

VETERİNER HEKİMLİK DEĞERLENDİRMELERİ

Editör: Prof.Dr. Mehmet Şükrü GÜLAY

Veteriner Hekimlik Değerlendirmeleri

Editör

Prof.Dr. Mehmet Şükrü GÜLAY

yaz
yayınları

2025

Veteriner Hekimlik Değerlendirmeleri

Editör: Prof.Dr. Mehmet Şükrü GÜLAY

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-8508-17-8

Ekim 2025 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

Hayvanlarda Omentum'un(İç Yağı, Gömlek) Morfolojik Özellikleri	1
<i>Zekeriya ÖZÜDOĞRU, Zafer AKCAN</i>	
Aujeszky Hastalığına Patolojik Yaklaşım.....	23
<i>Esra DERELİ, Kübra Asena KAPAKİN TERİM</i>	
Veteriner Hekimlikte Yeni Nesil Probiyotik: Akkermansia Muciniphila.....	43
<i>Ayşegül BİLDİK</i>	
Süt Sığırlarında Hayvan Refahının Değerlendirilmesi: Welfare Quality	68
<i>Mücahid Abdullah ŞİMŞEK, Ülkü Gülcihan ŞİMŞEK</i>	

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

HAYVANLARDA OMENTUM'UN (İÇ YAĞI, GÖMLEK) MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Zekeriya ÖZÜDOĞRU¹

Zafer AKCAN²

1. GİRİŞ

Omentum kelimesi, insan bedenlerini mumyalarken, bugün omentum olarak bildiğimiz şeyin varyasyonlarına bakarak "kehanetlerini" değerlendiren eski Mısır'lılardan türemiştir (1). Peritonun uzantılarından birisi olan omentum, karın boşluğunda (abdominal boşluk) önemli işlevlere sahip olan ve farklı dokuların etkileşimini yönlendiren son derece dinamik bir yapıdır. Tarihsel olarak, “yağlı doku” olarak tanımlansa da günümüzde omentum'un yalnızca basit bir yağ dokusu olmadığı, İç organları koruduğu, bağışıklık sistemini güçlendirdiği, iltihaplanmayı önlediği, iç organları koruduğu, karın organları arasındaki sürtünmeyi azalttığı, doku onarımı ve mekanik stabilizasyon gibi çok çeşitli roller üstlendiği bildirilmiştir. Özellikle veteriner ve insan hekimliğinde, hastalık yönetimi ve cerrahi uygulamalarda kritik bir öneme sahiptir. Enfeksiyonlara karşı lokal bariyer oluşturma, mikroorganizma ve diğer patojenleri izole etme gibi koruyucu özellikleriyle cerrahların ilgisini çekmiş; ayrıca doku rejenerasyonu ve yaraların iyileşmesinde oynadığı aktif rollerle araştırmacıların da odağına yerleşmiştir (2,3,4)

¹ Prof. Dr. Balıkesir Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Anatomi Anabilim Dalı, zekeriya.ozudogru@balikesir.edu.tr. ORCID: 000-0002-0789-3628.

² Balıkesir Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Öğrencisi. ORCID: 0009-0009-4149-5533.

Halk arasında gömlek veya iç yağı olarak da bilinen omentum, ağırlıklı olarak koyun, keçi, sığır ve domuz gibi hayvanlardan elde edilmektedir. Hayvansal gıdalardan olan salam, sucuk, sosis ve döner gibi gıdaların lezzetini artırmak için sıklıkla kullanılır. İç yağlarının %60'ı, doymamış yağ asitlerinden oluştuğu için geleneksel olarak birçok kültürde mutfaklarda ve sağlık alanında da kullanılmaktadır.

2. CAVUM ABDOMİNİS (KARIN BOŞLUĞU) DUVARINI OLUŞTURAN KATMANLAR

2.1. Deri ve musculus cutaneus trunci; Dış ortamdan koruma sağlar, vücut ısını dengeler. Bazı türlerde bu katmanda mevsimsel değişiklikler görülebilir (5).

2.2. Karın kasları: Musculus obliquus externus abdominis, m. obliquus internus abdominis, m. transversus abdominis ve m. rectus abdominis gibi kaslar bulunur. Bu kaslar, abdominal organları destekler, solunumu kolaylaştırır ve karın içi basıncını dengeler. Özellikle geniş getirenlerde kas katmanları rumen gibi ağır organları desteklemede önemlidir (6).

2.3. Fascia tabakası: Fascia trunci profunda, fascia transversalis ve fascia iliaca gibi yapılar, kas katmanlarını sararak yapısal stabilite sağlar (7).

2.4. Peritoneum: Karın boşluğunun tamamını ve pelvis boşluğunun ön kesimini örten en içteki seröz zar katmanıdır. Organları örterek kayganlık sağlar, sürtünmeyi azaltır ve hareket serbestliği sağlar (8).

2.4.1. Peritoneum'un Yapısı ve Fonksiyonu: Peritoneum, karın boşluğunun duvarlarını ve içerisindeki organları örten seröz bir zardır (7). Tunica serosa ve tunica subserosa olmak üzere iki ana katmandan oluşur. Bu yapı,

cavum abdominis'in tamamı ile cavum pelvis'in cranial kısmını örten peritoneum parietale ve karın içi organlarının yüzeylerini örten peritoneum visserale olmak üzere iki kısımdan oluşur.

parietal ve visseral periton arasında liquor peritonei adı verilen seröz bir sıvı da içeren cavum peritonei adı verilen boşluk bulunur. Bu sıvı, organlar arasında sürtünmeyi azaltarak serbestliği sağlar ve enfeksiyon yayılımını sınırlar.

3. OMENTUM

Organları birbirine bağlayan omentum majus ve omentum minus'tan oluşan peritoneal bir yapıdır. Equide ve carnivorda ağ, ruminant ve susta zar görünümündedir (9).

4. OMENTUM'UN TARİHÇESİ

Kelime kökeni “omentum” olan ve Latince'den gelen bu terim, ilk dönemlerde sadece midenin etrafında bulunan yağ dokusu olarak görülmüş ve “epiploon” adıyla da tanımlanmıştır. Ancak ilerleyen çalışmalarda omentum'un, mikrobiyal tehdidi sınırlayan ve enflamatuvar süreçlere dâhil olan aktif bir organ benzeri işleve sahip olduğu ortaya konmuştur (8).

5. OMENTUM'UN EMBRİYONİK GELİŞİM SÜRECİ

Omentum'un embriyonik gelişimi, dorsal ve ventral mezenterlerin farklılaşmasıyla yakından ilişkilidir. Özellikle dorsal mezenterin büyümesi sonucunda omentum majus oluşmakta, ventral mezenterin farklı kısımları ise omentum minus ve ligamentöz yapıları meydana getirmektedir. Bu süreçte, hücre göçleri ve gen ekspresyonu önemli rol oynar: Dorsal mezenter kaynaklı hücreler ve bağ dokusu elemanları,

ileriki dönemde omentum'un iç yapısında bulunacak damar, lenfatik yapı ve sinir ağının iskeletini oluşturur (10).

Embriyonik dönemde yaşanan küçük farklılıklar, farklı türlerde gözlemlenen omentum varyasyonlarının temelini oluşturur. Örneğin, geviş getiren hayvanlardaki (sığır, koyun) geniş omentum yapısı ile tek tırnaklılardaki (at) daha sınırlı omentum dağılımı bu embriyonik evredeki farklılaşmadan kaynaklanır (11).

6. OMENTUM'UN ANATOMİK YAPISI

Omentum, büyük oranda yağ dokusu, gevşek bağ dokusu, lenfoid dokular ve zengin vasküler ağlardan oluşan kompleks bir peritoneal uzantıdır. Geniş yüzey alanı ve elastik yapısı sayesinde, karın boşluğundaki organların yüzeylerini kaplayarak hem mekanik koruma sağlar hem de sürtünmeyi azaltır. Özellikle enfekte ya da travmatize bölgeleri "sarı" ve immün savunma mekanizmalarını aktive eder. Bu özellikleriyle, küçük hayvanlardan (köpek, kedi) büyük hayvanlara (sığır, at) kadar tüm evcil memelilerde yaşamsal öneme sahiptir

Omentum'un lenfoid bileşenleri, bakteriyel, viral ve fungal enfeksiyonlara karşı birinci savunma hattını oluşturur. Ayrıca, yara iyileşmesi sürecinde fibroblast aktivitesini destekleyerek dokuların tamirini kolaylaştırır (7).

7. OMENTUM MAJUS

Midenin curvatura majus'undan başlayarak bağırsaklar üzerini örten, equide ve sus'ta tek diğer evcil memelilerde çift katlı bir yapıdır. Ruminantlarda sulcus longitudinalis'lerden başlar ve pelvis girişine kadar uzanır (7).

7.1. Fiziksel Özellikleri ve Genel Tanımı

Omentum majus, midenin büyük kenarı (curvatura major) boyunca aşağı doğru sarkarak bağırsak ansalarını kısmen örter. Küçük hayvanlarda (örneğin kedi, köpek) daha ince ve gevşek bir yapıya sahipken, büyük hayvanlarda (özellikle ruminantlarda) daha kalın, geniş ve iki katmanlı bir "önlük" görünümündedir (12). Ruminantlarda omentum majus, rumeni ve retikulumu çevreleyerek hem enfeksiyonlardan hem de mekanik travmalardan koruyucu bir bariyer oluşturur. Ayrıca, karın boşluğundaki organların yer değiştirmesini önleyerek fizyolojik düzeni sağlar.

7.2.Omentum Majus'un Katmanları

7.2.1. Visseral Periton Katmanı

Omentum majus'un her iki yüzeyi, ince bir visseral periton tabakasıyla kaplıdır. Bu katmanlar, karın organları arasında kaygan bir yüzey oluşturarak sürtünmeyi azaltır. Patolojik durumlarda, bu katmanlar arasında fibröz yapışıklıklar meydana gelebilir; ancak normal şartlarda omentum'un esnek yapısı buna engel olur (8).

7.2.2. Yağ Dokusu Katmanı

Omentum majus'un en dikkat çekici özelliği olan yağ dokusu katmanı, enerji rezervi olarak işlev görmekle kalmaz, aynı zamanda darbelere karşı iç organları korur ve ısı yalıtımı sağlar. Özellikle soğuk iklim koşullarında, vücut sıcaklığını dengede tutarak homeostazın devamlılığını destekler (5).

7.2.3. Lenfoid Doku Katmanı

Omentum majus içerisinde yer alan "süt lekeleri" (**milky spots**), makrofajlar, B lenfositleri ve T lenfositleri gibi immün hücrelerin yoğunlaştığı bölgeler olarak görev yapar. Enfeksiyon ya da inflamasyon durumunda, bu hücreler aktifleşerek patojenlerin fagosite edilmesini hızlandırır (13).

7.2.4. Bağ Dokusu ve Sinir Ağı

Omentum majus, elastik ve kollajen liflerden oluşan gevşek bağ dokusu ile esneklik kazanır. Bu esneklik, karın içi basınç değişimlerine uyum sağlamasında önemli rol oynar. Ayrıca, sempatik ve parasempatik sinir lifleri bakımından zengin bir sinir ağı içerir; bu ağ, kan akımını, immün yanıtı ve omental motiliteyi düzenler (10).

7.2.5. Vascularizasyonu

Omentum majus, arteria gastroepiploica sinistra ve arteria gastroepiploica dextra tarafından beslenir. Ayrıca, küçük arteriyoller ile genişleyen kapiller ağlar sayesinde, bölgesel kanlanma oldukça yoğundur. Kirli kan ise, vena gastroepiploica dextra ve sinistra üzerinden v. portae dökülür. Bu damar ağı hem metabolit taşınmasında hem de immunolojik maddelerin karaciğere ulaşmasında kritik rol oynar (14).

7.2.6. İnnervasyonu

Omentum majus'un innervasyonu büyük oranda sempatik sistem (truncus coeliacus, ganglion coeliacum) ve daha az oranda parasempatik sistem (n. vagus) ile sağlanır. Bu innervasyon sayesinde, omentum'un damar tonusu, lokal inflamatuvar yanıtlar ve lenfatik drenaj hızı düzenlenir. Örneğin inflamasyona yanıt olarak, sempatik lifler damar konstriksiyonu yaparak lokalize bir savunma mekanizması oluşturur (6).

8. OMENTUM MINUS

Karaciğer, mide ve duodenum'un başlangıç kısmı arasında uzanan yapı olup, ligamentum hepatogastricum ve ligamentum hepatoduodenale olarak adlandırılır (7).

8.1. Genel Yapı ve Özellikleri

Omentum minus, midenin küçük kenarından (curvatura ventriculi minor) karaciğerin visceral yüzeyine kadar uzanan omentum majus'a göre daha ince ve daha az yağ içeren bir peritoneal uzantıdır. Buna rağmen, önemli damarlar, sinir lifleri ve lenfatik yapılar içerir. Cerrahi girişimlerde anatomik referans noktası olarak kullanılması, bu yapının klinik önemini artırmaktadır (11). Omentum minus, lig. hepatogastricum ve lig. hepatoduodenale olmak üzere iki ligament oluşturur.

8.1.1. Ligamentum Hepatogastricum: Mide ile karaciğer arasında uzanarak, bu iki organ arasında bir köprü vazifesi görür. Sağ ve sol gastrik damarlar, bu ligament boyunca seyreder. Cerrahlar, bu alanı genellikle mide veya karaciğer operasyonlarında anatomic bir referans noktası olarak kullanırlar.

8.1.2. Ligamentum Hepatoduodenale: Karaciğer hilusundan duodenuma uzanan bu yapı, vena porta, arteria hepatica propria ve ductus choledochus gibi hayati yapıları içerir. "Pringle manevrası" sırasında, bu ligament klemplenerek karaciğere giden kan akımı geçici olarak durdurulabilir (15).

8.2. Vascularizasyonu ve İnervasyonu:

Omentum minus'un beslenmesi, arteria gastrica dextra, arteria hepatica propria ve küçük arteriyel dallar yoluyla olur. Porta hepatisle olan yakın ilişkisi nedeniyle, karaciğerin venöz dönüşü ve safra kanalı bu bölgede kritik öneme sahiptir. Sinirsel kontrol ise büyük oranda otonom sistemle sağlanır; duyuusal sinirler ise minimaldir (10, 14).

9. OMENTUM’UN HAYVAN TÜRLERİ ARASINDAKİ FARKLILIKLARI

9.1. Omentum Majus

9.1.1. Sığır (*Bos taurus*): Sığırlarda omentum majus, karın boşluğunun büyük bir bölümünü kaplayan son derece geniş ve kalın bir yapıdır. Bu hayvanlarda omentum rumen, retikulum, omasum ve abomasum gibi mide bölümlerinin çevresini büyük ölçüde sararak adeta bir “önlük” (apron) oluşturur. Omentum’un sağ ve sol yaprakları arasında, büyük hacimli bir potansiyel boşluk (bursa omentalis) meydana gelir. Bu boşluk, özellikle rumen içeriğinin dışarı sızması gibi durumlarda, sızıntının sınırlanmasına ve inflamasyonun izole edilmesine yardımcı olur. Sığırlarda omentum, ayrıca abomasumun dislokasyonunda klinik olarak büyük öneme sahiptir. Sol veya sağ taraflı abomasum deplasmanlarında, omentum’un anatomik düzeni hem tanısal hem de cerrahi girişimler açısından kritik bir referans noktası oluşturur (16).

9.1.2. At (*Equus caballus*): Atlarda omentum majus, sığırlara kıyasla daha az gelişmiştir ve karın boşluğunda daha sınırlı bir alana sahiptir. Mideleri nispeten küçük ve basit yapıda olduğundan, omentum majus’un koruyucu etkisi özellikle bağırsaklar üzerinde yoğunlaşır. Ancak omentum, atlarda kolik vakalarında, özellikle bağırsak torsiyonu veya strangülasyonlarında patolojik süreçlerin yönetiminde önem kazanır. Cerrahi sırasında, omentum’un varlığı yapışıklıkların ayrılması veya enfeksiyon bölgelerinin sınırlandırılması açısından önemlidir. Omentum ayrıca, peritonit vakalarında doku tamirinde aktif rol alarak iyileşme sürecine katkıda bulunur. Yine de atlarda omental yapının inceliği ve sınırlı alanı nedeniyle, enfeksiyonların yayılımını tam anlamıyla önleyemediği bildirilmiştir (12).

9.1.3. Koyun ve Keçi (*Ovis aries* & *Capra hircus*):

Koyun ve keçilerde omentum majus, sığırdakine benzer şekilde gelişmiş olsa da hacim açısından daha küçüktür. Omentum rumen, retikulum, omasum ve abomasumu tam olarak sarmaz; bunun yerine belirli alanlarda lokalize koruma sağlar. Özellikle, küçük ruminantlarda peritonitis, abomasum ülseri gibi durumlarda omentum'un inflamasyonu sınırlandırıcı rolü önemli hale gelir. Küçük ruminantların omentumu, rumen ve bağırsaklar etrafında yerleşerek özellikle paraziter enfeksiyonların ve travmaların lokal kontrolünde etkili bir bariyer işlevi görür. Ayrıca bu türlerde omentum'un immünolojik rolü de ön plandadır; süt lekeleri yapıları enfeksiyon yanıtı açısından aktif olarak çalışır (17).

9.1.4. Domuz (*Sus scrofa domesticus*):

Domuzlarda omentum majus, karın boşluğu boyunca yayılmış ve serbest hareket kabiliyetine sahip geniş bir yapıdır. Domuzlarda bağırsak ansalarının üzerine uzanan bu yapı, özellikle aşırı yağ dokusu içerdiği için anatomik olarak oldukça yoğundur. Omental yağ, karın içi organları travmaya karşı tamponlarken, aynı zamanda enerji deposu olarak da görev yapar. Domuzlardaki omentum'un aşırı yağlı yapısı, cerrahi uygulamalarda hem avantaj hem de zorluk yaratabilir. Yağ dokusunun damarsal zenginliği, iyileşmeyi desteklerken; yoğun yağ tabakası, bazı cerrahi manevraları zorlaştırabilir. Özellikle obez domuzlarda, omentum'un kalınlığı periton cerrahilerini daha karmaşık hale getirebilir (5).

9.1.5. Köpek (*Canis lupus familiaris*):

Midenin dorsal mesenteriumundan gelişir. Karın boşluğunun dorsal duvarından orijin alarak midenin curvatura ventriculi major'una yapışır. Orijininden sonra caudale doğru apertura pelvis cranialis'e kadar uzanır ve bu bölgede kendi üzerine kıvrılarak craniale doğru seyrederek midenin curvatura ventriculi major'unda sonlanır. Bu seyir esnasında bursa omentalis adı verilen bir kese oluşturur

(16). Köpeklerde omentum majus, oldukça gevşek yapılı ve son derece mobil bir özelliktedir. Karın boşluğundaki herhangi bir perforasyon, ülserasyon veya travmaya karşı hızla hareket ederek etkili bir izolasyon sağlar. Bu nedenle veteriner literatüründe omentum, “doğal bandaj” (natural bandage) olarak da adlandırılır (6). Köpeklerde omentum’un immünolojik işlevi de oldukça gelişmiştir; enfekte bölgelere lenfosit ve makrofajların taşınmasında önemli rol oynar. Ayrıca omentum, periton boşluğunda sıvı akışını düzenler ve inflamasyon durumunda lenfatik aktiviteyi artırır (7).

9.1.6. Diğer Türlerde Gözlemlenen Özgün Özellikler:

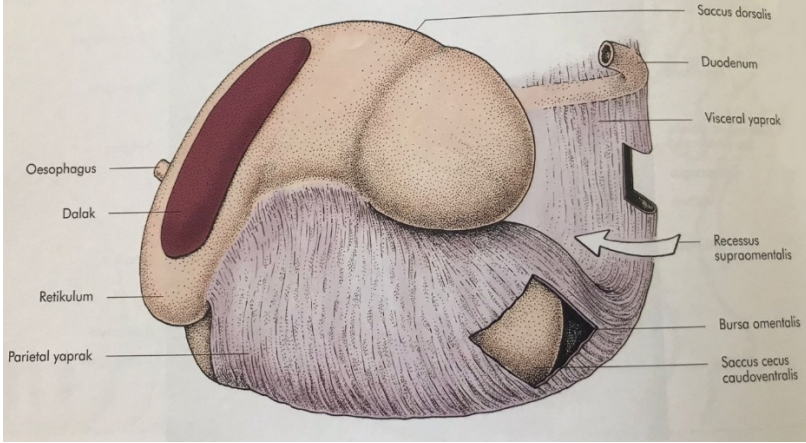
9.1.6.1. Sürüngenler (örn. yılanlar, kertenkeleler): Peritoneal yapılar genellikle minimaldir ve belirgin bir omentum majus oluşumu gözlenmez. Sürüngenlerin yavaş metabolizması ve düşük karın içi basınçları nedeniyle böyle bir yapıya ihtiyaçları azalmıştır (11).

9.1.6.2. Kuşlar: Periton boşluğunda küçük ve sınırlı peritoneal katlantılar bulunur; klasik anlamda bir omentum majus yoktur. Kuşlarda bağırsakların hava keseleri ile ilişkili olması nedeniyle, peritoneal yapılar farklılaşmıştır (12).

9.1.6.3. Laboratuvar Hayvanları (fare, sıçan): Farelerde ve sıçanlarda omentum majus çok daha incedir ve süt lekeleri açısından zengindir. Özellikle deneysel tümör çalışmalarında, omentum’un immün hücre yoğunluğu nedeniyle hedef bölge olarak kullanıldığı bilinmektedir (7). Farelerde omentum, midenin önünde ve hafifçe ventralinde bulunan nispeten küçük bir yağ şerididir (18).

Omentum MS’si ilk olarak 1874 yılında Fransız anatomist Ranvier tarafından tavşanlarda tanımlanmıştır ve Ranvier, sarı yağ dokusu arasında beyazımsı görünümünü nedeniyle bu ismi vermiştir. MS, omentumu kaplayan mezotel

hücre tabakasının hemen altında, yağ hücreleri arasına yerleşmiş organize lökosit kümeleridir (19).



Şekil 1. Ruminantlarda Omentum Majus (Şematik. Soldan görünüm) (16)

9.2. Omentum Minus

9.2.1. Sığır (*Bos taurus*): Sığırlarda omentum minus belirgin ve kalın bir yapı sergiler. Özellikle karaciğerin büyük hacmi ve portal venin geniş yapısı nedeniyle, ligamentum hepatoduodenale içerisinde taşınan damar ve safra kanalı yapıları oldukça gelişmiştir. Klinik uygulamalarda, özellikle abomasumun cerrahi müdahalelerinde omentum minus'un doğru şekilde tanımlanması büyük önem taşır. Bu yapı aynı zamanda portal ven, hepatik arter ve safra kanalının korunmasını sağlar ve sığırlarda omentum minus'un cerrahi önemi yüksektir (16).

9.2.2. At (*Equus caballus*): Atlarda omentum minus daha ince, zar gibi ve esnek bir yapıdadır. Atlarda safra kesesi bulunmadığından, safra akışı doğrudan karaciğerden duodenuma gerçekleşir. Bu durum, ligamentum hepatoduodenale içinde yer alan safra kanalı bileşenlerinde diğer türlere göre farklılık yaratır. Kolik cerrahilerinde omentum minus'un korunması

oldukça önemlidir, çünkü hassas yapısı nedeniyle damar ve kanal yaralanmaları riski yüksektir (12).

9.2.3. Koyun ve Keçi (*Ovis aries* & *Capra hircus*):

Koyun ve keçilerde omentum minus, sığırdaki yapıya benzer olmakla birlikte daha küçük ve daha incedir. Safra kesesinin bulunması, ligamentum hepatoduodenale boyunca safra kanalı yapılarının seyrini belirgin hale getirir. Porta hepatis (vena porta, arteria hepatica propria ve ductus choledochus) elemanları burada daha derinde yer aldığı için, cerrahi girişimlerde damar yaralanma riski nispeten düşüktür. Küçük ruminantlarda bu yapı, enfeksiyonların ve inflamasyonların yayılmasını sınırlamada destekleyici bir bariyer görevi de görebilir (16).

9.2.4. Domuz (*Sus scrofa domestica*):

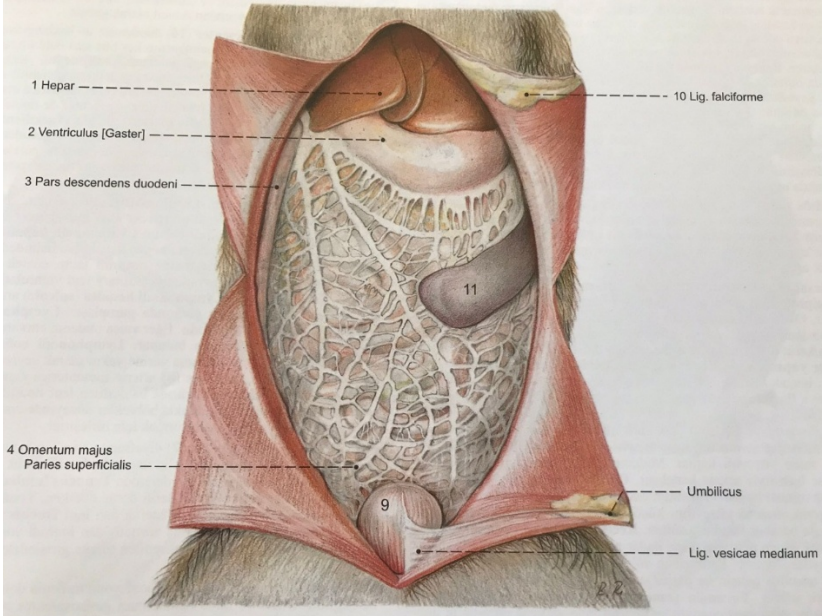
Domuzlarda omentum minus, karın boşluğundaki yoğun yağ dokusu nedeniyle kalın ve yağlı bir yapıdadır. Ligamentum hepatogastricum ve hepatoduodenale boyunca damar ve sinir ağları yağ dokusunun içine gömülüdür. Porta hepatis (vena porta, arteria hepatica propria ve ductus choledochus) elemanlarının bu şekilde yağ içinde yer alması, cerrahi işlemler sırasında dikkat edilmesini gerektirir. Safra kesesi domuzlarda belirgindir ve ligamentum hepatoduodenale içerisinde safra kanalını taşır (5,7).

