

Alternatif Yem Hammaddesi Olarak Gıda Endüstrisi İşleme Yan Ürünlerinin Besin Madde İçeriklerinin Kimyasal ve Spektroskopik (NIRS) Analiz Yöntemleriyle Karşılaştırılması

Emrah KARADAĞ¹, Serdar GENÇ², Aylin AĞMA OKUR^{3*}

^{1,3}Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, 59030, Tekirdağ

²Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, 40100, Kırşehir

¹<https://orcid.org/0000-0002-6845-8582>

²<https://orcid.org/0000-0002-1512-9072>

³<https://orcid.org/0000-0001-6678-765X>

*Sorumlu yazar: aagma@nku.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 22.02.2022

Kabul tarihi: 28.06.2022

Online Yayınlanma: 10.03.2023

Anahtar Kelimeler:

Elek-altı ürünler
Alternatif yem hammaddeleri
Kimyasal analiz
NIRS

ÖZ

Çalışma ile; gıda fabrikalarının bazı elek-altı ürünlerinin (mercimek kırığı, nohut kırığı, fasulye kırığı, pirinç kırığı, mercimek kepeği, bulgur kepeği, mısır kırması, irmik altı) besin madde kompozisyonlarının kimyasal ve spektroskopik (NIRS) analiz metotları kullanılarak tespit edilip, sonuçlar arasındaki farklılıkların ortaya konulması amaçlanmıştır. Her iki yonteme göre analiz edilen yemlerin istatistik analiz sonuçları değerlendirildiğinde; ham kül, ham selüloz, ADF, NDF ve ham yağ analiz sonuçları arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Nem analiz sonuçları arasında irmik altı, bulgur kepeği, mısır kırması ve mercimek kırığı arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). Bununla birlikte, nohut kırığı, pirinç kırığı, fasulye kırığı ve mercimek kepeğinin arasındaki farklılıklar ise önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Ham protein içeriklerinin eşleştirilmiş grup t-testi analizi sonuçlarına göre; mısır kırması, nohut kırığı, pirinç kırığı, mercimek kırığı ve mercimek kepeğinin farklılıkları önemli bulunmuştur ($P<0,05$). İrmik altı, bulgur kepeği ve fasulye kırığının ise farklı analiz yöntemleri ile saptanan sonuçları arasında bir farklılık saptanmamıştır ($P>0,05$). Nişasta analiz sonuçları incelendiğinde; sadece mısır kırması için farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). İrmik altı, bulgur kepeği, nohut kırığı, pirinç kırığı, fasulye kırığı, mercimek kırığı ve kepeğinin nişasta analiz sonuçları arasındaki fark ise önemli bulunmuştur ($P<0,01$). Kimyasal ve NIRS metotları ile yapılan şeker analiz sonuçlarına göre; irmik altı, nohut kırığı, pirinç kırığı ve mercimek kepeğinin arasındaki fark önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Bulgur kepeği, mısır kırması, pirinç kırığı, fasulye kırığı ve mercimek kırığında ise farklar önemsiz olarak saptanmıştır ($P>0,05$). Besin maddesi analiz sonuçlarından hesaplanarak bulunan metabolize olabilir enerji (ME; kcal kg^{-1}) değerleri karşılaştırıldığında; yalnızca mısır kırması için fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$). NIRS metodu; hızlı ve doğru sonuç vermesi sayesinde yaygınlaşmış bir teknik olmakla beraber, çalışmamızda analizi yapılan hammaddeleri temsil edecek uygun kalibrasyonun yapılamaması ve ürünlerin elek altı olmaları sebebiyle yeterince homojen olmamaları da, NIRS sonuçlarının kimyasal analizleri yansıtmamasının sebepleri olabilir.

Food Industry Processing By-products as Alternative Feedstuffs and Comparison of Their Nutrient Analysis Results Obtained by Chemical and Spectroscopic (NIRS) Methods

Research Article

ABSTRACT

Article History:

Received: 22.02.2022

Accepted: 28.06.2022

Published online: 10.03.2023

Keywords:

Under-sieve products

Alternative feed ingredients

Chemical analysis

NIRS

The aim of study is to determine the nutrient composition of some food industry under-sieve materials (broken lentil, broken chickpea, broken bean, broken rice, lentil bran, bulgur bran, corn bran mix, and semolina by-products) using chemical, and spectroscopic (NIRS) analysis methods. When the statistical analysis results of the alternative feedstuffs analyzed according to both methods were evaluated, the differences between crude ash, ether extract, crude fiber, ADF, and NDF analysis results were found to be significant ($P<0.05$). The difference between NDF analysis results was found to be significant ($P<0.01$). Among the moisture analysis results, the differences between semolina by-products, bulgur bran, corn bran mix, and broken lentil were statistically insignificant ($P>0.05$). However, the differences between broken chickpea, broken rice, broken bean, and lentil bran were found to be significant ($P<0.05$). According to the paired group t-test analysis results of crude protein contents, the differences in corn bran mix, broken chickpea, broken rice, broken lentil, and lentil bran were found to be significant ($P<0.05$). On the other hand, there was no difference between the results of semolina by-products, bulgur bran, and broken bean using chemical and NIRS analysis methods ($P>0.05$). In the starch analysis results, the differences between the results in the corn bran mix were found to be statistically insignificant ($P>0.05$). The difference between the starch analysis results of semolina by-products, bulgur bran, broken chickpea, broken rice, broken bean, broken lentil, and bran was found to be significant ($P<0.01$). According to the results of sugar analysis made by chemical and NIRS methods, the difference between semolina, lentil bran, chickpea, and broken rice was found significant ($P<0.05$). The differences were found insignificant in bulgur bran, corn mix, rice, bean, and lentil broken ($P>0.05$). When the metabolizable energy (ME; kcal kg^{-1}) values calculated from the nutrient analysis results were compared, the difference was found statistically insignificant only for the corn bran mix ($P>0.05$). Although the NIRS is a widespread method thanks to its fast and accurate results, the inability to make the appropriate calibration to represent the raw materials analyzed in our study and also the inhomogeneity of the under-sieve material might be the reasons why the NIRS results do not reflect the chemical analysis.

