

Tatlı Sorgumda (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroskopisi ile Yem Kalitesinin Belirlenmesi

Celile Aylin OLUK¹, Hatice YÜCEL², İlker İNAL³, Feyza Döndü BİLGİN⁴, Ertan YAZGAN⁵
Uğur SERBESTER⁶

^{1,2,3,4,5}Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 01321 Yüreğir, Adana, ⁶Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, 01903 Bahçe, Adana

¹<https://orcid.org/0000-0001-8939-3610>, ²<https://orcid.org/0000-0003-2813-5639>, ³<https://orcid.org/0000-0002-5891-8004>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-7435-4130>, ⁵<https://orcid.org/0000-0001-5610-7788>, ⁶<https://orcid.org/0000-0003-4460-3797>

ÖZET

Tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) Akdeniz bölgesinde su sıkıntısı yaşanan ve marjinal alanlarda dahi verim potansiyeli yüksek olan, silaj ve kuru ot üretimi amacı ile yetiştirilebilen verimli bir yem bitkisidir. Bu çalışmada, farklı sorgum hat ve çeşitlerinden oluşan 380 örneğin kullanılmasıyla sorguma özel yakın kızılötesi (NIR) spektroskopisi kalibrasyonu geliştirilmesi amaçlanmıştır. Kuru madde, ham protein, asit deterjan lif (ADF), nötr deterjan lif (NDF) ve ham kül parametrelerinin üzerinden yapılan kalibrasyonda ortalama laboratuvar değerleri, ortalama NIR tahmini değerleri ve determinasyon katsayısı (R^2) sırasıyla 91.13, 91.62, 0.662; 5.08, 5.17, 0.937; 30.28, 30.56, 0.871; 46.77, 47.03, 0.918; 5.92, 5.86, 0.662 olarak belirlenmiştir. Geliştirilen NIR kalibrasyon modelinin tatlı sorgumun yem kalite parametrelerinin belirlenmesi ve ileride yürütülecek ıslah çalışmalarında kullanılması mümkün olabilecektir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 10.02.2021

Kabul Tarihi : 20.05.2021

Anahtar Kelimeler

Yakın kızılötesi (NIR) spektroskopisi
Buğdaygil yem bitkileri

Kalite

Silaj

Kalibrasyon

Determination of Forage Quality by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy in Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.)

ABSTRACT

Sweet sorghum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) is a high yield forage plant as silage and hay that can be grown for silage and hay production in the Mediterranean region under adverse conditions. In this study, it was aimed to develop a sorghum specific near infrared (NIR) spectroscopy calibration by using 380 samples consisting of different sorghum lines and varieties. The calibrations performed over the dry matter, crude protein, acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF) and crude ash parameters of mean laboratory values, mean NIR predicted values and R^2 were 91.13, 91.62, 0.662; 5.08, 5.17, 0.937; 30.28, 30.56, 0.871; 46.77, 47.03, 0.918; 5.92, 5.86, 0.662, respectively. It is possible to predict the feed quality parameters of sweet sorghum with the calibration model obtained in the NIR spectroscopy in terms of the characteristics dealt with by the data obtained, and it will be possible to determine these characteristics in future breeding studies for sweet sorghum with the prediction models developed in this study.

Research Article

Article History

Received : 10.02.2021

Accepted : 20.05.2021

Keywords

Near infrared reflectance (NIR) spectroscopy

Grasses

Quality

Silage

Calibration

Atif için: Oluk CA, Yücel H, İnal İ, Bilgin FD, Yazgan E, Serbester U 2022. Tatlı Sorgumda (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroskopisi ile Yem Kalitesinin Belirlenmesi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 25 (2): 415-422. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.877978>.

To Cite: Oluk CA, Yücel H, İnal İ, Bilgin FD, Yazgan E, Serbester U 2022. Determination of Forage Quality by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy in Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.). KSU J. Agric Nat 25 (2): 415-422. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.877978>.

GİRİŞ

Sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.)

