

Keçiboynuzu Posasının Kimyasal Kompozisyonu, İn-Vitro Sindirilebilirliği, Fenolik Bileşikler ve Antioksidan Aktivitesinin Belirlenmesi

Hüseyin DEMİRBAŞ^{1a} Nurcan ÇETINKAYA^{2b*}

¹Mersin İli Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliği, Mersin, TÜRKİYE

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Samsun, TÜRKİYE

^a<https://orcid.org/0000-0002-5872-7718>, ^b<https://orcid.org/0000-0002-9977-2937>

*e-mail: nurcanc@omu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmanın amacı keçiboynuzu posasının hayvan beslemede kullanılabilmesi için kimyasal kompozisyonu, in-vitro sindirilebilirliği, antioksidan ve fenolik bileşiklerinin seviyelerinin belirlenmesidir. Mersin'in Tarsus ilçesinde bulunan iki fabrikadan toplanan keçiboynuzu posasının ham besin maddeleri kimyasal analiz yöntemleriyle, fenolik bileşikler ve antioksidan düzeyi spektrofotometrik yöntemle; in-vitro gerçek kuru madde (IVGKMS) ve organik madde sindirilebilirliği (IVGOMS) in-vitro sindirilebilirlik yöntemiyle belirlenmiştir. Aylara göre alınan örneklerin %IVGOMS ve IVGKMS değerleri Fabrika 1 ve 2 için sırası ile %44.19-67.55 ve %44.31-68.20; %47.46-64.99 ve %47.78-65.71 arasında tespit edildi. Fabrika 1 ve 2 örneklerinin fenolik bileşikleri ve antioksidan aktiviteleri sırasıyla 22.90-28.00 IC50 mg/mL ve 92.09-95.65 mg GAE/100g OM arasında belirlenmiştir. Sonuç olarak, keçiboynuzu posası içerdiği zengin besin maddeleri ve sindirilebilirliğiyle hayvan beslemede alternatif bir yem kaynağı olabilir.

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 15.11.2020

Kabul: 03.12.2020

Anahtar kelimeler:

Antioksidan, fenolik bileşikler, in-vitro sindirilebilirlik, keçiboynuzu posası, metabolik enerji.

Determination of Chemical Composition, In-Vitro Digestibility, Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Carob Pulp

ABSTRACT

The objective of the study is to investigate the chemical composition, in-vitro digestibility, antioxidant and phenolic compound levels of the carob pulp for animal nutrition. Crude nutrients with chemical analysis methods; phenolic compounds and antioxidant levels by spectrophotometric method; in-vitro true dry matter (IVTDMD) and organic matter digestibility (IVTOMD) by in-vitro digestibility method of collected carob pulp samples from two factories in Tarsus town of Mersin were determined. The IVTOMD and IVTDMD of monthly collected samples were between 44.19% -67.55 % and 44.31-68.20 % of Factory 1, and 47.46-64.99% and 47.78-65.71% of Factory 2. Mean values of phenolic compounds and antioxidant activity of Factories 1 and 2 were between 22.90-28.00 IC50 mg / mL and 92.09-95.65 mg GAE / 100g OM respectively. As a result, its rich nutrients and digestibility, carob pulp can be an alternative feed source in animal nutrition.

ARTICLE INFO

Research article

Received: 15.11.2020

Accepted: 03.12.2020

Keywords:

Antioxidant; carob pulp; in-vitro digestibility; metabolic energy; phenolic compounds.

GİRİŞ

Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L.) Leguminosae (Fabaceae-Baklagiller) familyasından Caesalpinaceae alt familyasına ait ve antik çağlardan bugüne var olan, çevresel ve ekonomik olarak önem taşıyan bir bitkidir (Battle ve ark. 1997). Üretimi en fazla İspanya'da yapılan keçiboynuzu İtalya, Fas, ABD ve Güney Afrika'da da yetiştirilmektedir. Dünya yıllık keçiboynuzu üretimi yaklaşık 150 bin tondur. Bunun yaklaşık %10'u ülkemizde gerçekleştirilir.

Türkiye’de 2019 yılında 16.256 ton keçiyoynuzu üretimi yapılmıştır (TUİK, 2019). Keçiyoynuzu meyvesi yüksek oranda antioksidan ve lif içermesi nedeni ile insan beslenmesinde öne çıkan bir meyvedir (Owena ve ark. 2003). Keçiyoynuzunun besin maddeleri seviyeleri birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Karkacier ve Artık 1995; Avvallone ve ark. 1997, Ayaz ve ark. 2009). Ağırlık olarak %90 meyve eti, %10 çekirdekten oluşan keçiyoynuzunun kimyasal kompozisyonu bitkinin çeşidine, yetiştiği bölgeye ve hasat zamanına bağlı olarak değişim göstermektedir (Battle ve ark. 1997). %52-62 Keçiyoynuzu toplam şeker içerdiği ve bu toplam şekerin de %34-35 sakkaroz, %7.8-9.6 glikoz, %10.1-12.2 fruktoz olduğu belirlenmiştir. Keçiyoynuzunun K, Ca, P ve Mg değerleri sırasıyla 843-1215; 251-361; 85-681 ve 63-326 mg/kg aralıklarında değişmektedir. Ayrıca 3944,7 mg/kg toplam fenolik madde içeren keçiyoynuzu meyvesinin lif içeriği ise 258.3 g/kg’dır. Buna ek olarak 100 g keçiyoynuzu 4.2 g ham peotein (HP), 0.69 g yağ içermektedir (Pazar ve Alper 2016).