To Cite: Karadağ E., Genç S., Ağma Okur A. Alternatif Yem Hammaddesi Olarak Gıda Endüstrisi İşleme Yan Ürünlerinin Besin Madde İçeriklerinin Kimyasal ve Spektroskopik (NIRS) Analiz Yöntemleriyle Karşılaştırılması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 2023; 6(1): 78-89.

Giriş

Dünya’da artan nüfus ile birlikte, her geçen yıl hayvansal gıdaya olan ihtiyaç artmaktadır. Artan bu ihtiyacı karşılamak için, üretilen çiftlik hayvanlarının besin madde gereksinimlerini en ideal şekilde karşılayacak dengeli ve ekonomik bir yem karması hazırlanması gereklidir (Şenköylü, 2001). Günümüzde, tüm dünyada üretilen tarım ürünlerinin %35’ lik kısmı çiftlik hayvanlarının beslemesinde kullanılmaktadır. Bir ürünün, yem hammaddesi olarak kullanılabilmesi için; hayvanın severek tüketmesi, hayvan üzerinde toksik etkisinin bulunmaması, besin madde içeriğinin uygun ve sindirilebilir olması gerekmektedir (İpçak ve ark., 2018). Yem hammaddesi olarak kullanılan birçok hammadde (tahıllar, mısır, soya vb.) insan beslenmesinde de kullanıldığından alternatif yem kaynaklarına yönelim gözlemlenmektedir (Grasser ve ark., 1995). Önümüzdeki yıllarda nüfus artışıyla birlikte, bu temel hammaddelerin hem insan hem de hayvan beslemesinde kullanılması ile ilgili ciddi bir rekabetin oluşacağı düşünülmektedir. Buna bağlı olarak, hammadde fiyatlarında artış görülmesi beklenen bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır (İpçak ve ark., 2018). Sürdürülebilir ve ekonomik bir hayvansal üretim yapabilmek için, çeşitli endüstri yan ürünlerinin alternatif yem hammaddesi

olarak belli oranlarda rasyonlarda kullanılabileceği belirtilmiştir (Grasser ve ark., 1995). Nüfustaki hızlı artış, hazır gıda ve konserve sanayisinde hızlı büyümeye yol açarak yem sektörü için önemli ölçüde endüstri yan ürünleri sağlamaktadır (Grasser ve ark., 1995).

Son yıllarda ülkemizde tarım ve hayvancılık alanında yaşanan gelişmeler sonucunda kültür ve melez ırkları sayılarında ve dolayısıyla da hayvan varlığı sayılarında önemli ölçüde artış görülmüştür. Bu durum, kaliteli ve ekonomik yem hammaddelerine olan ihtiyacın da artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte hammaddelerin fiyatlarında, arz ve talepleri arasında görülen dengesizlikler ve yaşanmakta olan pandemi sürecine de bağlı olarak artışlar meydana gelmektedir. Ülkemizde olduğu gibi tüm dünyada da, yem hammaddelerinin fiyatlarındaki artış büyük bir sorun olarak görülmektedir. Bu durum yem fiyatlarına da yansımaktadır. Bunun sonucu olarak hayvancılık işletmelerinde giderlerin önemli bir kısmını yem maliyetlerinin (%60-70) oluşturduğu göz önünde bulundurulduğunda, nitelikli ve ekonomik yemleri temin etmek işletme karlılığını önemli düzeyde yükseltecektir. Bir yandan hammaddelerinin fiyatlarındaki yükseliş, diğer yandan da yem kaynaklarının miktar ve kalite olarak yetersiz kalabilmesi, hayvan besleme konusunda çalışan araştırmacıları ve yem üreticilerini alternatif yem hammaddeleri bulmaya yönelik araştırmalar yapmaya sevk etmiştir (Alçıçek ve ark., 2002; Vasta ve ark., 2008; Pehlevan, 2014).

Ülkemizin tahıl, yağlı tohum ve karma yem üretim miktarları incelendiğinde; yem sanayiinin yem hammadde ihtiyacı konusunda yıllar itibariyle nasıl daha çok dışa bağımlı hale geldiği gözlenebilmektedir. Son yirmi yılın verilerine göre tahıl üretiminde %1, yağlı tohumların üretiminde %67 artış görülürken, karma yem üretimindeki artış miktarı ise %358 olarak belirtilmiştir. 2018 yılı karma yem üretimi 24,1 milyon ton ve cirosu 7,2 milyar USD'dır. Aynı yıl ithal edilen yem hammaddesi 11,1 milyon ton ve ödenen miktar ise 3,8 milyar USD olarak görülmektedir (Türkiyem-Bir, 2019). Bununla birlikte, 2020 yılı Ocak ve Aralık ayları arasında hammadde fiyatlarının ortalama %64, karma yem fiyatlarının ise ortalama %42 arttığı bildirilmiştir (Türkiyem-Bir, 2020).