Mohlenbr.), mısır üretimi için yeterli yağış ve sulama imkanına sahip olmayan bölgelerde daha az su ile

alternatif kaba yem üretimi amacı ile yetiştirilmektedir (Maccarthy ve Vlec, 2012; Prazak, 2016). Buğday-buğday ekim modellerinde yaz döneminde tarla 4-6 ay boş kalmakta, bu dönemde 2. ürün yem bitkisi olarak silajlık mısır, tatlı sorgum, sudanotu ya da sorgum sudan otu melezi, yetiştirilebilmekte ve bu şekilde en az 6-8-ton yeşil ürün elde edilebilme imkânı bulunmaktadır (Soya, 1999). Önemli büyükbaş/küçükbaş hayvan potansiyeli olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ekim nöbeti sistemlerine tatlı sorgumun dahil edilmesi hayvan beslemede değerli olan kaba yem için ham madde sağlanmasını mümkün kılmaktadır (Elçi ve ark., 1999). Silaj amaçlı yetiştiricilikte sorgum bitkisi, Akdeniz bölgesinde bir vejetasyon süresince birden fazla biçilmekte olup; sorgum bitkisinin yüksek sıcaklıklara, kurağa, hastalık ve zararlılara mısırdan daha toleranslı olduğu gözlemlenmiştir (Çakmakçı ve ark., 1999). Antalya ilinde yapılan çalışmada ikinci ürün olarak yetiştirilen sorgumun kuru ot ve yeşil ot verimleri sırasıyla 1654 – 7327 kg da⁻¹ iken, mısırın kuru ot ve yeşil ot verimleri 1248-5030 kg da⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Bu verilere göre sorgumun daha yüksek kuru ve yeşil ot verimine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çeçen ve ark., 2005).

Son yıllarda silaj amacıyla geliştirilen sorgum çeşitlerinin, daha uzun boylu olduğu, birim alandan daha fazla biyokütle elde edildiği ve kalite bakımından da mısıra yakın veya eş değer olduğu bildirilmektedir (Rezende ve ark., 2020). Tatlı sorgum, fotosentetik yol (C₄) bakımından mısır ile benzer olmakta, fakat doku yapısı ve dağılımı (sap, yaprak ve salkımlanma) iki bitki de farklılık göstermektedir. Olgunlaşma ile birlikte yapraklardaki ADF konsantrasyonu (süt olum ve sert hamur olum devrelerinde sırasıyla %34,6 ve %40,3) artmakta iken, saplarda (%38-39) sabit kalmakta ya da azalmaktadır (Contreras-Govea ark., 2010). Tatlı sorgum, öncelikle silaj veya yeşil biçilerek, ihtiyaç fazlası kuru ot olarak, hatta meralarda otlatma amacıyla kullanılabilirdiği gibi, şeker veya bio-etanol üretiminden sonra kalan bitki kalıntıları ve posası da hayvan beslemede değerlendirilmektedir. Birim alandan elde edilen biyokütle verimlerinin yüksek olması yenilenebilir enerji üretimindeki önemini daha da artırmıştır. Bölgemizde, son yıllarda, ikinci ürün koşullarında tatlı sorgum ile yapılan çalışmalarda (buğday hasadından sonra) çeşitlere göre değişmekle yaklaşık 100-120 günde dekara 8600-35400 kg biyokütle (hasıl) ve 1329-7947 kg da⁻¹ KM verimi alındığı bildirilmiştir (Yücel ve ark., 2017a). Ayrıca enerji bitkisi olarak da kullanılan tatlı sorgumun, özsuyu alındıktan sonra geriye kalan posası ile yapılan silajlarda genotiplere bağlı olarak posa veriminin 3293-13390 kg da⁻¹, silaj kuru madde veriminin 781-4262 kg da⁻¹, suda çözünür kuru madde oranının (SÇK) % 54.67-65.60, pH değerinin 3.03-

