



Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt 3 - Sayı 1: 32-42 / Ocak 2020
(Volume 3 - Issue 1: 32-42 / January 2020)

KANATLI BESLEMEDE KULLANILAN BAZI YEM HAMMADDELERİNİN KİMYASAL VE NEAR INFRARED REFLEKTANS SPEKTROSKOPİ (NIRS) YÖNTEMİ İLE BESİN MADDE KOMPOZİSYONLARININ BELİRLENMESİ

Serhan PEHLİVANOĞLU¹, Mesut KARAMAN^{1*}

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 46100, Kahramanmaraş,
Türkiye

Gönderi: 07 Ağustos 2019; **Kabul:** 19 Eylül 2019; **Yayınlanma:** 01 Ocak 2020
(**Received:** August 07, 2019; **Accepted:** September 19, 2019; **Published:** January 01, 2020)

Özet

Bu çalışmada amaç, kanatlı beslemede yoğun olarak kullanılan bazı yem hammaddelerinin kimyasal ve NIRS yöntemi kullanılarak besin kompozisyonlarını belirlemek ve iki metot arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktır. Çalışmada; 14 farklı yem hammaddesi kullanılmıştır. Her iki yöntemle de belirlenen; rutubet, ham protein, ham selüloz, ham yağ, kül miktarı ve nişasta içerikleri bakımından sonuçlar birbirlerine çok yakın ve aralarında yüksek düzeyde ilişki bulunmuştur ($R^2= 0,931; 0,990; 0,993; 0,990; 0,970; 0,980$). Ancak analizi yapılan yem hammaddelerinin ADF ve NDF içerikleri bakımından karşılaştırıldığında elde edilen ilişki ($R^2=0,329$ ve $0,339$) düşük bulunmuştur. Sonuç olarak; NIRS cihazının çalışma prensibine göre, besin madde analizleri yönünden yeterince referans değerler girilip kalibrasyon yapıldığı takdirde, kanatlı beslemede kullanılan yem hammaddelerinin kompozisyonlarına ait bilgilerin NIRS yöntemi ile hızlı, güvenilir ve ekonomik bir şekilde elde edilebileceği ön görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Yem hammaddeleri, Kanatlı besleme, NIRS, Kimyasal analiz

Determination of Nutritive Value of Some Feedstuffs Used in Poultry Nutrition by Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) and Chemical Methods


Abstract: The aim of the experiment was to determine the chemical composition of some feed stuffs used for animal nutrition by chemical and near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) methods and also find out the relationship between two methods. As materials, 14 different feedstuffs were used in the study. Although there were significant relationships ($R^2= 0.931, 0.990, 0.993, 0.990, 0.970, 0.980$) between two methods in terms of the contents of moisture, crude protein, crude cellulose, crude fat, and starch and crude ash contents. Although comparison of feedstuffs that were analyzed in terms of ADF and NDF contents, the relationships ($R^2=0.329$ and 0.339) were found insignificant. As a


result, if calibration of NIRS was done accurately for analyzes and also NIRS needs more information in its library for more accurate/precise estimation of nutrition contents. Therefore, this study clearly showed that the chemical composition of diets used for poultry nutrition could be estimated readily and cheaply with the aid of NIRS.

Keywords: Feedstuff, Poultry nutrition NIRS, Chemical methods

*Corresponding author: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, 46100, Kahramanmaraş, Türkiye

E mail: karaman@ksu.edu.tr (M. KARAMAN)

Serhan PEHLİVANOĞLU  <https://orcid.org/0000-0001-6154-8940>

Mesut KARAMAN  <https://orcid.org/0000-0001-6154-8940>

Cite as: Pehlivanoğlu S, Karaman M. 2020. Determination of nutritive value of some feedstuffs used in poultry nutrition by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) and chemical methods. *BSJ Agri*, 3(1): 32-42.

1. Giriş

Hayvansal üretimin artırılmasında temel prensip yüksek genetik kapasiteli hayvanların seçilmesi ve bu hayvanların ekonomik bir şekilde yeterli ve dengeli rasyonlarla beslenmesidir. Kanatlılarda yetersiz ve dengesiz beslemeye bağlı olarak sağlık problemlerinin oluşmaması ve daha fazla ürün elde edilebilmesi için dengeli rasyonların kullanılması şarttır. Hayvancılıkta, özellikle kümes hayvanlarının besin madde ihtiyaçlarının karşılanmasında hazırlanan rasyonlarda çok sayıda yem hammaddesinin kullanılması gerekmektedir. Dengeli rasyonların hazırlanabilmesi için yem hammaddelerinin besin maddeleri içeriklerinin de bilinmesi gerekmektedir. Diğer taraftan son tüketicilerinin insanlar olması ve insan sağlığını dolaylı veya direkt etkileme potansiyelinin olması nedeniyle özellikle çiftlik hayvanlarının beslenmesi amacıyla hazırlanan rasyonların elde edilmesinde kullanılan yem ham maddelerinin besin içeriklerinin belirlenmesi önem taşımaktadır.

Son dönemlerde yem hammaddelerinin analizlerinde hızlı, güvenilir ve çevreye zarar vermeyen yeni teknolojilere olan ilgi hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak geleneksel metotlar (kimyasal analiz) yerlerini bu teknolojik analiz metotlarına bırakmaktadır. Çünkü çoğu cihaza bağımlı olan ve kimyasallara ihtiyaç duyulan geleneksel metotlar zaman alıcı metotlar olup çok fazla işgücüne ihtiyaç duymaktadır. Gelişen teknolojilerle yemlerin analizinde, kimyasal maddeye gereksinim duyulmadan, kısa sürede sonuç olarak ve daha az iş gücü kullanılarak yem hammaddelerinin besin madde analizleri yapılmaktadır. Günümüz şartlarında geleneksel olarak kullanılan kimyasal metotlara alternatif olarak yaygın kullanım alanı olan yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS) tekniği ön plana çıkmaya başlamıştır (Daviesand Grant; 1987). Örneğin süt kalitesi ve kompozisyonu (Mabood ve ark., 2017), farklı etlerin kalite kontrolü ve sığırlarda idrar kompozisyonunun analiz edilmesine kadar hayvansal üretime yönelik çok sayıda parametrenin hesaplanmasında hızlı ve ekonomik bir yöntem olarak ön plana çıkmaya başlamıştır (Prado ve ark, 2010; Zamora-Rojas ve ark., 2012; Cabassi ve ark, 2015). Buna benzer hayvan beslemede kullanılan yemlerin kimyasal analizlerine alternatif olarak yem kalitesi ve kompozisyonlarının belirlenmesine yönelik NIRS sisteminin kullanılması son yıllarda hızla yaygınlaşmaktadır (Modrono ve ark., 2017).

Spektroskopi, analiz edilecek bir örnekle elektromanyetik radyasyonun etkileşimine dayanmaktadır. Elektromanyetik spektrumun NIR bölgesi görünür ve kızılötesi bölge genellikle bir dalga boyu (700-3000 nm) ile tanımlanır. Bununla birlikte, bu tekniğin analitik uygulaması 1100 ila 2500 nm dalga boyu arasındadır (Deaville ve Flinn, 2001). NIRS'in temel prensibi, elektromanyetik radyasyonun organik madde ile etkileşiminden kaynaklanan spektrumların üretimini, kaydedilmesini ve yorumlanmasını içermektedir (Manley ve ark., 2008). Atık oluşturmayan, daha hızlı ve ucuz olan NIRS yönteminin kimyasal analiz yöntemlerine göre daha büyük avantajlar sağladığı görülmüştür. Yapılan çalışmalarda çeşitli yem hammaddelerin besin değerini belirlemek için NIRS kalibrasyonlarının önemli ölçüde iyileştirildiği görülmüştür (Black ve ark., 2014).