9.2.5. Köpek (*Canis lupus familiaris*):

Köpeklerde omentum minus ince, elastik ve oldukça hareketli bir yapı sergiler. Midenin curvatura minor'undan karaciğerin porta hepatis'ine kadar olan mesafeyi gevşek olarak bağlar. Omentum minus, karaciğer tarafından proximal ve distal olarak iki kısma ayrılır. Proximal kısım diyaframdan karaciğere ulaşır ve ligamentum hepatogastricum ile karaciğeri mideye bağlar. Mideden karaciğere uzanan omentum minus, ligamentum hepatoduodenale ismiyle de karaciğeri duodenuma bağlar. Distal kısım, karın boşluğunun tabanında ligamentum falciforme

hepatis olarak devam eder (16). Ligamentum hepatoduodenale yüzeyel yerleşim gösterdiği için, portal ven, hepatik arter ve safra kanalına cerrahi müdahaleler nispeten daha kolaydır. Bu türde omentum minus, aynı zamanda inflamasyon durumlarında immün yanıtı destekleyici bir rol oynar ve karın boşluğundaki enfekte bölgelerin izole edilmesine yardımcı olur (10,20).

9.2.6. Diğer Türler: Kedilerde omentum minus, köpeğinkine benzer şekilde ince ve elastiktir, ancak porta hepatis yapıları daha küçüktür. Laboratuvar kemirgenlerinde (fare, sıçan gibi) ise omentum minus çok daha incedir ve porta hepatis (vena porta, arteria hepatica propria ve ductus choledochus) elemanları yüzeye daha yakındır. Sürüngenler ve kuşlar gibi egzotik türlerde klasik anlamda bir omentum minus yapısı bulunmaz; peritoneal katlantılar çok daha basit ve minimaldir (11,12).



Şekil 2. Köpeklerde Omentum (Şematik) (28)

10. OMENTUM'UN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

10.1. Enfeksiyonlara Karşı Bariyer Oluşturma:

Omentum'un lenfoid doku yönünden zengin oluşu, abdominal enfeksiyonlara karşı hızlı ve etkili bir savunma mekanizması geliştirmesine imkân tanır. Karın içi apselerde veya perforasyonlarda, omentum'un hızla bu noktaya göç ettiği ve “pıhtı” veya “fibrin” oluşumunu destekleyerek enfeksiyonun yayılmasını önlediği bilinmektedir (13).

10.2. İmmün Yanıtın Düzenlenmesi:

Omentum'un içerdiği makrofaj, lenfosit gibi hücre popülasyonları, immunmodülasyonun yerel düzeyde gerçekleşmesini sağlar. Proinflamatuvar sitokinlerin (ör. IL-1, TNF- α) ve antiinflamatuvar sitokinlerin (ör. IL-10) dengesini ayarlayan omentum, çok şiddetli bir inflamasyonun doku hasarına yol açmasını da engelleyebilir (13).

10.3. Mezenkimal Kök Hücrelerin Rolü:

Son dönem araştırmaları, omentum'un içinde bulunan mezenkimal kök hücrelerin (MSC) yüksek proliferasyon kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Bu hücreler, hasarlı dokuda hızla farklılaşarak doku onarımını hızlandırabilir. Kalp kası hasarı, tendon onarımı veya deri yaraları gibi geniş bir yelpazede, omentum kaynaklı MSC'lerin kullanımı gündemdedir.

Bu konuyla ilgili kedi, köpek (20), at (21), keçi (22), ve ratta (23) bazı çalışmalar yapılmıştır.

10.4. Yaralanma Sonrası Rejenerasyon Süreçleri:

Bir travma veya cerrahi kesik sonrasında, omentum hasarlı bölgeye mobilize olabilir, dokunun kanlanmasını artırıcı yeni damar tomurcuklanmaları (anjiyogenez) ve büyüme

faktörleri salgılayabilir. Bu, yara iyileşme sürecini kısaltarak enfeksiyon riskini azaltır ve cerrahi başarı oranını yükseltir (13).

10.5. Vasküler Ağ ve Kan Akışının Düzenlenmesi:

Omentum, zengin damarsal yapısıyla karın içi organlara kan akışını dengeleyebilir. Örneğin, omentum'un damarsal ağından destek alan anastomozlar veya by-pass yapılarak hasarlı dokuya ek kan akışı sağlanabilir. Bu özellik, doku nekrozunu engellemek ve yara iyileşmesini optimize etmek için kullanılmaktadır (14).

10.6. Lenfatik Drenaj ve Bağışıklık İlişkisi.

Omentumda yoğun bir lenfatik drenaj sistemi bulunur. Bu sistem sayesinde, karın boşluğundaki ödem sıvısı, atık maddeler ve patojenler lenf nodlarına yönlendirilerek hızla temizlenir. Özellikle peritonit gibi durumlarda, lenfatik drenajın artırılması, sistemik enfeksiyon riskini azaltır (15).

10.7. Mekanik Stabilizasyon ve Sürtünme Azaltma:

Karın organlarının solunum, sindirim ve diğer fizyolojik hareketler sonucu sürekli yer değiştirdiği göz önüne alındığında, bu organların sürtünme ve çarpma riskine maruz kalması kaçınılmazdır. Omentum, esnek ve kaygan yapısıyla bu hareketleri yumuşatarak dokuların zarar görme olasılığını en aza indirir (24).

10.8. Cerrahi Uygulamalarda Tamponlayıcı Rol:

Cerrahlar, anastomoz hattını omentumla sarmayı veya hasarlı bir dokuyu omentumla “yamalayarak” kanlanmasını artırmayı sıkça uygular. Bu “omental pedikül” veya “omental flap” yöntemleri, ameliyat sonrası komplikasyonları ciddi oranda azaltır ve iyileşmeyi hızlandırır (20).

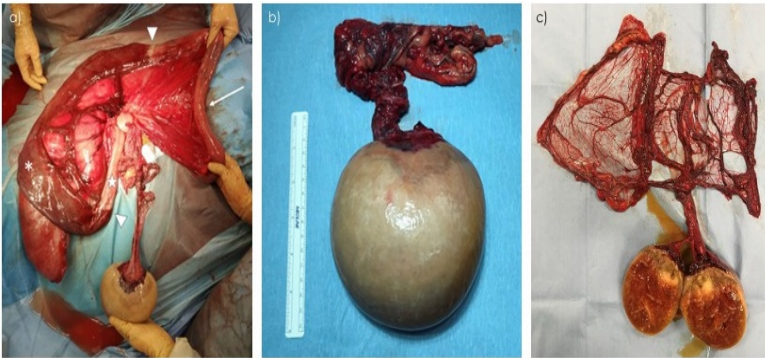
11. VETERİNER HEKİMLİKTE OMENTUM'UN KLİNİK ÖNEMİ

11.1. Gastrointestinal Anastomozlarda Omentum'un Rolü

Gastrointestinal sistemde meydana gelen perforasyon veya obstrüksiyon vakalarında, etkilenen segmentin çıkarılması (rezeksiyon) ve iki uçun anastomozla birleştirilmesi esastır. Bu kritik noktada omentum, anastomoz hattını dışarıdan sararak hem mekanik destek hem de immün koruma sağlar. Örneğin, köpeklerde yapılan ince bağırsak anastomozlarında, omentumla sarılan dikiş hattının sızıntı oranlarının önemli derecede azaldığı bildirilmiştir (25).

11.2. Tümör Çıkarma ve Boşluk Doldurma Uygulamaları

Abdominal tümörlerin çıkarılması sonrası oluşan “ölü boşluk” alanlar, enfeksiyon ve sıvı birikimi riskine açık bölgelerdir. Omentum, bu boşluğu doldurarak dokuların birbirine yaklaşmasını sağlar ve kanlanmayı artırarak iyileşmeyi hızlandırır. Özellikle dalak veya karaciğer tümörlerinde, cerrahi sonrası karın içi hematom riskini azaltmada omentumdan yararlanılır (26).



Şekil 3. Equide'nin Omentumda Oluşan Lipom Yapısının Çıkarılması (27)

11.3. Travma ve Hemostaz Süreçlerinde Kullanımı

Trafik kazası, yüksekten düşme veya penetran yaralanma gibi travmatik durumlarda omentum, hasarlı damarlardan kan sızıntısını azaltan hemostatik bir bariyer gibi davranabilir. Bazı olgularda, kanayan bölgeye spontan olarak yapışarak tampon görevi görmesi hastanın hayatta kalmasını kolaylaştırır (13).

11.4. Enfeksiyon, Peritonit ve Sepsis Yönetiminde Omentum

Peritonit, karın zarının iltihaplanmasıyla karakterize, yaşamı tehdit eden bir durumdur. Omentum, enflamasyon odağını sınırlayarak abses oluşumunu kolaylaştırabilir ve vücudun geri kalanına yayılmasını önler. Bu sayede, sepsis gibi ölümcül komplikasyonlar engellenebilir veya geciktirilebilir. Yeterli cerrahi debridmanla birlikte uygulanan omentopeksi, özellikle ruminantlarda oldukça sık kullanılan bir tekniktir (25).

11.5. Geleceğe Yönelik Rejeneratif Tıp Uygulamaları

Güncel çalışmalarda omentum kaynaklı mezenkimal kök hücrelerin rejeneratif tıp alanında umut vaat ettiği görülmektedir. Tendon onarımlarından karaciğer rejenerasyonuna kadar geniş bir kullanım alanı potansiyeli vardır. Bunun yanı sıra, doku mühendisliği yaklaşımlarında omentum “iskelesi” (scaffold) olarak kullanılabilir ve farklı hücre tiplerinin büyümesini destekleyebilir (26).

12. SONUÇ

Omentum'un anatomisi ve fonksiyonları üzerine yapılan çalışmalar, bu yapının sadece “yağ dokusu” olmadığını, çok yönlü biyolojik bir “organ” olarak kabul edilmesi gerektiğini göstermiştir. Omentum, karın boşluğunda konumlanan basit bir yağ dokusu olmaktan öte, çok katmanlı bir anatomik yapıdır. İçerdiği lenfoid hücreler sayesinde, abdominal enfeksiyonları

kısıtlama ve bağışıklık yanıtını şekillendirme görevini başarıyla üstlenir. Aynı zamanda mekanik stabilizasyon, sürtünmeyi azaltma, doku onarımı ve rejenerasyon gibi temel işlevleri yerine getirir. Cerrahi uygulamalarda “doğal bandaj” niteliğiyle güvenilir ve kolay erişilebilir bir kaynaktır. Türler arası anatomik farklar, klinik stratejilerin geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Hem geleneksel anatomi kaynakları hem de güncel moleküler biyoloji araştırmaları, omentum’un cerrahi başarıyı ve iyileşme oranlarını yükseltebilecek potansiyele sahip olduğunu göstermiştir (13).

Omentum’un potansiyeli, veteriner anatomi, cerrahi, immünoloji ve rejeneratif tıp gibi farklı disiplinlerin entegrasyonu ile daha etkin biçimde ortaya çıkarılabilir. Örneğin, kök hücre araştırmacıları ve cerrahların ortak projelerinde, omental dokunun laboratuvar ortamında nasıl geliştirilebileceği ve spesifik dokulara farklılaşmasının nasıl optimize edileceği üzerine detaylı çalışmalar yapılabilir (15).

Gelecekte, rejeneratif tıp ve doku mühendisliği alanındaki gelişmelerle birlikte, omentum’un kök hücre yönünden zengin içeriğinin daha yenilikçi protokollerde kullanılması beklenmektedir. Bu nedenle, omentum’un detaylı anatomik ve fizyolojik özelliklerinin anlaşılması, veteriner hekimlikte ileri cerrahi, travma ve enfeksiyon yönetiminde kritik rol oynayacaktır.

KAYNAKÇA

1. McLachlin, A., & Denton, D. W. (1973). Omental protection of intestinal anastomoses. *The American Journal of Surgery*, 125(1), 134-140.
2. d'Udekem, Y., Lengele, B., Noirhomme, P., El Khoury, G., Vanwijck, R., Rubay, J. E., & Dion, R. (1998). Radical debridement and omental transposition for post sternotomy mediastinitis. *Cardiovascular Surgery*, 6(4), 415-418.
3. Goldsmith, H. S. (Ed.). (2012). *The omentum: Research and clinical applications*. Springer Science & Business Media.
4. Logmans, A., Schoenmakers, C. H. H., Haensel, S. M., Koolhoven, I., Trimbos, J. B., Van Lent, M., & Van Ingen, H. E. (1996). High tissue factor concentration in the omentum, a possible cause of its hemostatic properties. *European journal of clinical investigation*, 26(1), 82-83.
5. Dyce, K. M., Sack, W. O., & Wensing, C. J. G. (2017). *Textbook of veterinary anatomy*. Elsevier.
6. Miller, M. E., Christensen, G. C., & Evans, H. E. (1964). *Anatomy of the dog*. Saunders.
7. Dursun, N. (2008). *Veteriner anatomi II*. Ankara: Medisan Yayınları.
8. Standring, S. (2016). *Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice*. Elsevier.
9. Demiraslan Y., & Dayan M.O. 2021. *Veteriner Sistematik Anatomi*. Atlas Yayınevi.
10. Evans, H. E., & de Lahunta, A. (2013). *Miller's anatomy of the dog*. Elsevier.

11. Schummer, A., Nickel, R., Sack, W. O., & Seiferle, E. (1979). *The viscera of the domestic mammals*. Parey.
12. Getty, R., Sisson, S., Grossman, J. D., Rosenbaum, C. E., Ghoshal, N. G., & Hillman, D. (1975). *Sisson and Grossman's the Anatomy of the Domestic Animals*. WB Saunders company.
13. Meza-Perez, S., & Randall, T. D. (2017). Immunological functions of the omentum. *Trends in immunology*, 38(7), 526-536.
14. Doom, M., De Rooster, H., van Bergen, T., Gielen, I., Kromhout, K., Simoens, P., & Cornillie, P. (2016). Morphology of the canine omentum part 1: arterial landmarks that define the omentum. *Anatomia, histologia, embryologia*, 45(1), 37-43.
15. König, H. E., & Bragulla, H. (2007). *Veterinary anatomy of domestic mammals: textbook and colour atlas*. Schattauer Verlag.
16. König, H. E., & Liebich, H. G. (2004). *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals*. Schattauer. *Stuttgart, New York*.
17. Kandeel, A. E., Omar, M. S. A., Mekkawy, N. H., El-Seddawy, F. D., & Gomaa, M. (2009). Anatomical and ultrasonographic study of the stomach and liver in sheep and goats. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 23.
18. Cohen, C. A., Shea, A. A., Heffron, C. L., Schmelz, E. M., & Roberts, P. C. (2013). Intra-abdominal fat depots represent distinct immunomodulatory microenvironments: a murine model. *PloS one*, 8(6), e66477.
19. Shimotsuma, M., Simpson-Morgan, M. W., Takahashi, T., & Hagiwara, A. (1994). Ontogeny of milky spots in the

- fetal lamb omentum. *Archives of histology and cytology*, 57(3), 291-299.
20. Morawska-Kozłowska, M., Wilkosz, A., & Zhalniarovich, Y. (2024). The omentum—a forgotten structure in veterinary surgery in small animals' surgery. *Animals*, 14(13), 1848.
 21. González-Fernández, M. L., Pérez-Castrillo, S., Sánchez-Lázaro, J. A., Prieto-Fernández, J. G., López-González, M. E., Lobato-Pérez, S., ... & Villar-Suárez, V. (2016). Assessment of regeneration in meniscal lesions by use of mesenchymal stem cells derived from equine bone marrow and adipose tissue. *American journal of veterinary research*, 77(7), 779-788.
 22. Mohamad-Fauzi, N., Ross, P. J., Maga, E. A., & Murray, J. D. (2015). Impact of source tissue and ex vivo expansion on the characterization of goat mesenchymal stem cells. *Journal of animal science and biotechnology*, 6(1), 1.
 23. He, Q., Ye, Z., Zhou, Y., & Tan, W. S. (2018). Comparative study of mesenchymal stem cells from rat bone marrow and adipose tissue. *Turkish Journal of Biology*, 42(6), 477-489.
 24. Holzapfel, G. A., Humphrey, J. D., & Ogden, R. W. (2025). Biomechanics of soft biological tissues and organs, mechanobiology, homeostasis and modelling. *Journal of the Royal Society Interface*, 22(222), 20240361.
 25. Collins, D., Hogan, A. M., O'Shea, D., & Winter, D. C. (2009). The omentum: anatomical, metabolic, and surgical aspects. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, 13(6), 1138-1146.

26. Colombo, F., Sampogna, G., Cocozza, G., Guraya, S. Y., & Forgione, A. (2017). Regenerative medicine: clinical applications and future perspectives. *Journal of microscopy and ultrastructure*, 5(1), 1-8.
27. Storms, N., Salciccia, A., Grulke, S., Barbazanges, P., Detilleux, J., & De La Rebière, G. (2022). Strangulating lesions of the small intestine associated with the greater omentum in horses: 32 cases. *Equine Veterinary Education*, 34(10), e451-e460.
28. Budras, K. D. (2009). *Veteriner anatomi atlası: Köpek*. Medipres.

AUJESZKY HASTALIĞINA PATOLOJİK YAKLAŞIM

Esra DERELİ¹

Kübra Asena TERİM KAPAKİN²

1. GİRİŞ

Aujeszky hastalığı; dünyada yaygın olarak görülen, özellikle domuzlarda görülen ve diğer bazı evcil ve yabani hayvanları etkileyen önemli bir viral hastalıktır. Aujeszky hastalığı, hayvan sağlığı üzerinde ciddi olumsuz etkiler yaratmasının yanı sıra, özellikle domuz yetiştiriciliğinde ekonomik kayıplara yol açması nedeniyle ülkemizde önemli bir hastalık olarak kabul edilmektedir (1).

2. TARİHÇE

Pseudorabies (PR), diğer adıyla Aujeszky hastalığı (AD) veya halk arasında bilinen adıyla ‘çılgın kaşıntı’, pseudorabies virüsü (PRV) veya Suid alphaherpesvirus 1 (SuHV-1) tarafından oluşturulan enfeksiyöz bir hastalıktır.

Taksonomik açıdan, PRV'nin tek doğal rezervuarı ve konağı domuzlar olarak tanımlansada hastalık ilk olarak 1813 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde sığırlarda gözlemlenmiştir (2,3). 1849 yılında ruminantlarda kuduz hastalığına benzer klinik bulgular göstermesi nedeniyle de

¹ Arş. Gör. Muş Alparslan Üniversitesi., Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvan Sağlığı ve refahı AD e.dereli@alparslan.edu.tr, ORCID: 0009-0001-2742-7704.

² Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Patoloji AD, kubra.terim@atauni.edu, ORCID: 0000-0002-1740-8657.

İsviçre'de bu hastalık için "pseudorabies" terimi kullanılmaya başlanılmıştır. Ayrıca, 19. yüzyılın ilk yarısında Amerika Birleşik Devletleri'nde sığırlardaki klinik seyrinden dolayı bu hastalık için "çılgın kaşıntı" terimi de kullanılmıştır (3). Psödorabies virüsünü (PRV) ilk kez 1902 yılında Macar veteriner patoloğ ve mikrobiyoloğ Aladár Aujeszky enfekte bir öküz, köpek ve kedinin beyin dokularından izole etmiş ve aynı zamanda da bu hastalığı kuduzdan ayıran klinik özelliklerini tanımlamıştır (4).

Shope, Orta Batı Amerika Birleşik Devletleri'nde sığırlarda "çılgın kaşıntı"ya neden olan ve PRV suşu ile immünolojik olarak benzer filtrelenebilir bir virüsün, ABD'deki evcil domuz çiftliklerinde de mevcut olduğunu ortaya koymuştur (5).

Erich Traub PRV'yi in vitro ortamda kültürleyerek çoğaltmayı başarmıştır (6). PRV ile Herpes simplex virüsü arasındaki serolojik ilişki 1934 yılında Sabin ve Wright tarafından açığa çıkarılmış ve PRV'nin Herpes virüs ailesine dahil edilmesine neden olmuşlardır (7).

3. ETİYOLOJİ

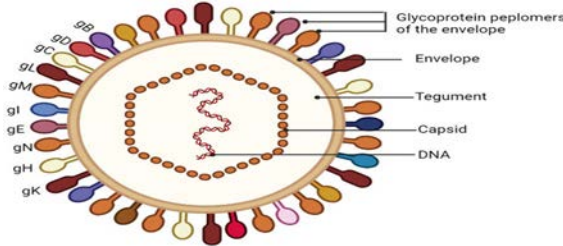
Pseudorabies diğer adıyla Aujeszky hastalığı, ilk olarak 1813 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde tanımlanmış olup, 1980'li yılların başından itibaren küresel düzeyde yayılım göstermiştir (8). Hastalığın etiyolojik etmeni, çok çeşitli konak türlerini enfekte edebilen Pseudorabies virüsüdür. Pseudorabies virüsü, Herpesviridae ailesinin Alphaherpesvirinae alt familyasında yer alan Varicellovirus cinsine ait, zarflı yapıya sahip, doğrusal çift sarmallı DNA içeren bir Herpes virüsüdür (1).

Domuzlar Suid Alphaherpesvirüs 1'in , doğal konakçısı ve rezervuarı olarak kabul edilmesine rağmen başta geviş

getirenler, etçiller ve kemirgenler olmak üzere çeşitli memeli türlerini enfekte edebildiği bilinmektedir (9).

4. VİRİON YAPISI

Pseudorabies virüsü (PRV), Herpesviridae ailesine ait olup, yapısal olarak bu ailenin diğer üyelerine benzer . İki alt tipi (Tip I ve II) bulunan virüs, yaklaşık 225 nm çapında ve dört ana yapıdan oluşur: doğrusal çift sarmallı DNA genomu, ikosahedral kapsid, tegument tabakası ve lipit zarf (10, 11). Genomu yaklaşık 145 kb uzunluğunda olup 70'ten fazla protein kodlar. Tegument iç ve dış katmanlardan oluşur ve 12'den fazla viral/konak proteini içerir (11, 12). Lipit zarfta ise glikozillenmiş transmembran glikoproteinler bulunur; bunlar hücreye giriş, füzyon ve bağışıklıktan kaçışta rol oynar (11).



Şekil.1. Psödorabiesin virion yapısı (13).

5. PRV'NİN YAŞAM DÖNGÜSÜ

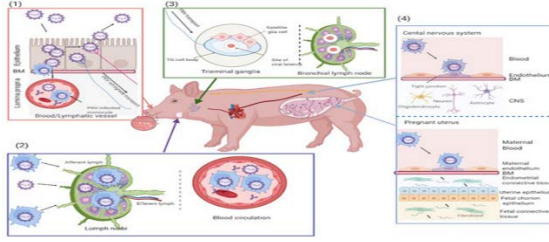
PRV, konak hücreye ilk olarak gC aracılığıyla heparan sülfat proteoglikanlara bağlanır, ardından gD ile bağlanma stabilize edilir. gB, gH ve gL proteinleri viral zar ile hücre zarının füzyonunu sağlayarak kapsid ve tegumentin sitoplazmaya girmesine neden olur (14, 15). Kapsid, mikrotübüller ve dinein motorlarıyla nükleer pora taşınır ve viral DNA çekirdeğe aktarılır (14). DNA, halkasal forma dönüşerek teta tipi ve sonra rolling circle mekanizmasıyla çoğalır (11, 38). Erken evrede IE180, EP0,

UL41 (vhs), UL48 (VP16) gibi genler aktifleşir ve viral gen ekspresyonunu düzenler (16). Bu replikasyon sürecinde, PRV tarafından kodlanan birçok enzim görev alır. Bunlar arasında DNA polimeraz kompleksi bileşenleri olan UL52, UL42, UL30, UL29, UL9, UL8 ve UL5 yer alır. Ayrıca, nükleotid metabolizmasında görevli enzimler olan dUTPaz (UL50), timidin kinaz (UL23) ve iki alt birimli ribonükleotid redüktaz (UL39/UL40) da PRV genomu tarafından kodlanır. Viral genom ayrıca, DNA onarımı, rekombinasyon ve konkatemer çözünürlüğü gibi süreçlerde görev alan urasil DNA glikozilaz (UL2) ve alkalın nükleaz (UL12) gibi proteinleri de kodlamaktadır (17).

Viral gen ekspresyonu, protein translasyonu ve DNA replikasyonunun tamamlanmasının ardından, kapsid proteinleri konak hücre çekirdeğinde bir araya gelerek nükleokapsid montajını oluşturur. Montajlanan nükleokapsidler, çekirdekten sitoplazmaya doğru, iç ve dış nükleer zarlar boyunca tomurcuklanma ve membran füzyonu aracılığıyla geçer. Sitoplazmaya ulaştıktan sonra, olgunlaşma sürecini tamamlayan zarflı virionlar, hücre membranından tomurcuklanarak hücre dışına salınır ve bir sonraki enfeksiyon döngüsünü başlatır (18).

6. PATOGENEZ

Pseudorabies virüsü, domuzlarda solunum sistemi enfeksiyonları, nörolojik bozukluklar ve abortuslara neden olabilen oldukça bulaşıcı bir patojendir. Enfeksiyonun başlıca bulaşma yolu, oral ve nazal sekresyonlarla kontamine materyallerle doğrudan temas olmakla birlikte; aerogen, transplasental geçiş ve hematogen yayılımla da enfeksiyonun bulaşması mümkündür (19, 20).



Şekil.2. Domuzlarda Farklı Büyüme Evrelerinde Pseudorabies Virüsünün (PRV) Patogenezinin Şematik Gösterimi (13)

PRV enfeksiyonu, konakta ilk olarak üst solunum yolu epitelinde replikasyonla başlar. Virüs, lökositler aracılığıyla bazal membranı aşarak sistemik dolaşıma ve lenf düğümlerine ulaşır. Ardından, sinir uçlarından retrograd taşınarak trigeminal gangliona (TG) ilerler (13).

Lenf düğümlerinde replikasyon sürerken, mononükleer hücrelerle viremi gelişir ve virüs diğer organlara yayılır (13).

TG nöronlarında, virüs latent forma geçerek uzun süreli enfeksiyon oluşturur; bu durum reaktivasyon ile yeniden bulaşmaya neden olabilir (21).