3.19, ham protein oranının % 2.59-5.05, net enerji değerinin 1.273-1.473 Mcal kg⁻¹, NDF oranının % 41.62-62.47, ADF oranının % 29.91-43.94, ADL oranının % 3.83-7.74, ham kül oranının % 3.90-7.47, kuru madde tüketimi oranının % 1.92-2.89 ve nisbi yem değerinin 81.5-146.9 arasında değiştiği belirlenmiştir (Yücel ve ark., 2017 b). Near Infrared Reflectance (NIR) spektroskopisi elektromanyetik spektrumun 780 ile 2500 nm dalga boyu aralığındaki bölgesini kapsamakta ve yapı içerisindeki O-H, C-H, C-O ve N-H gibi moleküler bağların titreşimleri ile ilgili olarak absorpsiyon bantları oluşturmaktadır. Söz konusu bölgede analiz edilecek olan örnek yakın kızılötesi ışınlar ile karşılaştığı zaman, bu bağlar titreşimsel enerji değişikliklerine maruz kalmakta ve bunun sonucu olarak da moleküller titreştiği zaman NIR bölgesindeki organik moleküllerin enerji absorpsiyonu meydana gelmektedir (Davies ve Grant, 1987). Yapısal karbonhidratlar NDF (selüloz, hemiselüloz ve lignin) ve ADF (selüloz, lignin) ile ham protein, kuru madde ve ham kül yem bitkileri için önemli kalite parametreleridir. Ancak bu özelliklerin analizi için uzun bir zaman ve fazla miktarda kimyasal malzemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Ham protein, kuru madde, ham kül ve ADF - NDF analizlerinin her biri için yaklaşık 5-6 saat analiz süresi gerekmektedir. Yakın kızılötesi sistemin kullanıldığı analizlerde bu parametrelerin hızlı şekilde tespit edilmesi (15-90 saniye aralığında) dışında, tüm parametrelerin tek bir seferde saptanmasını da mümkün olmaktadır. NIR spektroskopisi besin madde bileşimini yüksek doğrulukta belirleyebilmek için bitki ıslah programlarında kullanılmaktadır. Bu analizler minimum numune hazırlık süresinin yanı sıra zaman ve iş gücünden tasarrufun yanında ekonomik maliyet avantajını da sağlayabilmektedir (Park ve ark., 1998; Swart ve ark., 2012). Literatürde NIR spektroskopisi ile ilgili kamışsı yumak (Blosser ve ark., 1988), ekmeklik buğday+yulaf+tritikle karışımı (García ve Cozzolino, 2006), çok yıllık çim + yonca karışımı (Bozhanska ve Churkova, 2020), baklagil+ yonca karışımları, saman, mısır, silaj ve kuru silaj karışımlarında (Vranic ve ark., 2020) yapılan kalibrasyon çalışmaları bulunmaktadır.

Bununla birlikte, tatlı sorgum ıslah çalışmalarında yem kalitesini iyileştirme amacıyla geliştirilmiş NIR spektroskopisi kalibrasyonu ile ilgili bir çalışma belirlenmemiştir. Bu çalışmanın amacı, tatlı sorgumun kuru madde, ham protein, NDF, ADF ve ham kül gibi yem kalite parametrelerinin NIR spektroskopisi ile belirlenmesi için kalibrasyon denklemleri geliştirmektir.

MATERYAL ve METOD

Tatlı sorgumların ekimi, denizden 12 m yükseklikte 36° 51' kuzey enlemi ile 35° 20' doğu boylamları

arasında yer alan Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsünün Doğankent lokasyonunda ikinci ürün olarak buğday hasadından sonra Haziran ayı ortasında yapılmıştır, ekilen hat ve çeşitlerin hasat olgunluğuna geliş tarihlerine bağlı olarak Eylül-Ekim aylarında hasat edilmiştir. Bu çalışmada Çukurova Bölgesinde 2019 ve 2020 yıllarında yetiştirilmiş 380 hat ve çeşit kullanılmıştır. Yeşil ot hasatları yapılan parsellerden yaklaşık 500 g yaş ot numunesi alınarak 60°C'ye ayarlanmış etüvde, ağırlıkları sabitleşinceye kadar kurutulmuştur. Bu örnekler 1 mm'lik elekten geçecek şekilde öğütüldükten sonra aşağıda belirtilen klasik kimyasal analizler yapılmış ve NIR spektroskopisinde kalibrasyon için spektrumları alınmıştır (Shenk ve Westerhaus, 1994).

Ham Protein Tayini

Örneklerin azot (N) içeriği Kjeldahl metoduyla, protein miktarı ise Nx6.25 formülü ile belirlenmiştir (AOAC, 2000).

Kül Tayini

3 g numune, 550 ± 25°C sıcaklıkta sabit kütleyle ulaşınca kadar ısıtılarak organik maddeler uçurulmuş, sonra arta kalan inorganik maddelerden ibaret bulunan kül miktarı % olarak ifade edilmiştir (TS EN ISO 2171, 2010).

Kuru Madde Tayini

Öğütülmüş olan yem bitkileri 105±5°C'de sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuş, sonuç % olarak hesaplanmıştır (TS EN ISO 712 2012).

ADF ve NDF Tayinleri

İlgili çalışmada, % NDF ve ADF içerikleri Van Soest ve ark. (1991) tarafından açıklanan yöntemle göre ANKOM lif analiz cihazı (ANKOM 220 Fibre Analyzer ANKOM Technology Corporation, NY, USA) ile saptanmıştır.