NIRS dolaylı bir yöntem olup, yem veya yem hammaddelerinin analiz sonuçlarının doğruluğu büyük ölçüde referans yöntemin doğruluğuna bağlıdır. Bu ise NIRS cihazı ile yapılan ölçümlerin yüksek doğrulukta gerçekleştirilmesi için cihazın kalibrasyonunun tam olmasını gerektirir. Dolayısıyla güvenilir kalibrasyon modellerinin oluşturulması oldukça önemlidir. Analizlerde standart veya referans analizlere bağımlılık söz konusu olduğundan sabit bir kalibrasyon modeli oluşturmada bazı zorluklar yaşanmaktadır. Bunun için son zamanlarda NIRS uygulamalarında kemometriyle birleştirilen birçok kalibrasyon modeli geliştirilmiştir. Zira kemometrik tekniklerin spektral analizlerde kullanımını konu eden araştırmalarda, farklı ön işlem, dalga boyu seçimi ve regresyon yöntemi kombinasyonlarının tahmin gücüne farklı şekilde etki ettiği görülmüştür (Li ve ark., 2009).

NIRS kalibrasyon modellerinin güvenilirlikleri ile ilgili olarak R^2 (belirtme katsayısı) ve RPD (performansın sapmaya oranı) değerlerine göre farklı değerlendirmeler yapılmıştır. Williams ve Sobering (1996) güvenilir bir kalibrasyon modelinde RPD değerinin en az 3 olması gerektiğini vurgulamıştır. Williams ve Norris (2001) ise RPD değerinin 2,4'ten yüksek olması durumunda oluşturulan modelin ancak yeterli bir güvenilirlik sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Galvez-Sola ve ark. (2010) ise R^2 ve RPD değerlerini birlikte dikkate almak suretiyle başarılı bir kalibrasyon modelinde R^2 değerinin 0,90-2,95 arasında, RPD değerinin ise 3-4 arasında olması gerektiği vurgulamışlardır. Tüm bu değerlendirmeler ışığında transforme edilmiş verilerle oluşturulan modelin,

kalibrasyon ve doğrulama setlerinde yüksek R² (>0,90) ve RPD (>3) değeri ile başarılı tahminler ortaya koyduğu görülmektedir.

Tüm bu bilgiler ışığında yapılan çalışmanın amacı, kanatlı beslemede kullanılan bazı yem hammaddelerinin kimyasal ve NIRS yöntemi kullanarak besin kompozisyonlarını belirlemek ve bu iki metodoloji arasındaki ilişkiyi tespit etmektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Araştırmada yem hammaddeleri materyali olarak, soya küspesi, arpa, buğday, kırık buğday, mısır, mısır küspesi, tam yağlı soya, ay çiçek küspesi, buğday kepeği, DDGS (Distillers Dried Grains with Solubles) mısır, buğday razmolu, makarna kepeği, bon kalite un ve irmik altı un kullanılmıştır. Araştırmanın temel materyalini oluşturan bu yem hammaddeleri özel sektörde faaliyet gösteren bir yem fabrikasında kullanılan yem hammaddelerinden tesadüfî olarak temin edilmiş ve analizleri yapılmıştır. Araştırmada materyal olarak kullanılan alet ve ekipmanlar; NIRS cihazı, etüv, yaş yakma ünitesi, destilasyon cihazı, titrasyon ünitesi, selüloz cihazı, soxhlet, kül fırını, polarimetre, öğütücü, saf su cihazı, desikatör ve hassas teraziden oluşmuştur.

2.2. Metot

Kimyasal ve NIRS yöntemiyle gerçekleştirilen analizler için her bir hammadde örneğine ait her tekerrür için tesadüfî olarak 1 kg numune yem hammaddesi alınmıştır. Analiz edilecek olan tüm yem hammaddeleri laboratuara alınarak burada 1mm elekten geçecek şekilde öğütülmüş ve örnekler 3 tekerrür halinde analiz edilmiştir.

Kimyasal metot ile yem hammaddelerinin analizi Araştırmada kimyasal analizler için TSE'nin belirlemiş olduğu yöntemler kullanılmıştır. Nem tayini (TSE 6318), ham kül (TSE ISO 5984), ham yağ (TS 6317), ham protein (Kjedeldahl yöntemi), ham selüloz (TSE 4966), nişasta(TSE ISO6493),ADF (Weende, 1989) ve NDF(Weende, 1989) yöntemleri kullanılmıştır. Örneklerin nişasta içerikleri ise MEGEP (2016) yöntemi kullanılarak polarimetrik olarak belirlenmiştir.

Alınan örneklerin kimyasal içeriklerinin belirlenmesi amacıyla kuru madde oranının belirlenmesi için her tekerrürden 5gr örnek alınarak etüv yardımıyla (105 °C' de 24 saat) tayinler yapılmıştır. Örneklerin ham kül analizi için ise 3 gr numune tartılıp kül fırınında 550 °C 2 saat yakma ile analiz gerçekleştirilmiştir. Ham yağ analizleri 3 gr numune kullanılarak soxhlet sistemi yardımıyla yapılmıştır. Ham protein analizi kjedeldahl metoduyla her bir tekerrür için 1 gr numune kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ham selüloz analizi için 1 gr numune hazırlanıp analize tabi tutulurken, nişasta analizi için 2,5gr numune kullanılarak polarimetrik yöntemlerle analiz edilmiştir. (AOAC, 1990; MEGEP, 2016). Araştırma kapsamında kullanılan yem hammaddelerinin ADF (acid detergent fibre) ve NDF (neutral detergent fibre) içeriklerinin belirlenmesi amacıyla 5gr örnek analize tabi tutulmuştur.

NIRS metodu ile yem hammaddelerinin analiz edilmesi Araştırmada NIRS (near infrared spectroscopy) cihazının (özel bir yem fabrikası) belleğinde yer alan referans besin madde değerleri kullanmak suretiyle yem hammaddelerinde ilgili besin madde analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan NIRS cihazında (FOSS 6500) analize alınan örnekler cihazın numune yerleştirme kapsülüne yerleştirilmiştir. Numune koyma kapsülü sabit hacimli olduğundan, numune miktarları materyalin özgül ağırlığına göre 15-20gr arasında değişiklik göstermiştir.

2.2.3. İstatistik analiz

Her iki metotla analiz edilen yem hammaddelerine ait ortalamalar hesaplanmış ve ortalamalar arasındaki fark T testiyle, ilişki regresyon denklemleriyle belirlenmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Nem Analizleri

Yem hammaddelerinde yapılan nem analizi sonuçları Tablo 1.'de verilmiştir. NIRS ve kimyasal analizler sonucu elde edilen değerlerin birbirlerine oldukça yakın ve Feedstuffs (2015) tarafından açıklanan nem değerleri ile uyum içerisinde olduğu gözlenmektedir.

Tablo 1. Kimyasal ve NIRS yöntemiyle yapılan nem analiz sonuçları (%).