Keçiyoynuzu lifinin hem miktar hem de çeşitli fenolik antioksidan maddeler açısından zengin olduğu ve rasyona dahil edilmesinin kemoterapik özelliklere sahip olabileceği bildirilmiştir (Owena ve ark. 2003). Yemlerin antioksidan seviyelerinin bilinmesi hayvanların hastalıklara karşı direncini artırmak açısından önemli hale gelmiştir. Antioksidan kapasitesinin belirlenmesi amacıyla çok sayıda yöntem geliştirilmiştir (Albayrak ve ark. 2010). Bu yöntemler genel olarak hidrojen atomu transfer temelli (HAT) ve elektron transfer temelli (ET) analiz yöntemleri olarak sınıflandırılır (Özyürek ve ark. 2011).

Türkiye’de keçiyoynuzu pekmezi üretiminde ekstraksiyondan geriye kalan kısım yani keçiyoynuzu posası nemli haliyle ve kurutularak hayvan beslemede kullanılabilir. Yapılan literatür taramasında keçiyoynuzu pekmezi üretimi atık ürünü olan keçiyoynuzu posasının hayvan beslemede kullanılması konusunda yayınlanmış bir makaleye rastlanmamıştır. Bu çalışmada keçiyoynuzu pekmezi fabrikasında üretim sonrası ortaya çıkan ve atılan keçiyoynuzu posasının hayvan beslemede alternatif yem maddesi olarak kullanılması için kimyasal kompozisyonu, IVGOMS ve IVGKMS değerleri, toplam antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşiklerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Hayvan Materyali

Bu proje çalışması için OMÜ Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul izni (24/07/2020 tarih ve Sayı:68489742-604.01.99-E.12641) alınmıştır. İn-vitro gerçek sindirilebilirlik analizleri için kullanılan rumen sıvısı, Samsun Atakum’da bulunan Florya Et Entegre Tesisleri besi çiftliğinde 7.5 kg/gün.baş konsantre yem (%12 HP, 10.75 ME MJ/kgKM) ve çayır kuru otu (%7.9 HP, 6.5 ME MJ/kgKM) ile *ad libitum* beslenerek ticari amaçlı yetiştirilen sığırlardan mezbahada kesim sonrası çıkarılan rumenden alınmıştır. İşletme veteriner hekimi ile kesim öncesi haberleşip laboratuvara 3 km mesafede olan kesimhaneye gidilmiştir. Kesim sonrası çıkarılan rumen bıçakla açılarak rumen içeriği CO₂ basılmış ve 39 °C da ön ısıtılmış termosalarla konularak Ondokuz Mayıs Üniversitesi (OMÜ) Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Ruminant Yem Değerlendirme ve Araştırma Ünitesi laboratuvarına getirilmiş ve in-vitro gerçek sindirilebilirlik analizlerinde kullanılmıştır.

Yem Materyali

Yem materyali Mersin’in Tarsus ilçesinde bulunan iki keçiyoynuzu pekmezi fabrikasından Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ikişer kez alınmıştır. Yemler 2 mm lik elekten geçirilerek değirmende öğütülmüştür. Tüm analizler için örnekler 4 tekerrürlü olarak çalışılmıştır. Yemlerin analizleri OMÜ Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları laboratuvarlarında yapılmıştır.

Yemlerin Kimyasal Analizleri

Yemlerin kuru madde (KM), ham kül (HK), ham yağ (HY) ve HP analizleri AOAC (2006)’ya göre yapılmıştır. Yemlerin ham selüloz (HS) analizi ANCOM NDF/ADF fiber analiz cihazı ile Vansoest ve ark. (1991) tarafından geliştirilmiş yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yemlerin metabolik enerji (ME) değerlerinin hesaplanmasında aşağıda verilen formül kullanılmıştır.

$$ME (Kcal/kgKM) = 3309.5 - 35.64x HS \text{ (Kirchessener ve ark. 1977).}$$

İN-vitro Gerçek Sindirilebilirlik Analizleri

Yem örneklerinin in-vitro gerçek besin maddeleri sindirilebilirlik analizleri, keselerin ve tampon çözeltinin hazırlanması, Ankom Daisy inkübatörü ile Czerkawski ve Breckenridge (1977)’in yöntemine göre yapılmıştır. İn-vitro gerçek sindirilebilirlik analizi için Ankom F57 filtre torbalar kullanılmıştır. Yem örneğinden inkübasyon süresi dikkate alınarak 0.5 g tartıldı ve torbalara konuldu. Torbaların ağzı ısı ile (heatsealer) kapatılmıştır.