NIR spektrofotometre ölçümleri 25°C'de yapılmıştır. Foss NIRS -XDS ve ISI tarama programı, klasik yöntemlerle analiz edilen örneklerin spektrumlarını ölçmek için kullanılmıştır. 400 ve 2500 nm dalga boyları arasındaki yem bitkilerinin spektrumu, her 2 nm aralıklarla absorpsiyonların ölçülmesi ile taranmıştır.

Kalibrasyon

Örnekler (yaklaşık 5 g), 3,75 cm çapında küçük, yuvarlak bir metal kaba (FOSS XDS Rapid Content Analyzer 3013-0525, İsveç) yüklenmiştir. Her bir numune daha sonra 20 kez taranmış ve kalibrasyon, çapraz doğrulama ile dış doğrulamayı işlemek için ortalama üç spektrum toplanmıştır. Kimyasal analizden elde edilen veriler, absorpsiyon spektrumları ilişkilendirilmek üzere NIR spektroskopisi

veritabanına girilmiştir. Kalibrasyon ve dış doğrulama için örneklerin yalnızca spektral verilere dayanarak seçildiği örnek popülasyonunu tanımlamak üzere diskriminant analizi kullanılmıştır. Spektralar ISI tarama yazılımı (Infrasoft International Port Matilda, PA, ABD) kullanılarak toplanmış ve kalibrasyon modelleri WinISI III yazılımı (sürüm 1.61) kullanılarak geliştirilmiştir. Kalibrasyon modeli geliştirme aşamasında NIR cihazında ".nir" formatında birleştirilen dosya ile referans analiz sonuçlarını içeren dosya bu programda analiz edilmiştir. Çeşitli transformasyon seçenekleri bulunmakla birlikte, yaygın olarak kullanılan birinci derece türev ve standart normal değişken (SNV) transformasyonu ile absorpsiyon spektrumlarındaki yansıma düzensizlikleri ortadan kaldırılmıştır. Kalibrasyonlar, modifiye kısmi en küçük kareler (MPLS) yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sorgumun kimyasal kompozisyonu için bu değerleri daha doğru bir şekilde tahmin etmek üzere kalibrasyonu maksimize etmek ve istatistiksel sonuçları iyileştirme amacıyla, birinci derece türevden 1-4-4-1 ve ikinci derece türevden 2-6-8-1 olmak üzere iki matematiksel işlem yapılmıştır. Burada, sırasıyla birinci sayı log 1 / R'nin birinci ve ikinci derece türevleri, ikinci sayı türevin hesaplandığı veri noktalarındaki boşluğu ve üçüncü ve dördüncü sayılar sırasıyla birinci ve ikinci yumuşatmada kullanılan veri noktalarının sayısını göstermektedir. Model güvenilirliği bakımından yüksek R² değerlerine sahip olan, kalibrasyon standart hatası (SEC) ve çapraz doğrulama standart hatası (SECV) değerleri düşük olan ve standart sapma / çapraz doğrulama oranının standart hatası (RPD) değeri 2'nin üzerinde olan modellerin doğru tahmin verebilecek modeller olduğu kabul edilmiştir (Williams ve Norris, 2001). RPD değeri kimyasal parametrenin farklı birimlerinden bağımsız olarak tüm NIR spektroskopisi kalibrasyonlarının performansını karşılaştırmasını sağlamaktadır (Blanco ve ark., 2002).

Çapraz Doğrulama

WinISI'deki Score ve Global programları, yem bitkileri için uyumlu kalibrasyonlar ve çapraz doğrulamaların geliştirilmesinde kullanılmıştır. Tahmin yeteneğini değerlendirmek için standart kalibrasyon hatası (SEC), belirleme katsayısı (RSQ), standart çapraz doğrulama hatası (SECV) ve açıklanamayan varyansın toplam varyansa oranı (1 - VR) hesaplanmıştır (Patil ve ark., 2010).

Dış Doğrulama

Kalibrasyon numune setlerinde, NIR kalibrasyon denklemlerini bağımsız olarak kontrol etmek için WinISI'deki İzleme programı kullanılarak rastgele numuneler seçilmiştir. Doğrulamanın bir parçası