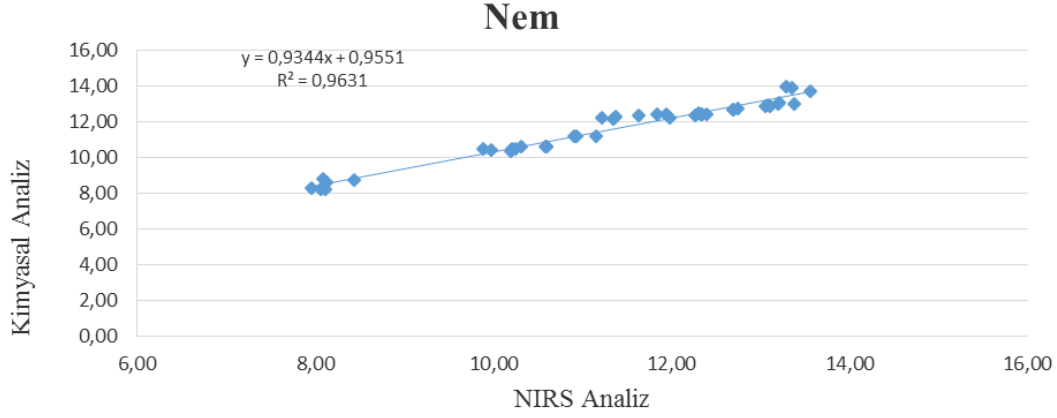
| | | Kimyasal | NIRS | P | |
|------------------|------------------------|----------------|----------------|--------|----|
| Yem Hammaddeleri | Soya Küspesi | 11,956± 0,398 | 12,350± 0,035 | 0,2103 | |
| | Arpa | 10,596 ± 0,006 | 10,590± 0,026 | 0,7538 | |
| | Buğday | 10,220± 0,026 | 10,403± 0,083 | 0,0377 | * |
| | Kırık Buğday | 11,000± 0,131 | 11,190± 0,010 | 0,1307 | |
| | Mısır | 12,330± 0,020 | 12,433± 0,049 | 0,1193 | |
| | Mısır Küspesi | 11,313± 0,081 | 12,203± 0,067 | 0,0022 | ** |
| | Tam Yağlı Soya Küspesi | 8,043 ± 0,076 | 8,216± 0,038 | 0,1185 | |
| | Ayçiçeği Küspesi | 8,216 ± 0,194 | 8,703 ± 0,081 | 0,0450 | * |
| | Buğday Kepeği | 12,710± 0,026 | 12,670 ± 0,036 | 0,0202 | * |
| | DDGS Mısır | 10,056± 0,225 | 10,470 ± 0,082 | 0,0465 | * |
| | Buğday Razmolu | 12,063± 0,180 | 12,330± 0,108 | 0,1444 | |
| | Makarna Kepeği | 13,083± 0,025 | 12,846 ± 0,029 | 0,0096 | ** |
| | Bon Kalite Un | 13,263 ± 0,101 | 12,990 ± 0,035 | 0,0595 | |
| | İrmik Altı Un | 13,400± 0,142 | 13,840 ± 0,135 | 0,1092 | |

* = < 0,05; ** = < 0,01

İstatistikî olarak iki yönteme ilişkin nem değerleri arasındaki fark, buğday, ayçiçeği küspesi, buğday kepeği, DDGS mısır ($p<0,05$), mısır küspesi ve makarna kepeğinde önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Soya küspesi, arpa, kırık buğday, mısır, tam yağlı soya, buğday Razmolu, bon kalite un ve irmik altı unda ise önemsiz ($p>0,05$)

bulunmuştur.

Nem değerlerinin arasındaki istatistikî farkın önemli olmasında söz konusu hammaddelerin fiziksel yapılarının etkili olabileceği düşünülmektedir. Kimyasal analiz ve NIRS analizi ile elde edilen nem analizleri arasında ki korelasyon ve regresyon denklemi Şekil 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Nem regresyon denklemi.

Bu iki yöntem arasında lineer bir ilişki olduğu bulunmuştur ve R^2 değeri 0,93 olarak hesaplanmıştır. Araştırmada saptanan R^2 değeri (0,93), Cogdill ve ark. (2004) tarafından yapılan NIRS analizi çalışmasına ait R^2 değerinden (0,88) daha yüksek bulunmuştur.

Nem içeriğinin tespiti amacıyla tane mısırdaki yürütülen önceki çalışmalarda regresyon katsayıları (R^2) değişkenlik göstermiştir. Welle ve ark. (2005) tarafından yürütülen bir araştırmada mısırın nem analizine ilişkin R^2 değerleri 0,92 ile 0,98 arasında bulunmuştur. Norimi ve ark. (2012) 300 nm ile 800 nm arasında aldıkları spektrumlarla oluşturdukları tahmin modellerinde ise R^2 değerini $>0,96$ bulmuşlardır.

Soya küspesinin NIRS kuru madde R^2 değerini 0,97 ve ayçiçeği küspesinin 0,99 (Fontaine ve ark., 2001), arpanın 0,86, buğday ve buğday kepeğinin 0,80 olarak (Dolores ve ark., 2004) bildirmişlerdir. Kalibrasyonu tam olan NIRS cihazında yapılan nem analizinde mısır ve buğdayın R^2 değerlerinin 1, arpa ile soya fasulyesi küspesinin 0,99, buğday kepeğinin ise 0,85 olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar araştırma bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

3.2. Ham Protein Analizleri

Her iki yönteme ait ham protein analiz sonuçları Tablo 2.'de verilmiştir. Buna göre NIRS ve kimyasal analiz sonuçlarının rakamsal olarak birbirlerine oldukça yakın olduğu gözlenmiştir. Ancak kepekler ve unlu mamullerin NIRS ham protein değerlerinin kimyasal yöntemle göre bulunan ham protein analiz sonuçlarından istatistikî olarak daha düşük olduğu belirlenmiştir.

İki yönteme ilişkin ham protein değerleri arasındaki fark, arpa, kırık buğday, mısır küspesi, buğday kepeği, DDGS (mısır), makarna kepeği, bonkalite un, irmik altı unda önemli ($p<0,05$), buğday, tam yağlı soya ve buğday razmolunda ise çok önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Soya küspesi, mısır ve ayçiçeği küspesinde ise önemsiz

($p>0,05$) bulunmuştur.

Yem hammaddelerinin ham protein değerleri materyalin farklılığına göre en yüksek %46, en düşük %6 olarak belirlenmiştir. Kimyasal ve NIRS analizi ile elde edilen ham protein değerleri arasındaki korelasyon ve regresyon denklemi Şekil 2'de verilmiştir.

Buna göre iki yöntem arasında lineer bir ilişki olduğu görülmüştür. R^2 değeri 0,99 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar; ham protein analizinde soya küspesinin R^2 değeri 0,99 Kryeziu ve ark. (2007), ATK'nın 0,99 Fontaine ve ark. (2001), mısırın 0,92-0,98 Welle ve ark. (2005), tarafından yapılan çalışmalara benzerlik göstermektedir. Arpa, buğday ve buğday kepeğinin R^2 değerinin 0,86 olduğu çalışma sonucundan ise yüksek bulunmuştur.

3.3. Ham Selüloz Analizleri

Her iki yöntemle yapılan ham selüloz analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Ham selüloz değerleri en yüksek %20, en düşük %0,1 olarak belirlenmiştir. Bu değerler, Feedstuffs (2015) tarafından açıklanan ham selüloz analiz değerleriyle benzerlik göstermiştir.

Tablo 3'e göre, iki yönteme ilişkin ham selüloz değerleri arasındaki fark, mısır, buğday Razmolu ($p<0,05$), mısır küspesi ve tam yağlı soya da önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Soya küspesi, arpa, buğday, kırık buğday, ayçiçeği küspesi, buğday kepeği, DDGS mısır, makarna kepeği, bonkalite un ve irmik altı un da ise önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Kimyasal analizler ve NIRS analizi ile elde edilen ham selüloz değerleri arasında ki korelasyon ve regresyon denklemi Şekil 3'te verilmiştir.

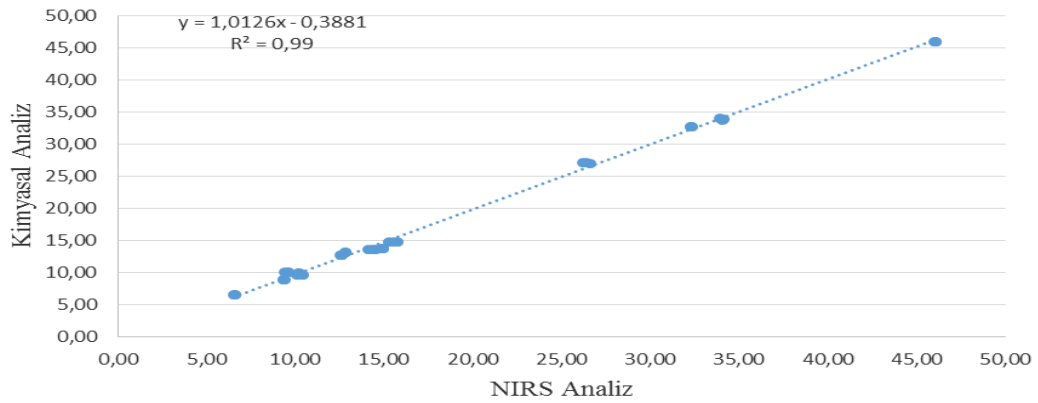
Bu iki yöntem arasında lineer bir ilişki olduğu saptanmış ve R^2 değeri ise 0,993 olarak oldukça yüksek bulunmuştur. Boover ve ark. (1995) ham selüloz içeriklerini belirlerken elde ettikleri R^2 değerleri sırasıyla 0,95 ve 0,92 olarak bildirmişlerdir. Bu sonuçlar araştırmada bulunan değerler ile uyum içindedir.