Karma yem sanayinde kullanılan hammadde ihtiyacının tamamı ülke içerisinde karşılanamamaktadır. Her geçen yıl, karma yem sanayi üretimi için yapılan hammadde ithalatı artış göstermektedir. Bu miktar yaklaşık olarak 2009 yılında 4 milyon ton iken, 2014 yılında 9 milyon ton, 2018 yılında 11 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Türkiyem-Bir, 2019). Gürocağ ve ark. (1982) ülkemiz karma yem sanayiinin her geçen gün artan hammadde gereksiniminin karşılanabilmesi için; topraklarımızda üretimi gerçekleştirilmekle beraber, henüz karma yemlerde kullanım olanakları ve oranları bilimsel çalışmalarla ortaya konmamış yem hammaddelerinin üzerinde durulması ve bunlarla ilgili araştırmaların yapılması gerektiğini bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı; fabrika işleme artıklarının (irmik altı, bulgur kepeği, mısır kırması, nohut kırığı, pirinç kırığı, fasulye kırığı, mercimek kırığı, mercimek kepeği) besin madde kompozisyonunun kimyasal ve spektroskopik (NIRS) analiz metotları kullanılarak tespit edilip, karma yem sanayinde alternatif yem hammaddesi olarak kullanım olanaklarının araştırılmasıdır.

Materyal ve Metot

Araştırmanın materyali olarak fabrika ürün işleme artıklarından; irmik altı, bulgur kepeği, mısır kırması, nohut kırığı, pirinç kırığı, fasulye kırığı, mercimek kırığı, mercimek kepeği kullanılmıştır. Materyaller öğütme makinesinde yaklaşık 1 mm elekten geçecek şekilde öğütülmüştür. Her bir fabrika işleme artığının, 3 tekerrür olacak şekilde besin madde analizleri yapılmıştır. Örneklerin ham besin madde (kuru madde, ham protein, ham selüloz, nötral deterjanda çözünmeyen lif, asit deterjanda çözünmeyen lif, ham kül, ham yağ, nişasta ve şeker) içerikleri Weende Analiz Yöntemleri ve NIRS (FOSS, NIRS DS2500) cihazı ile saptanmıştır.

Yemlerin kuru madde (KM) içerikleri etüvde 105 °C sıcaklıkta 4 saat kurutularak, ham kül (HK) içeriği ise kül fırınında 550 °C sıcaklıkta 4 saat yakılarak saptanmıştır. Azot (N) içeriğinin saptanmasında Kjeldahl metodundan yararlanılmıştır. Ham protein (HP) ise, $N \times 6,25$ formülü ile hesaplanmıştır. Ham yağ (HY) içeriği, soxhlet ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir (AOAC, 1997). Nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF) ve asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) analizleri Close ve Menke (1986)'ye göre yapılmıştır. Hesaplamalar, Eşitlik 1 ve 2'ye göre yapılmıştır.

$$\text{NDF (g kg}^{-1}\text{ KM)} = a-b/N \times 1000 \quad (1)$$

a = NDF içeren kuru cam krozenin ağırlığı, g

b = cam krozenin darası alınmış ağırlığı, g

N= örneğin ağırlığı, g

$$\text{ADF (g kg}^{-1}\text{ KM)} = a-b /N \times 1000 \quad (2)$$

a = ADF içeren kuru cam kroze ağırlığı, g

b = Darası alınmış cam krozenin ağırlığı, g

N = Numune miktarı, g

Şeker oranı (%), Layne-Eynon metodu ile örneklerdeki invert şekerin (glukoz+fruktoz) Fechlink çözeltisinde oluşan bakır oksidi (CuO), suda çözünmeyen bakırdiokside (Cu₂O) indirgenmesi esasına göre gerçekleştirilmiştir (Kirk ve Sawyer, 1991).

Nişasta oranı (%), hammadde örneklerinden 5 g tartılmış, 100 ml'lik ölçü balonuna aktarılmıştır, üzerine %1'lik HCl çözeltisinden 50 ml konularak, karıştırılmıştır. Daha sonra 95-100 °C' lik su banyosunda 15 dakika süre ile bekletilmiş, su banyosundan çıkartıldıktan sonra ise 30-35 ml saf su ilave edilerek soğutulmuştur. %4'lük fosfor wolfram asidinden 10 ml ilave edilmiş, saf suyla ölçüsüne kadar tamamlanarak, filtre kağıdından geçirilmiştir. Ardından polarimetre tüpünde okuma yapılmış ve nişasta düzeyi (%) belirlenmiştir (Anıl, 1999).

Metabolize olabilir enerji (ME) değerleri, tek mideli hayvanlar için kullanılan Carpenter ve Clegg (1956) tarafından belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (Eşitlik 3).

$$ME \text{ (kcal/kg)} = [53 + 38 (\% \text{ham protein} + 2,25 \times \% \text{ham yağ} + 1,1 \times \% \text{nişasta} + \% \text{şeker})] \quad (3)$$

Örnek materyallerin Weende ve NIRS analizlerinden elde edilen değerlere eş yapma t-testi (paired-t test) uygulanmış ve iki analiz yönteminin sonuçları arasındaki farklılıkların önemli olup olmadığı $P < 0,05$ seviyesinde test edilerek belirlenmiştir (Düzgüneş ve ark., 1983; Soysal, 2000). İstatistik analizler Minitab paket programı yardımıyla yapılmıştır (Minitab, 2000).