Dört sindirim ünitesine ayrı ayrı metoda göre hazırlanan tampon çözeltiden 1596 mL konmuştur. Sindirim üniteleri 39 °C’ye ayarlanan inkübatöre konularak bir saat ön ısıtma yapılmıştır. Daha sonra her bir sindirim ünitesine torbalar ve 400 mL rumen sıvısı eklendi, CO₂ gazı basılarak 48 saat süre ile inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonrası sindirim ünitelerinden torbalar çıkarılarak musluk suyu altında temizlenmiştir. Torbalar kurutma dolabında 105 °C’de 12 saat kurutulup tartılmıştır ve kül fırınına konularak 550 °C’de 6 saat yakılmıştır. Yem örneklerinin IVGKMS ve IVGOMS hesaplamalarında aşağıda verilen eşitlikler kullanılmıştır (ANKOM 2020).

$$\%IVGOMS=100-((W3-(W1*C1))/(W2*\%OMyem))*100$$

$$\%IVGKMS=100-((W3-(W1*C1))/(W2*\%KMyem))*100$$

W1: Torba ağırlığı, W2: Numune ağırlığı, W3: Son ağırlık (Torba ağırlığı + Yem)

OMyem: Yemdeki % OM, KMyem: Yemdeki % KM, C1: Boş torba için düzeltme faktörü

Yemlerin Fenolik Bileşikler ve Antioksidan Aktivitesi Analizi

Keçiboynuzu posasının toplam fenolik bileşikler analizi Otles ve Yalçın (2012) tarafından verilen yöntemle yapılmıştır ve sonuçlar mgGAE/100g OM olarak hesaplanmıştır. Keçiboynuzu posasının toplam antioksidan aktivitesinin hesaplanması hazırlanmış olan ekstrelerin indirekt yöntem kullanılarak posadaki DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) üzerinde ki serbest radikal süpürücü etkilerinin ölçülmesine dayanan yöntemle yapılmıştır (Dimins ve ark. 2010). % İnhibisyon değerleri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ İnhibisyon} = (\text{blank absorbans} - \text{numune absorbans}) \times 100 / \text{blank absorbans}$$

İstatistiksel Analizler

Yemlerin laboratuvar analizlerinden elde edilen veriler (KM, HK, OM, HP, HY, NDF, HS, ME, TAA, TFB, IVGOMS ve IVGKMS) aritmetik ortalamalar ve standart sapmalar şeklinde özetlenmiştir. Keçiboynuzu posasının aylar arası istatistiksel analizler tek yönlü varyans analizi ile karşılaştırılmıştır. Keçiboynuzu posasının aylara göre ortalama değerler arası farklılıklar $p < 0.05$ seviyesine göre DUNCAN çoklu karşılaştırma testi uygulanarak belirlenmiştir (SAS 2007).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Keçiboynuzu Posasının Kimyasal Kompozisyonu

Fabrika 1'den toplanan keçiboynuzu posasının kimyasal kompozisyonu Çizelge 1'de gösterilmiştir. Ortalama KM, OM ve HK değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Fabrika 1'den alınan keçiboynuzu posasının ortalama HP ve HY değerleri Temmuz ayında diğer aylardan istatistiksel olarak farklı hesaplanmıştır ($p < 0.05$). Aylara göre Fabrika 1'den alınan keçiboynuzu posasının ortalama HS değerleri Haziran ve Ağustos aylarında diğer aylardan farklı hesaplanmıştır ($p < 0.05$). Aynı aylarda Fabrika 1'den alınan keçiboynuzu posasının ortalama ME değerleri 10.46-10.86 MJ/kg KM arasında değişmiş olup Temmuz ve Eylül aylarında hesaplanan ME değerleri diğer aylardan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 1. Fabrika 1'den Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında toplanan keçiboynuzu posasının kimyasal kompozisyonu

Ham Besin Maddeleri	Değerler (%) (X±Sx)			
	Haziran (n=16)	Temmuz (n=16)	Ağustos (n=16)	Eylül (n=16)
KM (105 °C)	99.80±0.19	98.02±1.93	98.65±1.33	98.02±1.62
OM	96.02±1.8	94.67 ±1.33	95.14±1.85	94.89±1.13
HY	0.93 ±0.02 ^a	0.86±0.03 ^b	0.94±0.05 ^a	0.98±0.01 ^a
HK	3.77±0.22 ^a	3.35±0.64 ^a	3.50±0.49 ^a	3.12±0.87 ^b
HS	22,69±0.38 ^a	20.03±0.96 ^b	22.24±0.72 ^a	20.01±0.98 ^b
HP	7.38±0.61 ^a	7.29±0.70 ^b	7.42±0.57 ^a	7.43±0.56 ^a
ME	10.46±0.27 ^a	10.84±0.54 ^b	10.53±0.44 ^a	10.86±0.46 ^b

^{a,b} Aynı satırda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p < 0.05$). KM: Kuru Madde, HK: Ham Kül, OM: Organik Madde, HP: Ham Protein, HY: Ham Yağ, ME (MJ/kg KM): Metabolik enerji.