olarak, doğrulamadaki determinasyon katsayısı (R^2), performans standart hatası (standart error performance (SEP)), sapma için düzeltilmiş performans standart hatası [SEP (C)], sapma (NIR tahmin edilen ve referans konsantrasyonu), tahminin doğruluğunu belirlemek için göreceli öngörücü belirleyici [$RPD_v = \text{dış doğrulama seti verilerinin SD} / \text{SEP (C)}$] (Williams ve Norris, 2001) modellerin öngörü yeteneğini değerlendirmek için kullanılmıştır. Ayrıca kalibrasyon modelinin geliştirilmesi ve geçerliliğinin kesinliğini belirlemek için SEP, sapma (bias), eğim ve R^2 kullanılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Kalibrasyonun geliştirilmesin 380 örnek (Çizelge 1), doğrulama için ise 191 örnek (Çizelge 2) kullanılmıştır. Kuru madde, ADF, NDF, protein ve kül için RPD değerleri sırasıyla 2.545, 2.551, 3.081, 3.152, 2.861 olarak belirlenmiştir. Kuru madde, ADF, NDF, protein ve kül parametreleri için laboratuvar ve tahmin edilen NIR değerleri sırasıyla 91.133-91.617, 30.283-30.560, 46.774-47.034, 5.083-5.178 ve 5.924-5.863 olarak tespit edilmiştir. Bu değerler dikkate alındığında materyal içerisinde tesadüfi olarak ayrılan çapraz doğrulama örneklerinin kalibrasyon

örneklerine yakın değerler belirlendiği ifade edilebilir.

NIR spektroskopisi kalibrasyonu sonuçları HP, ADF ve NDF 0.80'den yüksek RSQ değerleri ile iyi, KM ve HK parametreleri 0.60'dan yüksek RSQ değerleri için tatmin edici tahmin kabiliyeti göstermektedir (Galvez-Sola ve ark., 2010). Daha önce yapılan araştırmalarda en düşük HP oranı (% 4.00-4.20) Torrecillas ve ark. (2011) tarafından belirtilmiştir. Güneş ve Acar (2005), Marsalis ve ark. (2010), Tabacco ve ark. (2011) ve Khaleduzzaman ve ark. (2013)'ün elde ettikleri HP oranı bulguları bu çalışmada elde ettiğimiz sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Tabacco ve ark. (2011), Khaleduzzaman ve ark. (2013), Nazlı ve ark. (2013), Özkurt (2013), Karadağ ve Özkurt (2014) ve Tosunoğlu ve Mut (2015)'in yapmış olduğu çalışmalarda ADF oranlarının %23.20-43.02 arasında değiştiği ve yapılan çalışma ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Siefers ve ark. (1997), farklı sorgum çeşitlerinde NDF değerinin % 45.10-58.00 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bulunan NDF sonuçları Siefers ve ark. (1997) ve Tabacco ve ark. (2011)'nin bulduğu sonuçlara benzerlik göstermektedir.

Çizelge 1. Tatlı Sorgum kalibrasyon, çapraz doğrulama ve laboratuvar değerleri ile tahminlenen NIR değerlerinin karşılaştırılması

Table 1. Comparison of estimated NIR values and laboratory values of sweet sorghum with calibration and cross validation

| Parametre | Örnek sayısı | Kalibrasyon | | Çapraz doğrulama | | | Ortalama laboratuvar değerleri | SD | Ortalama NIR tahmini değerleri | SD |
|-------------|--------------|-------------|-------|------------------|-------|-------|--------------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| | | SEC | RSQ | SECV | 1-VR | RPD | | | | |
| ADF | 380 | 1.493 | 0.871 | 1.631 | 0.846 | 2.551 | 30.283 | 4.494 | 30.560 | 4.160 |
| Kuru madde | 380 | 0.723 | 0.662 | 0.882 | 0.502 | 2.545 | 91.133 | 1.268 | 91.617 | 2.243 |
| NDF | 380 | 1.931 | 0.918 | 2.192 | 0.895 | 3.081 | 46.774 | 6.939 | 47.034 | 6.754 |
| Ham Protein | 380 | 0.290 | 0.937 | 0.368 | 0.901 | 3.152 | 5.083 | 1.214 | 5.178 | 1.159 |
| Ham Kül | 380 | 0.649 | 0.646 | 0.730 | 0.549 | 2.861 | 5.924 | 1.346 | 5.863 | 2.090 |

SEC: Kalibrasyon standart hatası, RSQ: Belirleme katsayısı, SECV: Çapraz doğrulama standart hatası, 1 - VR: Açıklanamayan varyansın toplam varyansa oranı, RPD: Standart sapma / çapraz doğrulama oranının standart hatası, SD: Standart hata)