Sekonder replikasyon, özellikle gebe uterus ve merkezi sinir sistemi gibi hedef organlarda görülür. Uterusta vaskülit, tromboz ve abortus, yeni doğanlarda ise ani ölümler gözlenebilir (20, 21, 22).

PRV'nin latent enfeksiyon ve reaktivasyon yeteneği, varyantların yeniden dolaşıma girmesine yol açmış; bu durum küresel farkındalığı artırmış ve yeni kontrol stratejileri geliştirilmesini teşvik etmiştir (13).

7. EPİDEMİYOLOJİ

Aujeszky hastalığı (PRV), domuz endüstrisinde büyük ekonomik kayıplara yol açtığı için WOAHO/OIE tarafından bildirimi zorunlu hastalıklar arasında yer alır (23). Aşılama ve

DIVA testleri ile Avrupa, ABD ve Yeni Zelanda'da hastalık eradike edilmiş, yalnızca seyrek salgınlar bildirilmiştir (24). 1980'lerden itibaren artan hayvan ticareti, yayılımı hızlandırırsa da bu bölgelerde biyogüvenlik ve kontrol önlemleri başarılı olmuştur (23). Buna rağmen, Asya, Afrika, Latin Amerika ve Doğu Avrupa'da hastalık endemik olarak sürmektedir (25). Çin'de 2010–2024 arasında ortalama PRV prevalansı %21,5, Türkiye'de yaban domuzlarında seroprevalans %69,9 olarak bildirilmiştir. Eradikasyon sağlanmış olsa da İtalya, Yunanistan ve Almanya gibi ülkelerde yaban domuzlarında PRV hâlen tespit edilmektedir (26).

8. BULGULAR

8.1. Klinik Bulgular

PRV enfeksiyonu, domuzlarda yaş ve fizyolojik duruma bağlı olarak farklı klinik belirtiler gösterir:

Neonatal domuzlarda %100'e varan ölüm, gençlerde solunum sorunları ve gelişim geriliği, dişilerde üreme bozuklukları görülür (10). Domuz dışındaki hayvanlarda enfeksiyon her zaman ölümcüldür ve genellikle şiddetli kaşıntı, sinir sistemi bozuklukları ve %100 ölüm ile karakterizedir (9, 12,29). İnsanlarda ise son yıllarda endoftalmitis ve ensefalitis gibi tablolar bildirilmiş, bir ensefalitis vakasında insan kökenli PRV suşu hSD-1/2019 izole edilmiştir (27). Sığır, koyun ve keçilerde, bazen klinik belirti olmadan ani ölümler görülür. En belirgin semptom şiddetli kaşıntı olup, spinal gangliyonlardaki gangliyonöritle ilişkilidir (23, 28). Hayvanlar kaşıntılı bölgeyi yalama, ısırma, sürme ve otomutilasyon davranışı sergiler. Ayrıca konvülziyon, böğürme, etrafında dönme, diyafram spazmı, opistotonus, salivasyon, solunum zorluğu ve ataksi gibi semptomlar görülür (28).



Şekil 3. Şiddetli kaşıntı sonucunda vücudun değişik bölgelerinde oluşan lezyonlar (29)



Şekil 4. Bir köpekte peri-oküler bölge, bukkal ve labiyal bölgede yoğun kaşıntı nedeniyle travmatik kökenli yaralanmalar (43)

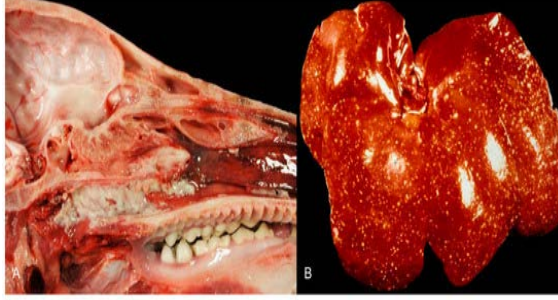
8.2. Nekropsi Bulguları

PRV enfeksiyonunda lezyonlar, özellikle neonatal ve genç domuzlarda belirgindir.

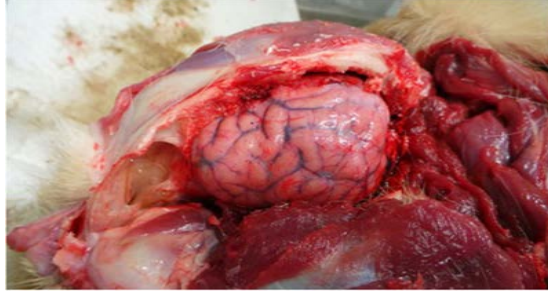
Sistemik yayılım gösteren lezyonlar en çok:

Lenf düğümleri, akciğer parankimi, kalp, böbrek korteksi, mide ve beyin dokusunda peteşiyal kanamalar şeklindedir (27, 29, 30). Tonsil, larenks, trakea, özofagus, karaciğer, dalak, bağırsak ve böbreklerde, milimetrik boyutlarda, soluk beyaz renkli koagülatif nekrotik alanlar görülür (28, 29, 30). Ayrıca, santral sinir sistemi ve lenfoid organlarda vasküler

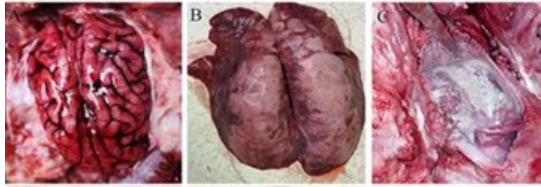
konjesyon, akciğerlerde ise interstisyel ödem yaygındır (27, 28, 29).



Şekil 5. Psöдорabies virüsü (PRV) ile enfekte olmuş domuzların (A) tonsillerde ve (B) karaciğerde koagülatif nekroz (30)



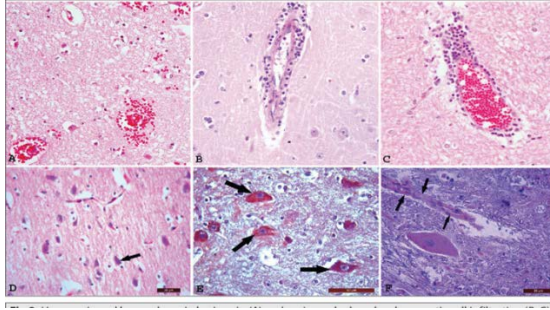
Şekil 6. Meninkslerde hiperemi (43)



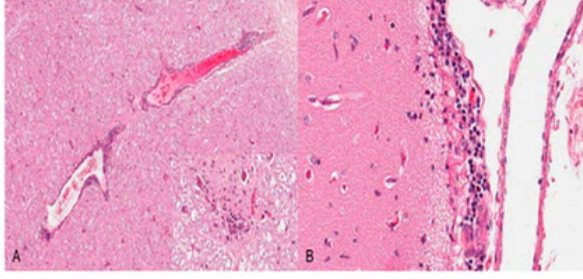
Şekil 7. A. Beyinde ödem ve hiperemi. (B) Akciğerde konjesyon ve ödem. (C) Tonsillerin yüzeyindeki sarı-beyaz eksüdat (41)

8.3. Mikroskopik Bulgular

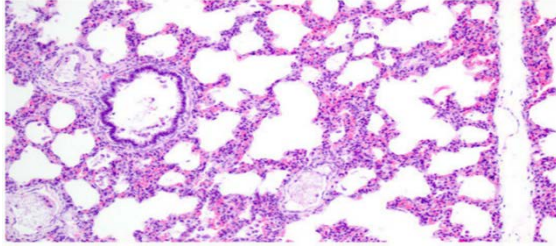
Beyin: Hiperemi, kanama, dejeneratif/nekrotik nöronal değişiklikler, demiyelinizasyon, mononükleer hücre infiltrasyonları (lenfosit ve histiyosit), gliosis ve nöronlarda asidofilik intranükleer/intrastoplazmik inklüzyonlar gözlenir. Kalp: Yaygın miyokardiyal hemoraji, nekrotik-dejeneratif değişiklikler ve interstisyel eozinofilik fibrinli eksudat birikimi izlenir . Akciğer: Hemoraji, vasküler konjesyon ve mononükleer hücre infiltrasyonlarına bağlı interstisyel pnömoni oluşur. Bağırsak (özellikle ileum): Peyer plaklarında lenfoid hücre nekrozu izlenir . Karaciğer: Multifokal hemorajik lezyonlar ve hepatositlerde dejeneratif değişiklikler mevcuttur. Timus: Hafif fokal hemoraji ve timik kortekste lenfoid hücre kaybı görülür. Adrenal bez: Zona fasciculata'da fokal hemoraji oluşabilir (28,30,31)



Şekil 8. (A) Beyinde hiperemi, hemoraji, (B, C), perivasküler lenfositik hücre infiltrasyonu, (D,E,F) nöronlarda intranükleer inklüzyon cisimciği (28)



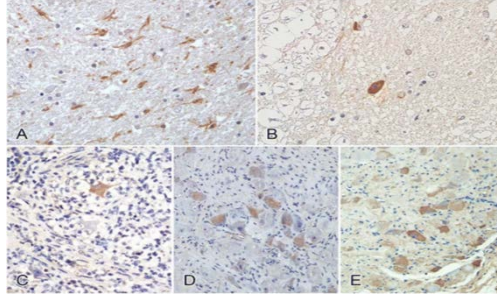
Şekil 9. A. Lenfositler ve histiyositlerden oluşan perivasküler hücre infiltrasyonu ve hafif mikrogliozis B. Beyinde nonprulent meningoensefalitis (30)



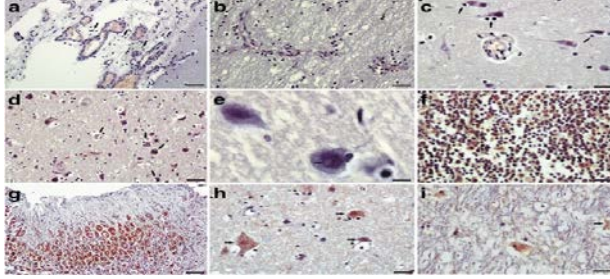
Şekil 10. Doğal PRV ile enfekte bir domuzun akciğerinde interstisyel pnömoni (30)

8.4. İmmünohistokimya (İHC) ve İmmünflöresan Bulguları

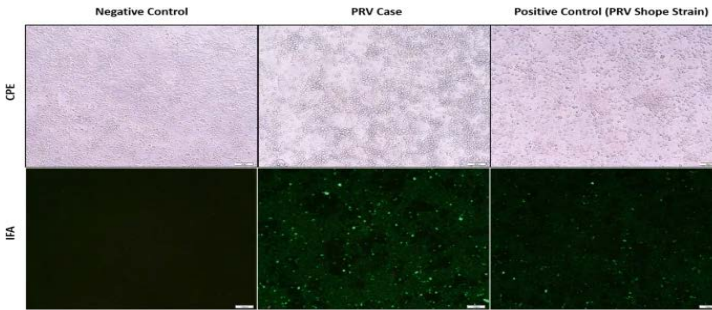
PRV tanısında kullanılan bir diğer önemli yöntem ise immünohistokimya (IHC)'dır. Bu teknik, enfekte hayvanlardan elde edilen doku örneklerinde PRV antijenlerinin lokalizasyonunu göstermeye yarar. Özellikle sinir dokusunda yapılan incelemelerde, PRV'ye özgü antijenlerin belirlenmesi, hem tanısal doğruluk sağlar hem de hastalığın patogenezinin anlaşılmasına katkıda bulunur. Nöronlarda ve/veya gangliyon hücrelerinde sitoplazmik ve/veya nükleer yerleşimli PRV antijeni kahverengi renkli spesifik immün boyanma yöntemi ile tespit edilebilmektedir (30,31).



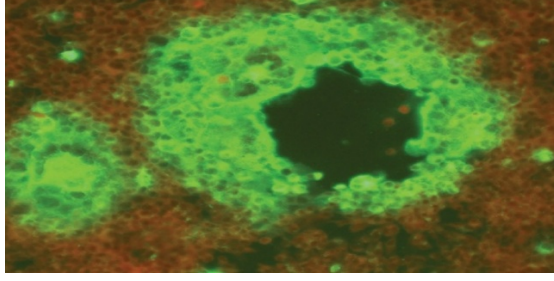
Şekil 11. İmmünohistokimyasal boyamada PRV antijeni, nöronlarda ve/veya gangliyon hücrelerinde sitoplazmik ve/veya nükleer lokalizasyonu (31)



Şekil 12. PRV pozitif immun boyama, beyin ve beyincikte nöron ve glia hücrelerinde PRV varlığı (42)



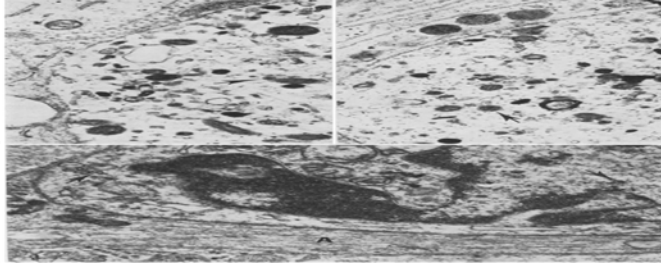
Şekil 13. Pseudorabies virüsü ile enfekte olmuş bir köpeğin beyin dokusunun sitopatojenik etkisi (CPE) ve immüno Floresan antikor testi (IFA)(32)



Şekil 14. Sinir dokusu homojenatlarından Crandell kedi böbrek hücrelerinde izole edilen Pseudorabies virüsünün floresan antikor boyaması (33)

8.5. Elektron Mikroskopik Bulgular

Elektron mikroskobu, PRV'nin sinir dokudaki etkilerini incelemede etkin bir araç olmuş; virüsün, sinir sistemi boyunca aksoplazmik transport ile yayıldığını göstermiştir. Bu mekanizma sayesinde PRV, merkezi ve periferik sinir sistemine ulaşarak enfeksiyon oluşturur. Özellikle spinal ganglion ve periferik sinirlerde, viral lokalizasyon, schwann hücre hasarı, akzoplazmada virüs partikülleri dikkat çekici bulgulardır (34).



Şekil 15. Sinirin tüm seviyelerinde akzoplazma viral partiküller gözlenmiştir. Partiküller en sık olarak reaktif aksonlarda saptanmakla birlikte, distrofiye uğramış aksonlarda da tanımlanmıştır (34)

9. TANI YÖNTEMLERİ

PRV tanısında klinik ve patolojik yöntemlerin yetersiz kalması nedeniyle serolojik ve moleküler biyoloji teknikleri kullanılmaktadır. Serolojik testler, enfekte hayvanlarda virüse özgü antikorların tespitine yönelik olup, en yaygın kullanılanlar Virüs Nötralizasyon Testi (SNT), ELISA, Lateks Aglütinasyon Testi (LAT), İndirekt İmmüno Floresan Testi (IFA), Doğrudan İmmüno Floresan Testi (DMF) ve Bloke Edici İmmünoperoksidaz Monolayer Testi (b-IPMA)'dır (13). Moleküler yöntemler ise PRV genomunu doğrudan ve spesifik olarak tespit eder; bu yöntemler arasında Gerçek Zamanlı PCR (qPCR, TaqMan), Nanopartikül Destekli PCR, Damlacık Dijital PCR (ddPCR), Halka Aracılı İzotermal Amplifikasyon (LAMP) ve Üçüncü Nesil Dizileme Teknolojileri (TGS) yer alır (13,39). Moleküler teknikler özellikle latent enfeksiyonların ve serolojik olarak negatif sonuç veren vakaların teşhisinde kritik öneme sahiptir. PCR ve qPCR, farklı gen bölgelerini hedefleyen primer ve prob sistemleri sayesinde yüksek duyarlılık ve özgüllük sunarak PRV tanısında altın standart olarak kabul edilmektedir (13,40).

10. AŞILAMA

PRV enfeksiyonu, domuz endüstrisinde ciddi ekonomik kayıplara yol açmış ve zoonotik potansiyeli nedeniyle halk sağlığı açısından da önemli bir tehdit oluşturduğu bildirilmiştir (8). 1961 yılında Macaristan'da geliştirilen ve glikoprotein E (gE) geninden yoksun Bartha-K61 suşuna dayalı aşı, küresel çapta hastalığın kontrol altına alınmasında geçici bir başarı sağlamıştır. Ancak son yıllarda PRV yeniden ortaya çıkmış ve PRV'nin varyant suşları aracılığıyla hızlı bir şekilde yayılım gösterdiği ve bu aşının varyant suşlara karşı tam koruma sağlayamadığı bildirilmiştir (13,35). Bu varyantlar, geleneksel aşilarla yalnızca kısmi koruma sağlanabilen genetik ve antijenik farklılıklar içermektedir

(36,37). Bazı araştırmalar, PRV varyant suşlarının hem hayvanlar hem de insanlar için klasik suşlara kıyasla daha yüksek virülansa sahip olduğunu ortaya koymuştur (9,38). Bu nedenle son yıllarda daha yüksek korumaya sahip varyant suşlara dayalı hem canlı hem de inaktif marker aşılar olarak geliştirilen gE, gI, TK, Us9, Us2, gC, gG, PK, PRV GDFS-delgI/gE/US9/US2, PRV HeN1201 gE delesyonlu aşısı, PRV C suşu – dört gen delesyonlu aşısı (gI/gE/Us9/Us2) gibi yeni nesil aşılar geliştirilmiştir (13,29).

11. SONUÇ

Aujeszky hastalığı özellikle domuzlar başta olmak üzere birçok evcil hayvanda görülebilen, yüksek ekonomik kayıplara neden olan ve yayılma riski yüksek olan önemli bir viral hastalıktır. Hayvancılık sektörünü doğrudan etkileyen bu enfeksiyonla mücadelede; etkili aşılama programları, sıkı biyogüvenlik önlemleri, başıboş hayvanların kontrolü ve hijyen kurallarına uyum büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- 1- Mettenleiter, T. (2000). Aujeszky's disease (pseudorabies) virus: the virus and molecular pathogenesis-state of the art, June 1999. *Veterinary research*, 31(1), 99-115.
- 2- Mettenleiter, T. C., Ehlers, B., Müller, T., Yoon, K. J., & Teifke, J. (2019). Herpesviruses. In *Diseases of Swine* (pp. 548–575).
- 3- Hanson, R. (1954). The history of pseudorabies in the United States. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 124, 259–261.
- 4- Mettenleiter TC. Aujeszky's Disease and the Development of the Marker/DIVA Vaccination Concept. *Pathogens*. 2020 Jul 12;9(7):563. doi: 10.3390/pathogens9070563. PMID: 32664700; PMCID: PMC7400435.
- 5- Shope, R. E. (1931). An experimental study of “mad itch” with especial reference to its relationship to pseudorabies. *Journal of Experimental Medicine*, 54, 233–248.
- 6- Traub E. Cultivation Of Pseudorabies Virus. *J Exp Med*. 1933 Nov 30;58(6):663-81. doi: 10.1084/jem.58.6.663. PMID: 19870223; PMCID: PMC2132292.
- 7- Sabin AB. The Immunological Relationships of Pseudorabies (Infectious Bulbar Paralysis, Mad Itch). *Br J Exp Pathol*. 1934 Dec;15(6):372–80. PMCID: PMC2065012.
- 8- Zheng, H. H., Jin, Y., Hou, C. Y., Li, X. S., Zhao, L., Wang, Z. Y., & Chen, H. Y. (2021). Seroprevalence investigation and genetic analysis of pseudorabies virus within pig populations in Henan province of China during 2018–2019. *Infection, Genetics and Evolution*, 92, 104835.
- 9- Laval, K., Vernejoul, J. B., Van Cleemput, J., Koyuncu, O. O., & Enquist, L. W. (2018). Virulent pseudorabies virus

infection induces a specific and lethal systemic inflammatory response in mice. *Journal of virology*, 92(24), 10-1128.

- 10- Pomeranz, L. E., Reynolds, A. E., & Hengartner, C. J. (2005). Molecular biology of pseudorabies virus: impact on neurovirology and veterinary medicine. *Microbiology and molecular biology reviews*, 69(3), 462-500.
- 11- Mettenleiter, T. C., Klupp, B. G., & Granzow, H. (2009). Herpesvirus assembly: an update. *Virus research*, 143(2), 222-234.
- 12- Daniel, G. R., Pegg, C. E., & Smith, G. A. (2018). Dissecting the herpesvirus architecture by targeted proteolysis. *Journal of virology*, 92(17), 10-1128.
- 13- Zheng, H.-H., Fu, P.-F., Chen, H.-Y., & Wang, Z.-Y. (2022). Pseudorabies Virus: From Pathogenesis to Prevention Strategies. *Viruses*, 14(8), 1638. <https://doi.org/10.3390/v14081638>
- 14- Granzow, H., Klupp, B. G., & Mettenleiter, T. C. (2005). Entry of pseudorabies virus: an immunogold-labeling study. *Journal of virology*, 79(5), 3200-3205.
- 15- Luxton, G. G., Haverlock, S., Coller, K. E., Antinone, S. E., Pincetic, A., & Smith, G. A. (2005). Targeting of herpesvirus capsid transport in axons is coupled to association with specific sets of tegument proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(16), 5832-5837.
- 16- Fuchs, W., Granzow, H., Klupp, B. G., Kopp, M., & Mettenleiter, T. C. (2002). The UL48 tegument protein of pseudorabies virus is critical for intracytoplasmic assembly of infectious virions. *Journal of virology*, 76(13), 6729-6742.

- 17- Kit, S., Kit, M., & Pirtle, E. C. (1985). Attenuated properties of thymidine kinase-negative deletion mutant of pseudorabies virus. American journal of veterinary research, 46(6), 1359-1367.
- 18- Fuchs, W., Klupp, B. G., Granzow, H., Rziha, H. J., & Mettenleiter, T. C. (1996). Identification and characterization of the pseudorabies virus UL3. 5 protein, which is involved in virus egress. Journal of virology, 70(6), 3517-3527.
- 19- Hahn, E. C., Page, G. R., Hahn, P. S., Gillis, K. D., Romero, C., Anelli, J. A., & Gibbs, E. P. J. (1997). Mechanisms of transmission of Aujeszky's disease virus originating from feral swine in the USA. Veterinary Microbiology, 55(1-4), 123-130.
- 20- Romero, C. H., Meade, P. N., Shultz, J. E., Chung, H. Y., Gibbs, E. P., Hahn, E. C., & Lollis, G. (2001). Venereal transmission of pseudorabies viruses indigenous to feral swine. Journal of wildlife diseases, 37(2), 289-296.
- 21- Verpoest, S., Cay, B., Favoreel, H., & De Regge, N. (2017). Age-dependent differences in pseudorabies virus neuropathogenesis and associated cytokine expression. Journal of virology, 91(2), 10-1128.
- 22- Van de Walle, G. R., Favoreel, H. W., Nauwynck, H. J., Mettenleiter, T. C., & Pensaert, M. B. (2003). Transmission of pseudorabies virus from immune-masked blood monocytes to endothelial cells. Journal of general virology, 84(3), 629-637.
- 23- Müller, T., Hahn, E. C., Tottewitz, F., Kramer, M., Klupp, B. G., Mettenleiter, T. C., & Freuling, C. (2011). Pseudorabies virus in wild swine: a global perspective. Archives of virology, 156(10), 1691-1705.

- 24- MacDiarmid, S. C. (2000). Aujeszky's disease eradication in New Zealand. *Australian Veterinary Journal*, 78(7), 470-471.
- 25- Müller, T. F., Teuffert, J., Zellmer, R., & Conraths, F. J. (2001). Experimental infection of European wild boars and domestic pigs with pseudorabies viruses with differing virulence. *American Journal of Veterinary Research*, 62(2), 252-258.
- 26- Caruso, C., Vitale, N., Prato, R., Radaelli, M. C., Zoppi, S., Possidente, R., ... & Masoero, L. (2018). Pseudorabies virus in North-West Italian wild boar (*Sus scrofa*) populations: Prevalence and risk factors to support a territorial risk-based surveillance. *Veterinaria italiana*, 54(4), 337-341.
- 27- Yang, H., Han, H., Wang, H., Cui, Y., Liu, H., & Ding, S. (2019). A case of human viral encephalitis caused by pseudorabies virus infection in China. *Frontiers in neurology*, 10, 534.
- 28- Yıldırım, S., Özkan, C., Yener, Z., Çetin, M., & Kozat, S. Immunohistochemical Diagnosis of Pseudorabies (Aujeszky. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 23(1).
- 29- Ciarello, F. P., Capucchio, M. T., Ippolito, D., Colombino, E., Gibelli, L. R. M., Fiasconaro, M., Moreno Martin, A. M., & Di Marco Lo Presti, V. (2020). First Report of a Severe Outbreak of Aujeszky's Disease in Cattle in Sicily (Italy). *Pathogens*, 9(11), 954. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110954>
- 30- Sehl, J., & Teifke, J. P. (2020). Comparative pathology of pseudorabies in different naturally and experimentally infected species—a review. *Pathogens*, 9(8), 633.

- 31- Zhang, L., Zhong, C., Wang, J., Lu, Z., Liu, L., Yang, W., & Lyu, Y. (2015). Pathogenesis of natural and experimental Pseudorabies virus infections in dogs. *Virology Journal*, 12(1), 44.
- 32- Pedersen, K., Turnage, C. T., Gaston, W. D., Arruda, P., Alls, S. A., & Gidlewski, T. (2018). Pseudorabies detected in hunting dogs in Alabama and Arkansas after close contact with feral swine (*Sus scrofa*). *BMC Veterinary Research*, 14(1), 388.
- 33- Cramer, S. D., Campbell, G. A., Njaa, B. L., Morgan, S. E., Smith, S. K., McLin IV, W. R., ... & Maes, R. K. (2011). Pseudorabies virus infection in Oklahoma hunting dogs. *Journal of veterinary diagnostic investigation*, 23(5), 915-923.
- 34- McCracken, R. M., & Dow, C. (1973). An electron microscopic study of Aujeszky's disease. *Acta Neuropathologica*, 25(3), 207-219.
- 35- Zhou, J., Li, S., Wang, X., Zou, M., & Gao, S. (2017). Bartha-k61 vaccine protects growing pigs against challenge with an emerging variant pseudorabies virus. *Vaccine*, 35(8), 1161-1166.
- 36- Freuling, C. M., Müller, T. F., & Mettenleiter, T. C. (2017). Vaccines against pseudorabies virus (PrV). *Veterinary Microbiology*, 206, 3-9.
- 37- Wang, C. H., Yuan, J., Qin, H. Y., Luo, Y., Cong, X., Li, Y., ... & Qiu, H. J. (2014). A novel gE-deleted pseudorabies virus (PRV) provides rapid and complete protection from lethal challenge with the PRV variant emerging in Bartha-K61-vaccinated swine population in China. *Vaccine*, 32(27), 3379-3385.