Tablo 2. Kimyasal ve NIRS yöntemiyle yapılan ham protein analiz sonuçları (%).

| | Kimyasal | NIRS | P | |
|------------------------|----------------|----------------|--------|----|
| Soya Küspesi | 46,066± 0,045 | 46,013± 0,045 | 0,3435 | |
| Arpa | 9,566± 0,112 | 10,090± 0,017 | 0,0195 | * |
| Buğday | 12,826± 0,025 | 13,126± 0,012 | 0,0026 | ** |
| Kırık Buğday | 12,603± 0,040 | 12,750 ± 0,017 | 0,0258 | * |
| Mısır | 6,600 ± 0,056 | 6,593 ± 0,012 | 0,8620 | |
| Mısır Küspesi | 9,363 ± 0,041 | 8,906 ± 0,042 | 0,0103 | * |
| Tam Yağlı Soya Küspesi | 32,316 ± 0,038 | 32,783 ± 0,021 | 0,0014 | ** |
| Ayçiçeği Küspesi | 34,050 ± 0,095 | 33,930 ± 0,092 | 0,2937 | |
| Buğday Kepeği | 15,556 ± 0,235 | 14,756 ± 0,025 | 0,0244 | * |
| DDGS Mısır | 26,420 ± 0,200 | 27,123 ± 0,057 | 0,0413 | * |
| Buğday Razmolu | 14,926 ± 0,031 | 13,753 ± 0,021 | 0,0006 | ** |
| Makarna Kepeği | 14,350 ± 0,190 | 13,556 ± 0,006 | 0,0185 | * |
| Bon Kalite Un | 10,216 ± 0,051 | 9,976 ± 0,049 | 0,0367 | * |
| İrmik Altı Un | 10,296± 0,155 | 9,959 ± 0,015 | 0,0134 | * |

* = < 0,05; ** = < 0,01

Ham Protein

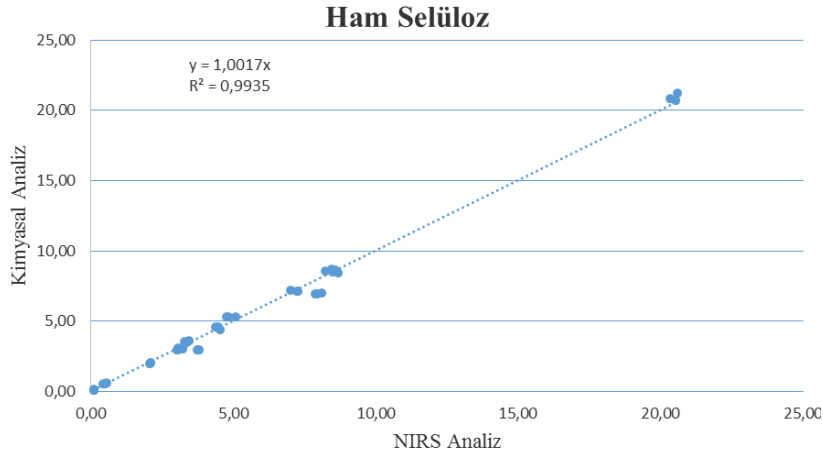


Şekil 2. Ham protein regresyon denklemi.

Tablo 3. Kimyasal ve NIRS yöntemiyle yapılan ham selüloz analiz sonuçları (%).

| | Kimyasal | NIRS | P | |
|------------------------|----------------|----------------|--------|----|
| Soya Küspesi | 4,450±0,085 | 4,513± 0,090 | 0,5746 | |
| Arpa | 4,480± 0,168 | 5,300 ± 0,017 | 0,0563 | |
| Buğday | 3,040± 0,020 | 2,996± 0,055 | 0,2044 | |
| Kırık Buğday | 3,363± 0,075 | 3,543 ± 0,055 | 0,0701 | |
| Mısır | 2,080± 0,020 | 2,026 ± 0,015 | 0,0263 | * |
| Mısır Küspesi | 3,760± 0,046 | 2,973± 0,012 | 0,0017 | ** |
| Tam Yağlı Soya Küspesi | 7,966± 0,100 | 6,950 ± 0,030 | 0,0026 | ** |
| Ayçiçeği Küspesi | 20,483 ± 0,129 | 20,923 ± 0,294 | 0,0963 | |
| Buğday Kepeği | 8,463 ± 0,225 | 8,496 ± 0,051 | 0,8532 | |
| DDGS Mısır | 7,170 ± 0,132 | 7,156 ± 0,031 | 0,8981 | |
| Buğday Razmolu | 3,200± 0,026 | 3,046 ± 0,032 | 0,0404 | * |
| Makarna Kepeği | 8,520 ± 0,070 | 8,640 ± 0,035 | 0,1771 | |
| Bon Kalite Un | 0,483 ± 0,067 | 0,556 ± 0,046 | 0,1063 | |
| İrmik Altı Un | 0,100 ± 0,000 | 0,100 ± 0,040 | 1,0000 | |

* = < 0,05; ** = < 0,01



Şekil 3. Ham selüloz regresyon denklemi.

3.4. Ham Yağ Analizleri

Ham yağ analiz sonuçları Tablo 4.'te verilmiştir. Buna göre NIRS ve kimyasal analizler sonucu elde edilen değerlerin rakamsal olarak yakın olduğu gözlenmiştir.

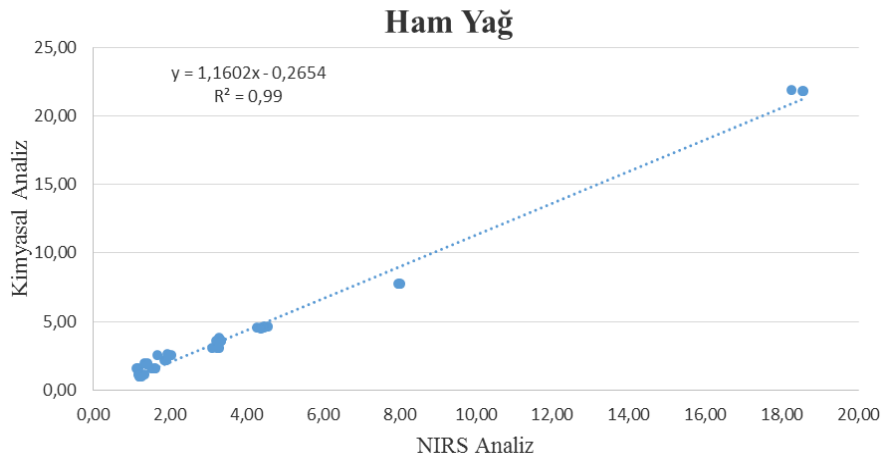
Tablo 4.'te iki yöntemle ilişkin ham yağ değerleri arasındaki fark, bonkalite un, buğday Razmolu, kırık buğday ($p < 0,05$), soya küspesi, buğday, tam yağlı soya, ayçiçeği küspesi, buğday kepeği ve DDGS mısır önemli