Fabrika 2'den aylara toplanan keçiboynuzu posasının kimyasal kompozisyonu Çizelge 2'de gösterilmiştir. Fabrika 2'den aylık alınan keçiboynuzu posası örneklerinin ortalama OM değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Temmuz ayında bulunan HP ortalama değerleri diğer aylardan istatistiksel olarak farklı hesaplanmıştır ($p < 0.05$). Haziran ayında bulunan KM değerleri diğer aylardan istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$). Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama HY değerleri benzer ve diğer aylardan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ağustos ayı HK değerlerinin diğer aylardan farklı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Aynı aylarda Fabrika 2'den alınan keçiboynuzu posasının Haziran ve Temmuz ayında hesaplanan değerleri diğer aylardan farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı aylarda Fabrika 2'den alınan keçiboynuzu posasının ortalama ME değerleri %10.51-10.90 arasında hesaplanmış olup Temmuz ve Eylül ayında hesaplanan değerler diğer aylardan farklı saptanmıştır ($p < 0.05$). Fabrika 1 ve Fabrika 2 'den Haziran ayında alınan örneklerin HP, HS, HK ve ME değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken HY için farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). Fabrika 1 ve Fabrika 2 'den Ağustos ve Eylül aylarında alınan örneklerin HP, HY, HS, HK ve ME değerleri arasında istatistiksel olarak fark hesaplanmamıştır.

Çizelge 2. Fabrika 2'den Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında toplanan keçiboynuzu posasının kimyasal kompozisyonu.

Ham Besin Maddeleri	Değerler (%) (X±Sx)			
	Haziran (n=16)	Temmuz (n=16)	Ağustos (n=16)	Eylül (n=16)
KM (105 °C)	99.39±0.62 ^b	97.95±1.08 ^a	97.05±1.94 ^a	97.74±1.25 ^a
OM	95.60±1.39	94.74±1.25	93.58±1.48	94.72±1.28
HP	7.3±0.04 ^a	7.68±0.01 ^b	7.22 ±0.02 ^a	7.68 ±0.01 ^b
HK	3.79±0.03 ^a	3.20±0.01 ^a	3.46±0.04 ^a	3.01±0.09 ^b
HS	22.35±0.63 ^b	20.32±0.66 ^b	22.03±0.96 ^a	20.34±0.64 ^b
HY	0.85±0.04 ^a	0.65±0.03 ^b	0.94±0.02 ^a	0.98±0.01 ^a
ME	10.51±0.32 ^a	10.80±0.37 ^b	10.56±0.46 ^a	10.90±0.03 ^b

^{a,b}Aynı satırda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05). KM: Kuru Madde, HK: Ham Kül, OM: Organik Madde, HP: Ham Protein, HY: Ham Yağ, HS: Ham Selüloz, ME(MJ/ kg KM): Metabolik Enerji

Keçiboynuzu Posasının İn-Vitro Gerçek Sindirilebilirlikleri

Fabrika 1'den toplanan keçiboynuzu posasının IVGOMS ve IVGKMS ortalama değerleri Çizelge 3'de gösterilmiştir. Temmuz ve Eylül aylarının ortalama değerleri Haziran ve Ağustos aylarından istatistiksel olarak farklı hesaplanmıştır (p<0.05).

Çizelge 3. Fabrika 1'den Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında toplanan keçiboynuzu posasının in-vitro gerçek organik madde sindirilebilirlik ve in-vitro gerçek kuru madde sindirilebilirlik değerleri

İn vitro Gerçek Sindirilebilirlik (%)	Değerler (%) (X±Sx)			
	Haziran (n=16)	Temmuz (n=16)	Ağustos (n=16)	Eylül (n=16)
IVGOMS	44.19±1.24 ^a	66.72±1.08 ^b	49.15±1.18 ^a	67.55±1.29 ^b
IVGKMS	44.31±1.32 ^a	67.38±1.10 ^b	49.58±1.28 ^a	68.20±1.25 ^b

^{a,b}Aynı satırda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05). IVGOMS(In-vitro Gerçek Organik Madde Sindirilebilirliği), IVGKMS (In-vitro Gerçek Kuru Madde Sindirilebilirliği).

Fabrika 2'den toplanan keçiboynuzu posasının IVGOMS ve IVGKMS değerleri Çizelge 4'de gösterilmiştir. Fabrika 2'den 4 ay süreyle toplanan keçiboynuzu posasının ortalama IVGOMS ve IVGKMS değerlerinden Temmuz ayı ortalama değerleri diğer aylardan farklı hesaplanmıştır (p<0.05).

Çizelge 4. Fabrika 2'den Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında toplanan keçiboynuzu posasının in-vitro gerçek organik madde sindirilebilirlik ve in-vitro gerçek kuru madde sindirilebilirlik değerleri

İn vitro Gerçek Sindirilebilirlik (%)	Değerler (%) (X±Sx)			
	Haziran (n=16)	Temmuz (n=16)	Ağustos (n=16)	Eylül (n=16)
IVGOMS	47.46±1.63 ^a	64.99±1.11 ^b	49.19±1.81 ^a	53.72±1.27 ^a
IVGKMS	47.78±1.22 ^a	65.71±1.21 ^b	50.69±1.21 ^a	54.76±1.23 ^a

^{a,b}Aynı satırda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05). IVGOMS(İn vitro Gerçek Organik Madde Sindirilebilirlik), IVGKMS (İn vitro Gerçek Kuru Madde Sindirilebilirliği).