- 38- Liu, Q., Wang, X., Xie, C., Ding, S., Yang, H., Guo, S., ... & Li, W. (2021). A novel human acute encephalitis caused by pseudorabies virus variant strain. *Clinical Infectious Diseases*, 73(11), e3690-e3700.
- 39- Ren, M., Lin, H., Chen, S., Yang, M., An, W., Wang, Y., ... & Hu, J. (2018). Detection of pseudorabies virus by duplex droplet digital PCR assay. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 30(1), 105-112.
- 40- Zanella, E. L., Miller, L. C., Lager, K. M., & Bigelow, T. T. (2012). Evaluation of a real-time polymerase chain reaction assay for Pseudorabies virus surveillance purposes. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 24(4), 739-745.
- 41- Ren, Q., Ren, H., Gu, J., Wang, J., Jiang, L., & Gao, S. (2022). The epidemiological analysis of pseudorabies virus and pathogenicity of the variant strain in Shandong Province. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 806824.
- 42- Masot Gómez-Landero, A. J., Gil Molino, M. D. L. M., Risco Pérez, D., Jiménez Gallego, O. M., Núñez Garrote, J. I., & Redondo García, E. (2017). Pseudorabies virus infection (Aujeszky's disease) in an Iberian lynx (*Lynx pardinus*) in Spain: a case report.
- 43- Ciarello, F. P., Moreno, A., Miragliotta, N., Antonino, A., Fiasconaro, M., Purpari, G., ... & Di Marco Lo Presti, V. (2022). Aujeszky's disease in hunting dogs after the ingestion of wild boar raw meat in Sicily (Italy): clinical, diagnostic and phylogenetic features. *BMC Veterinary Research*, 18(1), 27.

VETERİNER HEKİMLİKTE YENİ NESİL PROBİYOTİK: AKKERMANSIA MUCINIPHILA

Ayşegül BİLDİK¹

1. GİRİŞ

Bağırsak mikrobiyotası, konak fizyolojisinin şekillenmesinde kritik rol oynayan karmaşık ve dinamik bir ekosistemdir. Archaea, Bacteria, Eukarya ve virüsleri kapsayan binlerce mikrobiyal türden oluşan bu simbiyotik topluluk; enerji ve besin emilimi, bağışıklık yanıtlarının düzenlenmesi, bağırsak geçirgenliğinin kontrolü, hormon ve vitamin sentezi gibi pek çok sürece doğrudan katkıda bulunmaktadır (Backhed ve ark., 2005). Gastrointestinal sistemin yaklaşık 10^{14} mikroorganizmaya ve 1.000'den fazla bakteri türüne ev sahipliği yaptığı düşünülmektedir. Dizileme teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde, bağırsak mikrobiyotası ile konak arasındaki simbiyotik ilişkinin moleküler temelleri giderek daha iyi anlaşılmaktadır (Thursby ve Juge, 2017).

“Normal” bağırsak florası, sindirim ve enerji dengesinin korunmasında, kullanılmayan substratların fermente edilmesinde, immün sistemin düzenlenmesinde ve vitamin (ör. K vitamini, biotin) ile enzimlerin sentezinde hayati işlevlere sahiptir. Mikrobiyota tarafından gerçekleştirilen metabolik aktiviteler, organizmada adeta “unutulmuş bir organ” gibi görev yapmakta ve çevre, diyet, genetik gibi faktörlerin etkisiyle değişerek çeşitli hastalıkların patogeneğinde rol oynamaktadır (Wang ve ark.,

¹ Prof. Dr., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Veterinerlik Biyokimyası Anabilim Dalı, bildik65@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-4570-2156.

2020). Bu nedenle, bağırsak mikrobiyotasının konak sağlığı ile ilişkisi hem tıp hem de veteriner hekimlik alanında yoğun araştırmalara konu olmaktadır (Sekirov ve ark., 2010). Bu mikrobiyal ekosistem içerisinde öne çıkan türlerden biri, ***Akkermansia muciniphila***'dır. İlk kez 2004 yılında Derrien ve arkadaşları tarafından insan dışkısından zenginleştirme yöntemiyle izole edilen bu bakteri, Gram-negatif, zorunlu anaerob ve mukus parçalayıcı özellikleri ile tanımlanmıştır. *Akkermansia* cins adı, Wageningen Üniversitesi'nde görev yapan Dr. Antoon Akkermans'a ithafen verilmiş; tür adı ise bakterinin müsin (MUC2) parçalayıcı kapasitesine vurgu yapacak şekilde "muciniphila" olarak belirlenmiştir. Bu özellik, *A. muciniphila*'ya gastrointestinal mukus tabakasında eşsiz bir ekolojik niş sağlamış ve onu bağırsak ekosisteminin önemli regülatörlerinden biri haline getirmiştir (Derrien ve ark., 2004).

A. muciniphila'nın insanlarda erken yaşamdan itibaren bağırsak mikrobiyotasının %1–4'ünü oluşturduğu, özellikle kolon mukozasında yüksek bollukta bulunduğu gösterilmiştir (Wang ve ark., 2020). *A. muciniphila* düzeylerindeki azalmaların inflamatuvar bağırsak hastalıkları, obezite, diyabet ve apandisit gibi çeşitli patolojilerle negatif korelasyon göstermesi, bu bakteriyi özellikle metabolik sağlık açısından önemli bir aday haline getirmiştir (Christovich ve Luo, 2022). Mekanistik çalışmalar, bu bakterinin bağırsak ortamında anti-inflamatuvar etki gösterdiğini ve bağırsak bariyer bütünlüğünü desteklediğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, *A. muciniphila* veya türevlerinin yeni nesil probiyotik ve terapötik ajanlar arasında değerlendirilebileceğini düşündürmektedir (Ioannou ve ark., 2025).

Tam genom dizileme analizleri, *A. muciniphila*'nın müsin glikoproteinlerinin parçalanmasında görev alan çok sayıda hidrolitik enzime sahip olduğunu ortaya koymuştur (Van Passel ve ark., 2011). Bu enzimatik kapasite, bakteriye yalnızca konak

mukus tabakasını enerji kaynağı olarak kullanma imkânı sunmakla kalmaz; aynı zamanda diğer mikrobiyota üyeleriyle çapraz beslenme ilişkileri kurarak ekosistemde simbiyotik bir dengeyi teşvik eder (Ottman ve ark., 2017). Bunun sonucunda *A. muciniphila*, mukus üretimini uyararak ve immün yanıtları modüle ederek bağırsak homeostazının sürdürülmesine katkı sağlar. Bu fonksiyonlar, onu metabolik sendrom, obezite ve diyabet gibi kronik hastalıklarda terapötik potansiyele sahip bir bakteri haline getirmiştir (Cani ve ark., 2022).

Sonuç olarak, bağırsak mikrobiyotası ve özellikle *A. muciniphila*'nın konak sağlığı ile ilişkisi, günümüzde en ilgi çekici araştırma alanlarından birini oluşturmaktadır. Bu bakteri, mukus tabakasını hedef alarak hem bariyer bütünlüğünü hem de metabolik dengeyi düzenleme potansiyeli ile gelecek nesil probiyotikler ve tedavi yaklaşımları için umut vaat etmektedir.

2. *Akkermansia muciniphila*'nın GENEL ÖZELLİKLERİ VE ÖNEMİ

2.1. *Akkermansia muciniphila*'nın Biyolojisi ve Fizyolojisi

Akkermansia muciniphila, bağırsak mukus tabakasında kolonize olabilen, Gram-negatif, oval şekilli ve yaklaşık 0,6–1,0 µm boyutlarında bir bakteridir. Elektron mikroskobu görüntülemeleri, bakterinin yüzeyinde **pili benzeri filamentöz yapılar** bulunduğunu göstermiştir. Bu yapılar, konak mucusu ile etkileşim, hücrelere tutunma ve bağışıklık sisteminin uyarılmasında kritik rol oynamaktadır. Genomik analizler, *A. muciniphila*'nın çeşitli Tip IV pili proteinleri kodladığını ortaya koymuştur (Tablo 1). Bu proteinler, özellikle membran ve hücre zarfı fraksiyonlarında zenginleşmiştir (Ottman ve ark., 2017).

- Amuc_1098 (PilQ): Tip IV pilus sisteminin PilQ bileşeni olarak tanımlanmış ve dış membranda lokalize edilmiştir.

- Amuc_1100 (PilO benzeri): Yapısal olarak Tip IV pilus sisteminin PilO'suna benzemektedir ve en yüksek oranda ifade edilen proteinlerden biridir. Toll benzeri reseptör (TLR) 2 ve TLR4'ü aktive ederek interlökin (IL)-6, IL-8 ve IL-10 gibi sitokinlerin üretimini destekler
- Amuc_1102: Arkeal Tip IV pilus proteinlerine yapısal benzerlik gösterir.

Tip IV pili sistemleri, bakterinin bağırsakta adezyon, hareketlilik ve biyofilm oluşumu gibi hayati fonksiyonlarını desteklemektedir (Xiang ve ark., 2021). Ayrıca, *A. muciniphila*'nın kolon epitel hücrelerine in vitro tutunabildiği gösterilmiştir (Reunanen ve ark., 2015). Bu süreçte, insan kolon müsininde yaygın olarak bulunan N-asetillaktozamin (LacNAc; Gal β 1-4GlcNAc) yapılarının tanınması kritik rol oynamaktadır (Elzinga ve ark., 2024). Bununla birlikte, pili yapılarının işlevsel mekanizmaları ve diğer olası adezyon faktörleri henüz tam olarak aydınlatılamamıştır.

Tablo 1. *Akkermansia muciniphila*'nın başlıca yüzey yapıları ve fonksiyonları

Molekül / Protein	Yapısı / Özelliği	Fonksiyonu
Amuc_1098 (PilQ)	Tip IV pili proteini	Adezyon, dış membran lokalizasyonu
Amuc_1100	Tip IV pilus PilO benzeri	TLR2 ve TLR4 üzerinden sinyalleşir, sitokin indüksiyonu
Amuc_1102	Arkeal Tip IV benzeri	Pili oluşumuna katkı
LPS	Gram-negatif dış membran bileşeni	TLR4 üzerinden NF- κ B aktivasyonu
Peptidoglikan	Asetillenmemiş glukozamin içerir	NOD1/2 reseptör aktivasyonu

A. muciniphila, konak ile çeşitli yapısal ve moleküler mekanizmalar üzerinden etkileşim kurar. Tip IV pili yapıları ve dış zar proteinleri bakterinin mukozaya yapışmasında rol oynar. Pili proteinlerine ek olarak *Akkermansia muciniphila*'nın hücre

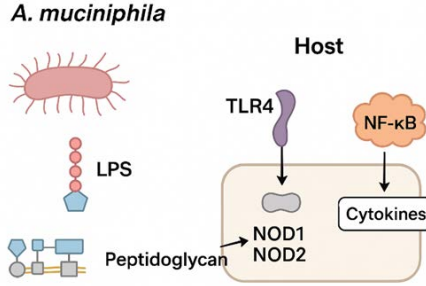
duvarı bileşenleri de konak ile etkileşimlerinde önemli rol oynamaktadır (Reunanen ve ark., 2015).

Lipopolisakkarit (LPS)

A. muciniphila'nın **LPS yapısı**, konak bağışıklığı ile etkileşiminde önemli bir bileşendir. LPS, TLR4 üzerinden **NF-κB aktivasyonu** indükleyerek pro-inflamatuvar sitokin üretimini tetiklemektedir (Şekil 1). İlginç olarak, *Bacteroides thetaiotaomicron* ile birlikte kültürlendiğinde *A. muciniphila*, antimikrobiyal peptitlere direnç sağlayan LPS biyosentez genlerini yukarı regüle etmektedir (Ioannou ve ark., 2025).

Peptidoglikan

A. muciniphila'nın peptidoglikan yapısı, Gram-negatif bakteriler arasında nadir görülen **asetillenmemiş glukozamin kalıntıları** içermektedir. Bu özgün yapı, konak hücrelerindeki immün sistemin önemli bileşenleri olan **NOD1 ve NOD2 reseptörleri** tarafından tanınarak bağışıklık yanıtının özgün bir şekilde şekillenmesine katkıda bulunur (Garcia-Vello ve ark., 2022).



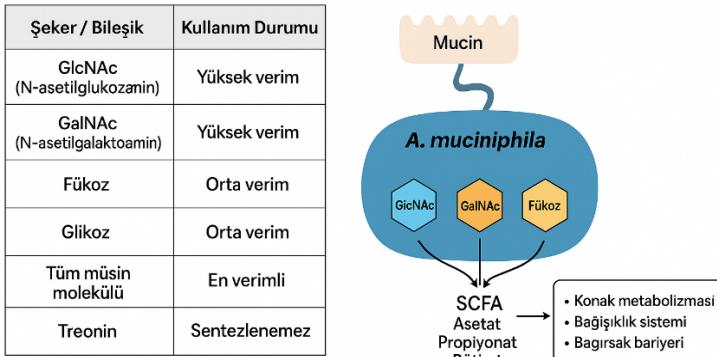
Şekil 1. *Akkermansia muciniphila*'nın konak bağışıklığı ile etkileşimi

2.2. Enerji Kaynakları ve Metabolik Ürünler

Bağırsak mikrobiyotasının önemli bir üyesi olan *A. muciniphila*, konak mukozasına yüksek düzeyde adaptasyon

sağlamış, özgün metabolik özelliklere sahip bir bakteridir. Bu mikroorganizmanın ekolojik başarısı, mukus tabakasını birincil enerji ve besin kaynağı olarak kullanabilmesine, bu süreçte görev alan zengin enzimatik donanımına ve konak ile kurduğu simbiyotik ilişkilere dayanmaktadır (Ottman ve ark., 2017).

A.muciniphila, primer enerji kaynağı olarak bağırsak mukus tabakasındaki glikan yapılarından yararlanır. Bu strateji, onu lüminal bakterilerden ayıran temel özelliğidir. Bakteri, özellikle fukoz, sialik asit ve sülfatlanmış karbonhidratlar gibi kompleks yapıli monosakkaritlerin yanı sıra glikozaminoglikan degradasyon ürünleri olan N-asetilglukozamin (GlcNAc) ve N-asetilgalaktozamin (GalNAc) gibi substratları da etkin bir şekilde metabolize edebilmektedir (Ottman ve ark., 2017). Bu geniş substrat yelpazesi, bakteriye mukozal ortamda rakiplerine karşı belirgin bir rekabet avantajı kazandırmakta ve kolonizasyon başarısının temelini oluşturmaktadır. GlcNAc varlığında belirgin şekilde optimal büyüme gerçekleşir. Bakteri **L-treonin için oksotrofiktir**, yani bu amino asidi sentezleyememekte ve dış ortamdan almak zorundadır (Van Passel ve ark., 2011) (Şekil 2).



Şekil 2. *A.muciniphila*'nın müsin metabolizması ve besin tercihleri

A.muciniphila tarafından üretilen bu metabolitler, intestinal epitel hücreleri için enerji kaynağı olmalarının yanı sıra,

bağışıklık hücreleri üzerinde düzenleyici etkilere sahiptir ve sistemik metabolik sağlık üzerinde önemli roller oynar. Özellikle asetat ve propiyonat, bağırsak bariyer fonksiyonlarının korunmasında ve metabolik homeostazın sağlanmasında önemli rol oynar (Naito ve ark., 2018).

Tablo 2. *A.muciniphila*'nın Enerji Kaynakları ve Metabolik Ürünleri

Karbon Kaynağı	Metabolik Yol	Ana Ürünler	Etkileri
GlcNAc / GalNAc	Glikoliz	Asetat, Propiyonat	Enerji, bağırsak bariyer bütünlüğü
Glikoz	Asetil-CoA üretimi	Propiyonat (yüksek)	Metabolik denge
GlcN (deasetillenmiş)	Asetilasyon yolu	Propiyonat	SCFA artışı
Fukoz	Deoksiheksoz yolu	1,2-Propandiol	Mikrobiyal ekolojiye katkı
Müsin (MUC2)	Aspartik proteaz aracılığıyla	Karbon ve azot kaynakları	Kolonizasyon avantajı

A. muciniphila bağırsak mikrobiyotasında mukozal bir niş işgal eden ve konak müsinini birincil enerji kaynağı olarak kullanan önemli bir kommensal bakteridir. Bu uzmanlaşmış metabolik strateji, bakterinin mukus-epitel ara yüzeyinde kolonize olmasını ve bu süreçte ürettiği çeşitli metabolitler aracılığıyla konak fizyolojisi üzerinde derin ve çok yönlü etkiler göstermesini sağlar. *A.muciniphila*, mukus glikanlarının ve protein omurgasının fermentasyonu sonucunda geniş bir metabolit yelpazesi üretir. Mukus tabakasının aşırı birikimini önleyerek ve epitel hücreleri için enerji kaynağı olabilecek dış zar vezikülleri üreterek bağırsak epitel bütünlüğü ve mukozal homeostazın sürdürülmesine katkıda bulunur (Ottman ve ark., 2017).

Mukus parçalanmasının en önemli metabolitleri **SCFA'dir**. Özellikle **asetat ve propiyonat**, *A. muciniphila* tarafından yoğun biçimde üretilir (Kostopoulos ve ark., 2020).

A. muciniphila yalnızca SCFA'lar değil, aynı zamanda çeşitli ikincil metabolitler de üretmektedir. Bu moleküller, hem

konağın immün yanıtlarını hem de mikrobiyal ekosistemin dengesini etkilemektedir (Li ve ark., 2021):

- Dallı zincirli yağ asitleri (izo-bütirik asit, izo-valerik asit) (BCFA)
- Süksinat ve 1,2-propandiol
- Biyoaktif lipitler ve fosfatidiletanolamin türevleri
- Yüzey proteinleri: Amuc_1100, Amuc_2109, Amuc_2172, P9/Amuc_1831
- Dış zar vezikülleri (Outer Membrane Vesicles, OMV'ler)

Bu metabolitlerin başlıca biyolojik etkileri Tablo 3'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 3. *A.muciniphila*'nın metabolitleri, fonksiyonları ve kaynakları

Metabolit / Ürün	Kaynak	Ana Fonksiyon(lar)	Kaynaklar
Asetat (SCFA)	Mukus şekerleri (GlcNAc, GalNAc)	Mukus üretimini artırır, inflamasyonu baskılar, epitel korur, metabolizmayı düzenler	Cani ve de Vos, 2017
Propiyonat (SCFA)	Mukus şekerleri	GLP-1 ve PYY sekresyonunu uyarır, bariyer desteği, epigenetik düzenleme	Yoon ve ark. 2021
Bütirat (dolaylı)	Cross-feeding (Anaerostipes, Eubacterium, Roseburia)	Kolonosit enerjisi, mukus sentezi, antiinflamatuvar etki	Singh ve ark., 2023
Süksinat	Mukus parçalanması	Diğer bakteriler için substrat, propiyonat öncüsü	Rios-Covian ve ark., 2016
1,2-Propanediol	Mukus şekerleri	Eubacterium hallii tarafından kullanılır, psödo vitamini B12 üretimi, propiyonat öncüsü	Engels ve ark., 2016
BCFA'lar	Amino asit fermentasyonu	Bağırsak bariyeri ve metabolizma düzenleyici	Rios-Covian ve ark., 2016
GLP-1-indükleyici protein (örn. Amuc_1100) GLP-1 salınımını artırır	Mukus parçalanması sırasında	İnsülin sekresyonunu artırır, iştahı düzenler	Yoon ve ark., 2021
Proteinler (Amuc_1100, vb.)	Hücre salgıları	İmmün modülasyon, bariyer güçlenmesi	Plovier ve ark, 2017; Yoon ve ark., 2021
Dış Zar Vezikülleri (OMV)	Gram-negatif bakteri yapısı	Protein ve metabolit taşınımı, konak hücre sinyalizasyonu	Chelakkot ve ark., 2018

2.3. *Akkermansia muciniphila* Enzimleri

Genomik ve proteomik analizler, *A. muciniphila*'nın mukus glikanlarının yıkımı için çok sayıda glikozidaz, sülfataz ve

sialidaz enzimi kodladığını ortaya koymuştur. Bu zengin enzimatik repertuar, onu bir "mukus uzmanı" haline getirir.

A.muciniphila'nın genomunda çok sayıda **hidrolitik enzim** kodlanmaktadır. Bu enzimler, mukus ve oligosakkaritlerin parçalanmasını sağlayarak bakterinin bağırsakta kolonizasyonuna yardımcı olur (Kostopoulos ve ark., 2020) (Tablo 4).

Glikozidazlar: β -galaktosidazlar, α -L-fukosidazlar, ekzo- α -sialidazlar ve β -asetilheksosaminidazlar gibi enzimler, insan sütü oligosakkaritlerinin (HMO'lar) parçalanmasında rol oynamakta, böylece bakterinin erken yaşamda bağırsakta kolonizasyonunu desteklemektedir (Derrien ve ark., 2008).

Galaktokinaz: Süt oligosakkaritlerinin metabolizmasında yer alan bu enzim, galaktoz türevleri için geniş bir substrat toleransına sahip olup, farklı şekerlerin etkin şekilde kullanılmasına aracılık etmektedir (Zhang ve ark., 2020).

Aspartik Proteaz: Bakterinin salgıladığı bu proteaz, mukusun ana jel oluşturan bileşeni olan **MUC2**'yi parçalayabilir. Bu yetenek, bakterinin mukusu tek karbon ve azot kaynağı olarak kullanmasına ve böylece bağırsakta kalıcı kolonizasyon sağlamasına olanak tanımaktadır (Meng ve ark., 2019).

Sülfatazlar: Bakteri genomunda toplam 12 sülfataz geni tespit edilmiştir. Bunlardan en az altısının mukus varlığında yukarı regüle olduğu bildirilmektedir (Ottman ve ark., 2017). Fonksiyonel olarak, bu enzimler 4-sülfat-galaktoz (4S-Gal), 4-sülfat-GalNAc ve 6-sülfat-GalNAc gibi sülfatlanmış substratların hidrolizinde kritik rol oynamaktadır. Sülfat gruplarının uzaklaştırılması, glikan zincirlerinin daha ileri parçalanması için ön şarttır (Kostopoulos ve ark., 2020).

Sialidazlar: *A.muciniphila*, üç farklı sialidaz enzimi üretmektedir. GH33 ailesine ait iki enzim, α 2,3- ve α 2,6-bağlı

sialik asit rezidülerini parçalama kapasitesine sahiptir. GH181 ailesine ait üçüncü enzim ise sialillenmiş Tn antijenine özgüllük göstermektedir. Sialik asitlerin uzaklaştırılması, altta yatan glikan yapısının ortaya çıkmasını sağlayarak diğer enzimlerin etkinliğini artırır (Kostopoulos ve ark., 2020; Ottman ve ark., 2017).

Fukozidazlar: Mukus degradasyonunda önemli rol oynayan fukozidazlar, GH29 ve GH95 enzim ailelerine aittir. Genomda GH29 ailesinden dört, GH95 ailesinden ise iki farklı fukozidaz enzimi bulunmaktadır. Bu enzimler farklı glikan yapılarına özgüllük göstermekte olup, özellikle mukus glikanlarının terminal fukoz rezidülerinin hidrolizinde kritik öneme sahiptir (Briliüté ve ark., 2019; Marcobal ve ark., 2013).

Tablo 4. *A.muciniphila* enzimleri ve fonksiyonları

Enzim	Substrat	Fonksiyon	Kaynak
β -galaktosidaz	Laktoz, oligosakkaritler	Şeker parçalanması, kolonizasyon	Kostopoulos, 2020
α -L-fukosidaz	Fukoz içeren glikanlar	Mukus yıkımı	Derrien, 2008
Ekzo- α -sialidaz	Sialik asit	Glikan terminal parçalanması	Zhang, 2020
β -asetilheksosaminidaz	GlcNAc türevleri	Enerji metabolizması	Zhang, 2020
Aspartik proteaz	MUC2 proteini	Karbon/azot kaynağı sağlama	Meng, 2019

Bu enzimlerin biyolojik rolü, fonksiyonel genetik çalışmalarla desteklenmektedir. GH33 sialidaz ile GH29/GH95 fukozidaz genlerinin mutasyonunun, bakterinin mukus parçalama yeteneğini belirgin biçimde inhibe ettiği gösterilmiştir (Ottman ve ark., 2017). Ayrıca proteomik düzeyde yapılan analizler, GH95 ailesine ait enzimlerin mukus varlığında yüksek oranda eksprese edildiğini doğrulamıştır (Briliüté ve ark., 2019). Enzimatik aktivitenin substrat özgüllüğü, mukus glikanlarının bölgesel ve konak kaynaklı yapısal çeşitliliğine bağlı olarak değişmekte, bu da bakterinin farklı koşullara adaptasyon kapasitesini artırmaktadır (Tailford ve ark., 2015).

2.4. Klinik Çıkarımlar ve Terapötik Potansiyel

Yapılan deneysel çalışmalarda, *A.muciniphila* takviyesinin obezite, insülin direnci ve ateroskleroz gibi metabolik bozukluklarda olumlu etkiler sağladığı gösterilmiştir. Yüksek yağlı diyetle beslenen hayvan modellerinde bakterinin yoğunluğunun azaldığı, ancak oral takviye ile bu seviyelerin yeniden yükseltilebildiği bildirilmiştir (Li ve ark., 2016). Benzer şekilde, kısa süreli *A. muciniphila* inokülasyonunun vücut ağırlığı, yağ kitlesi ve insülin direncini azaltıcı etkileri olduğu ifade edilmiştir (Org ve ark., 2015). Bu bağlamda, bağırsak mukozasının temel yapı taşlarından biri olan MUC2 mütini ile *A. muciniphila* arasındaki etkileşimler de dikkat çekmektedir. Goblet hücreleri tarafından sentezlenen ve mukozal bariyerin ana bileşeni olan MUC2, hem fiziksel koruyucu işlev görmekte hem de kommensal bakteriler için substrat oluşturmaktadır (Johansson ve ark., 2008). Azalan MUC2 seviyelerinin çeşitli bağırsak hastalıkları ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Probiyotiklerin MUC2 ekspresyonunu artırabildiğine yönelik bulgular, bu alanın gelecekteki araştırmalar için büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir (Engevik ve ark., 2019).