($p < 0,01$) bulunmuştur. İrmik altı un, makarna kepeği, mısır küspesi, mısır ve arpa önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur. Tablo 4'te tam yağlı soya ve DDGS mısır ham yağ bakımından en yüksek değerleri alırken, küspe grupları en düşük değerleri almıştır. Yağ analizlerle ve NIRS analizi ile elde edilen ham yağ analizleri arasında ki korelasyon ve regresyon denklemi, Şekil 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Kimyasal ve NIRS yöntemiyle yapılan ham yağ analiz sonuçları (%).

| | Kimyasal | NIRS | P | |
|------------------------|----------------|----------------|--------|----|
| Soya Küspesi | 1,160±0,030 | 1,566 ± 0,006 | 0,0013 | ** |
| Arpa | 1,593 ± 0,064 | 1,573 ± 0,006 | 0,6349 | |
| Buğday | 1,896 ± 0,031 | 2,163 ± 0,015 | 0,0094 | ** |
| Kırık Buğday | 1,900 ± 0,197 | 2,560 ± 0,017 | 0,0274 | * |
| Mısır | 3,220 ± 0,089 | 3,036 ± 0,012 | 0,0665 | |
| Mısır Küspesi | 4,440 ± 0,147 | 4,570± 0,010 | 0,2431 | |
| Tam Yağlı Soya Küspesi | 18,473 ± 0,177 | 21,806 ± 0,021 | 0,0012 | ** |
| Ayçiçeği Küspesi | 1,226 ± 0,029 | 0,956 ± 0,012 | 0,0014 | ** |
| Buğday Kepeği | 3,303 ± 0,006 | 3,750 ± 0,017 | 0,0002 | ** |
| DDGS Mısır | 8,010 ± 0,036 | 7,710 ± 0,017 | 0,0015 | ** |
| Buğday Razmolu | 3,306 ± 0,067 | 3,566 ± 0,032 | 0,0368 | * |
| Makarna Kepeği | 4,423 ± 0,040 | 4,520 ± 0,036 | 0,0713 | |
| Bon Kalite Un | 1,390 ± 0,040 | 1,890 ± 0,010 | 0,0017 | * |
| İrmik Altı Un | 1,253 ± 0,092 | 1,116 ± 0,006 | 0,1184 | |

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



Şekil 4. Ham yağ regresyon denklemi.

Bu iki yöntem arasında lineer bir ilişki olduğu bulunmuştur ve R² değeri ise 0,99 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç Swart ve ark. (2012) ve Boover ve ark. (1995)'nin bildirdiği değerlerle uyum içerisindedir.

3.5. Ham Kül Analizleri

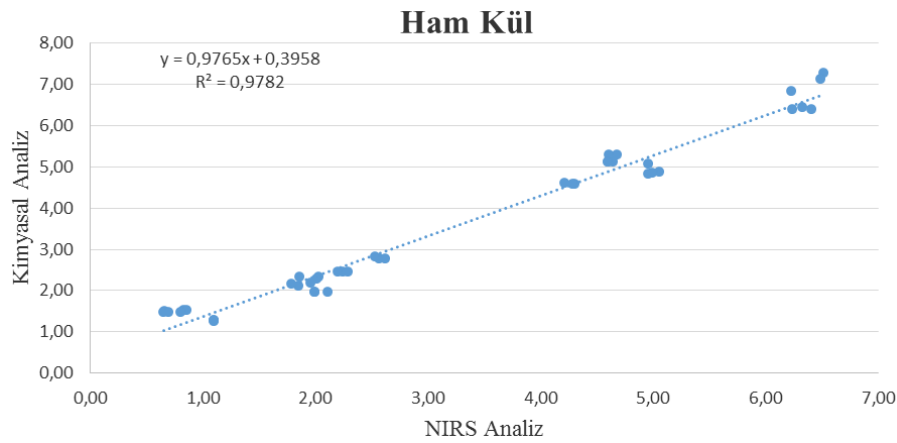
Ham kül analiz sonuçları Tablo 5.'de karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. Bu Tabloya göre NIRS ve kimyasal analizler sonucu elde edilen sonuçlarının birbirlerine yakın olduğu gözlenmiştir. Ham kül bakımından küspe grupları % 6,326 ve 6,413 gibi yüksek değerler alırken un grupları % 0,670 ve 0,830 gibi en düşük değerleri almıştır. Diğer materyaller ise bu değerler arasında sıralanmıştır.

İki yöntemle ilişkin ham kül değerleri arasındaki fark, buğday, kırık buğday, tam yağlı soya, buğday Razmolu, makarna kepeği (p<0,05), arpa, mısır, ayçiçeği küspesi, DDGS mısır, bonkalite un ve irmik altı un da önemli (p<0,01) önemli bulunmuştur. Soya küspesi, mısır küspesi ve buğday kepeğin de ise önemsiz (p>0,05) bulunmuştur. Yaş analizlerle ve NIRS analizi ile elde edilen ham kül analizleri arasında ki korelasyon ve regresyon denklemi Şekil 5.'te verilmiştir. Bu iki yöntem arasında lineer bir ilişki olduğu gözlemlenmiş ve R² değeri ise 0,97 olarak bulunmuştur.

Tablo 5. Kimyasal ve NIRS yöntemiyle yapılan ham kül analiz sonuçları (%).

| | Kimyasal | NIRS | P | |
|------------------------|---------------|---------------|--------|----|
| Soya Küspesi | 6,326 ± 0,085 | 6,410 ± 0,026 | 0,2252 | |
| Arpa | 2,246 ± 0,045 | 2,450 ± 0,010 | 0,0098 | ** |
| Buğday | 1,866 ± 0,086 | 2,143 ± 0,031 | 0,0245 | * |
| Kırık Buğday | 1,966 ± 0,093 | 2,313 ± 0,021 | 0,0303 | * |
| Mısır | 1,100 ± 0,000 | 1,270 ± 0,010 | 0,0012 | ** |
| Mısır Küspesi | 2,036 ± 0,064 | 1,963 ± 0,006 | 0,1967 | |
| Tam Yağlı Soya Küspesi | 5,006 ± 0,050 | 4,850 ± 0,020 | 0,0124 | * |
| Ayçiçeği Küspesi | 6,413 ± 0,159 | 7,073 ± 0,221 | 0,0040 | ** |
| Buğday Kepeği | 4,736 ± 0,195 | 5,103 ± 0,021 | 0,0977 | |
| DDGS Mısır | 4,630 ± 0,044 | 5,233 ± 0,098 | 0,0058 | ** |
| Buğday Razmolu | 2,573 ± 0,045 | 2,786 ± 0,031 | 0,0323 | * |
| Makarna Kepeği | 4,273 ± 0,047 | 4,583 ± 0,015 | 0,0133 | * |
| Bon Kalite Un | 0,830 ± 0,030 | 1,510 ± 0,035 | 0,0002 | ** |
| İrmik Altı Un | 0,670 ± 0,026 | 1,480 ± 0,010 | 0,0004 | ** |

* = < 0,05; ** = < 0,01



Şekil 5. Ham kül regresyon denklemi.