Çizelge 2. Tatlı sorgum dış doğrulama değerleri

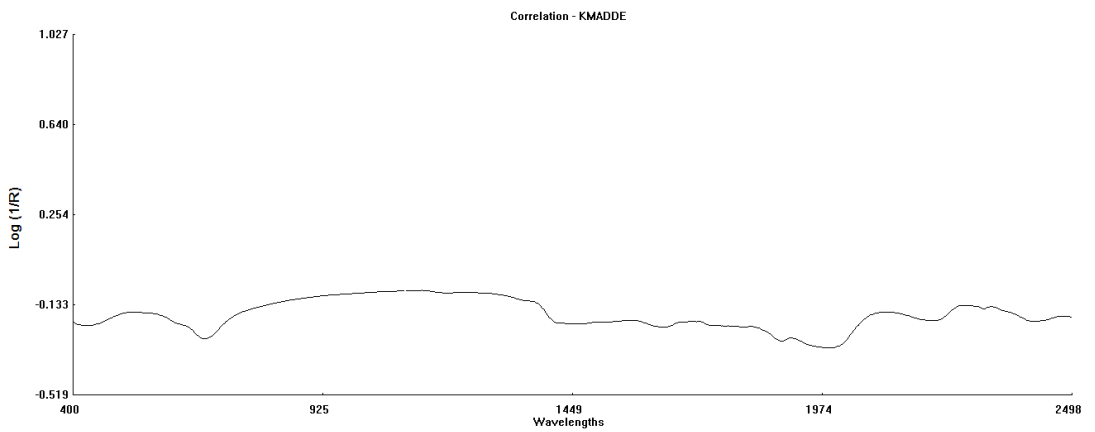
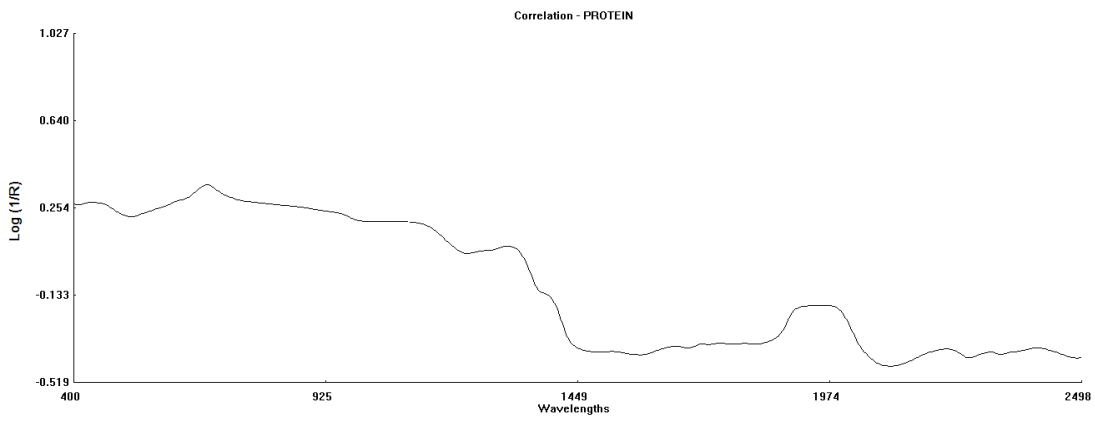
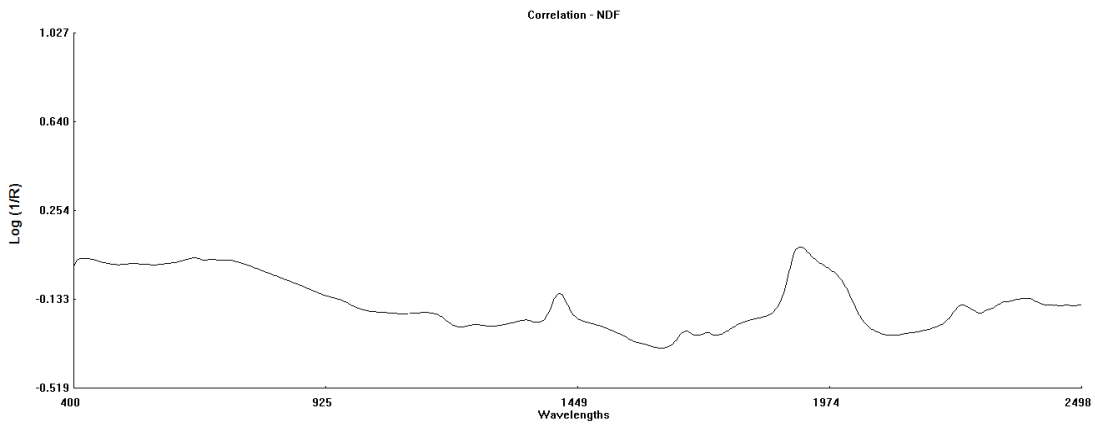
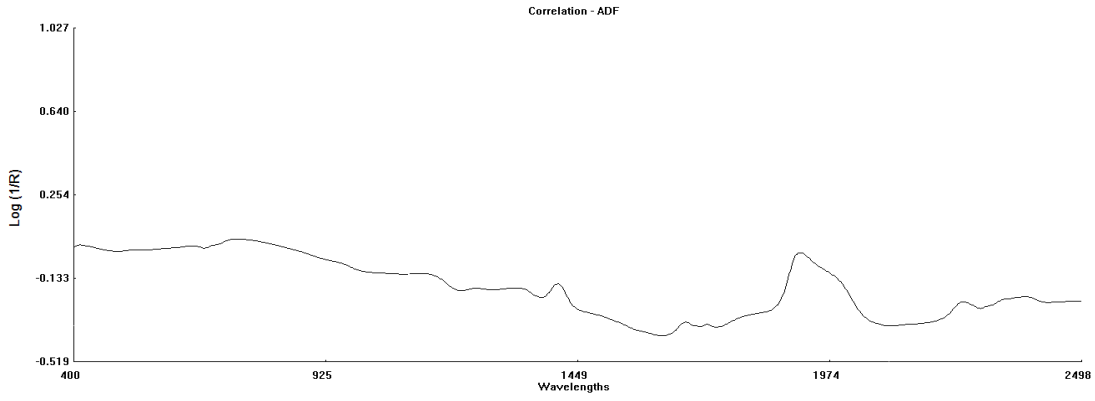
Table 2. Sweet sorghum external validation values