A. muciniphila onun metabolitlerinin düzenleyici rolleri, çeşitli patolojilerde terapötik bir hedef olarak önemini vurgulamaktadır. Bu bulgular, bakterinin ve/veya metabolitlerinin:

*Obezite ve Metabolik Sendrom: İştah ve glikoz regülasyonu üzerindeki etkileriyle.

*Tip 2 Diyabet: İnsülin sensitivitesini artırarak.

*İnflamatuvar Bağırsak Hastalıkları: İmmün modülasyon ve bariyer fonksiyonunu güçlendirerek.

*Kolorektal Kanser: Antiproliferatif etkileriyle önleyici veya adjuvan bir ajan olarak kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Ancak, bu potansiyelin güvenli ve etkili bir şekilde klinik uygulamaya aktarılabilmesi için doz-yanıt ilişkileri, etki mekanizmalarının detayları ve bireyler arası varyasyonun etkileri üzerine daha fazla insan çalışmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

3. VETERİNER HEKİMLİKTE ÖNEMİ

Akkermansia muciniphila memelilerin ve kuşların bağırsak mikrobiyotasında doğal olarak bulunan, ana enerji kaynağı olarak konak müsinini kullanan (mukozofilik) Gram-negatif bir bakteri türüdür. İnsanlarda obezite, diyabet, inflamatuvar bağırsak hastalıkları (İBH) gibi metabolik ve immün bozukluklar üzerindeki olumlu etkileriyle büyük ilgi görmüş ve "yeni nesil probiyotik" adayı olarak öne çıkmıştır (Depommier ve ark., 2019; Plovier ve ark., 2017). Bu ilgi, benzer patolojilerle karşılaşılan evcil ve çiftlik hayvanlarında da bakterinin terapötik potansiyelini araştırmaya yöneltmiştir.

3.1. Hayvan Modellerinde Temel Araştırmalar ve Etki Mekanizmaları

A. muciniphila ile ilgili temel etki mekanizmaları büyük ölçüde fare ve sıçan gibi laboratuvar hayvan modelleri üzerinde yapılan çalışmalarla aydınlatılmıştır. Laboratuvar hayvanlarında yapılan ilk çalışmalar, *A. muciniphila*'nın obezite, tip 2 diyabet ve inflamatuvar bağırsak hastalıkları (İBH) gibi durumlarda faydalı etkiler gösterebileceğini ortaya koymuştur. Pastörize edilmiş formlarının canlı bakteriden daha etkili olabileceği ve güvenli kullanım sağlayabileceği de vurgulanmıştır (Everard ve ark., 2013; Plovier ve ark., 2017). *A.muciniphila* inokülasyonunun metabolik parametreler üzerindeki etkisini araştırmak için obeziteye eğilimli bir farelerin (AxB19) kullanıldığı bir çalışmada, erkek AxB19 farelerine 4 hafta boyunca yüksek yağ ve yüksek sakaroz içeren bir diyet uygulanmıştır. Bunu takiben, fareler bir hafta süreyle günde 10^9 KOB(CFU) düzeyinde *A.*

muciniphila ile beslenmiştir. Bu takviyeden sonra farelerin vücut ağırlığı, vücut yağı ve insülin direnci parametrelerinde önemli bir azalma olduğu ifade edilmiştir (Org ve ark., 2015). *A. muciniphila* takviyesinin kana glukoz verilmesini sağlayan glukoz-6-fosfataz enziminin ekspresyonunu %40 oranında baskılayarak hiperglisemi ve insülin direncinde azalmaya neden olduğu kanıtlanmıştır. Obezite ve tip 2 diyabet indüklenmiş fare modellerinde yapılan çalışmalar, *A. muciniphila* takviyesinin vücut ağırlığını, yağ kütlelerini, insülin direncini ve glukoz intoleransını anlamlı şekilde azalttığını göstermiştir (Depommier ve ark., 2019; Everard ve ark., 2013). Bu etkiler, bağırsak bariyer fonksiyonunun iyileşmesi (mukus kalınlığının artması), sistemik inflamasyonun azalması (metabolik endotoksemi) ve enerji metabolizmasının düzenlenmesi gibi mekanizmalarla ilişkilendirilmiştir (Everard ve ark., 2013; Li ve ark., 2016).

A.muciniphila'nın etkileri metabolik ve intestinal hastalıklarla sınırlı değildir. Parkinson ve Alzheimer hastalığı fare modellerinde yapılan çalışmalar, bakteri takviyesinin nöroinflamasyonu azalttığını ve nörojenezi desteklediğini ortaya koymuştur (Qiao ve ark., 2024). Hepatik steatoz modellerinde, *Akkermansia muciniphila* takviyesinin hepatik lipid birikimini azalttığı ve yağlı karaciğer hastalığını iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Kim ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2024). Bu geniş etki yelpazesi, bakterinin genel bağırsak sağlığı ve sistemik immün modülasyon üzerindeki merkezi rolü ile açıklanmaktadır.

3.2. Evcil Hayvanlarda *Akkermansia muciniphila* Kullanımı

Evcil hayvanlarda obezite, insan obezitesine benzer metabolik komplikasyonlarla ilişkili küresel bir sorundur. *A. muciniphila*, kedi ve köpeklerin gastrointestinal sistemlerinde doğal olarak bol miktarda bulunmamakla birlikte, dışarıdan takviye edilebileceği varsayılmaktadır. Kedi ve köpekler üzerinde

yapılan çalışmalar, *A. muciniphila*'nın bağırsak mikrobiyotasını düzenleyebileceğini, kilo kaybını destekleyebileceğini ve metabolik profilleri iyileştirebileceğini göstermektedir (Wernimont ve ark., 2020; Yang ve ark., 2023). Lin ve ark. (2022) yüksek yağlı diyetle beslenen beagle'larda kilo kaybı ve mikrobiyota iyileşmesini rapor etmiştir. Hong ve ark. (2024) ise ısı ile öldürülmüş *A.muciniphila* suşunun da benzer etkiler gösterdiğini, özellikle yağ depolanması ve serum trigliserit seviyelerinin baskılanmasında etkili olduğunu belirtmiştir. Bu etkilerin, bağırsak mikrobiyotasını düzenleyerek, Örneğin *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* gibi faydalı türlerin bolluğunu artırarak) ve bağırsak bariyer fonksiyonunu iyileştirerek gerçekleştiği öne sürülmüştür.

Jugan ve ark. (2018), antibiyotik tedavisi gören köpeklerde *A.muciniphila* takviyesinin bağırsak bariyer fonksiyonlarını koruyabileceğini ve epitel hasarını azaltabileceğini göstermiştir. Bu durum, probiyotik sadece metabolik bozukluklarda değil, aynı zamanda antibiyotik sonrası bağırsak sağlığının korunmasında da rol oynayabileceğini göstermektedir. *A.muciniphila*'nın immün sistemi düzenleyici etkileri, köpeklerde inflamatuvar bağırsak hastalığı (İBH) gibi immün aracılı durumlar için de potansiyel sunmaktadır. İBH'lı köpeklerde yapılan çalışmalar, bakteri uygulamasının bağırsak ve sistemik sağlığı iyileştirdiğini, bağırsak geçirgenliğini azalttığını ve inflamatuvar belirteçleri düşürdüğünü bildirmiştir. Alternatif bir yaklaşım ise, *A.muciniphila*'dan saflaştırılmış dış zar proteinlerinin kullanılmasıdır. Özellikle TLR2 (Toll-benzeri reseptör 2) ile etkileşime giren ve bakterinin yararlı etkilerini taklit edebilen zar proteini, probiyotik uygulamalara kıyasla daha kontrollü bir biyolojik etki sağlayabilir (Plovier ve ark., 2017). Bu durum, bağırsak homeostazının korunması, konak metabolizmasının düzenlenmesi ve bağışıklık sistemi tarafından bakteri tanınması açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca,

TLR2 aracılı sinyal iletimi, veterinerlik uygulamalarında sıklıkla karşılaşılan inflamatuvar bağırsak hastalığı (IBD) vakalarında kritik öneme sahiptir (Jergens ve Simpson, 2012). Süt sığırcılığında önemli bir sorun olan mastitin tedavisinde *A.muciniphila* ve onun dış membran veziküllerinin (AOMV'ler) potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmalar, mastitli ineklerin süt mikrobiyotasında Akkermansia bolluğu ile inflamatuvar sitokin seviyeleri arasında negatif bir ilişki olduğunu göstermiştir. *A. muciniphila* ve AOMV'lerin, LPS ile indüklenen inflamatuvar yanıtı baskıladığı ve fare mastit modelinde meme bezlerindeki inflamasyonu ve somatik hücre sayısını (SCC) azalttığı gösterilmiştir (Zhang ve ark., 2025). Bu bulgular, antibiyotik alternatifi bir strateji olarak umut vaat etmektedir.

Civcivlerde yapılan çalışmalar *A.muciniphila* takviyesinin, *Salmonella pullorum* gibi patojenlerin neden olduğu intestinal hasarı hafifletebileceğini göstermiştir. Bakteri, bağırsak epitel hücre proliferasyonunu (Wnt/ β -katenin yoluyla) ve mukus bariyerini (MUC2 ve Tff2 üretimini artırarak) güçlendirerek koruyucu bir etki gösterir (Zhu ve ark., 2020). Yumurtacı tavuklarda, *A.muciniphila* takviyesinin karaciğer yağlanması (yağlı karaciğer hemorajik sendromu) azalttığı, serum ve karaciğer lipit profilini iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Mekanizma olarak, lipit sentez genlerinin (FAS, SCD1) baskılanması ve lipit taşınım genlerinin (CPT1) yukarı regülasyonu rol oynar. Aynı zamanda, yumurta sarısı kolesterol içeriğini düşürerek ve Haugh birimi (yumurta akı kalitesi) değerini artırarak yumurta kalitesini iyileştirdiği bildirilmiştir (Wei ve ark. (2022). Lyu ve ark. (2024) ise bakterinin kemik gelişimini desteklediğini ve yumurta kabuğu kalitesini artırdığını göstermiştir. Bu bulgular, tavuklarda hem verim hem de ürün kalitesi açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır.

Lan ve ark. (2024), süttten kesilmiş domuzlarda *Escherichia coli* kaynaklı ishal modelinde *A.muciniphila*'nın

bağırsak bariyerini koruyucu etkiler sağladığını rapor etmiştir. Sütten kesilmiş domuz yavrularında, *Escherichia coli* enfeksiyonunun neden olduğu ishal ve bağırsak bariyer hasarına karşı koruyucu etkileri araştırılmıştır. Hem canlı hem de ısı ile inaktive edilmiş *A.muciniphila* formlarının, bağırsak sağlığını iyileştirdiği ve ishal oranını azalttığı, ancak bu etkinin doza ve bakterinin canlılık durumuna bağlı olduğu bulunmuştur.

4. SONUÇ

Akkermansia muciniphila, mukus tabakasını enerji kaynağı olarak kullanabilmesi, metabolik ürünleri ve immün modülatör etkileri sayesinde gelecek vadeden bir probiyotik adaydır.

Araştırmalar, *A.muciniphila*'nın bağırsak bariyer bütünlüğünü güçlendirdiğini, immünomodülatör ve anti-inflamatuar etkiler gösterdiğini, enerji dengesi ve glikoz metabolizmasını düzenlediğini açıkça ortaya koymaktadır. Bu multifonksiyonel özellikleri, onu sadece insan hekimliğinde değil, veteriner hekimlikte de "yeni nesil probiyotik" adayı yapmaktadır.

Ancak, bu umut verici potansiyelin güvenli ve standart bir tedavi yaklaşımına dönüşebilmesi için;

- Farklı hayvan türleri ve ırklarında optimal doz ve uygulama sürelerinin belirlenmesi,
- Canlı, pastörize veya bileşenlerine (protein/OMV) dayalı formülasyonların karşılaştırmalı etkinlik çalışmalarının yapılması,
- Etki mekanizmalarının daha detaylı aydınlatılması,
- Uzun dönem güvenlilik profillerinin netleştirilmesi gerekmektedir.

Sonuç olarak, *Akkermansia muciniphila*, veteriner hekimlikte gastrointestinal sağlığın ötesine geçen, metabolik, immünolojik ve üretim parametrelerini iyileştirme potansiyeli taşıyan, gelecek vadeden bir mikrobiyota üyesidir. Bu alandaki multidisipliner ve ileriye dönük klinik çalışmalar, onun veteriner tıp uygulamalarında biyoterapötik bir ajan olarak konumlanmasının önünü açacaktır.

KAYNAKÇA

- Backhed, F., Ley, R. E., Sonnenburg, J. L., Peterson, D. A., & Gordon, J. I. (2005). Host-bacterial mutualism in the human intestine. *Science*, 307(5717), 1915-1920.
- Briliūtė, J., Urbanowicz, P. A., Luis, A. S., Baslé, A., Paterson, N., Rebello, O., ... & Gilbert, H. J. (2019). Complex N-glycan breakdown by gut *Bacteroides* involves an extensive enzymatic apparatus. *Nature Microbiology*, 4(8), 1571–1581.
- Cani, P. D., & de Vos, W. M. (2017). Next-Generation Beneficial Microbes: The Case of *Akkermansia muciniphila*. *Frontiers in Microbiology*, 8, 1765.
- Cani, P. D., Depommier, C., Derrien, M., Everard, A., de Vos, W. M. (2022). *Akkermansia muciniphila*: Paradigm for next-generation beneficial microorganisms. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology*, 19(10), 625–637.
- Chelakkot, C., Choi, Y., Kim, D. K., Park, H. T., Ghim, J., Kwon, Y., ... & Ryu, S. H. (2018). *Akkermansia muciniphila*-derived extracellular vesicles influence gut permeability through the regulation of tight junctions. *Experimental & molecular medicine*, 50(2), e450-e450.
- Christovich, A., & Luo, X. M. (2022). Gut microbiota, leaky gut, and autoimmune diseases. *Frontiers in immunology*, 13, 946248.
- Depommier, C., Everard, A., Druart, C., Plovier, H., Van Hul, M., Vieira-Silva, S., Falony, G., Raes, J., Maiter, D., Delzenne, N. M., Cani, P. D. (2019). Supplementation with *Akkermansia muciniphila* in overweight and obese human volunteers: A proof-of-concept exploratory study. *Nature Medicine*, 25(7), 1096–1103. <https://doi.org/10.1038/s41591-019-0495-2>

- Derrien, M., Vaughan, E. E., Plugge, C. M., de Vos, W. M. (2004). *Akkermansia muciniphila* gen. nov., sp. nov., a human intestinal mucin-degrading bacterium. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 54(5), 1469–1476.
- Derrien, M., Collado, M. C., Ben-Amor, K., Salminen, S., & de Vos, W. M. (2008). The mucin degrader *Akkermansia muciniphila* is an abundant resident of the human intestinal tract. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(5), 1646–1648.
- Elzinga, J., Narimatsu, Y., de Haan, N., Clausen, H., de Vos, W. M., Tytgat, H. L. (2024). Binding of *Akkermansia muciniphila* to mucin is O-glycan specific. *Nature communications*, 15(1), 4582.
- Engels, C., Ruscheweyh, H. J., Beerenwinkel, N., Lacroix, C., Schwab, C. (2016). The common gut microbe *Eubacterium hallii* also contributes to intestinal propionate formation. *Frontiers in microbiology*, 7, 713.
- Engelvik, M. A., Luk, B., Chang-Graham, A. L., Hall, A., Herrmann, B., Ruan, W., ... & Versalovic, J. (2019). *Bifidobacterium dentium* fortifies the intestinal mucus layer via autophagy and calcium signaling pathways. *MBio*, 10(3), 10-1128.
- Everard, A., Belzer, C., Geurts, L., Ouwerkerk, J. P., Druart, C., Bindels, L. B., ... Cani, P. D. (2013). Cross-talk between *Akkermansia muciniphila* and intestinal epithelium controls diet-induced obesity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(22), 9066–9071.
- Garcia-Vello, P., Tytgat, H. L., Gray, J., Elzinga, J., Di Lorenzo, F., Biboy, J., ... & Molinaro, A. (2022). Peptidoglycan from *Akkermansia muciniphila* MucT: chemical structure

- and immunostimulatory properties of mucopeptides. *Glycobiology*, 32(8), 712-719.
- Hong, M. G., Lee, Y., Chung, W. S., Seo, J. G., & Lee, S. N. (2024). Supplementation with heat-killed *Akkermansia muciniphila* EB-AMDK19 counteracts diet-induced overweight in beagles. *Archives of Animal Nutrition*, 78(3), 254-272. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2024.2397221>
- Ioannou, A., Berkhout, M. D., Geerlings, S. Y., & Belzer, C. (2025). *Akkermansia muciniphila*: biology, microbial ecology, host interactions and therapeutic potential. *Nature Reviews Microbiology*, 23(3), 162-177.
- Jergens, A. E., ve Simpson, K. W. (2012). Inflammatory bowel disease in veterinary medicine. *Frontiers in Bioscience (Elite Edition)*, 4(4), 1404-1419.
- Johansson, M. E., Phillipson, M., Petersson, J., Velcich, A., Holm, L., & Hansson, G. C. (2008). The inner of the two Muc2 mucin-dependent mucus layers in colon is devoid of bacteria. *Proceedings of the national academy of sciences*, 105(39), 15064-15069.
- Jugan, M. C., Rudinsky, A. J., Gordon, A., Kramer, D. L., Daniels, J. B., Paliy, O., ... & Gloor, C. (2018). Effects of oral *Akkermansia muciniphila* supplementation in healthy dogs following antimicrobial administration. *American journal of veterinary research*, 79(8), 884-892.
- Kim, S., Lee, Y., Kim, Y., Seo, Y., Lee, H., Ha, J., ... & Yoon, Y. (2020). *Akkermansia muciniphila* prevents fatty liver disease, decreases serum triglycerides, and maintains gut homeostasis. *Applied and environmental microbiology*, 86(7), e03004-19.

- Kohnke, T., Nordgren, S., Yucel-Lindberg, T., & Bengmark, S. (2009). Sulfatase activity in colonic mucosa of ulcerative colitis patients: a potential role in disease pathogenesis. *Inflammatory Bowel Diseases*, 15(6), 836–842.
- Kostopoulos, I., Elzinga, J., Ottman, N., Klievink, J. T., Blijenberg, B., Aalvink, S., ... & Belzer, C. (2020). Adaptation of *Akkermansia muciniphila* to the oxic-anoxic interface of the mucosal environment. *mSystems*, 5(3), e00317-20.
- Lan, C., Li, H., Shen, Y., Liu, Y., Wu, A., He, J., ... & Luo, Y. (2024). Next-generation probiotic candidates targeting intestinal health in weaned piglets: both live and heat-killed *Akkermansia muciniphila* prevent pathological changes induced by enterotoxigenic *Escherichia coli* in the gut. *Animal Nutrition*, 17, 110-122.
- Lee, J. Y., Jin, H. S., Kim, K. S., Baek, J. H., Kim, B. S., & Lee, D. W. (2022). Nutrient-specific proteomic analysis of the mucin degrading bacterium *Akkermansia muciniphila*. *Proteomics*, 22(3), 2100125.
- Li, J., Lin, S., Vanhoutte, P. M., Woo, C. W., & Xu, A. (2016). *Akkermansia muciniphila* protects against atherosclerosis by preventing metabolic endotoxemia-induced inflammation in Apoe^{-/-} mice. *Circulation Research*, 119(8), 830–840.
- Li, Z., Hu, G., Zhu, L., Sun, Z., Jiang, Y., Gao, M. J., & Zhan, X. (2021). Study of growth, metabolism, and morphology of *Akkermansia muciniphila* with an in vitro advanced bionic intestinal reactor. *BMC microbiology*, 21(1), 61.
- Lin, X.-Q., Chen, W., Ma, K., Liu, Z.-Z., Gao, Y., Zhang, J.-G., Wang, T., & Yang, Y.-J. (2022). *Akkermansia muciniphila* Suppresses High-Fat Diet-Induced Obesity

- and Related Metabolic Disorders in Beagles. *Molecules*, 27(18), 6074. <https://doi.org/10.3390/molecules27186074>
- Lyu, Z., Zhang, Y., Hu, Y., & Liu, D. (2024). *Akkermansia muciniphila* Promotes Bone Development and Improves Eggshell Quality during the Sexual Maturity Period of Laying Hens by Increasing Osteogenesis. *Agriculture*, 14(4), 598. <https://doi.org/10.3390/agriculture14040598>
- Marcobal, A., Southwick, A. M., Earle, K. A., & Sonnenburg, J. L. (2013). A refined palate: bacterial consumption of host glycans in the gut. *Glycobiology*, 23(9), 1038–1046.
- Meng, X., Wang, W., Lan, T., Yang, W., Yu, D., Fang, X., & Wu, H. (2019). A purified aspartic protease from *Akkermansia muciniphila* plays an important role in degrading Muc2. *International journal of molecular sciences*, 21(1), 72.
- Naito, Y., Uchiyama, K., & Takagi, T. (2018). A next-generation beneficial microbe: *Akkermansia muciniphila*. *Journal of clinical biochemistry and nutrition*, 63(1), 33-35.
- Org, E., Parks, B. W., Joo, J. W. J., Emert, B., Schwartzman, W., Kang, E. Y., ... & Lysis, A. J. (2015). Genetic and environmental control of host-gut microbiota interactions. *Genome research*, 25(10), 1558-1569.
- Ottman, N., Davids, M., Suarez-Diez, M., Boeren, S., Schaap, P. J., Martins dos Santos, V. A., Smidt, H., Belzer, C., & de Vos, W. M. (2017). Genome-scale model and omics analysis of metabolic capacities of *Akkermansia muciniphila* reveal a preferential mucin-degrading lifestyle. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(18), e01014-17.
- Plovier, H., Everard, A., Druart, C., Depommier, C., Van Hul, M., Geurts, L., Chilloux, J., Ottman, N., Duparc, T.,

- Lichtenstein, L., Myridakis, A., Delzenne, N. M., Klievink, J., Bhattacharjee, A., van der Ark, K., Aalvink, S., Martinez, I., ... Cani, P. D. (2017). A purified membrane protein from *Akkermansia muciniphila* or the pasteurized bacterium improves metabolism in obese and diabetic mice. *Nature Medicine*, 23(1), 107–113. <https://doi.org/10.1038/nm.4236>
- Qiao, C. M., Huang, W. Y., Zhou, Y., Quan, W., Niu, G. Y., Li, T., ... & Shen, Y. Q. (2024). *Akkermansia muciniphila* is beneficial to a mouse model of Parkinson's disease, via alleviated neuroinflammation and promoted neurogenesis, with involvement of SCFAs. *Brain Sciences*, 14(3), 238.
- Sekirov, I., Russell, S. L., Antunes, L. C. M., Finlay, B. B. (2010). Gut microbiota in health and disease. *Physiological Reviews*, 90(3), 859–904.
- Singh, V., Lee, G., Son, H., Koh, H., Kim, E. S., Unno, T., & Shin, J. H. (2023). Butyrate producers, “The Sentinel of Gut”: Their intestinal significance with and beyond butyrate, and prospective use as microbial therapeutics. *Frontiers in microbiology*, 13, 1103836.
- Tailford, L. E., Crost, E. H., Kavanaugh, D., & Juge, N. (2015). Mucin glycan foraging in the human gut microbiome. *Frontiers in genetics*, 6, 81.
- Thursby, E., & Juge, N. (2017). Introduction to the human gut microbiota. *Biochemical Journal*, 474(11), 1823–1836. <https://doi.org/10.1042/BCJ20160510>
- Tingler AM, Engevik MA. 2025. Breaking down barriers: is intestinal mucus degradation by *Akkermansia muciniphila* beneficial or harmful?. *Infect Immun* 93:e00503-24. <https://doi.org/10.1128/iai.00503-24>

- Van der Ark, K. C., Aalvink, S., Suarez-Diez, M., Schaap, P. J., de Vos, W. M., & Belzer, C. (2018). Model-driven design of a minimal medium for *Akkermansia muciniphila* confirms mucus adaptation. *Microbial biotechnology*, 11(3), 476-485.
- Van Passel, M. W., Kant, R., Zoetendal, E. G., Plugge, C. M., & de Vos, W. M. (2011). The genome of *Akkermansia muciniphila*, a dedicated intestinal mucin degrader, and its use in exploring intestinal metagenomes. *PLoS ONE*, 6(3), e16876.
- Wang, P. X., Deng, X. R., Zhang, C. H., & Yuan, H. J. (2020). Gut microbiota and metabolic syndrome. *Chinese medical journal*, 133(07), 808-816.
- Wei, F., Yang, X., Zhang, M., Xu, C., Hu, Y., & Liu, D. (2022). *Akkermansia muciniphila* enhances egg quality and the lipid profile of egg yolk by improving lipid metabolism. *Front Microbiol.* 2022; 13: 927245.
- Wernimont, S. M. et al. (2020). *Akkermansia* and microbial degradation of mucus in cats and dogs: Implications to the growing worldwide epidemic of pet obesity. *Veterinary Sciences*, 7, 44.
- Xiang, R., Wang, J., Xu, W., Zhang, M., & Wang, M. (2021). Amuc_1102 from *Akkermansia muciniphila* adopts an immunoglobulin-like fold related to archaeal type IV pilus. *Biochemical and biophysical research communications*, 547, 59-64.
- Yang, Q., et al. (2023). Gut Probiotics and Health of Dogs and Cats: Benefits, Mechanism and Application. *Microorganisms*, 11, 2452
- Yoon, H. S., Cho, C. H., Yun, M. S., Jang, S. J., You, H. J., Kim, J. H., ... & Ko, G. (2021). *Akkermansia muciniphila*

secretes a glucagon-like peptide-1-inducing protein that improves glucose homeostasis and ameliorates metabolic disease in mice. *Nature microbiology*, 6(5), 563-573.