3.6. Nişasta Analizleri

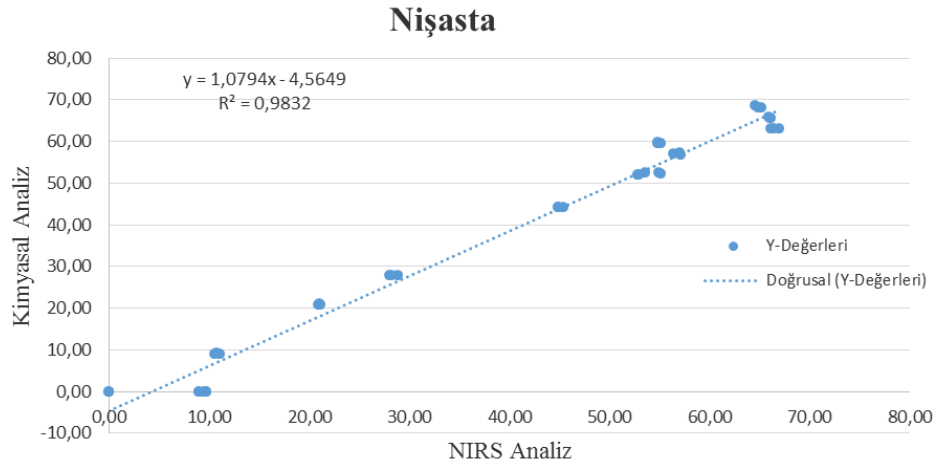
Nişasta analiz sonuçları Tablo 6.'da verilmiştir. Tablo 6. 'ya göre nişasta değerleri en yüksek %66, en düşük %9 olarak belirlenmiştir. İki yöntemle ilişkin nişasta değerleri arasındaki fark, buğday Razmolu (p<0,05), soya küspesi, arpa, mısır, mısır küspesi, tam yağlı soya, ayçiçeği küspesi, DDGS mısır ve bonkalite un da önemli (p<0,01) bulunmuştur. Buğday, kırık buğday, buğday kepeği,

makarna kepeği, irmik altı un da ise önemsiz (p>0,05) bulunmuş, iki farklı metotla elde edilen nişasta değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür. Kimyasal analizler ve NIRS analiz yöntemi arasında lineer bir ilişki olduğu belirlenmiş ve R² değeri 0,983 olarak bulunmuştur. Bu yüksek R² değeri her iki yöntemin birbirinin yerine kullanılabileceğini göstermektedir.

Tablo 6. Kimyasal ve NIRS yöntemiyle yapılan nişasta analiz sonuçları (%).

| | Kimyasal | NIRS | P | | |
|------------------|------------------------|----------------|----------------|--------|----|
| Yem Hammaddeleri | Soya Küspesi | 9,150 ± 0,279 | 0,000 ± 0,000 | 0,0003 | ** |
| | Arpa | 52,870 ± 0,079 | 51,903 ± 0,035 | 0,0025 | ** |
| | Buğday | 56,830 ± 0,410 | 56,990 ± 0,174 | 0,5557 | |
| | Kırık Buğday | 54,543 ± 0,884 | 52,420 ± 0,185 | 0,0740 | |
| | Mısır | 64,906 ± 0,307 | 68,233 ± 0,244 | 0,0076 | ** |
| | Mısır Küspesi | 54,923 ± 0,155 | 59,576 ± 0,121 | 0,0003 | ** |
| | Tam Yağlı Soya Küspesi | 9,673 ± 0,070 | 0,000 ± 0,000 | 0,0000 | ** |
| | Ayçiçeği Küspesi | 0,000 ± 0,000 | 0,000 ± 0,000 | 0,0000 | ** |
| | Buğday Kepeği | 21,013 ± 0,087 | 20,803 ± 0,102 | 0,1217 | |
| | DDGS Mısır | 10,806 ± 0,287 | 9,033 ± 0,071 | 0,0081 | ** |
| | Buğday Razmolu | 45,066 ± 0,272 | 44,250 ± 0,052 | 0,0417 | * |
| | Makarna Kepeği | 28,340 ± 0,425 | 27,826 ± 0,060 | 0,1979 | |
| | Bon Kalite Un | 66,536 ± 0,398 | 62,990 ± 0,056 | 0,0034 | ** |
| | İrmik Altı Un | 66,020 ± 0,121 | 65,686 ± 0,132 | 0,1210 | |

* = < 0,05; ** = < 0,01



Şekil 6. Nişasta regresyon denklemi.

3.7. ADF Analizleri

ADF analiz sonuçları Tablo 7.'de verilmiştir. İki yönteme ilişkin ADF değerleri arasındaki fark, kırık buğday, ırmik altı un ($p < 0,05$), soya küspesi, arpa, mısır küspesi, DDGS

mısır, buğday Razmolu, makarna kepeği, bonkalite un ve ırmik altı un da önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Buğday, mısır, tam yağlı soya, ayçiçeği küspesi, buğday kepeğinin de ise önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuştur.

Tablo 7. Kimyasal ve NIRS yöntemiyle yapılan ADF analiz sonuçları (%).

| | Kimyasal | NIRS | P | | |
|------------------|------------------------|----------------|-----------------|--------|----|
| Yem Hammaddeleri | Soya Küspesi | 8,400 ± 0,190 | 0,000 ± 0,000 | 0,0002 | ** |
| | Arpa | 6,056 ± 0,232 | 10,130 ± 0,075 | 0,0012 | ** |
| | Buğday | 3,733 ± 0,064 | 3,803 ± 0,023 | 0,2988 | |
| | Kırık Buğday | 4,570 ± 0,111 | 4,966 ± 0,071 | 0,0289 | * |
| | Mısır | 2,933 ± 0,103 | 2,990 ± 0,010 | 0,4145 | |
| | Mısır Küspesi | 5,143 ± 0,220 | 2,170 ± 0,010 | 0,0018 | ** |
| | Tam Yağlı Soya Küspesi | 9,453 ± 3,859 | 0,000 ± 0,000 | 0,0513 | |
| | Ayçiçeği Küspesi | 19,713 ± 7,004 | 14,596 ± 12,642 | 0,2568 | |
| | Buğday Kepeği | 15,643 ± 7,116 | 12,963 ± 0,023 | 0,5817 | |
| | DDGS Mısır | 13,250 ± 0,272 | 0,000 ± 0,000 | 0,0001 | ** |
| | Buğday Razmolu | 4,160 ± 0,276 | 7,020 ± 0,141 | 0,0024 | ** |
| | Makarna Kepeği | 10,556 ± 0,085 | 13,240 ± 0,017 | 0,0004 | ** |
| | Bon Kalite Un | 0,563 ± 0,108 | 1,786 ± 0,081 | 0,0078 | ** |
| | İrmik Altı Un | 0,586 ± 0,045 | 1,196 ± 0,175 | 0,0196 | * |

* = < 0,05; ** = < 0,01

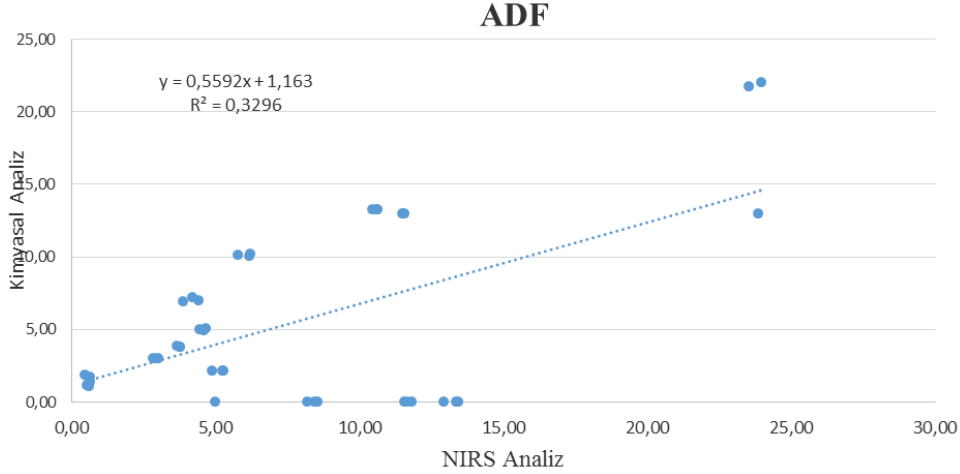
ADF analizinde iki metot arasındaki istatistiksel farkların önemli olması, iki yöntemin birbirinden farklı sonuçlar verdiğini göstermektedir.

NIRS cihazının kütüphanesinde yeterli veri olmaması nedeniyle soya küspesi, tam yağlı soya küspesi ve DDGS mısır ürünlerinin ADF analiz sonuçlarının NIRS tekniği kullanılarak belirlenmesi mümkün olmamıştır.