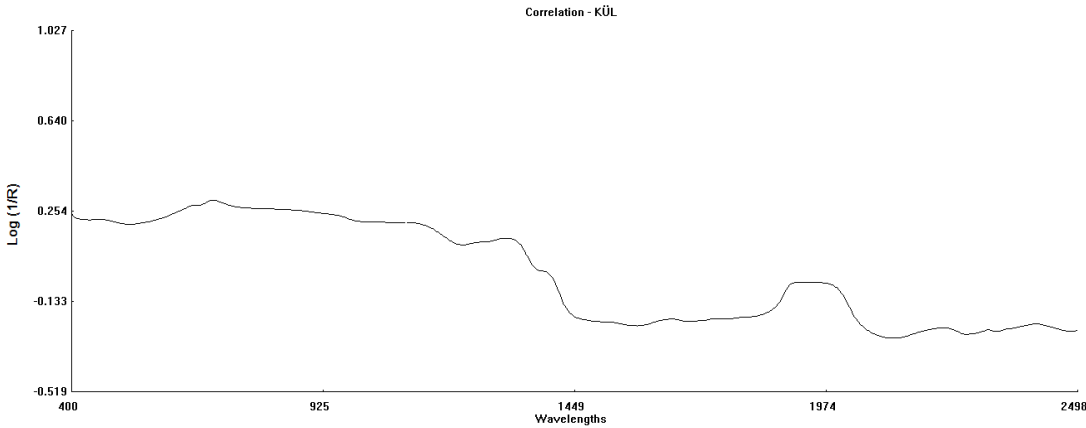
| Parametre | Örnek sayısı | SD | SEP | SEP (C) | SEP(C Limit) | RPDv | Bias | Bias(Limit) | Slope | R^2 |
|-------------|--------------|-------|-------|---------|--------------|-------|--------|-------------|-------|-------|
| ADF | 191 | 4.226 | 1.629 | 1.633 | 2.120 | 2.588 | 0.035 | 0.978 | 1.002 | 0.851 |
| Kuru madde | 191 | 1.548 | 0.727 | 0.730 | 1.146 | 2.121 | 0.015 | 0.529 | 0.995 | 0.658 |
| NDF | 191 | 6.735 | 1.981 | 1.984 | 1.315 | 3.395 | 0.065 | 1.315 | 0.993 | 0.913 |
| Ham Protein | 191 | 1.168 | 0.329 | 0.330 | 0.478 | 3.539 | -0.014 | 0.221 | 1.000 | 0.920 |
| Ham Kül | 191 | 1.400 | 0.677 | 0.679 | 0.950 | 2.062 | 0.005 | 0.438 | 0.986 | 0.620 |

SD: Standart hata, SEP: Performans standart hatası, SEP (C) : Düzeltilmiş performans standart hatası, RPDv :Harici doğrulama seti verilerinin SD / SEP (C), Bias: Önyargı, Slope: Eğim, r^2 : Doğrulamadaki belirleme katsayısı

Kuru madde, ADF, NDF, HP ve HK parametreleri için RPDv ve RSQ değerleri sırasıyla 2.121-0.658, 2.588-0.851, 3.395-0.913, 3.339-0.920 ve 2.062-0.620 olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler Williams ve Norris (2001), Galvez-Sola ve ark.