Keçiboynuzu Posasının Fenolik Bileşikler ve Antioksidan Aktivitesi

Fabrika 1 ve 2'den toplanan keçiboynuzu posasının toplam fenolik bileşikleri ve toplam antioksidan aktivitesi seviyeleri Çizelge 5'de gösterilmiştir. İki fabrikadan aylık toplanan keçiboynuzu posasının toplam fenolik bileşikleri ve toplam antioksidan aktivitesi sırası ile 22.90-28.00 mg GAE/100g OM; 92.09-95.65 IC50 mg/ml arasında belirlenmiştir. Fabrika 1 ve 2'den alınan keçiboynuzu posasının ortalama toplam fenolik bileşiklerin değerleri Ağustos ayında farklı bulunmuştur (p<0.05).

Keçiboynuzu posası için bulunan ortalama % HP ve % HY değerleri Fabrika 1 için sırasıyla %7.29-7.43 ve %0.86-0.98 ve Fabrika 2 için sırasıyla %7.22-7.68 ; % 0.65-0.98 arasında değişmiştir(Çizelge 1 ve 2). Keçiboynuzu meyvesi %8.11 HP, %0.77 HY ve %0.82 toplam fenolik bileşikler içermektedir (Grados ve Cruz 1996). Keçiboynuzu posası için bulunan sonuçlar Grados ve Cruz (1996) tarafından keçiboynuzu meyvesi için bulunan %8.11 HP ve %0.77 HY değerlerine benzer olduğu saptanmıştır.

Çizelge 5. Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında iki fabrikadan toplanan keçiboynuzu posasının toplam fenolik bileşikler (mg GAE/100g OM) ve toplam antioksidan aktivitesi (IC50 mg/mL) seviyeleri

	Haziran (n=16)	Temmuz (n=16)	Ağustos (n=16)	Eylül (n=16)
F1, TFB	25.10±2.00 ^a	22.90±1.78 ^a	28.00±1.89 ^b	23.80±1.91 ^a
F2, TFB	23.00±1.79 ^a	23.60±1.77 ^a	27.10±1.78 ^b	22.50±1.84 ^a
F1, TAA	94.86±2.01	93.41±1.60	92.09±1.91	92.75±1.26
F2, TAA	94.59±1.42	92.88±1.13	94.86±1.15	95.65±1.31

^{a,b}Aynı satırda farklı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir (p<0.05).F1: Fabrika 1, F2:Fabrika 2 , TAA : Toplam antioksidan aktivitesi , TFB: Toplam fenolik bileşikler.