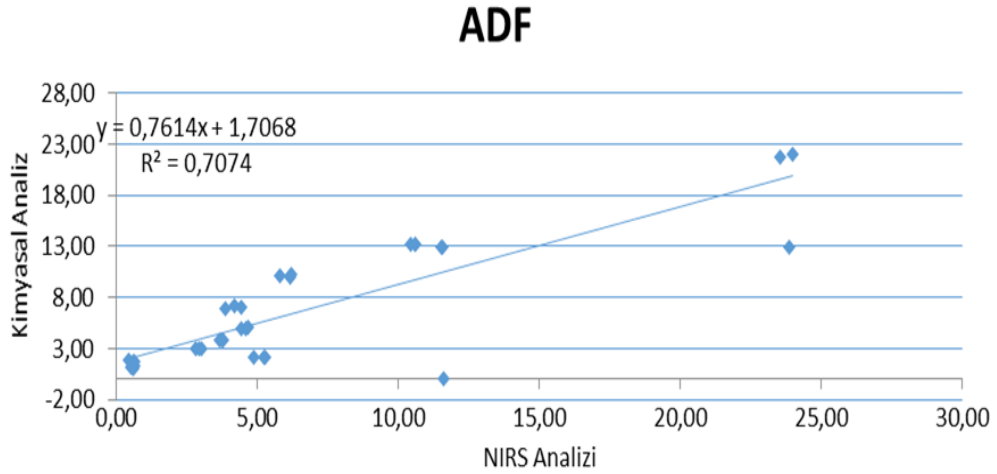
Kimyasal analizler ve NIRS analizi ile elde edilen ADF analizleri arasında ki korelasyon ve regresyon denklemi

Şekil 7.'de verilmiştir ve R^2 değeri 0,329 olarak hesaplanmıştır.

NIRS cihazının kütüphanesinde yeterli veri olmaması nedeniyle soya küspesi, tam yağlı soya küspesi ve DDGS mısır ürünlerini ADF analiz sonuçlarını korelasyon ve regresyon denkleminde çıkardığımızda oluşan denklemi Şekil 8.' de verilmiştir ve R^2 değeri 0,707 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7. ADF regresyon denklemi.



Şekil 8. ADF regresyon denklemi.

3.8. NDF Analizleri

NDF analiz sonuçları Tablo 8.'de verilmiştir. NDF değerleri en yüksek %35, en düşük %2 olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin Feedstuffs (2015) tarafından açıklanan NDF analizinde gösterilen referanslara uygun olduğu belirlenmiştir.

İki yöntemle ilişkin ADF değerleri arasındaki fark, soya küspesi, arpa, buğday, kırık buğday, mısır, tam yağlı soya, ayçiçeği tohumu küspesi, buğday kepeği, DDGS mısır, buğday razmolu, makarna kepeği, bonkalite un ve irmik altı un da önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Mısır küspesinin de ise önemsiz ($p > 0,05$) bulunmuş, iki farklı metotla elde edilen NDF değerlerinin birbirinden farklı olduğu

görülmüştür. NDF analizinde iki metot arasındaki istatistiksel farkların önemli olması, iki yöntemin birbirinden farklı sonuçlar verdiğini göstermektedir.

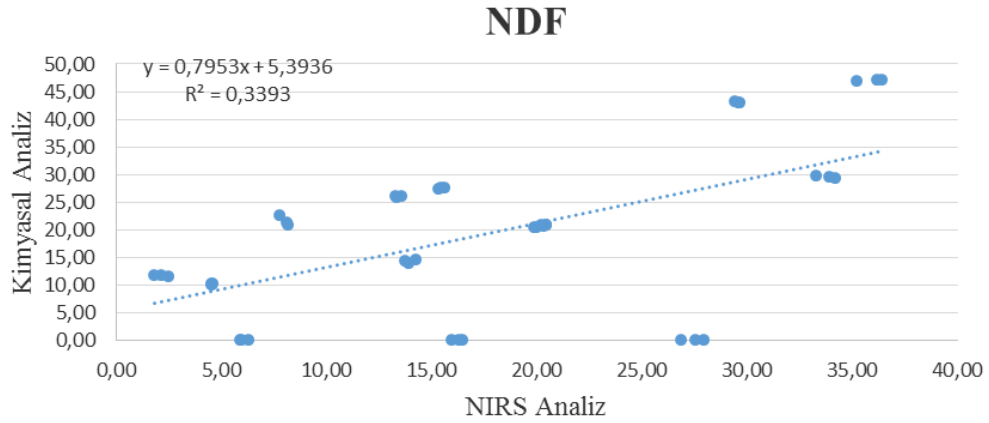
NIRS cihazının kütüphanesinde yeterli veri olmaması nedeniyle soya küspesi, tam yağlı soya küspesi ve DDGS mısır ürünlerinin NDF analiz sonuçlarının NIRS tekniği kullanılarak belirlenmesi mümkün olmamıştır.

Yaş analizlerle ve NIRS analizi ile elde edilen NDF analizleri arasında ki korelasyon ve regresyon denklemi Şekil 9.'da verilmiştir. Bu iki yöntem arasında lineer bir ilişki olduğu bulunmuştur ve R^2 değeri ise 0,339 olarak bulunmuştur.

Tablo 8. Kimyasal ve NIRS yöntemiyle yapılan NDF analiz sonuçları (%).

| | Kimyasal | NIRS | P | | |
|------------------|------------------------|----------------|----------------|--------|----|
| Yem Hammaddeleri | Soya Küspesi | 6,076 ± 0,211 | 0,000 ± 0,000 | 0,0004 | ** |
| | Arpa | 20,440 ± 0,069 | 20,790 ± 0,044 | 0,0019 | ** |
| | Buğday | 20,046 ± 0,175 | 20,570 ± 0,185 | 0,0089 | ** |
| | Kırık Buğday | 13,433 ± 0,138 | 26,006 ± 0,197 | 0,0001 | ** |
| | Mısır | 8,036 ± 0,224 | 21,513 ± 0,892 | 0,0023 | ** |
| | Mısır Küspesi | 14,006 ± 0,243 | 14,366 ± 0,307 | 0,1477 | |
| | Tam Yağlı Soya Küspesi | 16,256 ± 0,265 | 0,000 ± 0,000 | 0,0001 | ** |
| | Ayçiçeği Küspesi | 33,823 ± 0,470 | 29,543 ± 0,215 | 0,0083 | ** |
| | Buğday Kepeği | 35,966 ± 0,656 | 46,990 ± 0,072 | 0,0010 | ** |
| | DDGS Mısır | 27,460 ± 0,551 | 0,000 ± 0,000 | 0,0001 | ** |
| | Buğday Razmolu | 15,486 ± 0,122 | 27,510 ± 0,125 | 0,0000 | ** |
| | Makarna Kepeği | 29,590 ± 0,106 | 43,100 ± 0,095 | 0,0001 | ** |
| | Bon Kalite Un | 2,170 ± 0,340 | 11,693 ± 0,060 | 0,0005 | ** |
| | İrmik Altı Un | 4,583 ± 0,032 | 10,173 ± 0,116 | 0,0002 | ** |

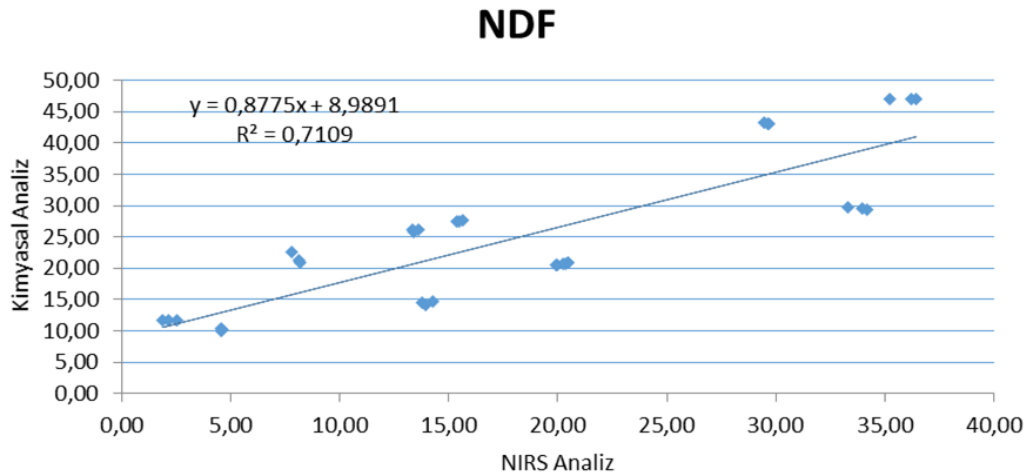
*= < 0,05; **= < 0,01



Şekil 9. NDF regresyon denklemi.