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada yapılan tüm analizler, hem kimyasal analiz hem de yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi (NIRS) ile gerçekleştirilmiştir. Kimyasal analizler, hammaddelerin yem değerleri hakkında önemli bilgiler içerirler. Bununla birlikte; kimyasal analiz metotları, analiz sırasında kullanılan kimyasallardan dolayı pahalı olmakta ve sonuca ulaşmak göreceli olarak uzun sürmektedir. Bununla birlikte, bazı durumlarda kullanılan kimyasal maddelerden dolayı insan sağlığına ve atık madde olarak çevreye olumsuz etkilerinin olması gibi durumlarda söz konusu olabilmektedir.

NIRS ise, yemlerin birçok kimyasal bileşiminin (Shenk ve Westerhaus, 1985; Redshaw ve ark., 1986; Williams ve Sobering, 1993) ve besin madde özelliklerinin belirlenmesinde (Norris ve ark., 1976; Barber ve ark., 1990; Park ve ark., 1997) önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Spektroskopik analiz (NIRS) ile kül, yağ, ham protein, çözünür karbonhidratlar ve lif yapısının miktarını belirlemenin maliyetinin; geleneksel kimyasal analizlerin maliyetinin yaklaşık olarak beşte biri olduğu belirtilmiştir (Ulyatt ve ark., 1995). Bunun yanısıra, yemlerin kimyasal bileşimini ve sindirilme düzeylerini tahmin etmede de başarılı olduğunu gösteren çalışmalar da bulunmaktadır (Dardenne ve ark., 1993; De Boever ve ark., 1997; Deaville ve Givens, 1998). Sindirilebilir organik madde; NDF ve ADF gibi parametrelerin sonucuna ise NIRS metodunda yalnızca bir analitik işlem ile ulaşılabildiği de ilave edilmiştir (Stuth ve ark., 2003).

Tablo 1. Alternatif yem hammaddelerinin, nem değerlerinin ortalamaları ve standart sapmaları

	Nem, %		T-Değeri	P Değeri
	Kimyasal Analiz	NIRS		
İrmik Altı	10,76±0,802	10,45±0,110	4,06	0,056
Bulgur Kepeği	10,85±0,087	10,35±0,295	2,53	0,113
Mısır Kırması	11,77±0,049	11,18±0,272	4,02	0,057
Nohut Kırığı	8,56±0,144	9,82±0,072	-29,00	0,001**
Pirinç Kırığı	12,27±0,260	11,34±0,306	4,86	0,040*
Fasulye Kırığı	11,60±0,121	11,04±0,122	24,14	0,002**
Mercimek Kırığı	10,56±0,062	9,64±0,397	3,62	0,069
Mercimek Kepeği	11,43±0,099	9,89±0,104	13,71	0,005**

* $P < 0,05$; ** $P < 0,01$

Araştırmada kullanılan alternatif yem hammaddelerinin kimyasal ve NIRS analiz yöntemleriyle elde edilen sonuçları tablolarda (Tablo 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10) ortaya konmuştur. İrmik altı, bulgur kepeği, mısır kırması ve mercimek kırığı hammaddelerinin nem analiz sonuçları arasında, kimyasal ve NIRS analiz yöntemleri arasındaki farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 1; $P > 0,05$). Nohut kırığı, pirinç kırığı, fasulye kırığı ve mercimek kepeğinin nem analiz sonuçları incelendiğinde

ise; farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Bu nedenle bu hammaddelerin nem analizlerinin NIRS ile yapılmasının çalışmada hammadde örneklerinin nem içeriğini yansıtmadığı söylenebilir.

Tablo 2. Alternatif yem hammaddelerinin, ortalama ham kül (%) değerleri ve standart sapmaları

	Ham Kül, %		T-Değeri	P Değeri
	Kimyasal Analiz	NIRS		
İrmik Altı	2,82±0,056	3,37±0,210	-5,38	0,033*
Bulgur Kepeği	4,41±0,093	4,74±0,075	-11,00	0,008**
Mısır Kırmacı	1,87±0,046	2,31±0,100	-5,34	0,033*
Nohut Kırığı	4,44±0,060	5,13±0,189	-4,84	0,040*
Pirinç Kırığı	0,40±0,017	0,80±0,042	-21,73	0,002**
Fasulye Kırığı	6,61±0,060	5,51±0,093	45,49	0,000**
Mercimek Kırığı	2,48±0,0493	4,99±0,157	-22,32	0,002**
Mercimek Kepeği	3,04±0,025	5,61±0,195	-23,68	0,002**

* $P<0,05$; ** $P<0,01$

Tablo 2’de alternatif olarak kullanılabilir yem hammaddelerinin kimyasal ve NIRS cihazı ile saptanmış ham kül analiz sonuçları bulunmaktadır. İstatistik analiz sonuçları değerlendirildiğinde, ham kül analiz sonuçları arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 3. Alternatif yem hammaddelerinin, ortalama ham protein (%) değerleri ve standart sapmaları