Bir çalışmada keçiboynuzunun %6.8 HP olarak bildirdikleri değer (Karkacier ve Artık 1995) bizim keçiboynuzu posası HP değerine benzer bulunmuştur. Bu sonuçlar keçiboynuzundan pekmez elde edilme prosesinde HP ve HY içeriğinin pekmeze geçmeyip posada kaldığını göstermektedir. Keçiboynuzu meyvesinin kimyasal bileşimi %6.2 HS, %2.4 HK, %91.59 KM olarak rapor edilmiştir (Karkacier ve Artık 1995). Yapılan çalışmada Fabrika 1 ve 2'den alınan keçiboynuzu posası için belirlenen ortalama % HS, % HK ve % KM değerleri Fabrika 1 için aylara göre sırasıyla %20.01-22.69; %3.12-3.72; %98.02-99.80 ve Fabrika 2 için sırasıyla %20.32-22.35; %3.01-3.79; %97.05-99.39 arasında değişmiştir (Çizelge 1 ve 2). Yurdagel ve Teke (1985) tarafından keçiboynuzu meyvesi için bulunan HS (%6.2), HK(%2.4) ve KM (%91.59) değerlerinden sadece % HK değerleri benzerlik göstermiştir. Keçiboynuzu posasının % HS ve % KM değerleri keçiboynuzu meyvesine göre farklı tespit edilmiştir. Karabulut ve ark. (2006) keçiboynuzu meyvesinin yüksek miktarda toplam şeker (%46.1) ve düşük miktarda protein (%5.9) içerdiklerini belirlemişlerdir. Yalçınkaya ve ark. (2012) bazı meyve posalarının % HS değerlerini elma posası (%33.35), şeftali posası (%33.74) ve kayısı posası (%31.6) olarak bildirmişlerdir. Bu değerler keçiboynuzu posası için tespit edilen değerlerden yüksektir. Fas'da yapılan bir çalışmada keçiboynuzu çekirdeği çıkartılmış meyve ve çekirdeğinin ham selülozu sırasıyla %9.1 ve % 11.5 belirtilmiştir, bu değerler meyve için %79.8 ve çekirdek için %71.4 bulunan nişasta yapısında olan karbonhidrat seviyelerinden çok düşüktür (El-Shatnaw ve Reifej 2001). Keçiboynuzu posası için bulunan ortalama ME değeri Fabrika 1 için 10.46-10.86 MJ/kg KM, Fabrika 2 için 10.51-10.90 MJ/kgKM arasında değişmiştir. Bu çalışmada keçiboynuzu posasının hesaplanan ME değerleri buğday samanı, mısır samanı (Açar ve ark. 2015) ve Erdem ve Çetinkaya (2016)'nın sonuçlarından daha yüksektir. Bu sonuçlar keçiboynuzu posasının yaygın kullanılan samanlara kıyasla enerji içeriğinin daha iyi olduğunu ortaya koymuştur. Keçiboynuzu posasının enerji değeri narenciye meyvelerin (portakal, mandalina ve limon) suyu çıkarıldıktan sonra elde edilen narenciye posasının enerji değerine yakın bulunmuştur (Arthington ve ark. (2002). Filik ve Kutlu (2017) tarafından kurutulmuş narenciye meyvelerinin ME enerji değerinin 7.27-9.22 MJ/kg KM arasında değiştiğini hesaplamışlardır. Keçiboynuzu posası için hesaplanan enerji değeri (10.46-10.86 MJ/kg KM) narenciye meyveleri posalarının enerji değerinden daha yüksek hesaplanmıştır. Fabrika 1'in Temmuz ve Eylül aylarının ortalama IVGOMS ve IVGKMS değerleri (Çizelge 3) Haziran ve Ağustos aylarından istatistiksel olarak farklı hesaplanmıştır (p<0.05). Fabrika 2'den toplanan keçiboynuzu posasının ortalama IVGOMS ve IVGKMS değerleri aylara göre sırası ile %47.46-64.99; %47.78-65.71 arasında değişmiştir (Çizelge 4). Temmuz ayı ortalama değerleri diğer ayların ortalama değerlerinden istatistiksel olarak farklı hesaplanmıştır (p<0.05). Koyunlarda ve keçilerde yapılan besleme denemesini takiben yapılan germinasyon testi ile 48 saatlik sindirim keçi boynuzu çekirdeği için koyunda ve keçide sırasıyla %61.8 ve %79.9 belirtilmiştir (El-Shatnaw ve Reifej 2001). Çalışmamızda keçiboynuzu posası için belirlediğimiz değerlerin daha düşük tespit edilmesi posa materyalinin pekmez elde etme işleminden sonra çekirdek ve diğer kısımlardan oluşması ve de sindirilebilirlik hesaplama yöntemlerinin farklılığından kaynaklanabilir.

Chumpawadee (2009) tarafından yapılan çalışmada domates posasının potansiyel KM ve organik madde parçalanabilirlikleri sırasıyla (%63.5) ve (%61.6) olarak bulunmuştur. Gerçekleştirilen bu çalışmada domates posasının IVGKM değerleri (%68.70) olarak hesaplanmıştır. Keçiboynuzu posasının IVGKMS (%44.31-68.20) değerleri keçiboynuzunun elde edildiği döneme göre benzerlik göstermiştir. Savrunlu ve Denek (2016) tarafından gerçekleştirilen çalışmada domates posası kontrol silajının in-vitro organik madde sindirimi (IVGOMS) değeri %59.82 olarak belirlenmiştir. Fabrika 1 ve Fabrika 2 den alınan keçiboynuzu posasının % IVGKMS ve % IVGOMS değerleri domates posası için rapor edilmiş sonuçlara benzerlik göstermiştir. Bu çalışmada keçiboynuzu meyvesi posası için belirlenen IVGOMS değerleri (% 47.46-64.99); Karabulut ve ark (2006) tarafından in-vitro gaz üretim yöntemi ile keçiboynuzu meyvesi için hesaplanan % OMS değerleri (%74.2), sadece etli kısmı için (%5.3) ve çekirdeği için (%78.8) bildirilen değerlerden düşük bulunmuştur. Keçiboynuzu meyvesinin yüksek miktarda şeker içermesi ve pekmez üretiminde şekerin ekstrakta geçmesinden dolayı değerlerin düşük olması beklenen bir sonuçtur.

Keçiboynuzu posasının toplam fenolik bileşikleri ve toplam antioksidan aktivitesi sırası ile 22.90-28.00 mg GAE/100g; 92.09-95.65 (IC50 mg/ml) arasında değişmektedir (Çizelge 5). Fabrika 1 ve 2'den alınan keçiboynuzu posasının ortalama antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşikler değerleri Temmuz ayında diğer aylardan farklı hesaplanmıştır (p<0.05). Bunun nedeni Temmuz ayında fabrikaya gelen keçiboynuzunun farklı tür ağaçlardan gelmiş olmasından kaynaklanabilir. Keçiboynuzu posası toplam antioksidan değerleri Erdem ve Çetinkaya (2016) tarafından bildirilen

değerlere benzerlik göstermiştir. Polifenoller gibi antioksidan bileşiklerin rasyona eklenmesi reaktif oksijen türlerinin fazla olmasından kaynaklanan olumsuz etkilerle mücadele etmenin etkili bir yolu olarak bildirilmektedir. Reaktif oksijen türlerinin vücutta neden olduğu oksidatif stres; kanser, diyabet, kardiyovasküler veya nörodejeneratif bozukluklar gibi kronik hastalıkların ana tetikleyicilerindedir (Maritim ve ark. 2003).

