tibetan sheep. *China Animal Husbandry and Veterinary Medicine*, 37(10): 120-24.

Wang ZY, Chen YL, Xu QL, Ma ZR., 2011. Polymorphism of KAP 3. 2 gene and its effect on partial economic traits in Tibetan Sheep. *Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica-Chinese Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 42(2): 284-288.

Wang Z, Zhang H, Yang H, Wang S, Rong E, Pei W, Wang N., 2014. Genome-wide association study for wool production traits in a Chinese Merino sheep population. *PloS One*, 9(9): e107101.

Wang J, Zhou H, Hickford JG, Luo Y, Gong H, Hu J, Wang J., 2020. Identification of the ovine keratin-associated protein 2-1 gene and its sequence variation in four Chinese sheep breeds. *Genes*, 11(6): 604.

Wilding E., 2016. Analysis of the keratin associated protein gene KRTAP6-1 in New Zealand Wiltshire sheep. *Doctoral Dissertation, Lincoln University.*

Yardibi H, Fe G, Ateş A, Akiş I, Hacıhasanoğlu N, Öztabak KÖ., 2015. Polymorphism of the Kap 1.1, Kap 1.3 and K33 genes in Chios, Kivircik and Awassi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(4): 535-538.

Zhou H, Gong H, Yan W, Luo Y, Hickford JG., 2012. Identification and sequence analysis of the keratin-associated protein 24-1 (KAP24-1) gene homologue in sheep. *Gene*, 511(1): 62-65.

Zhou H, Gong H, Li S, Luo Y, Hickford JGH., 2015. A 57-bp deletion in the ovine KAP 6-1 gene affects wool fibre diameter. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 132(4): 301-307.

Zhao Z, Liu G, Li X, Huang J, Xiao Y, Du X, Yu M., 2016. Characterization of the promoter regions of two sheep keratin-associated protein genes for hair cortex-specific expression. *PloS One*, 11(4): e0153936.

Zhou H, Gong H, Wang J, Dyer JM, Luo Y, Hickford JG., 2016. Identification of four new gene members of the KAP6 gene family in sheep. *Scientific Reports*, 6(1): 24074.