Zhang, B., Wang, N., He, G., Chen, T., Zong, J., Shen, C., ... & Zhou, X. (2025). *Akkermansia muciniphila*-Derived Outer Membrane Vesicles as a Novel Therapeutic Approach for Mastitis: Insights From In Vitro and Vivo Studies. *The FASEB Journal*, 39(13), e70770.

Zhang, M., Li, Y., Yang, Q., & Zhou, H. (2024). The potential role of *Akkermansia muciniphila* in liver health: mechanisms and therapeutic perspectives. *Frontiers in Microbiology*, 15, 11323942. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.11323942>

Zhang, X., Sheng, W., Li, K., Rong, Y., Wu, Q., Meng, Q., ... & Chen, M. (2020). Substrate specificity of the galactokinase from the human gut symbiont *Akkermansia muciniphila* ATCC BAA-835. *Enzyme and Microbial Technology*, 139, 109568.

Zhu, L., Lu, X., Liu, L., Voglmeir, J., Zhong, X., & Yu, Q. (2020). *Akkermansia muciniphila* protects intestinal mucosa from damage caused by *S. pullorum* by initiating proliferation of intestinal epithelium. *Veterinary Research*, 51(1), 34.

SÜT SIĞIRLARINDA HAYVAN REFAHININ DEĞERLENDİRMESİ: WELFARE QUALİTY

Mücahid Abdullah ŞİMŞEK¹

Ülkü Gülcihan ŞİMŞEK²

1. GİRİŞ

Hayvan refahı terimi bir hayvanın yaşam kalitesini, o hayvanın bireysel olarak tecrübe ettiği şekilde tanımlamaktadır (Bracke ve ark., 1999). Güncel literatürde hayvan refahının tanımı ile alakalı çok az fikir birliği bulunmaktadır (Keeling, 2004). İnsanların hayvanların refahı konusundaki anlaşmazlıklarının çoğu, farklı paydaşların hayvan refahının farklı yönlerine vurgu yapmasından kaynaklanmaktadır. Örneğin, veteriner hekimler ve hayvancılık sektöründe bulunan insanlar hayvanların hastalık, yaralanma ve üreme sorunlarına odaklanmaktadır. Buna karşın kamuoyu hayvanların acı, korku veya açlık gibi hoş olmayan durumlardan muzdarip olup olmadığına odaklanmaktadır. Benzer şekilde hayvan refahı ile ilgilenen gıda tüketicileri de hayvanların doğal davranışlarını sergileyebilme ve yeterli hareket alanlarının olması gibi durumlara odaklanmaktadır. Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü bir hayvanın iyi refaha sahip olmasını; sağlıklı, rahat, iyi beslenmiş, güvenli, doğuştan gelen davranışlarını ifade edebilen ve acı, korku, stres gibi hoş olmayan durumlardan muzdarip olmayan hayvan olarak nitelemektedir (World Organisation for Animal

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootečni AD, mucahidabdullah.simsek@deu.edu.tr, ORCID: 0009-0008-8362-2783.

² Fırat Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Zootečni AD, gsimsek@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2871-3005.

Health (WOAH), 2016). Hayvan refahı kavramı, geçmişte hayvanların uygun çevre koşullarına tabi tutulduklarında sağlıklı ve verimli olma durumunu tanımlamak için kullanılırken, günümüzde hayvanların bulundukları ortama karşı gösterdikleri savunma ve düzenleyici tepkileri de kapsayan bir anlam kazanmıştır (Altınçekiç ve Koyuncu, 2010). Modern yetiştirme koşullarının ve yönetim uygulamalarının, binlerce yıldır evciltme yapılan hayvanların dahi doğal davranışlarını engellemesi kamuoyunun bu konu üzerine eğilmesine sebep olmuştur. Çiftlik, laboratuvar ve hayvanat bahçesi hayvanlarının daha doğal bir ortamda normalde sergileyecekleri davranışları sergileyemedikleri için acı çekmeleri olasılığı kamuoyunun endişelerinden biridir. Bu konuda Brambell Komitesi, çiftlik hayvanları için yoğun, kapalı barınma sistemlerinin neden olduğu davranışsal kısıtlama ve hayal kırıklığı sorunlarına özellikle dikkat çekmiştir.

1.1. Beş Özgürlük

Brambell komitesi kamuoyunda ses getiren hayvan hakları konusunu değerlendirmek amacıyla 1965 yılında toplanmış ve toplantı sonucunda Beş Özgürlük paradigması yayınlanmıştır. Beş özgürlük paradigması uluslararası alanda en çok referans gösterilen refah belirteçlerinden birisidir. Hayvan refahını temel alarak yapılan politik açıklamalarda, akademik tezlerde ve hayvan refahı örgütleri tarafından yapılan kamuoyu açıklamalarında, anlaşılabilirliğinin yüksek olması sebebiyle sıklıkla kullanılmaktadır (Bayvel, 2004; Council, 2009; Grandin, 2015; Mellor, 2019; McCulloch, 2013).

Özgürlükler paradigması kabul edilebilir iyi refah ilkelerine uyum için mutlak bir standart oluşturmaktan çok hayvancılık işletmelerinin güçlü ve zayıf yönlerini değerlendirmek için bir kontrol listesi oluşturması amacıyla yapılmıştır. Paradigmadaki ilk 4 maddede kullanılan özgürlük

ifadesi, hayvanların tanımlanan olumsuz durumlarda ‘mümkün olduğunca özgür’ tutulması gerektiğini belirtmek için kullanılmıştır. İsimlendirme olarak ‘beş özgürlük’ olarak isimlendirilse de beş özgürlük aslında 9 durumu ifade etmektedir. Bunlar; açlık, susuzluk, rahatsızlık, ıstırap, yaralanma, hastalık, normal davranışların ifadesi, korku ve sıkıntıdır (Webster, 2005). Açlık, susuzluk ve yaralanma gibi hükümler basit ve anlaşılabilir ifadeler olarak görülürken, sıkıntı, normal davranışların ifadesi, rahatsızlık gibi hükümler anlaşılması daha zor ifadeler olarak görülmektedir. Örneğin rahatsızlık ifadesi bir gün bir hayvanın uzun süre ayakta kalmasının sonucu olarak ortaya çıkabileceken, başka bir gün insanlarla yaşadığı olumsuz bir tecrübeden ortaya çıkabilir. Buna karşılık, açlık ve susuzluk daha basit hisler olarak tanımlanmaktadır. Elbette, kişi az çok aç ve susuz hissedebilir, ancak bunlar niteliksel olarak aynı olan hislerdir, ancak yoğunlukları arasındaki fark anlatımlarında herhangi bir farklılık oluşturmamaktadır. (McCulloch, 2013).

Tablo 1. 5 özgürlükler ve hükümleri (McCulloch, 2013).

Özgürlükler	Hükümleri
1. Aç ve susuz kalmama özgürlüğü	Temiz ve içilebilir suya erişimi ve tam sağlığını ve canlılığını koruyacağı bir diyet sağlayarak
2. Huzursuzluk veren durumların içerisinde olmama özgürlüğü	Barınak ve rahat bir dinlenme alanı da dâhil olmak üzere uygun bir ortam sağlayarak
3. Acı çekmeme, yaralanmama ve hasta olmama özgürlüğü	Hastalıkları önleme ve hızlı tanı ve tedavi yöntemleri kullanarak
4. Korku ve endişe yaşamama özgürlüğü	Zihinsel ıstırapı önleyen koşulları ve tedaviyi sağlayarak
5. Normal davranışları sergileme özgürlüğü	Yeterli alan, uygun tesisler ve hayvanın kendi türünden birinin arkadaşlığını sağlayarak

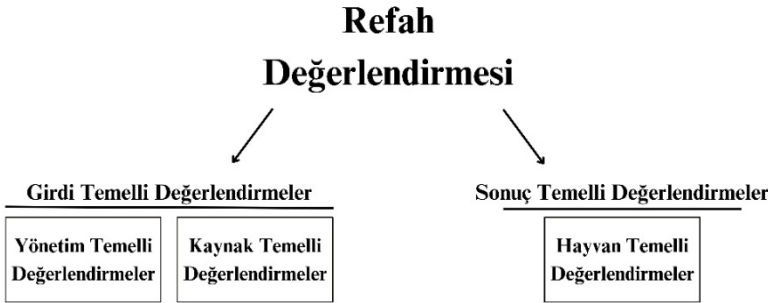
2. REFAH DEĞERLENDİRMESİ

Çevre şartlarıyla başa çıkmak, olumsuz etkileri de dâhil olmak üzere, insanların ve diğer tüm hayvanların biyolojisinde önemli bir temel süreçtir. Refah, çeşitli başa çıkma

mekanizmalarının durumuyla ve bu başa çıkma durumunun sonucuyla ilgili olduğundan; refah değerlendirmesi bu temel sürecin ölçümü olarak tanımlanmaktadır (Broom ve Johnson, 2019). Çoğu gösterge, hayvanın durumunu çok iyiden çok kötü refaha kadar ölçekte nerede olursa olsun, belirlemeye yardımcı olur. Bazı göstergeler kısa süreli olumsuz fiziksel koşullar gibi kısa vadeli sorunlarla alakalıyken, diğerleri uzun vadeli sorunlar ile alakalıdır (Broom, 2021).

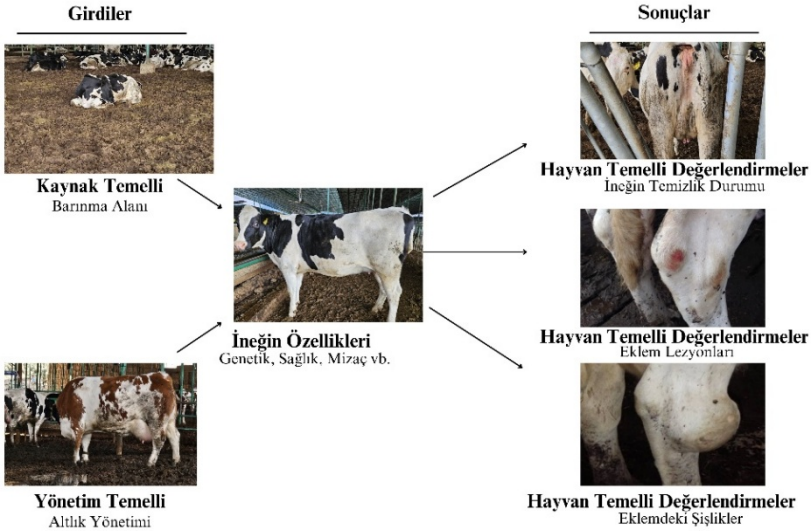
2.1. Kaynak, Yönetim ve Hayvan Temelli Değerlendirmeler

Hayvanların refahını içerisinde bulundukları çevre koşullarına ve uygulanan yönetim prensiplerine bakarak değerlendirmek mümkündür. Bir hayvan sürüsünün refah seviyesi değerlendirilirken sözel bir formülasyon uygulamak esas teşkil etmektedir. Bu formülasyonda hayvanın içerisinde bulunduğu çevre şartları ve uygulanan yönetim prensipleri ‘girdi’ olarak kabul edilmektedir. Refah değerlendirmesini yaptığımız hayvanların bu girdiler sonucunda bireysel olarak gerçekten refah içerisinde olduklarını anlamak tam olarak mümkün değildir. Bu sebeple hayvanların çevre ve yönetim olarak karşılanan ihtiyaçlarının doğurduğu sonuçlara bakılması gerekmektedir. Bu sebeple hayvan temelli değerlendirmeler yani ‘sonuç’ temelli değerlendirmeler kullanılmaktadır (Mainau ve ark., 2022).



Şekil 1. Refah değerlendirme kriterlerinin yönetim, kaynak ve hayvan temelli oluşlarına göre şematizasyonu

Hayvan refahı değerlendirmelerinde girdi olarak kullanılan bu kaynak ve yönetim temelli değerlendirmelerin kullanımı birçok yönden bilim insanları tarafından eleştirilmiştir. Bu eleştirilerin temelinde hayvanların aynı tür ve ırktan dahi olsalar genetik yapıları, mizaçları ve deneyimleri bakımından birey olarak birbirlerinden farklılık göstermeleri yatmaktadır. Çok benzer çevre ve yönetim şartları altında yaşayan hayvanlar arasında dahi hayvanların belirli durumlar arasındaki deneyimleri arasında farklılıklar bulunabilmektedir. Bu nedenle, kaynak ve yönetim temelli değerlendirmeler, refah için riskler hakkında bilgi vermek ve belirli durumların hayvan refahı üzerindeki etkisini belirtmek için kullanılabilir de her zaman güvenilir bir refah değerlendirme parametresi olarak kullanılamamaktadır. Bu nedenle araştırmalar, hayvan ve çevresi (kaynak ve yönetimi) arasındaki etkileşiminin "sonucu" olarak gösterilen hayvan temelli değerlendirmelerin kullanılmasına önem vermişlerdir (Blokhuys ve Veissier, 2022).



Şekil 2. Hayvan refahı değerlendirme kriterlerinin örnek üzerinden şematizasyonu

Kaynak temelli değerlendirmeler, hayvanlara tahsis edilen barınak ve barınak koşulları ile alakalı değerlendirmelerdir. Bunlara örnek olarak beslenme alanının boyutları, suluk boyutları ve sayısı, dinlenme alanının boyutları ve altlık materyali gibi parametreler örnek gösterilebilir. Yönetim temelli değerlendirmeler ise hayvanlara sağlanan bu çevre koşullarının düzenlenmesi ve daha çok bakım, besleme koşulları ile alakalıdır. Yönetim temelli değerlendirmelere buzağıkların çiğ sütle ya da süt tozu ile beslenmesi, süt sağım yöntemi, yemleme sıklığı, sağım sayısı ve altlık temizleme sıklığı gibi parametreler örnek olarak gösterilebilir (Blokhuys ve Veissier, 2022).

Bir ineğin barınma alanı kaynak temelli bir parametreyken, altlık nem oranı, altlık miktarı ve altlığın değişim sıklığı ise yönetim temelli parametreleridir. Barınak içerisinde bulunan her inek için altlık ve barınma alanı parametreleri sabitken eklem lezyonları, eklem şişlikleri ve ineklerin temizlik durumu bireyler arasında farklılık göstermektedir. Şekil 2’de belirtilen kaynak temelli ve yönetim temelli parametreler sözel formülasyonun girdileriye, ineğin temizlik durumu, eklem lezyonları ve eklem şişlikleri bu girdilerin hayvanlar üzerindeki çeşitlilik ve sıklık açısından farklılık gösteren sonuçlarıdır. Genetik, sağlık ve mizaç yönünden birbirinden farklılık gösteren hayvanlar, barınma alanı ve altlık yönetimi gibi ortak girdilerden farklı şekillerde etkilenir ve sonuçlar ortaya çıkartırlar. (Mainau ve ark., 2022).

2.2. İdeal Refah Değerlendirme Protokolü Nasıl Olmalıdır?

Uygulanabilecek en basit hayvan refahı ölçüm yöntemleri, uygulayıcı tarafından kolay bir şekilde uygulanabilen, evrensel olarak anlaşılabilen ve çok az öznellik ve değişkenlikler bulunduran yöntemlerdir. Bu sebeple birçok ülkede bulunan refah yasalarında ve hayvan refahı protokollerinde kullanılan ölçüm

değerlendirmelerinde kullanılan yöntemler daha çok nicel değerlendirmelerle yapılan kaynak temelli ölçümlerden oluşmaktadır (Blatchford, 2017). Ancak hayvan refahına dair yapılan yeni çalışmalarda kaynak temelli ölçümlerin, bir hayvanın refahının doğrudan gözlemlenmesine imkân sağlamadığı ortaya konmuştur. Hayvan başına alan, yemlikler, suluklar, sulukların lokasyonları ve barınaktaki hava kalitesi iyi refahın göstergesi olarak kullanılabilecek olan çevresel etmenlerdir. Bu tarz ölçüm etmenlerinin tek başına refah ölçümü için kullanılması o çevrede yaşayan hayvanların gerçek refah seviyesi ve yaşadıkları deneyim hakkında net bilgi vermemektedir. İyi çevre koşullarının hayvanlar için iyi bir yaşam kalitesi ortaya koyup koymadığına ve hayvanların bu iyi çevre koşullarında yaşamlarını başarıyla devam ettirip ettirmediklerine sonuç temelli refah ölçümleri ile bakılmaktadır (Swanson, 2019).

Hayvan refahını değerlendirmeye yönelik birçok çalışma, genellikle hayvanlara hangi kaynakların verildiğine veya bu kaynakların miktarına odaklanmıştır. Ancak bilim insanları, refah değerlendirmesinin yalnızca bu kaynaklara değil, aynı zamanda refah sorunlarının nedenlerini ortaya çıkarmaya yardımcı olan risk faktörlerine de dayanması gerektiğini savunmaktadır. Bu nedenle, kaynak temelli ve yönetim temelli ölçütlerle desteklenen sonuç temelli ölçümler kullanılarak yapılan değerlendirmelerin, hayvan refahı hakkında daha kapsamlı ve güvenilir sonuçlar sağlayacağı düşünülmektedir (Bennet ve ark., 2012; Butterworth ve ark., 2011).

3. WELFARE QUALITY PROTOKOLÜ

Welfare Quality protokolü hem kaynak ve yönetim temelli hem de hayvan temelli değerlendirme kriterlerinin bir arada olması sebebi ile sıklıkla kullanılan bir protokoldür. Welfare

Quality, hayvan refahı üzerine Avrupa'nın şimdiye kadarki en büyük araştırma projesi olmasıyla dikkat çekmektedir. Proje 2004 yılında başlayıp Avrupa'daki 39 enstitünün ve 2006'dan beri Latin Amerika'daki 4 enstitünün ortaklığını içermektedir. Avrupa Birliği 6'ncı Çerçeve Programı kapsamında bulunan Welfare Quality, refah ölçümünü 'İyi barınma', 'İyi beslenme', 'İyi sağlık' ve 'Uygun davranış' ana başlıkları altında değerlendirmektedir. Bu başlıklar altında belirlenen parametreler nicel sonuçlar halinde protokole eklenerek değerlendirme yapılmaktadır (Blokhuis ve ark., 2013).

3.1. İyi Barınma

3.1.1. Termal Konfor

Sıcaklık stresi, süt ineklerinde süt üretimini azaltan önemli bir faktördür. Süt üretimindeki değişkenliğin %10 kadarı sıcaklık gibi iklimsel faktörlerin etkisine atfedilmiştir. Sıcaklık stresi durumlarında süt üretimindeki azalma, yem alımındaki azalmayla doğrudan bağlantılıdır ve hayvanın enerji ihtiyacı artar. Ek olarak sıcaklık stresi sütteki protein ve yağ içeriğini azaltır, geviş getirmeyi engeller ve bağışıklığın baskılanmasına neden olur. Sıcaklık stresi, yumurtlama ve östrus davranışının ortaya konulması için gerekli olan luteinize edici hormon (LH) ve gonadotropin salgılatıcı hormon (GnRH) sentezini ve salınımını azaltarak üreme performansını azaltır (Butterworth ve ark., 2011).

Sıcaklık stresinin tüm bu etkileri yalnızca ineklerin refahını değil, aynı zamanda çiftçi için ekonomik getiriyle doğrudan ilişkili olan üretkenliklerini de etkiler. İneklerindeki termal stres; ırk, süt üretim seviyesi, yem miktarı ve kalitesi, sağlık durumları ve yüksek sıcaklıkların etkilerini yoğunlaştırabilen hidrasyonseviyeleri dahil olmak üzere birçok değişkene göre değişir. Örneğin, yüksek verimli bir inek (>30 kg/gün süt) kuruya çıkartılmış bir inekten %48 daha fazla ısı

üretir ve bu nedenle sıcaklık stresi yaşama riski daha yüksektir. Sıcaklık stresi koşullarında, süt inekleri ayakta geçirdikleri süreyi artırır ve dinlendikleri süreyi azaltır. Ayakta durmak, ineklerin vücut yüzey alanını havayla temas halini en üst düzeye çıkarmalarına ve böylece ısı dağılımını artırmalarına olanak tanımaktadır. Süt inekleri vücut ağırlığının %10'undan fazlasına eşdeğer su kaybı seviyelerinde şiddetli dehidratasyon belirtileri göstermektedirler. Su tüketimi, ortam sıcaklığındaki her 1°C artış için 1 litreden fazla artmaktadır (Mainau ve ark., 2022).



Şekil 3. Hayvanlarda vücut sıcaklık dengesi tüketilen su miktarı ve sıcaklığı ile dengelenmektedir (Mainau ve ark., 2022).

3.1.2. Hareket Kolaylığı

Süt ineklerinin barınak içerisinde rahat bir şekilde hareket edebiliyor olmaları sosyal ve normal davranışlarını ortaya koyabilmeleri için önemlidir. Özellikle bağlı sistemlerde hayvanların hareket kabiliyetlerinin çok kısıtlı olması sebebiyle hayvanlarda refah düzeyi düşmektedir. Kalıcı olarak bağlanan inekler, bağlama zinciri tarafından sınırlandırıldıkları için gözlemlenebilir agonistik davranışlar (Saldırganlık, savunma,

tehtid, kaçma) gösteremezler. Bağlı sistemlerdeki ineklerde sosyal hiyerarşi kurma imkânı yoktur (Popescu ve ark., 2013). İnekler bu sistemlerde yanlarındaki inekler dışında hiçbir inekle iletişime geçemedikleri için sosyal davranışlarında sürü hayvanı özelliklerini gösteremezler (Phillips, 2002). Kısmen bağlı sistemlerde hayvanlar meraya çıkartılıp, yeniden barınak alanına döndüğünde bağlanmaktadır. Bu tarz sistemlerde hayvanların hem otlama davranışı sergileyerek refah seviyeleri artırılır hem de barınak içerisinde bağlı tutularak yemlikte rekabet ve agonistik davranışlar sergilemesinin önüne geçilmektedir. Kısmi bağlı, bağlı, meraya dayalı ve serbest gezinme alanlı işletmelerde yapılan çalışmalarda, kısmi bağlı ve bağlı sistemlerde bulunan hayvanların daha fazla süt verimine sahip olduğuna dair veriler mevcuttur. Ancak refah seviyelerindeki düşüş sebebiyle verimlerinin uzun süreçlerdeki düşüşü ve stres sebebiyle ortaya çıkan diğer olumsuz durumlar (Hastalıklar, davranışsal bozukluklar, hayvana ait diğer etkenler) göz önünde bulundurulmalıdır (Nanbu ve ark., 2024).

Tablo 2. Protokole göre meraya ve gezinme alanlarına erişim zamanlarının gün, yıl, saat ve gün değerlerinden yazılması (Welfare Quality, 2009).

Hayvanların ortalama meraya erişim zamanı	gün/yıl (0-365)	saat/gün (0-24)
Hayvanların ortalama gezinme alanına erişim zamanı	gün/yıl (0-365)	saat/gün (0-24)

Hareket kolaylığı kriteri Welfare Quality protokolünde 2 alt kriterde değerlendirilmektedir. Bunlar; Bağlı sistemin olup olmaması ve hayvanların meraya ve gezinme alanına erişim imkanıdır. Bağlı sistemin olup olmaması bağlı sistemin varlığına göre; bağlı sistem varsa ‘2’, bağlı sistem yoksa ‘0’ olarak puanlandırılarak ele alınır. Hayvanların meraya ve gezinme alanına olan erişimi kriteri hem mera hem de gezinme alanı için

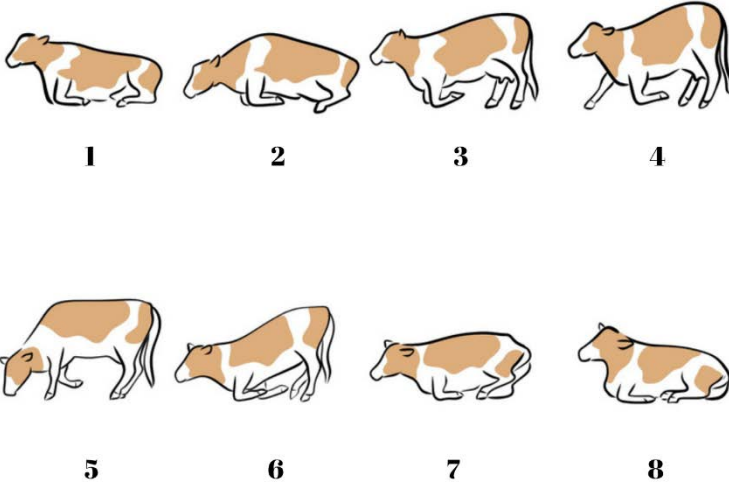
ayrı ayrı sınıflandırılmaktadır. Hayvanlar meraya ve/veya gezinme alanına erişebiliyorsa ‘0’, erişemiyorsa ‘2’ puanları verilmektedir (Welfare Quality, 2009).

3.1.3. Yatma Alanındaki Konfor

	Normal	Orta Düzeyde Problem	Ciddi Problem
Yatmak için gereken zaman	≤ 5.20 s	$5.20 \text{ s} < \leq 6.30 \text{ s}$	$> 6.30 \text{ s}$

Tablo 3. Süt ineklerinde yatma için gerekli zaman

Sığırlar gün içerisinde ortalama 10-12 saat boyunca yatma davranışı sergilemektedirler. Yatmak sığırlarda yüksek öncelikli bir davranış şekli olarak değerlendirilmektedir. Sığırlarda yatma davranışını gerçekleştirme fırsatları kısıtlandığında beslenme ve sosyal ilişki davranışları da bundan etkilenmektedir (Mainau ve ark., 2022). Özellikle süt ineklerinde yatma davranışı geviş getirme davranışı için önem teşkil etmektedir. Yatarak geviş getirme imkânı daha yüksek olan ineklerin bu imkânı daha az olan ineklere göre daha fazla zamanını geviş getirerek ve yatma davranışı sergileyerek geçirdikleri belirtilmektedir. Bu durum yatma davranışını daha fazla sergileyen ineklerin, daha fazla toplam kuru madde tüketme ve daha fazla bileşene sahip süt üretme eğiliminde olduklarını göstermektedir (McWilliams ve ark., 2022).