Keçi boynuzu yapraklarının polifenolik bileşikler içeriği 130 mg GAE/g olarak bildirilmiştir (Bekir ve ark. 2013). Keçi boynuzu posasının fenolik bileşikler içeriği 22.9-28.0 mg GAE/100g arasında değişmiştir. Başka bir çalışmada ceviz yaprağının fenolik bileşikler 37.80 mg GAE/g bildirilmiştir (Orhan ve ark. 2011). Keçi boynuzu posasının fenolik bileşikler değeri bitkilerin yapraklarından daha düşük olması pekmez yaparken uygulanan işlemde kaynaklanabilir.

Contreras-Calderón ve ark. (2011) 24 egzotik Kolombiya meyvesinin toplam antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşikler düzeylerini çalışmışlardır. Muzun en yüksek antioksidan aktivite ve toplam fenolik bileşik değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir. Çekirdeklere toplam antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşikler yönünden en yüksek değerleri kaju, algarrobo, araza ve kıyasapote için tespit edilmiştir. Kolombiya meyvelerinin yeni fonksiyonel gıda ürünleri üretiminde öne çıkacakları vurgulanmıştır. Keçi boynuzu posasının antioksidan aktivitesi ve fenolik bileşikler bazı Kolombiya egzotik meyvelerine yakın bulunmuştur, bu özelliği ile keçi boynuzu posanın fonksiyonel yem katkı maddesi olarak kullanılma potansiyeli vardır. Meyve ve sebzelerin işlenmelerinden sonra elde edilen atık maddelerin önemli moleküller (antioksidanlar, diyet lifleri, proteinler, doğal renklendiriciler, vitaminler, aroma bileşikler vb.) içerdiği ortaya konmuştur (Socaci ve ark. 2011). Yeni veya konvansiyonel olmayan antioksidan kaynakları gıda, yem ve ayrıca ilaç endüstrisi için öncelikli bir kaynak olabilir.

SONUÇ

Fabrika 1 ve 2'den alınan keçi boynuzu posasının HP, HS, ME, TFB ve TAA içerikleri yönünden zengin bir yem materyali olduğu ortaya konmuştur. IVGOMS ve IVGOMS değeri yaklaşık % 68 gibi yüksek bulunması keçi boynuzu posasının hayvan beslemede kullanılabilir önemli bir alternatif yem kaynağı olabileceğini göstermiştir. Akdeniz ve Ege Bölgelerindeki keçi boynuzu yetiştiricileri pekmezden sonra çıkan atık ürün posayı hayvancılık sektörüne yem materyali olarak pazarlayabilirler, dolayısıyla atık ürünün değerlendirilmesi çevre kirliliğini de önleyerek ulusal ekonomiye katkı sağlayabilir. Yeni bir antioksidan kaynağı olarak keçi boynuzu posası gıda, yem ve ayrıca ilaç endüstrisi için öncelikli bir kaynak olabilir.

TEŞEKKÜR

Bu makale Vet. Hek. Hüseyin Demirbaş'ın Yüksek Lisans tezinden hazırlanmıştır. Yazarlar tez projesini PYO.VET.1904.18.009 kod no ile destekleyen Ondokuz Mayıs Üniversitesine'ne teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Açar Z, Öztürk M, Keleş G 2015. Buğday, Mısır ve karabuğday samanları içeren rasyonlarla beslenen dişi tokluların performanslarının belirlenmesi. Turkish JAF Sci Tech. 3:59-62.
- Albayrak S, Sağdıç O, Aksoy A 2010. Bitkisel ürünlerin ve gıdaların antioksidan kapasitelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler. Erciyes Üniv Fen Bil Enst Derg. 26(4):401-409.
- ANKOM, 2020, Ankom Technology Method 3. In-vitro True Digestibility using the DAISYIII Incubator. https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method_3_Invitro_D200_D200I.pdf/ 02.02.2020.
- AOAC 2006. Official Methods of Analysis, 18th edn. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA.
- Arthington J D, Kunkle WE, Martin AM 2002. Citrus pulp for cattle. Vet Clin Food Anim.18: 317-326.
- Avvallone R, Plessi M, Baraldi M, Monzari A 1997. Determination of chemical composition of carob (Ceratonia siliqua): proteins, fat, carbohydrates and tannins. J Food Compost Anal. 10:166-172.
- Ayaz AF, Torun H, Glew HR, et al. 2009. Nutrient content of carob pod (Ceratonia siliqua L.) flour prepared commercially and domestically. Plant Foods Hum Nutr. 64:286-292.
- Battle T, Tous J 1997. Carob Tree (Ceratonia siliqua L.) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 17, International Plant Genetic Resources Institute, Via Delle Sette Chiese, 142, 00145 Rome, Italy, 91.
- Bekir J, Mars M, Souchard JP, Bouajila J 2013. Assessment of antioxidant, anti-inflammatory, anti-cholinesterase and cytotoxic activities of pomegranate (Punica granatum) leaves. Food and Chemical Toxicology. 55: 470-475.
- Chumpawadee S 2009. Degradation characteristic of tomato pomace, soybean hull and peanut pod in the rumen using nylon bag technique. Pak J Nutr 8:1717-1721.
- Contreras-Calderón J, Calderón-Jaimes L, Guerra-Hernández E, García-Villanova B 2011. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. Food Res Int. 44: 2047-2053.
- Czerkawski JW, Breckenridge G 1977. Design and development of long-term rumen simulation technique (RUSITEC). Br J Nutr. 38:271-384.