	Ham Protein %		T-Değeri	P Değeri
	Kimyasal Analiz	NIRS		
İrmik Altı	13,87±0,079	14,02±0,401	-0,77	0,520
Bulgur Kepeği	14,24±0,083	15,23±0,525	-3,05	0,093
Mısır Kırmacı	8,29±0,042	7,18±0,228	9,98	0,010*
Nohut Kırığı	21,83±0,098	19,563±0,597	5,77	0,029*
Pirinç Kırığı	7,36±0,074	6,55±0,216	5,12	0,036*
Fasulye Kırığı	20,58±0,071	20,80±0,594	-0,72	0,545
Mercimek Kırığı	24,15±0,108	20,423±0,295	16,84	0,004**
Mercimek Kepeği	17,80±0,087	14,867±0,397	10,78	0,008**

* $P<0,05$; ** $P<0,01$

Alternatif yem hammaddelerinin ham protein içeriklerinin analiz sonuçları Tablo 3’te verildiği gibidir. Mısır kırmacı, nohut kırığı, pirinç kırığı, mercimek kırığı ve mercimek kepeğinin eşleştirilmiş grup istatistik analiz sonuçlarına göre farklılıkları önemli bulunmuştur ($P<0,05$). İrmik altı, bulgur kepeği ve fasulye kırığının ise farklı analiz yöntemleri ile saptanan sonuçları arasında bir farklılık saptanmamıştır ($P>0,05$). Kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde, baklagillerin protein oranlarının literatürlerle uyumlu şekilde yüksek bulunduğu görülmüştür (Yaralı, 2018).

Hammaddelerin ham yağ değerleri ve standart sapmaları Tablo 4’te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; ham yağ analiz sonuçları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Hammaddelerin ham selüloz değerleri ve standart sapmaları Tablo 5’ te belirtilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; ham selüloz analiz sonuçları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($P<0,05$). Bununla birlikte, Pirinç kırığının NIRS cihazında analiz sonucu saptanamamış, bu sebeple istatistik analizi yapılamamıştır. Yalnızca yağ analiz sonucu ortalaması tabloda bilgi amaçlı

olarak verilmiştir. Bunun sebebi, Pirinç kırığının protein değerinin %0,17 gibi düşük bir değer olması sonucu, NIRS cihazının okuma gerçekleştirememesi olabilir.

Tablo 4. Alternatif yem hammaddelerinin, ham yağ (%) ortalama değerleri ve standart sapmaları

	Ham Yağ, %		T-Değeri	P Değeri
	Kimyasal Analiz	NIRS		
İrmik Altı	1,91±0,095	3,71±0,203	-13,22	0,006**
Bulgur Kepeği	5,89±0,071	7,02±0,427	-4,74	0,042*
Mısır Kırması	6,83±0,055	3,90±0,192	34,23	0,001**
Nohut Kırığı	4,59±0,070	6,23±0,367	-7,64	0,017*
Pirinç Kırığı	0,83±0,050	1,28±0,040	-10,37	0,009**
Fasulye Kırığı	1,13±0,079	1,78±0,185	-7,00	0,020*
Mercimek Kırığı	0,753±0,055	1,970±0,183	-13,54	0,005**
Mercimek Kepeği	0,78±0,070	2,57±0,135	-21,95	0,002**

*P<0,05; **P<0,01

Tablo 5. Alternatif yem hammaddelerinin, ham selüloz (%) ortalama değerleri ve standart sapmaları

	Ham Selüloz %		T-Değeri	P Değeri
	Kimyasal Analiz	NIRS		
İrmik Altı	6,08±0,130	3,82±0,072	20,27	0,002**
Bulgur Kepeği	12,70±0,176	9,80±0,442	16,01	0,004**
Mısır Kırması	3,59±0,047	2,24±0,28	9,16	0,012*
Nohut Kırığı	4,75±0,134	2,78±0,245	13,30	0,006**
Pirinç Kırığı	0,17	-	-	-
Fasulye Kırığı	5,19±0,097	3,62±0,204	9,05	0,012*
Mercimek Kırığı	1,53±0,047	0,50±0,076	15,92	0,004**
Mercimek Kepeği	20,59±0,116	12,167±0,325	67,20	0,000**

*P<0,05; **P<0,01

Hammaddelerin ADF değerleri ve standart sapmaları Tablo 6'da yer almaktadır. Sonuçlar incelendiğinde; ADF analiz sonuçları arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0,05). Bu durum, iki yöntemin birbirinden farklı sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, mercimek kırığının NIRS cihazında analiz sonucu saptanamamış, bu sebeple istatistik analizi yapılamamıştır. Fakat, Weende analiz sonucunun ortalaması (%4,65) Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Alternatif yem hammaddelerinin, ADF (%) ortalama değerleri ve standart sapmaları

	ADF, %		T-Değeri	P Değeri
	Kimyasal Analiz	NIRS		
İrmik Altı	7,05±0,292	6,20±0,271	8,21	0,015*
Bulgur Kepeği	17,01±0,426	13,88±0,135	13,93	0,005**
Mısır Kırması	4,84±0,062	3,36±0,138	14,80	0,005**
Nohut Kırığı	6,44±0,209	3,11±0,114	28,82	0,001**
Pirinç Kırığı	1,24±0,121	0,15±0,038	21,76	0,002**
Fasulye Kırığı	9,76±0,234	4,90±0,106	49,35	0,000**
Mercimek Kırığı	4,65	-	-	-
Mercimek Kepeği	30,41±0,885	20,29±0,42	25,59	0,002**

*P<0,05; **P<0,01

Hammaddelerin NDF değerleri ve standart sapmaları Tablo 7'de belirtilmiştir. Ham selüloz ve ADF sonuçlarına benzer şekilde iki yöntem ile elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Pirinç kırığının ve mercimek kırığının ise NIRS cihazında analiz

sonucu saptanamamış ve istatistik analizi yapılamamıştır. Bununla birlikte, Weende analiz sonuç ortalamaları Tablo 8’de verilmiştir.

Kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde, mercimek kepeği ham selüloz içeriği %20,59; ADF içeriği %30,41; NDF içeriği ise %35,62 olarak saptanmıştır (Tablo 5, 6 ve 7). Bu değerler, analizi yapılan alternatif yem kaynakları arasında en yüksek sonuçlar olarak görülmektedir. Kara (2016) yaptığı çalışmada benzer sonuçlar bulmuştur. Bu durum rasyon hazırlama sırasında göz önünde bulundurulması gereken önemli hususlardan biridir. Örneğin; kanatlı hayvanlar için bu yüksek selüloz içeriği bir anti-besleme faktörü olarak ele alınmalı (Şenköylü, 2001) ve rasyonda mercimek kepeğinin kullanım oranını belirlerken dikkate alınmalıdır.

Tablo 7. Alternatif yem hammaddelerinin, NDF (%) ortalama değerleri ve standart sapmaları

	NDF, %		T-Değeri	P Değeri
	Kimyasal Analiz	NIRS		
İrmik Altı	32,18±0,577	19,14±0,459	22,68	0,002**
Bulgur Kepeği	44,67±0,41	35,30±0,585	18,53	0,003**
Mısır Kırmacı	22,30±0,465	10,89±0,466	44,88	0,000**
Nohut Kırığı	21,89±0,815	7,83±0,172	29,97	0,001**
Pirinç Kırığı	11,45	-	-	-
Fasulye Kırığı	23,65±0,597	10,28±0,420	24,07	0,002**
Mercimek Kırığı	22,34	-	-	-
Mercimek Kepeği	35,62±0,381	30,97±0,526	10,81	0,008**

**P<0,01

Endüstri yan ürünü olan hammaddelerin nişasta analiz sonuçları ve standart sapmaları Tablo 8’de verilmiştir. Mısır kırmasında iki yöntem ile elde edilen sonuçlar sırasıyla %50,60 ve 59,08 olarak saptanmıştır, bu sonuçlar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (P>0,05). Fakat, irmik altı, bulgur kepeği, nohut kırığı, pirinç kırığı, fasulye kırığı, mercimek kırığı ve kepeğinin nişasta analiz sonuçları arasındaki fark önemli bulunmuştur (P<0,01).

Tablo 8. Alternatif yem hammaddelerinin, nişasta ortalama değerleri ve standart sapmaları

	Nişasta, %		T-Değeri	P Değeri
	Kimyasal Analiz	NIRS		
İrmik Altı	20,66±0,409	48,03±0,441	-55,76	0,000**
Bulgur Kepeği	0,61±0,172	33,82±0,149	-185,06	0,000**
Mısır Kırmacı	50,60±5,40	59,08±0,40	-2,84	0,105
Nohut Kırığı	21,22±0,300	39,36±0,605	-39,22	0,001**
Pirinç Kırığı	52,11±0,358	72,09±0,917	-27,88	0,001**
Fasulye Kırığı	16,17±0,343	38,47±0,372	-351,13	0,000**
Mercimek Kırığı	26,02±0,262	46,90±0,726	-76,02	0,000**
Mercimek Kepeği	19,61±0,376	8,99±0,135	42,27	0,001**

**P<0,01

Endüstri yan ürünü olan hammaddelerin şeker analiz sonuçları ve standart sapmaları Tablo 9’daki gibi bulunmuştur. İrmik altı, nohut kırığı ve mercimek kepeğinin analiz sonuçları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur (P<0,05). Bulgur kepeği, mısır kırması, pirinç kırığı, fasulye kırığı ve mercimek kırığında ise farklar önemsiz bulunmuştur (P>0,05). Böylece, söz konusu ürünler için iki farklı analiz metodunun şeker analizinde benzer sonuçlar verdiğinden bahsedilebilir.

Tablo 9. Alternatif yem hammaddelerinin, şeker (%) ortalama değerleri ve standart sapmaları

	Şeker, %		T-Değeri	P Değeri
	Kimyasal Analiz	NIRS		
İrmik Altı	4,93±0,184	3,92±0,121	5,73	0,029*
Bulgur Kepeği	5,52±0,370	4,39±0,242	3,92	0,059
Mısır Kırmacı	1,93±0,050	2,15±0,157	-3,62	0,069
Nohut Kırığı	5,19±0,156	4,36±0,329	5,89	0,028*
Pirinç Kırığı	1,42±0,096	0,79±0,176	4,11	0,054
Fasulye Kırığı	4,09±0,159	4,74±0,192	-3,20	0,085
Mercimek Kırığı	2,28±0,241	1,64±0,117	3,78	0,063
Mercimek Kepeği	1,82±0,056	1,27±0,151	4,56	0,045*

*P<0,05

Hammaddelerin iki farklı yöntemle elde edilen analiz sonuçlarından hesaplanan ME (kcal kg⁻¹) değerleri karşılaştırıldığında yalnızca Mısır kırmacı için farklılık istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (P>0,05; Tablo 10). Bunun sebebi olarak, mısır kırmacısının nişasta içeriğinin iki farklı analiz yöntemiyle de benzer sonuç vermesinden kaynaklandığı görülmektedir (Tablo 8). Diğer hammaddeler için farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur (P<0,01).