Şekil 4. İneklerde yatma ve kalkma davranışlarının aşamaları. Buna göre tek bir karpal eklemin büküldüğü 3. aşamada yatma davranışı başlayıp, ayakların vücudun altından yanına alındığı ve vücudun arka çeyreğinin yer ile temas ettiği 7. aşamada biter (Çizim; R. Atasel PETİN)

Yatan bir ineğin ayakta duran bir ineğe göre geviş getirme ve tükürük salgısı üretme olasılığı daha yüksektir. Bu durum ineklerde ruminal asidoz riskini de azaltmaktadır. Yatma davranışının süt inekleri için bir başka önemi ise meme dokusundaki kan difüzyon hızıdır. Yatan bir süt ineğinin meme dokusundaki kan difüzyon hızı yaklaşık olarak 5 L/dk, ayakta duran bir ineğin meme dokusundaki kan difüzyon hızı ise yaklaşık olarak 3 L/dk'dır (Mainau ve ark., 2022).

Yatma davranışını daha az veya hiç sergilemeyen hayvanlarda, ayak tabanına uygulanan basıncın sürekli olarak devam etmesi hipoksi ve iskemi ile sonuçlanarak topallık sorunlarına yol açabilmektedir (Whay ve Shearer, 2017). Konforlu dinlenme alanlarının kısıtlı olma durumu hayvanlarda rekabete sebep olabilmektedir. Bu rekabet durumu inekler arasındaki sosyal çatışmayı tetikleyebilmekte ve kronik stresle sonuçlanabilmektedir. Kronik stres durumu çiftlik hayvanı

sürülerinde hastalıklara ve döl verimi sorunlarına yol açmaktadır. Yatma yüzeyinin sertliği; beton, aşındırıcı ve kaygan zemin kullanımı yaralanma ve topallık riskini artırmaktadır.

Dinlenme ve yatma davranışı ile ilgili göstergeler serbest yataklı ahır sistemlerinde yaşayan hayvanların duraklı sistemlere göre daha yüksek refah seviyesine sahip olduğunu göstermektedir. Altlık yüksekliğinin fazla olduğu sistemlerde hem ön hem de arka bacaklardaki yaralanma ihtimalleri azalmaktadır. Ancak altlık yüksekliğinin fazla olduğu sistemlerde işçilik ihtiyacı ve altlık maliyeti artmaktadır. İşçilik ile alakalı, yönetim temelli kriterlerin yerine getirilmemesi durumunda altlık hijyeni hayvanlar için olumsuz koşullar doğurmaktadır. Mastitis ve topallık gibi enfeksiyon kaynaklı hastalıkların engellenmesi için altlık hijyeninin korunması önem taşımaktadır (Mainau ve ark., 2022).

Welfare Quality Protokolüne göre yatma eylemi hayvanın bir karpal eklemine bükerek alçalttığına başlamaktadır. Yatma eyleminin sonlanması ise hayvanın gövdesinin arka çeyreğinin aşağıya düştüğü an yani hayvan tam olarak yatış pozisyonuna ulaştığı an sonlanmaktadır. Yatma süresi, ineklerin dinlenme konforunu değerlendirmede en önemli göstergelerden biridir. Bu süre, hayvanın yatmaya başlamasından tamamen yere uzanmasına kadar geçen zamanı ifade eder. Normalde bu hareket hızlı ve doğal bir şekilde gerçekleşir; ancak alanın dar, zeminin sert ya da kaygan olması sürenin uzamasına yol açmaktadır. Yatma süresinin artması, hayvanın rahat edemediğini ve çevresel koşulların doğal davranışlarını kısıtladığını göstermektedir. Bu nedenle yatma süresinin ölçülmesi hem hayvan refahını hem de barınak düzenlemelerinin uygunluğunu anlamada önemli bir kriterdir. Yatma davranışı süresi saniye cinsinden ölçülerek hesaplanmaktadır (Welfare Quality, 2009).

3.2. İyi Besleme

3.2.1. Uzun Süreli Açlık

Açlık durumu 5 özgürlükte, hayvanın tam sağlığını ve canlılığını koruyacağı bir diyet sağlanarak, aç ve susuz kalmama özgürlüğü içerisinde tanımlanmıştır (McCulloch, 2013). Açlık; kronik olarak yetersiz beslenen bir hayvanın deneyimlediği olumsuz bir öznel durum olarak tanımlanmaktadır (D’earth ve ark., 2009). Uzun süreli açlığın hayvan refahı değerlendirmelerinde ölçülebilmesi için vücut kondisyon skoru bir araç olarak kullanılmaktadır (Welfare Quality, 2009).



Şekil 5. Welfare Quality protokolüne göre VKS sonuçlarının değerlendirilmede kullanılan puan karşılıkları

Uzun süreli açlık yaşayan hayvanlar bazal metabolizmaları için gerekli olan enerjiyi sağlayamadıkları için negatif enerji dengesine girmektedirler. Özellikle yüksek verimli sütçü ineklerde yemlere sınırsız erişim sağlansa bile, laktasyon için enerji gereksiniminin yemden alınan enerjiyi aşması nedeniyle negatif enerji dengesi durumuna girebilmektedirler. Bu sebeple hayvanların yaşama payları ve verim payları da hesaplanarak enerji ihtiyaçları belirlenmeli ve beslenme bu esaslara göre düzenlenmelidir (Mainau ve ark., 2022). Vücut Kondisyon Skoru (VKS), hayvanın yandan ve arkadan gözlemlenerek, vücudunun belirli bölgelerindeki (sırttaki lumbal bölgeler, pelvik bölge, kalça bölgeleri, siyatik kamburlar, kuyruk

kökleri) karakteristik noktaların gözle muayenesi ile deri altı vücut yağ rezervlerinin durumuna göre subjektif olarak ölçülmektedir. Bu skorun belirlenmesinde hayvanın mevcut beslenme, sağlık durumu ve genel görünümü ilke olarak ele alınmaktadır (Lalovic ve ark., 2020). Hayvanların kondisyonları, üreme şekline, diyetlerine ve kullanım şekillerine göre yaşamları boyunca değişmektedir. İneklerin vücut kondisyon skoru yaş, üretim döngüsü aşaması ve genotipe göre etkilenmektedir (Roche ve ark., 2009). Vücut kondisyon skoru hayvanlarda uzun süreli açlık belirtisi olarak hayvan temelli bir değerlendirme kriteri olarak kullanılmaktadır (De Rosa ve ark., 2015).

VKS Kategorisi	Tanım	Refah Açısından Durum
0 = Normal	Hayvan uygun vücut kondisyonuna sahiptir, kemikler hafif örtülüdür, aşırı zayıf ya da yağlı değildir.	Olumlu durum, hayvan refahı açısından ideal.
1 = Zayıf	Kemikler (özellikle sağrı, bel çıkıntısı, kuyruk kökü) belirgin, yağ ve kas dokusu az.	Olumsuz durum, uzun süreli açlık ve enerji açığına işaret eder.
2 = Şişman	Kemikler tamamen yağ tabakasıyla kaplanmış, bölgeler yuvarlak ve dolgun görünür.	Olumsuz durum, aşırı beslenme ve metabolik sorun riskine işaret eder.

Tablo 4. Welfare Quality protokolündeki puan ve anlamları

Vücut kondisyon skoru belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan sistemler 5'lik ve 3'lük sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. VKS belirlemede kullanılan 5'sistemde; 1: Kaşektik hayvan, 2: Zayıf hayvan, 3: Normal hayvan, 4: Şişman hayvan ve 5: Obez hayvan anlamına gelmektedir. VKS'nin orta düzeyde olması ile ineklerde süt veriminin arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirtilmektedir.

Aşırı yağlı ve kaşektik hayvanlar süt ve döl verimleri özellikleri bakımından zayıf olmaktadır (Ayaşan ve ark., 2012). Dünyada en çok kullanılan refah değerlendirme protokollerinden birisi olan Welfare Quality Protokol'ünde ise 3'lük sistem kullanılmaktadır. Buna göre hayvanın kuyruk etrafındaki boşluğu, omurga ve tuber coxae arasındaki dolgunluğu, transversal çıkıntıların keskinliği veya kütlülüğü, kuyruk, kalça kemikleri, omurga ve kaburgalardaki deri altı yağın görünürlüğü kriter olarak kullanılmaktadır. Skorlamada, 0: Normal vücut kondisyonunu, 1: Çok zayıf, 2: Çok yağlı değerlerini belirtmek için kullanılmaktadır (Welfare Quality, 2009).

3.2.2. Uzun Süreli Susuzluk

Susuzluk, su eksikliğinin öznel bir hissi ve hayvanları içmeye motive eden öznel bir algı olarak tanımlanmaktadır (Sprenger ve Tuytens, 2009). Beş özgürlükte ise suyun hayvan refahındaki yeri, hayvanın temiz ve içilebilir suya erişim özgürlüğünün kesintisiz olarak temin edilmesi gerektiği ile vurgulanmıştır (McCulloch, 2013). Su, hayvanların biyolojik işleyişleri için gerekli olmakla birlikte, özellikle verimlerinden yararlanılan çiftlik hayvanlarının su ihtiyacı, günlük kuru madde

alımı arttıkça artmaktadır. Verimlerinden yararlanılan hayvanlarda su tüketimi azaldıkça süt verimlerinin de azaldığı bilinmektedir (Jensen ve ark., 2016). Su canlıların en önemli bileşeni birlikte, vücut sıcaklık dengesi, sindirim, fetüs gelişimi ve süt üretimi için çok önemlidir.

Canlı Ağırlık (kg)/ Hava Sıcaklığı	5 °C	10 °C	15 °C	20 °C	26 °C	32 °C
250-275	22	25	28	33	38	54
350-375	28	30	35	40	47	66
400-450	33	36	41	48	55	78

Tablo 5. Canlı ağırlığın artması ile beraber ortaya çıkan su ihtiyacının farklı sıcaklıklara göre değişimi

Süt sığırları günde 50-100 L arası suya gereksinim duymaktadırlar. Özellikle sıcak iklimlerde yaşayan süt sığırlarında su alımı ve arayışı artış göstermektedir. 500 kg ortalama canlı ağırlığa sahip olan bir inek laktasyonda ise, 21 °C sıcaklıkta günde 50 kg su tüketmektedir. Bu miktar sıcaklık değerleri 30 °C'yi aştığında %25-100 oranında artış gösterebilmektedir (Göncü, 2018).

İneklerde su içme alışkanlıklarındaki değişim çoğunlukla su sıcaklığına bağlıdır. İnekler çoğunlukla vücut sıcaklığına yakın sıcaklıklarda su tüketmeyi tercih etmektedirler. İçme suyu sıcaklığı düştükçe hayvanlarda su tüketim miktarı azalmaktadır. İnekler 15 °C ve 25 °C sıcaklıklarındaki içme suyuna kıyasla 37 °C sıcaklığındaki suyu içmeyi tercih etmektedirler (Gohler ve ark., 2021). Suluk uzunluklarının inek başına asgari olarak 6 cm olarak yerleştirilmelidir. Sıcak iklim koşullarında ve sıcaklık stresi yaşanma ihtimalinin yüksek olduğu çiftliklerde suluk uzunluklarının inek başına asgari olarak 10 cm uzunlukta yerleştirilmesi gerekmektedir. Sulukların yerden yüksekliği optimum olarak 70-80 cm arasında olmalıdır. Gruplandırma yapılan çiftliklerde her grup başına en az 2 adet suluk koyulması gerekmektedir (Welfare Quality, 2009).

Doğrudan güneş ışığına maruz kalan suluklarda su sıcaklığı artmaktadır. Sulukların temizliği için sulukların içerisindeki su dışındaki materyallerin varlığına bakılmaktadır. Suluk içerisinde bulunan toprak ve altlık materyalinin miktarına göre suluk temizliğine karar verilmektedir. Suluklar, kir (örneğin dışkı, küf) ve/veya çürümüş yiyecek kalıntılarına dair hiçbir kanıt olmadığında temiz olarak kabul edilmektedir (Welfare Quality, 2009).

Kâse tipi suluk kullanılan çiftliklerde su akışının en az 10 L/dk, oluklu suluklar kullanılan çiftliklerde 20 L/dk olması gerekmektedir. Su akışı olmayan veya büyük rezervuar tipi

suluklarda bu ölçümün yapılmasına gerek görülmemektedir. Sulukların sorunsuz çalışma durumu, nipel suluklu ya da otomasyon suluklarda kullanılmaktadır (Welfare Quality, 2009).

3.3. İyi Sağlık

3.3.1. Sakatlık ve Hastalık Olma Durumu

Sakatlık olma durumu hayvan refahı değerlendirmeleri için önemli göstergelere sahiptir. Bir hayvanın genel sağlık ve sakatlık durumu hayvanın refah seviyesinin kötü ya da iyi olarak ilk bakıda belirlenebilmesi açısından önemlidir. Refah ve sağlık terimleri birbirlerinin yerine kullanılabilir gibi değerlendirilseler de anlam olarak çok farklı iki terimdir. İyi bir refah için iyi bir sağlık büyük bir öneme sahip olmakla beraber refah terimi sağlık teriminden daha kapsayıcıdır. Bu sebeple bir hayvanın fiziksel ve fizyolojik olarak sağlıklı olması o hayvanın iyi bir refah seviyesine sahip olduğu anlamına gelmemektedir. Sürü sağlığını geliştirmek; verimliliği, yaşam kalitesini, büyüme ve gelişmeyi de geliştireceği için dolaylı yoldan refahın da artmasına yol açabilmektedir. Bu sebeple özellikle süt ineklerinde sürü sağlığını kontrol altında tutarak iyi seviyelerde olmasını sağlamak hayvancılık işletmeleri için büyük bir öneme sahiptir (Mainau ve ark., 2022).

Süt ineklerinde görülen başlıca hastalıklar; mastitis, topallık, fetal zarların atılamaması, metritis, ketozis, süt humması ve güç doğumdur. Hastalıkların refah açısından değerlendirilmesinde sürü ve birey bazında iki temel kriter önemlidir. Bunlar; hastalıkların erken teşhis edilerek hayvanların çektiği acının en aza indirilmesi ve hastalıkların görülme sıklığı ile yaygınlığının doğru bir şekilde belirlenmesidir. Hastalığın görülme sıklığı ve yaygınlığı bilinirse korunma ve tedavi de aynı oranda başarı ile yapılabilir. (Olsson ve ark., 2018). Hastalık olma durumu, hayvan kaynaklı değerlendirme kriterleri olan; burun akıntısı, göz akıntısı, solunumda güçlük, ishal, vulvada

akıntı, süt somatik hücre sayısı, ölüm oranı, güç doğum ve yatalak inek durumlarına bakılarak ölçülmektedir (Welfare Quality, 2009).

Hayvanlarda burun akıntısı kriteri, gözlemlenebilir bir burun akıntısının olup olmadığına bakılarak yapılmaktadır. Burun akıntısı sarı, yeşil ve şeffaf renkte ve gözle rahatlıkla görülebilecek şekilde olmalıdır (Welfare Quality, 2009).

Süt ineklerinde solunumda güçlük solunum yolu enfeksiyonlarının bir göstergesi olabilmektedir. Bu sebeple hem hayvan refahı için hem de işletmenin ekonomik sürdürülebilirliği için önem arz etmektedir (Molina ve ark., 2020). Solunumda güçlük hayvanlarda belirgin bir şekilde gözlemlenebilen zorlu nefes alma olarak tanımlanmaktadır. Soluk verme, çoğunlukla belirgin bir sesle beraber gövde kaslarının fazla aktivite göstererek solunuma yardımcı olmasıyla gözlemlenir.

Göz akıntısı, gözden açıkça görülebilen en az 3 cm uzunluğundaki ıslak ya da kurumuş akıntı olarak tanımlanmaktadır. (Welfare Quality, 2009). Hayvanlarda göz hastalıkları genellikle uygun olmayan bakım ve yönetim uygulamaları nedeniyle ortaya çıkar. Özellikle hayvan barınaklarında yetersiz sağlık yönetimi, hijyen koşullarının kötü olması ile çevresel ve beslenmeye bağlı faktörler, bu hastalıklara zemin hazırlamaktadır. Eğer bir veya her iki gözde görme bozukluğu gelişirse, bu durum işletme sahipleri için büyük ekonomik kayba, etkilenen hayvanın üretken ekonomik ömrünün azalmasına ve hayvan refahının düşmesine yol açar (Kapoor ve ark., 2021). Burun akıntısı, göz akıntısı ve solunum güçlüğü, süt sığırcılığında genellikle solunum yolu enfeksiyonlarıyla ilişkilendirilmektedir. Mevsimsel alerjilerin yanı sıra, viral ve bakteriyel enfeksiyonlar da bu belirtilerin ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bu semptomları gösteren hayvanlarda genel sağlık durumunun bozulmasıyla birlikte, beslenme ve normal

davranışlarda azalma gözlemlenir. Bu durum, hayvanların refah düzeylerinin düşmesine ve dolayısıyla verim kapasitelerinin azalmasına yol açar. Bu nedenle söz konusu klinik bulgular hem hayvan refahı hem de hayvancılık işletmeleri açısından önemli bir değerlendirme kriteri olarak kabul edilmektedir (Mainau ve ark., 2022). Laktasyon dönemindeki hayvanların hastalıklarının en başında ishal gelmektedir. İshal, kuyruk başının altında, kuyruğun her iki tarafında, en az bir el büyüklüğünde katı olmayan sulu gübre olarak tanımlanmaktadır ve birçok faktörün bir araya gelerek oluşturabildiği bir hastalıktır. Bu sebeple sürü sağlığında ishalden korunmanın birden fazla yöntemi beraber uygulanmalıdır.

Y ö n e t i c i S o r u l a r ı			
1	İşletmede süt inekleri ve süt inekleriyle birlikte tutulan düvelerin yıllık ortalama sayısı nedir?	 hayvan	Eğer cevap evet ise; Boynuz tomurcuk uzaklaştırma yaşı?hafta Boynuz tomurcuk uzaklaştırma yöntemi? Termokoter Boynuz tomurcuk uzaklaştırılırken analjezikler kullanıldı mı? Macun (Evet / Hayır) Boynuz tomurcuk uzaklaştırılırken analjezikler kullanıldı mı? hafta (Evet / Hayır) Boynuzsuzlaştırma yaşı? Analjezik kullanımı?
2	Hayvanlar ortalama olarak ne kadar süreyle otlaklara/meralara erişebilirler?	 gün /yıl (0-365); saat / gün	6 Eğer boynuzsuzlaştırma işlemi çiftlikte yapılmamış ise; bu işlemin nasıl yapıldığı işletme personeli tarafından biliniyor mu? (Evet / Hayır) hafta Eğer cevap evet ise; Boynuz tomurcuk uzaklaştırma yaşı? Boynuz tomurcuk uzaklaştırma yöntemi? Boynuz tomurcuk uzaklaştırılırken analjezikler kullanıldı mı? Termokoter Macun (Evet / Hayır)
3	Son 12 ay içinde süt ineklerinin kaç tanesi güç doğum yapmıştır?		
4	Son 12 ayda kaç tane süt sığırları veya süt sığırları birlikte tutulan düve, düşükün inek olarak teşhis edildi?	 hayvan	
5	Son 12 ay içinde, süt inekleri ile birlikte tutulan süt inekleri veya düvelerin kaç tanesi çiftlikte öldü veya hastalık veya kazalar nedeniyle ötenazi edildi?	 hayvan	
6	Kaç hayvana boynuzsuzlaştırma işlemi uygulanıyor?	 %	
	Hayvanların boynuzsuzlaştırma işlemi çiftlikte mi uygulanıyor?	 (Evet / Hayır)	
			7 Eğer hayvanlara çiftlikten farklı bir yerde kuyruk kesim işlemi uygulanmışsa; Kuyruk kesim işleminin nasıl yapıldığı biliniyor mu? Eğer cevap evet ise; Kuyruk kesim yaşı? Kuyruk kesim yöntemi? Analjezik kullanımı? (Evet / Hayır) (Kauçuk yüzük, Operasyon) (Evet / Hayır)

Tablo 6. Welfare Quality protokolünde yöneticiye sorulan sorular ve cevaplarının protokole işlenişleri (Welfare Quality, 2009).

Hijyen, bakım, besleme ve kolostrum yönetimi ishalin engellenmesi için önem teşkil etmektedir. İshal hem altlık yönetiminde hem de fizyolojik sonuçları sebebiyle hayvan refahı açısından büyük bir öneme sahiptir (Mainau ve ark., 2022). Özellikle enfeksiyon kaynaklı ishaller altlık ile karışmakta ve fekal-oral bulaşmanın önünü açmaktadır. Ayrıca ishal barınak ortamında hayvanların kirlilik oranını arttırmaktadır (Van Eerdenburg ve ark., 2021). Bu sebeple altlık yönetimi ishal ile mücadelede büyük öneme sahiptir. İshalli hayvanların refah seviyesi, ishalleri olmayanlara göre belirgin bir şekilde düşük olmaktadır. Bu sebeple ishalin sürüde takip edilmesi, engellenmesi ve tedavisi hayvan refahı açısından büyük bir öneme sahiptir. (Mainau ve ark., 2022; Nielsen ve ark., 2021; Welfare Quality, 2009).

Welfare Quality protokolüne göre vulvadan gelen akıntı, vulva bölgesinde gözle görülür abnormal sıvı birikimi veya akıntı olarak tanımlanır. Bu akıntı, renk, kıvam ve miktar açısından değerlendirilir. Normal fizyolojik akıntı (örneğin östrus döneminde görülen berrak mukus) ile patolojik akıntı (bulanık, sarımsı, yeşilimsi veya kanlı akıntı) arasındaki fark göz önünde bulundurulur. Değerlendirme sırasında her hayvan bireysel olarak incelenir ve gözlemlenen durum aşağıdaki şekilde puanlanır: Skor 0: Akıntı yok veya yalnızca fizyolojik (normal) mukus var.

Skor 1: Hafif, anormal renkli veya kıvamlı akıntı mevcut. Skor 2: Belirgin, irinli veya kötü kokulu akıntı mevcut (patolojik düzeyde). Bu skorlamalar sonucunda, sürü düzeyinde vulvadan akıntı gösteren hayvanların yüzdesi hesaplanarak sürü bazlı sağlık göstergesi elde edilir. Genellikle, belirli bir sürüde akıntı gösteren hayvan oranı belirli bir eşiğin (örneğin %5) üzerinde ise, bu durum refah açısından risk faktörü olarak değerlendirilir. (Welfare Quality, 2009).

Süt somatik hücre sayısı, özellikle sütün kalite sınıflandırması ile satıldığı Avrupa Birliği ülkelerinde kalitesi bakımından satışa uygun olmaması ve süt verimindeki düşüklüklere sebep olması sebebiyle hayvancılıkta büyük öneme sahiptir. Ayrıca somatik hücreler, ineklerin mastitise karşı hem direncinin hem de duyarlılığının göstergeleridir. Bu sebeple hayvan refahı için ciddi olumsuzluklara sebep olan mastitis ile olan ilişkisi sebebiyle de hayvan refahı için büyük öneme sahiptir. (Jones ve ark., 1984; Sharma ve ark., 2011). Süt somatik hücre sayısı Welfare Quality protokolünde çiftlik ziyaretinin gerçekleştiği günden 3 ay öncesinde toplanılarak yapılmaktadır. 400.000'den fazla somatik hücre sayısı subklinik yangı belirtisi olarak ele alınır. Somatik hücre sayısının son 3 ayda 400.000'den az olması durumunda olumlu, 400.000 veya daha fazla olması durumunda olumsuz değerlendirme yapılmaktadır (Welfare Quality, 2009).

Sürüdeki ölüm oranı çiftlik yöneticisinden alınan kayıtlı bilgiler ışığında değerlendirmeye katılmaktadır. Kayıtlarda son 12 ay içerisinde ölen, hastalık veya kazalar nedeniyle ötenazi uygulanan, acil olarak kesime yollanan süt ineklerinin sayısına bakılmaktadır (Welfare Quality, 2009).

Güç doğum oranı son 12 ay içinde yardıma ihtiyaç duyularak buzağılama yapan ineklerin sayısı olarak tanımlanmaktadır. Veriler çiftlik kayıt defterlerinden veya çiftlik yöneticisinden alınmaktadır. Sürüde son 12 ay içerisinde yaşanan güç doğum sayısı doğum sayısına oranlanarak yüzde cinsinden değerlendirilmeye alınmaktadır (Welfare Quality, 2009).

Yatalak hayvan kriteri özellikle doğum ile olan ilişkisi sebebiyle süt ineklerinde önemli bir refah parametresidir. Yatalak hayvanlar özellikle doğumdan sonraki 24 saat içerisinde ve 24 saati aşkın sürelerde hayvanların strenal pozisyonda yatmaları ile karakterizedir. Yanlış bakım ve beslenme; kötü besleme, aşırı

yağlanma, zemin kayganlığı, doğum sonrası yaralanmalar, hipokalsemi, hipomagnezemi, asidoz ve ketozis gibi birçok sebebi bulunmaktadır. Çiftlikte yatalak hayvan bulunması, beraberinde hayvan refahını kötü etkileyen birçok hastalığın veya barınak şartının olduğu anlamına geldiği için refah değerlendirilmelerine alınan bir durumdur (Felix ve ark., 2024). Welfare Quality protokolünde ineklerde yatalıklık oranı, son 12 ay içinde hareket edemeyen inek vakalarının sayısı olarak tanımlanmaktadır. Veriler çiftlik yöneticinden veya çiftlik kayıt defterlerinden son 12 ay içerisinde yatalak olan hayvan sayısına bakılarak alınmaktadır (Welfare Quality, 2009).

3.3.2. Yönetim Prosedürlerinden Kaynaklı Acının Olma Durumu

Yönetim prosedürlerinden kaynaklı acının varlığı çeşitlilik göstermektedir. Altlık değişim sıklığının uzaması sonucunda hayvanların kaygan ve ıslak zeminde kayarak düşmesi buna bir örnek gösterilebilir. Ancak bunun gibi yönetim prosedürlerinin dolaylı yoldan ortaya çıkardığı refahı olumsuz etkileyen durumlar hayvan protokollerine eklenmemiştir. Hayvan refahı protokollerinin amaçları; kapsamlı ve detaylı bir inceleme ortaya koyarken, kesin bilgilerin toplandığı ve kısa sürelerde uygulanabilecek olmalarıdır. Dolaylı sonuçlar ortaya çıkaran bu gibi refah problemlerinin refah protokollerine eklenmemesinin sebebi bu gibi ölçümlerin tahmine ve yoruma dayalı olması ile birlikte uzun süreler gözlem yapılması gerekmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle Welfare Quality protokolünde daha kesin, ölçülebilir, doğrudan refahı etkileyen ve kısa sürelerde ölçülebilir olan boynuzsuzlaştırma ve kuyruk kesimi parametreleri kullanılmıştır (Welfare Quality, 2009).