- Dimins F, Kuka P Augspole I 2010. Characterisation of honey antioxidative properties, International conference of food Innova, 28-29- Oct, Latvia.
- El-Shatnaw MKJ, Reifej KI 2001. Chemical composition and livestock ingestion of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds. *J Range Manage.* 54:669–673.
- Erdem F, Cetinkaya N 2016. Digestibility of *Juncus acutus* and its effects on ruminal cellulolytic bacteria, *Italian J Anim Sci.* 15:1: 69-75. DOI: 10.1080/1828051X.2016.1139327.
- Filik G, Kutlu HR 2017. Determination of nutrient values in drying citrus pulp with alternative drying methods. *Anim Husb Dairy Vet Sci.* 1(4): 2-3.
- Grados N, Cruz G 1996.. New approaches to industrialization of Algarrobo (*Prosopis pallida*) pods in Peru. In : *Prosopis. Semiarid Fuelwood and Forage Tree; Building Consensus for the Disenfranchised.* (Eds.) P.Felker and J.Moss. Center for Semi-Arid Forest Resources.
- Karabulut A, Canbolat O and Kamalak A 2006. Evaluation of carob, *Ceratonia siliqua* pods as a feed for sheep. *Livest Res Rural Dev.* 18(7):104.
- Karkacier M, Artık N 1995. Keçiboynuzunun (*Ceratonia siliqua* L.) fiziksel özellikleri, kimyasal bileşimi ve ekstraksiyon koşulları. *Gıda Teknol Dern.* 3:131-136.
- Kirchgessener M, Kellner RJ, Roth FX 1977. Zur Schätzung des futterwertes mittels rohfaser und der Zellwandfraktionen der detergentien-analyse. *Landwirtsch. Forsch.* 30: 245-250.
- Maritim AC, Sanders RA, Watkins JB 2003. III. Diabetes, oxidative stress, and antioxidants: A review. *J Biochem Molec Toxicol.* 7(1):24-38. DOI:10.1002/jbt.10058.
- Orhan IE, Sunta IP, Akkol EK 2011. In-vitro neuroprotective effects of the leaf and fruit extracts of *Juglans regia* L.(walnut) through enzyme linked to Alzheimer's disease and antioxidant activity. *Inter J Food Sci and Nutr.* 62(8): 781-786.
- Otles S, Yalçın B 2012. Phenolic compounds analysis of root, stalk, and leaves of nettle. *The Scientific World Journal.* 12:1-2. doi:10.1100/2012/564367.
- Owena RW, Haubner R, Hullb WE, et al. 2003. Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. *Food and Chem Toxicol.* 41(12):1727- 1738.
- Özyürek M, Güçlü K, Apak R 2011. The main and modified CUPRAC methods of antioxidant measurement. *Trends in Analy Chem.* 30(4):652-664.
- Pazar F, Alper Y 2016. Keçiboynuzu (*Ceratonia siliqua* L.) meyvesi ve sağlık. *Akademik Gıda.* 14 (3): 333-337.
- SAS 2007. *Statistical Software*, Campus Drive. Cary, North Caroline 27513, USA.
- Savrunlu M, Denek N 2016. Farklı seviyelerde yaş domates posası ilavesi ile hazırlanan mısır silajının kalitesinin araştırılması. *Harran Üniv Vet Fak Derg.* 5:5-11.
- Socaci SA, Farcas AC, Vodnar DC, Tofana M 2017. Food wastes as valuable sources of bioactive molecules. In: *Naofumi Shiomi, (Ed), Superfood and Functional Food- The Development of Superfoods and Their Roles as Medicine.* Rijeka, Croatia: InTech; pp. 75-93.
- TUİK 2019 “2019 yılı keçiboynuzu üretim miktarı” <https://www.drdatastats.com/illere-gore-Turkiyede-meyve-uretimi-ton-2019-yili-keciboynuzu-harnup/30.05.2019>.
- Van Soest PJ, Robertson JD, Lewis BA 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 74: 3583-3597.
- Yalçınkaya MY, Baytok E, Yörük MA 2012. Değişik meyve posası silajlarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Erciyes Üniv Vet Fak Derg.* 9(2):95-106.
- Yurdagel Ü, Teke İ 1985. Keçiboynuzu meyvesinin kavrulması ile oluşan renk değişimlerinin araştırılması. *Gıda Teknolojisi Dern.* 10(1): 39-42.