Tablo 10. Alternatif yem hammaddelerinin, ME ortalama değerleri ve standart sapmaları

	ME (kcal kg ⁻¹ , Kanatlı hayvanlar için)		T-Değeri	P Değeri
	Kimyasal Analiz	NIRS		
İrmik Altı	1794,45±12,6	3059,2±32,3	-48,93	0,000**
Bulgur Kepeği	1332,68±11,7	2812,2±20,3	-229,29	0,000**
Mısır Kırmacı	3140,44±222,0	3211,0±39,0	-0,57	0,628
Nohut Kırığı	2358,65±16,4	3140,6±58,6	-18,49	0,003**
Pirinç Kırığı	2635,13±18,7	3454,7±36,6	-26,51	0,001**
Fasulye Kırığı	1763,25±20,9	2783,9±21,9	-190,26	0,000**
Mercimek Kırığı	2209,78±16,7	3020,5±36,9	-47,87	0,000**
Mercimek Kepeği	1684,68±12,2	1262,1±24,9	21,33	0,002**

**P<0,01

Çalışmada kullanılan tahıl ve baklagil endüstrisi işleme yan ürünlerinin, hayvan beslemede rasyonda kullanım oranları belirlenirken, içerdikleri anti-besleme faktörlerinin de göz önünde bulundurulması yararlı olacaktır (Yalçın, 2013). Fakat, bu tür işleme artığı ve elek-altı materyallerin yemlerde kullanımlarının yaygınlaşması, yem maliyetlerinin azaltılmasına bu sayede ekonomik ve sürdürülebilir bir hayvancılık yapılabilmesine olanak sağlayabilecektir.

NIRS tekniği; hızlı ve doğru sonuç vermesi sayesinde yaygınlaşmış bir tekniktir. Bununla birlikte, cihazın doğru sonuç verebilmesi için temel dayanaklarının cihazın kalibrasyonu, ürünün homojenliği ve selüloz içeriğinin olduğu bildirilmiştir (Pehlevan, 2014). Kullandığımız alternatif yem hammaddelerini temsil edecek uygun kalibrasyonunun yapılamaması ve elek altı ürün olan örneklerin homojen olup olmaması, NIRS sonuçlarının kimyasal analizleri yansıtmamasının sebepleri olabilir. Elbirlik ve Özdoğan (2021), karma yemlerde yürüttükleri çalışmalarında ise NIRS ile yapılan besin madde analizlerinde, örnek sayısının daha yüksek tutulması ve kontrol ayarlarında daha hassas hareket edilmesi gerektiğini, bu sayede yemlerin içeriklerinin daha yüksek doğrulukla tahmin edilebileceğini belirtmişlerdir.

Sonuç ve Öneriler

Çalışmada elde edilen kimyasal ve NIRS analizlerinin karşılaştırmalı sonuçları incelendiğinde; kalibrasyonun, tekerrür sayısının ve materyalin homojenliğinin öneminin ve etkilerinin göz önünde tutulmasının gerekliliği görülmektedir. NIRS cihazının, gıda işleme endüstrisi artık ürünlerini temsil eden örnekler kullanılarak uygun kalibrasyonunun yapılması ile analiz sonuçlarının doğruluğunun arttırılabileceği düşünülmektedir. Gıda endüstrisi yan ürünlerinin, yem hammaddelerine alternatif olarak kullanılması ile ilgili daha fazla çalışmalara ve hayvan denemelerine ihtiyaç bulunmaktadır. Bunun yanısıra, hammaddelerin içeriğinin NIRS ile doğru ve etkili bir şekilde saptanabilmesi için her bir alternatif ürün için daha fazla örnek bilgisinin girilmesi yararlı olacaktır. Araştırmada kullanılan tahıl ve baklagil endüstrisi işleme yan ürünleri ile ilgili literatür taramasında benzeri bir çalışmaya rastlanamamış olup, bulgularımızın sonraki çalışmalara referans olabilme niteliği taşıyacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynakça

- Alçiçek A., Akkan S., Özkan K., Taluğ M., Karaayvaz K., Basmacıoğlu H. Konserve sanayi yan ürünü bezelye artıklarının silolanma imkanı ve yem değeri üzerine bir araştırma. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2002; 39: 72-79.
- Anıl H. Çarşamba ovasında şeker mısırın verim, verim unsurları ile bazı kalite karakterlerine şartın ve farklı ekim zamanlarının etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 63, 1999; Samsun, Türkiye.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Washington D.C., USA, 1997.
- Barber GD., Givens DI., Kridis MS., Offer NW., Murray I. Prediction of the organic matter digestibility of grass silage. Animal Feed Science and Technology 1990; 28: 115-128.
- Carpenter KJ., Clegg KM. The metabolizable energy of poultry feeding stuffs in relation to their chemical composition. Journal of the Science of Food and Agriculture 1956; 7: 45-51.
- Close W., Menke KH. Selected topics in animal nutrition. In: A manual Prepared for the 3rd Hohenheim Course on Animal Nutrition in the Tropics and Semi-tropics (2nd ed.), Universitat, s. 170-185, Hohenheim, 1986.
- Dardenne P., Andrieu J., Barriere Y., Biston R., Demarquilly C., Femenais N., Lila M., Maupetit P., Riviereand F., Ronsin T. Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to