Boynuz kesme ve boynuzsuzlaştırma işlemi sığır işletmelerinde sıklıkla başvuru olan bir işlemdir. Boynuzsuzlaştırma, hayvanların kontrolünün daha kolay olması

ve boynuz kesmenin insanlar hem de diğer hayvanlar için yaralanma riskini azaltması sebebiyle rutin haline getirilmiş bir işlemdir. En sık kullanılan prosedürler termokoterizasyon ve yakıcı macun ile boynuzsuzlaştırmadır (Mainau ve ark., 2022). Welfare Quality protokolünde boynuzsuzlaştırma ve boynuz kesme kriteri çiftlik yöneticisine sorulan 3 soru ile ölçülerek değerlendirmeye alınmaktadır. Yöneticiye; boynuzsuzlaştırmanın hangi prosedürle yapıldığı (yakıcı macun, termokoterizasyon), anestezi kullanımı ve ağrı kesici kullanımı varlığı sorulmaktadır (Welfare Quality, 2009).



Şekil 6. Macun ile tomurcuk alımı gerçekleştirildikten sonra kanama gerçekleşen bir buzağı

Süt ineklerinde kuyruk kesimi temizliği ve işçi konforunu arttırdığı düşünüldüğü için yapılmaktadır. Özellikle zincir kızaklı altlık temizleme sistemleri kullanılan çiftliklerde duraklarında yatan hayvanların kuyruklarını kızaklara kaptırması sonucunda kuyruk yaralanmaları gerçekleşmektedir. Bu sebeple yaygın olmamakla birlikte kuyruk kesimi büyükbaş çiftliklerinde uygulanan bir yöntemdir (Miller, 2010; Sinmez ve ark., 2016). Welfare Quality protokolünde kuyruk kesimi işlemi, uygulanan

prosedüre (kauçuk halka, cerrahi müdahale), anestezi ve ağrı kesici kullanımı varlığına bakılarak ölçülmektedir (Welfare Quality, 2009).

3.4. Uygun Davranış

3.4.1. Sosyal Davranışların Dışa Vurumu

Evcilleştirme sürecinde, çiftlik hayvanları daha verimli hale getirilmek amacıyla bilinçli olarak yetiştirilmiş ve bu süreçte fizyolojik ve anatomik değişimlere uğramıştır. İneklerin çiftlik koşullarına uyum sağlamak için davranışlarında bazı değişiklikler görülse de temel davranışsal ihtiyaçları varlığını sürdürmüştür. Bu nedenle inekler, doğal davranışlarını sergilemeye güçlü bir eğilim gösterirler ve bu davranışların ifade edilmesi, hayvan refahının korunmasında kritik bir rol oynamaktadır. Ayrıca, hayvanların davranışları, refah sorunlarını tespit etmek açısından da önemli bir gösterge olabilmektedir (Mainau ve ark., 2022).

Çiftlik hayvanlarının en temel doğal davranışlarından biri sosyal etkileşimdir. Sosyal davranışlar olumlu ya da olumsuz olarak sınıflandırılabilir. Olumlu sosyal etkileşimler hayvanların refahına katkı sağlarken, olumsuz davranışlar strese ve kaygıya yol açabilir. Bu nedenle, hayvanların olumsuz davranışlar sergilemesini önlemek yerine, olumlu sosyal etkileşimlerin teşvik edilmesi önemlidir. Ortak alan kullanımı, sosyal yalama ve karşılıklı temas (Örneğin; Boynuzları olan hayvanlarda boynuz teması, boynuzsuz hayvanlarda baş teması) olumlu sosyal davranışlara örnek olarak gösterilebilir. Bireyler arasındaki bağlar ve tercihli ilişkiler, büyük ölçüde bu tür olumlu sosyal etkileşimler aracılığıyla kurulup güçlendirilir (Mainau ve ark., 2022).

Sosyal davranışların dışa vurumu Welfare Quality protokolünde agonistik davranışlar başlığı altında incelenmektedir. Agonistik davranış, şiddet ve dövüşme ile alakalı sosyal davranışları tanımlamak amacıyla

kullanılmaktadır. Agonistik davranış sergileyen canlılar kendileri ile birlikte diğer canlılara da fiziksel ve psikolojik zarar vermektedirler. Bu davranışın temelinde sosyal hiyerarşide söz sahibi olmak, mevcut av için hak sahibi olmak veya çiftleşme rekabetinde öne çıkmak gibi sebepler yatmaktadır. (Barrows, 1995; Miller, 2010). Süt inekleri gibi çiftlik hayvanlarında agonistik davranışlar genellikle hiyerarşi ve yemleme davranışları ile alakalı sebepler olmaktadır.

Hayvan temelli bir değerlendirme kriteri olan agonistik davranışların protokolde incelenmesi için öncelikle hayvanlar en fazla 25 baş hayvanın bir arada olduğu gruplar halinde bölünmelidir. Her bölmede en fazla 10 dakika gözlem yapılacak şekilde toplam 120 dakikada tüm bölmeler gözlemlenmelidir. Hayvan sayısının ve barınak dizaynının imkân verdiği çiftliklerde 6 grup yapılarak her grubun iki defa gözlemlenmesi uygundur. Bu süre zarfında hayvanlarda aranan parametreler; kafa darbesi, yerinden etme, kovalama, dövüşme, takip etme olarak 5'e ayrılmaktadır (Welfare Quality, 2009).

İneğin başı, boynuzu veya alnı ile çarpma, vurma, itme gibi davranışlar sergilemesi kafa darbesi olarak tanımlanmaktadır. Bu gibi davranışlar eğer kafa darbesi alan hayvan yerinden kalkmıyor ya da hareket etmiyor ise kafa darbesi olarak sınıflandırılmaktadır. Eğer kafa darbesini alan hayvan yerinden kalkıyor ve yer değiştiriyor ise bu davranış yerinden etme olarak tanımlanmaktadır. Yerinden edilen hayvan ile beraber darbe almamasına rağmen yerinden edilen başka hayvanlar var ise bu kaçma davranışı olarak tanımlanmaktadır. Kaçma ve kovalama davranışı kendi içerisinde fiziksel müdahale barındırmamalıdır. Eğer fiziksel müdahale barındırıyor ve dövüş davranışı ortaya konmaya başlanıyor ise bu davranış kovalama değil, dövüş davranışı olarak değerlendirilmektedir. Kaçma ve kovalama davranışı bağlı sistemli barınaklarda görülmemektedir. Bu sebeple bu tip barınaklarda bu davranış

gözlemlenmemektedir. İki hayvan tostlaşır, kafa ve alınları ile sert temasta bulunarak birbirlerini itme ve darbe vurma davranışı gösterirlerse bu davranış dövüşme davranışı olarak tanımlanmaktadır. Hayvanların kafa, boynuz ve alınları ile birbirlerini itiyor olmaları bir dövüş davranışının parçası olması sebebiyle kafa darbesi olarak ele alınmamaktadır. Eğer bir hayvan, yatan başka bir hayvana kafa darbesi, itme veya rahatsız etme davranışı göstererek ayağa kaldırıyorsa bu davranış takip etme olarak tanımlanmaktadır. Gözlemlmeyi bitirmeden önce her bir bölmedeki hayvan sayısı ile beraber yatan hayvan sayısı da tespit edilmelidir. Davranışlar hayvan ve saat başına ortalamaları alınarak değerlendirilmeye katılmaktadır (Welfare Quality, 2009).

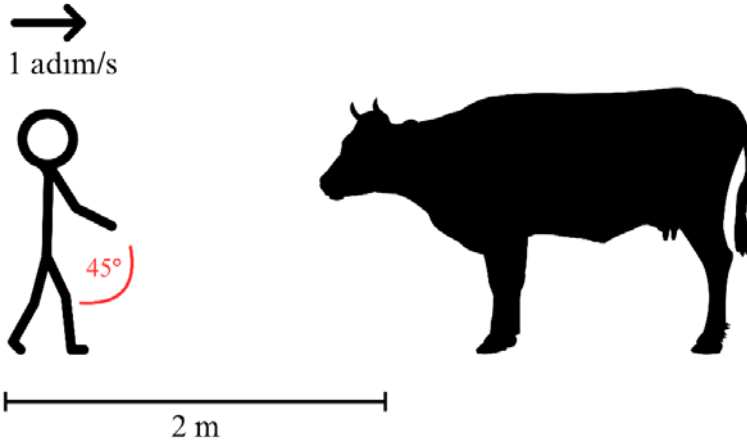
3.4.2. Diğer Davranışların Dışa Vurumu

Agonistik ve steriotipik davranışlar, çevre koşullarının ve yönetim prensiplerinin hayvanlar üzerinde oluşturduğu etkilerdir. Bu sebeple hayvan temelli değerlendirmeler sınıfına dahil edilmektedirler. Ancak davranış, hayvanlara sunulan çevre ve yönetim prensipleri ile de ölçülebilmektedir. Örneğin, kafes sisteminde yetiştirme yapılan bir tavuk işletmesindeki davranışlar, gezen tavuk yetiştiriciliği yapan bir işletmedekine göre daha ‘anormal’ davranışlar içermektedir. Bu sebeple hayvanlara sunulan koşullar dahilinde bir değerlendirme yapmak bazı kriterler açısından ölçücü olmaktadır (Polanco ve ark., 2020).

Hayvan refahı değerlendirme protokollerinde meraya erişim önemli bir değerlendirme kriteridir. Welfare Quality protokolünde meraya erişim, yılda meraya erişim sağlanan gün sayısı ve merada günlük geçirilen ortalama saat tespit edilerek değerlendirmeye katılmaktadır (Welfare Quality, 2009).

3.4.3. İyi İnsan-Hayvan İlişkisi

İşletme personelinin tutum ve davranışları, süt sığırlarının refahı ve verimliliği üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Personelin hayvanlarla kurduğu etkileşim, sığırların insanlara karşı korku düzeyini belirleyebilmektedir. Hayvanlarda korkunun oluşması, süt verimini olumsuz etkileyerek refah seviyelerinde düşüşe neden olabilir. Bu nedenle, hayvanların yaşamlarının en erken evrelerinden itibaren insanlarla olumlu bir ilişki geliştirmeleri teşvik edilmelidir. Korku, çeşitli davranışsal ve fizyolojik değişimlere neden olmaktadır. Genel olarak, korkuya bağlı fizyolojik tepkiler stres yanıtına benzerlik gösterir ve yem tüketimi, geviş getirme, süt verimi ile üreme performansı üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Korku tepkisi, süt salınım refleksinde önemli bir rol oynayan oksitosin hormonunun sentezini ve salgılanmasını baskılayarak, sağım sürecindeki insan-hayvan etkileşimlerinin önemini ortaya koymaktadır (Boissy, 1995; Hemsworth ve ark., 2000).



Şekil 7. Kaçınma mesafesi testinin uygulanışı

Bir ineğin insanlardan korkması, çeşitli davranışsal değişimlere yol açmakta olup bu durum, hayvanın gözlemciye yaklaşma süresi, kaçınma mesafesi veya gözlemciye yakın bir

konumda hareketsiz kalma süresi gibi göstergelerle değerlendirilebilir. İneklerin insanlara verdiği tepkiler, Welfare Quality protokolünde yer alan "kaçınma mesafesi" testi ile ölçülmektedir. Bu test, daha önceden belirlenen kaçınma mesafesinin belirlenmesi ile insan-hayvan etkileşimini değerlendirmektedir. Testin uygulanabilmesi için öncelikle hayvanın gözlemciyi gördüğünden ve varlığından haberdar olduğundan emin olunur. Daha sonra gözlemcinin, ineğin başından yaklaşık 2 metre uzaklıkta durması ve kolunu yere 45° açıyla uzatarak avuç içi aşağı bakacak şekilde yavaşça ineğe doğru hareket ettirmesi gerekmektedir (Welfare Quality, 2009).

Saniyede, her biri ortalama 60 cm olacak şekilde bir adım atılması gerekmektedir. Gözlemci, ineğin gözlerine doğrudan bakmaktan kaçınmalıdır. İnek, gözlemciden ilk kez uzaklaştığında, elin parmak uçları ile hayvanın ağzı arasındaki mesafe ölçülmelidir. Eğer geri çekilme 10 cm'den daha düşük bir mesafede gerçekleşirse, test sonucu kayıtlara 10 cm olarak geçirilir. Eğer gözlemci hayvanın burnuna dokunabiliyorsa, 0 cm'lik bir kaçınma mesafesi kayda geçirilir. Test edilen hayvana tepki gösteren diğer hayvanlar daha sonra test edilmelidir. Bu değerlendirme sonucunda iki temel ölçüm elde edilir; kendilerine dokunulmasına izin veren ineklerin yüzdesi ve ortalama kaçınma mesafesi. İnsan-hayvan ilişkisi, ortalama kaçınma mesafesi 50 cm'den kısa olduğunda ve ineklerin büyük bir kısmı insan temasına izin verdiğinde olumlu olarak değerlendirilmektedir. Elde edilen veriler, dokunulabilen hayvanların yüzdesi, dokunulamayan ancak 50 cm'den daha yakına yaklaşılabilen hayvanların yüzdesi, 50-100 cm arasında bir mesafeye kadar yaklaşılabilen hayvanların yüzdesi, 100 cm'den daha uzak mesafede tepki gösteren hayvanların yüzdesi olarak sınıflandırılarak değerlendirilmeye alınmaktadır. (Mainau ve ark., 2022; Welfare Quality, 2009).

3.4.4. Olumlu Duygu Durumu

Olumlu duygu durumu, hayvan temelli bir değerlendirme kriteri olan kalitatif davranış değerlendirilmesi ile ölçülmektedir. Kalitatif Davranış Değerlendirmesi (KDD), hayvanların nasıl davrandıklarının ve birbirleriyle ve çevreyle nasıl etkileşime girdiklerinin ifade edici niteliğini, yani 'vücut dillerini' dikkate almaktadır. Çiftliğin büyüklüğü ve yapısına bağlı olarak, farklı alanları kapsayacak şekilde bir ile sekiz gözlem noktası belirlenmelidir. Gözlem noktalarının ziyaret sırasını planlayarak, hayvanların doğal davranışlarına dönmeleri için her noktada birkaç dakika beklenmelidir. Görüş açısının uygun olduğu noktalardan hayvanları izleyerek, grup düzeyindeki aktivitelerin ifade kalitesi değerlendirilir. Başlangıçta hayvanlar gözlemden etkilenebilir, ancak verdikleri tepkiler değerlendirme sürecine dahil edilebilir. Toplam gözlem süresi 20 dakikayı aşmamalıdır ve her gözlem noktasında ayrılacak süre, seçilen gözlem noktalarının sayısına bağlı olarak ayarlanmalıdır. Gözlem bittikten sonra daha önce belirlenmiş olan kriterler (VAS) puanlanır. Bu tanımlayıcılar gözlemci tarafından her VAS, sol tarafta "minimum" ve sağ tarafta "maksimum" olmak üzere iki uç noktayla tanımlanır. "Minimum" seviyesi, ilgili ifadenin gözlemlenen hayvanların hiçbirinde bulunmadığını gösterirken, "maksimum" seviyesi, bu ifadenin tüm hayvanlarda belirgin şekilde gözlemlendiğini ifade eder. Birden fazla ifadeye maksimum puan verilmesi mümkündür; örneğin, hayvanlar hem tamamen sakin hem de memnun olabilir. Kullanılan kriterler şu şekildedir; aktif, rahatlamış, korkmuş, tedirgin, sakin, hoşnut, umursamaz, sinirli, arkadaş canlısı, sıkılmış, oyuncu, pozitif davranışlı, canlı, meraklı, hırçın, huzursuz ve sosyal (Welfare Quality, 2009).

4. SONUÇ

Hayvan refahı, günümüzde yalnızca etik bir sorumluluk değil aynı zamanda sürdürülebilir hayvansal üretimin temel bileşenlerinden biri olarak ele alınmaktadır. Refahın ölçülmesi ve değerlendirilmesi sadece çevresel ve yönetsel koşulların incelenmesinden öte, hayvanların bu koşullara verdikleri bireysel tepkilerin dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda Welfare Quality protokolü, kaynak ve yönetim temelli ölçütleri hayvan temelli göstergelerle birleştirerek daha kapsamlı, nesnel ve karşılaştırılabilir sonuçlar ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, hayvan refahının değerlendirilmesinde disiplinler arası ve bütüncül bir yaklaşımın benimsenmesi tavsiye edilir. Welfare Quality protokolü bu açıdan bilimsel temellere dayalı uluslararası bir standart sunmakta ve hayvancılık işletmelerine genel refah seviyesini arttırma imkanı sağlamaktadır. Bu çerçevede refah değerlendirme protokollerinin uygulanması sürdürülebilir ve etik bir hayvancılık için vazgeçilmez bir araç olarak görülmelidir.

KAYNAKÇA

- Altınçekiç, Ş. Ö., & Koyuncu, M. (2010). Nakil koşullarının hayvan refahı üzerine etkileri. *Hayvansal Üretim*, 51(1), 48-56.
- Ayaşan, T., Yazgan, E., & Asarkaya, A. (2012). Vücut kondisyon skorunun süt kompozisyonuna olan etkisi. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9(2), 89-93.
- Barrows, E. M. (1995). *Animal behavior desk reference* (p. 671). Boca Raton, FL: CRC press.
- Bayvel, A. C. D. (2004, February). The OIE animal welfare strategic initiative—Progress, priorities and prognosis. In *Proceedings of the Global Conference on animal welfare: an OIE initiative* (pp. 13-17). Paris: World Organization for Animal Health.
- Bennett, R., Butterworth, A., Jones, P., Kehlbacher, A., & Tranter, R. (2012). Valuation of animal welfare benefits.
- Blatchford, R. A. (2017). Animal behavior and well-being symposium: Poultry welfare assessments: Current use and limitations. *Journal of animal science*, 95(3), 1382-1387.
- Blokhuis, H. J., & Veissier, I. (2022). Animal welfare assessment. In *Routledge Handbook of Animal Welfare* (pp. 22-34). Routledge.
- Blokhuis, H., Miele, M., Veissier, I., & Jones, B. (Eds.). (2013). *Improving farm animal welfare: science and society working together: the Welfare Quality approach*. Wageningen Academic Publishers.
- Boissy, A. (1995). Fear and fearfulness in animals. *The Quarterly Review of Biology*, 70(2), 165-191.
- Bracke, M. B. M., Spruijt, B. M., & Metz, J. H. M. (1999). Overall animal welfare assessment reviewed. Part 1: Is it

- possible? Netherlands Journal of Agricultural Science, 279-291.
- Broom, D. M. (2021). Welfare assessment. In Broom and Fraser's domestic animal behaviour and welfare (pp. 83-100). Wallingford UK: CABI.
- Broom, D. M., Johnson, K. G., (2019). Assessing welfare: Long-term responses. Stress and Animal Welfare: Key Issues in the Biology of Humans and Other Animals, 131-172.
- Butterworth, A., Mench, J. A., & Wielebnowski, N. (2011). Practical strategies to assess (and improve) welfare. In Animal Welfare (pp. 200-214). Wallingford UK: CABI.
- Council, F. A. W. (2009). Farm animal welfare in Great Britain: Past, present and future. Farm Animal Welfare Council, London.
- De Rosa, G., Grasso, F., Winckler, C., Bilancione, A., Pacelli, C., Masucci, F., & Napolitano, F. (2015). Application of the Welfare Quality protocol to dairy buffalo farms: Prevalence and reliability of selected measures. Journal of dairy science, 98(10), 6886-6896.
- D'Eath, R. B., Tolkamp, B. J., Kyriazakis, I., & Lawrence, A. B. (2009). 'Freedom from hunger' and preventing obesity: the animal welfare implications of reducing food quantity or quality. Animal Behaviour, 77(2), 275-288.
- Felix, S. U., Pauline, C. N., Afolabi, M. S., Darma, B. M., Lushaikyaa, A., & Njideka, A. (2024). Downer-cow Syndrome. Periparturient Diseases of Cattle, 121-133.
- Golher, D. M., Patel, B. H. M., Bhoite, S. H., Syed, M. I., Panchbhai, G. J., & Thirumurugan, P. (2021). Factors influencing water intake in dairy cows: a review. International Journal of Biometeorology, 65, 617-625.

- Göncü, S. (2018). Sığır davranışları ve sürü yönetimi. Akademisyen Kitabevi.
- Grandin, T. (2015). The importance of measurement to improve the welfare of livestock, poultry, and fish. Improving animal welfare, 15-34.
- Hemsworth, P. H., Coleman, G. J., Barnett, J. L., & Borg, S. (2000). Relationships between human-animal interactions and productivity of commercial dairy cows. Journal of animal science, 78(11), 2821-2831.
- Jensen, M. B., Schild, S. L., Theil, P. K., Andersen, H. L., & Pedersen, L. J. (2016). The effect of varying duration of water restriction on drinking behaviour, welfare and production of lactating sows. animal, 10(6), 961-969.
- Jones, G. M., Pearson, R. E., Clabaugh, G. A., & Heald, C. W. (1984). Relationships between somatic cell counts and milk production. Journal of Dairy Science, 67(8), 1823-1831.
- Kapoor, J., Banga, H. S., Singh, N. D., & Devi, G. (2021). OCULAR AFFECTIONS IN BOVINE. Vet Alumnus Vol. 43 (No. 1 & 2), 25-28.
- Keeling, L. (2004). Applying scientific advances to the welfare of farm animals: why is it getting more difficult?. Animal Welfare, 13(S1), S187-S190.
- Lalović, M., Krajišnik, T., & Mašić, N. (2020). Body condition as an indicator of cow welfare. Acta Agriculturae Serbica, 25(50).
- Mainau, E., Temple, D., & Llonch, P. (2022). Dairy Cattle Welfare in Practice. 5m Books Ltd.

- McCulloch, S. P. (2013). A critique of FAWC's five freedoms as a framework for the analysis of animal welfare. *Journal of agricultural and environmental ethics*, 26, 959-975.
- McWilliams, C. J., Schwanke, A. J., & DeVries, T. J. (2022). Is greater milk production associated with dairy cows who have a greater probability of ruminating while lying down?. *JDS communications*, 3(1), 66-71.
- Mellor, D. J. (2019). Welfare-aligned sentience: Enhanced capacities to experience, interact, anticipate, choose and survive. *Animals*, 9(7), 440.
- Miller, S. R. (2010). Survey of tail docking practices of Michigan livestock producers. Center for Economic Analysis Report. Michigan State University, USA, 1-14.
- Molina, F. M., Marín, C. C. P., Moreno, L. M., Buendía, E. I. A., & Marín, D. C. P. (2020). Welfare Quality® for dairy cows: Towards a sensor-based assessment. *Journal of Dairy Research*, 87(S1), 28-33.
- Nanbu, A., Takemoto, M., & Takeda, K. I. (2024). Effects of one-hour daily outdoor access on milk yield and composition and behaviors of tethered dairy cows. *Animal Bioscience*, 37(9), 1653.
- Nielsen, S. S., Houe, H., Denwood, M., Nielsen, L. R., Forkman, B., Otten, N. D., & Agger, J. F. (2021). Application of methods to assess animal welfare and suffering caused by infectious diseases in cattle and swine populations. *Animals*, 11(11), 3017.
- Olsson, I. A. S., Würbel, H., & Mench, J. A. (2018). Behaviour. Appleby, M. C., Olsson, A. S., & Galindo, F., *Animal Welfare Third Edition*. (311-348). Cabi.
- Phillips, C. (2002). Environmental perception and cognition. *Cattle behaviour and welfare*, 58-59.

- Polanco, A., Ahloy-Dallaire, J., & Díez-León, M. (2020). Abnormal Behavior. In *Animal-centric Care and Management* (pp. 43-58). CRC Press.
- Popescu, S., Borda, C., Diugan, E. A., Spinu, M., Groza, I. S., & Sandru, C. D. (2013). Dairy cows welfare quality in tie-stall housing system with or without access to exercise. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 55, 1-11.
- Roche, J. R., Friggens, N. C., Kay, J. K., Fisher, M. W., Stafford, K. J., & Berry, D. P. (2009). Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of dairy science*, 92(12), 5769-5801.
- Sharma, N., Singh, N. K., & Bhadwal, M. S. (2011). Relationship of somatic cell count and mastitis: An overview. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 24(3), 429-438.
- Sinmez, Ç. Ç., Yiğit, A., Ülger, İ., & Yaşar, A. (2016). Tail docking and ear cropping in ruminants: a comparison of welfare aspects in the World and Turkey.
- Sprenger, M., & Tuytens, F. A. M. (2009). Measuring thirst in broiler chickens. *Animal Welfare*, 18(4), 553-560.
- Swanson, J. C. (2019). Outcome-Based Measures of Animal Welfare: the Challenges and the Opportunities. *Animal Environment and Welfare*.
- van Eerdenburg, F. J., Di Giacinto, A. M., Hulsen, J., Snel, B., & Stegeman, J. A. (2021). A new, practical animal welfare assessment for dairy farmers. *Animals*, 11(3), 881.
- Webster, J. (2005). *Animal Welfare: Limping Towards Eden: A Practical Approach to Redressing the Problem of Our Dominion Over the Animals*. Blackwell Publishing.

- Welfare Quality. Welfare Quality Assessment Protocol for Cattle. Welfare Quality Consortium, Lelystad (2009). Available online at: http://www.welfarequalitynetwork.net/media/1088/cattle_protocol_without_veal_calves.pdf (accessed September 18, 2020).
- Whay, H. R., & Shearer, J. K. (2017). The impact of lameness on welfare of the dairy cow. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 33(2), 153-164.
- World Organisation for Animal Health (WOAH), (2016) Introduction to the Recommendations for Animal Welfare. Terrestrial Animal Health Code, 25th edition. Article 7.1.1. OIE. ISBN 978-92 95108-01-1., https://www.woah.org/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/2016/en_chapitre_aw_introduction.htm

VETERİNER HEKİMLİK DEĞERLENDİRMELERİ

yaz
yayınları

YAZ Yayınları
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar / AFYONKARAHİSAR
Tel : (0 531) 880 92 99
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com