NIRS cihazının kütüphanesinde veri olmaması nedeniyle soya küspesi, tam yağlı soya küspesi ve DDGS mısır ürünlerini NDF analiz sonuçlarını korelasyon ve

regresyon denkleminden çıkardığımız oluşan denklemi Şekil 10.' da verilmiştir ve R² değeri 0,707 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 10. NDF regresyon denklemi.

4. Sonuç

Yem analizlerinde 1970'li yıllarda kullanılmaya başlayan ve bazı klasik metotların yerini almış olan NIRS teknolojisinin kullanımı birçok ülkede hızlı bir şekilde yaygınlaşmıştır. Ancak bu konuda uzman sayısının sınırlı sayıda olmasından dolayı ülkemizde kullanımının yaygınlaşması gecikmiştir.

Mevcut kimyasal ve geleneksel metotlarla saatler hatta günler süren analizlerin birçoğunun aynı anda ve çok kısa bir sürede yapılabilmesine imkân sağlayan NIRS teknolojisinin yem ve yem hammaddelerinin analizlerinde yaygınlaştırılmasının hayvancılık sektörüne önemli katkıların olacağı düşünülmektedir.

Çalışmada yem hammaddelerinin nem, ham protein, ham kül, ham selüloz ve ham yağ parametrelerinin NIRS ve kimyasal yöntem kullanılarak yapılmış analiz değeri sonuçlarının birbirine oldukça yakın gerçekleştiği görülmüştür.

Bu çalışmanın sonucuna göre, bazı yem hammaddelerinin kimyasal metot ile NIRS yöntemi kullanılarak yapılan ADF ve NDF içeriklerinin analiz sonuçları arasındaki farklılıklar oldukça yüksek olmuştur. NIRS teknolojisinin kullanılmasında söz konusu parametrelerin analizlerine dikkat edilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Çıkar İlişkisi

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

Anonymous. 2018. Inframatic 9500 Grain and Flour Analyzer. Perten Instruments.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists; Arlington, VA, USA.

Black JL, Hughes RJ, Diffey S, Tredrea AM, Flinn PC, Spragg JC & Kim JC. 2014. Proceedings of the Australian Poultry Science Symposium 25.

Boover JL, Cottyn BG, Vanacker JM, Boucque Ch V. 1995. The use of NIRS to predict the chemical composition and energy value of compound feeds for cattle. *Anim Feed Sci Technol*, 51:243-253.

Cabassi G, Cavalli D, Fuccella R, Gallina PM. 2015. Evaluation of four NIR spectrometers in the analysis of cattle slurry. *Biosyst Eng*, 133: 1-13.

Chen L, Yang Z, Han L. 2013. A review on the use of near-infrared spectroscopy for analyzing feed protein materials. *Applied Spectros Rev*, 48(7): 509-522.

Cogdill RP, Hurburgh CR, RippkeGR Bajic SJ, Jones RW. 2004. Single-Kernel Maize analysis by near-infrared hyper spectral imaging. Agricultural and Biosystems Engineering Publications, Iowa State University, 47(1): 311- 320.

Davies AMC, Grant A. 1987. Review: Near-Infrared Analysis of Foods. *Int J Food Sci Tech* 22 (3): 191-207.

Deaville ER, Flinn PC. 2001. Near-infrared (NIR) Spectroscopy: An alternative approach for the estimation of forage quality and voluntary intake. CAB International, Reading, UK.

Dolores C, Pérez-Marín D, Garrido-Varo A, Guerrero-Ginel JE, Gómez-Cabrera A. 2004. Nearinfrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the mandatory labeling of compound feedingstuffs: chemical composition and open-declaration. *Anim Feed Sci Tech*, 116: 333-349.

Fontaine J, H'orr J, Schirmer B. 2001. Near-infrared reflectance spectroscopy enables the fast and accurate prediction of the essential amino acid contents in soy, rapeseed meal, sunflower meal, peas, fishmeal, meat meal products, and poultry meal. *J Agr Food Chem*, 49(1): 57-66.

Galvez-Sola L, Moral R, Perez-Murcia MD, Perez-Espinosa A, Bustamante MA, Martinez-Sabater E, Paredes C. 2010. The potential of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the estimation of agroindustrial compost quality. *Sci Total Environ*, 408: 1414-1421.

Kryeziu A, Bakalli R, Kamberi M, Kastrati R, Mestani N. 2007. Comparison of commercial near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) calibrations and standard chemical assay procedures for prediction of crude protein levels in poultry feed ingredients. In Proceedings of the 16th European Symposium on Poultry Nutrition, Strasbourg, France.

Hongdong L, Yizeng L, Qingsong X, Dongsheng C. 2009. Key wavelengths screening using competitive adaptive reweighted sampling method for multivariate calibration. *Analytica Chimica Acta*, 648: 77-84.

Mabood F, Jabeen F, Ahmed M, Hussain J, Mashaykhi S.A.A, Al-RubaieyZ. M.A, Al Farooq S, Boqué R, Ali L, Hussain Z, Al-Harrasi A, Khan A.L, Naureen N, Idrees M, Manzoor S. 2017. Development of new NIR-spectroscopy method combined with multivariate analysis for detection of adulteration in camel milk with goat milk. *Food Chem*, 221: 746-750.

Manley M, Downey G, Baeten V. 2008. Spectroscopic technique: Near-Infrared (NIR) spectroscopy. In: Modern techniques for food authentication. Da-Wen Sun 1st ed., Amsterdam; Boston: Elsevier/Academic Press, pp: 65-115.

MEGEP. 2016. Laboratuvar hizmetleri, Yemlerde Yağ ve Karbonhidrat analizleri. Milli Eğitim Bakanlığı Ankara.

Modroño S, Soldado A, Martínez-Fernández A, Roza-Delgado B. 2017. Handheld NIRS sensors for routine compound feed quality control: Real time analysis and field monitoring. *Talanta*, 162: 597-603.

Norimi AM, Abbas Z, Jusoh A, Ismail MA. 2012. Determination of Moisture Content of Maize Kernel (*Zea mays L.*) by Reflectance Measurement at Wavelengths 300nm to 800nm Using Optical Technique. *PIERS Proceedings*, Kuala Lumpur, Malaysia.

Prado N, Fernández-Ibáñez V, González P, Soldado A. 2010. On-site NIR spectroscopy to control the shelf life of pork meat. *Food Anal Method*, 4(4): 582-589.

Swart E, Brand TS, Engelbrecht J. 2012. The use of near infrared spectroscopy (NIRS) to predict the chemical composition of feed samples used in ostrich total mixed ration. *South African J Anim Sci*, 42(5): 550-554.

Welle R, Greten W, Muller T, Weber G, Wehrmann H. 2005. Application of near infrared spectroscopy on-combine in corn grain breeding. *J Near Infrared Spectro*, 13: 69-76.

Williams PC, Sobering DC. 1996. How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. In: Davies AMC, Williams PC, editors. *Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves*. Chichester, UK: NIR Publications, pp. 185-188.

Williams PC, Norris K. 2001. *Near-Infrared technology in the agricultural and food industries*. Second Edition. St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, Inc.

Zamora-Rojas E, Pérez-Marín D, De Pedro-Sanz E, Guerrero-Ginel JE, Garrido-Varo A. 2012. Handheld NIRS analysis for routine meat quality control: data base transfer from at-line instruments. *Chemom Intell Lab*, 114: 30-35.