- sheep. II. Prediction of the in vivo organic matter digestibility. *Annales de Zootechnie, INRA/EDP Sciences* 1993; 42: 251-270.
- De Boever JL., Cottyn BG., De Brabander DL., Vanacker JM., Boucque CV. Prediction of the feeding value of maize silages by chemical parameters, in vitro digestibility and NIRS. *Animal Feed Science and Technology* 1997; 66: 211-222.
- Deaville ER., Givens DJ. Regions of normalised near infrared reflectance spectra related to the rumen degradation of fresh grass, grass silage and maize silage. *Animal Feed Science and Technology* 1998; 72: 41-51.
- Düzgüneş O., Kesici T., Gürbüz F., İstatistik Metodlar I. Ankara Üniversitesi Ziraata Fakültesi Yayınları, 861/229. Ankara, 1983.
- Elbirlik O., Özdoğan M. Yem formunun yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi yöntemiyle süt sığırları karma yemlerinin besin madde değerlerine etkisinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 2021; 58: 263-271.
- Grasser LA., Fadel JG., Garnett I., DePeters E. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. *Journal of Dairy Science* 1995; 78: 962-971.
- Güroçak AB., Yeldan M., Işık N. Soya küspesi yerine fındık küspesi kullanılan rasyonların, kasaplık piliçlerin verimine etkileri üzerine bir araştırma. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı* 1982; 30: 469-484.
- İpçak HH., Özürtemen S., Alçiçek A., Özelçam H. Possible usage of alternative protein sources in animal nutrition. *Hayvansal Üretim* 2018; 59: 51-58.
- Kara K. Effect of dietary fibre and condensed tannins concentration from various fibrous feedstuffs on gas production kinetics with rabbit faecal inoculum. *Animal Feed Science and Technology* 2016; 25: 266-272.
- Kirk RS., Sawyer R. *Pearson's Composition and Chemical Analysis of Foods*. 9th Ed. Longman Scientific & Technical. Essex. England, 1991.
- Minitab Statistical Software. Version: 13.2, Minitab Inc., PA, USA, 2000.
- Norris KH., Barnes RF., Moore JE., Shenk JS. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Animal Science* 1976; 43: 889-897.
- Park RS., Gordon FJ., Agnew RE., Barnes RJ., Steen RWJ. The use of near infrared reflectance spectroscopy on dried samples to predict biological parameters of grass silage. *Animal Feed Science and Technology* 1997; 68: 235-246.
- Pehlevan F. Bazı alternatif yemlerin kimyasal kompozisyonunun tahmini için NIRS kullanımı. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, sayfa no: 57, Aydın, Türkiye, 2014.
- Redshaw ES., Mathison GW., Milligan LP., Weisenburger RD. Near infrared reflectance spectroscopy for predicting forage composition and voluntary consumption and digestibility in cattle and sheep. *Canadian Journal of Animal Science* 1986; 66: 103-115.

- Shenk JS., Westerhaus MO. Accuracy of NIRS instruments to analyse forage and grain. *Crop Science* 1985; 25: 1120-1122.
- Soysal Mİ. *Biyometrinin Prensipleri (İstatistik I ve II Ders Notları)*. Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No:95, Ders Notu No:64, Tekirdağ, 2000.
- Stuth J., Jama A., Tolleson D. Direct and indirect means of predicting forage quality through near infrared reflectance spectroscopy. *Field Crops Research* 2003; 84: 45-56.
- Şenköylü N. *Modern Tavuk Üretimi (gözden geçirilmiş ve genişletilmiş) 3. Baskı*, s. 538, Tekirdağ, 2001.
- Türkiyem-Bir (Türkiye Yem Sanayicileri Birliği) *Karma Yem Sanayii Raporu 2019*. Poyraz Ofset Matbaacılık, Ankara, 2019.
- Türkiyem-Bir (Türkiye Yem Sanayicileri Birliği). *Yem AR&GE*. *Yem Magazin* 2020; 89: 22-25.
- Ulyatt MJ., Lee J., Corson D. 1995. Assessing feed quality. *Ruakura Farmers Conference* 1995; 47: 59-62.
- Vasta V., Nudda A., Cannas A., Lanza M., Priolo A. Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. *Animal Feed Science and Technology* 2008; 147: 223-246.
- Williams PC., Sobering D. 1993. Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 1993; 1: 25-32.
- Yalçın S. *Yemlerde antinutrisyonel faktörler. Yemler ve Yem Hijyeni ve Teknolojisi, Genişletilmiş 5. Baskı*, s.261-286, Ankara Üniv., Veteriner Fakültesi, Ankara, 2013.
- Yaralı E. *Tahıl teknolojisi II, Ders Notları*. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, <https://akademik.adu.edu.tr/myo/cine/webfolders/File/ders%20notlari/Tahil%20Teknolojisi%20II.pdf>, 2018 (Erişim tarihi: Ocak 2021).