(2010)'na göre kabul edilebilir sınırlar içerisinde. Galvez-Sola ve ark., (2010), kalibrasyonlar için yaptığı değerlendirmede, $R^2 > 0.95$ ve $RPD > 4.00$ mükemmel kalibrasyonlar, $R^2 = 0.90-0.95$ ve $RPD 3.00-4.00$ başarılı kalibrasyonlar, $R^2 = 0.80-0.90$ ve





Şekil 1. Tatlı sorgumun kalite özellikleri ile 400-2500 nm'deki spektral yansımaya değerleri arasındaki korelasyon grafikleri

Figure 1. Correlation graphics between the quality characteristics of sweet sorghum and spectral reflection values at 400-2500 nm.

RPD 2.25–3.00 orta derecede başarılı kalibrasyonlar ve $R^2= 0.60-0.80$ ve RPD 1.75–2.25 orta derecede faydalı kalibrasyonlar olarak belirtmişlerdir. Buna göre HP ve NDF parametresi için başarılı, ADF parametresi için orta derece başarılı, KM ve HK parametresi için orta derecede faydalı kalibrasyonlar geliştirilmiştir. Swart ve ark. (2012), 479 adet karma yemde yaptığı çalışmada kuru madde, ham protein, ADF ve NDF için kabul edilebilir ve bu çalışma ile uyumlu kalibrasyon değerleri elde etmişlerdir.

Kalibrasyonlarındaki parametrelerinin 400-2500 nm dalga boyunda taranmış spektral değerler arasındaki korelasyon Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu grafiklere göre taranan dalga boyları ile KM ve HK oranının korelasyon katsayıları diğer kalibrasyon parametrelerine göre daha düşük olarak gözlenmiştir. Asit deterjan lif (ADF) oranının spektral yansımaya değerleri 1898-1962 nm arasında pozitif iken NDF parametresinde pozitif değerler 1894-1966 nm arasında görülmüştür. Korelasyon katsayıları ADF değerinde -0.40 ve 0.05 arasında değişirken, NDF değerinde -0.35 ve 0.09 arasında değişmiştir. Protein pozitif yansımaya değerleri 400-1342 nm arasında korelasyon katsayıları da -0.44 ve 0.25 arasında değişmiştir. Korelasyon katsayıları kuru maddede -0.31 ve 0.07 arasında değişirken HK parametresinde -0.29 ve 0.25 arasında değişmiştir. NIR tahminlemeleri NIR elektromanyetik spektrumundaki enerji değişimlerinin neden olduğu farklı kimyasal bağ reaksiyonlarına dayanarak yapılır. Bu nedenle, bu tür ilişkileri ortaya çıkarmak farklı sonuçlara ulaşılmasını sağlayabilir. Korelasyon grafiklerine bakıldığında (Şekil 1), tatlı sorgum için ADF ve NDF parametrelerinin benzer, KM parametresinin ise farklı bir spektral özellik gösterdiği gözlenmiştir.

Taranan dalga boyları ile kalibrasyon parametreleri arasındaki ilişkiyi sağlamak NIR kalibrasyon

geliştirmenin temel amacıdır. Spektral yansımaya değerleri ile kalibrasyon parametreleri arasındaki ilişkiyi inceleyen buğday (Cozzolino ve ark., 2006), buğday unu (Kahriman ve Egesel, 2011) ve kolza tohumu (Velasco ve Becker, 1998) ile yapılmış az sayıda çalışmaya rastlanmıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) yem bitkisi ıslahında önem taşıyan özelliklerin hızlı analizini mümkün kılacak NIR kalibrasyon modellerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda toplam beş farklı parametre (KM, HP, HK, ADF, NDF) için tahmin modeli geliştirilmiş ve bu modellerin güvenilirlikleri test edilmiştir. Elde edilen sonuçların laboratuvar sonuçları ve literatür ile karşılaştırıldıklarında da uyumlu olduğu gözlenmiştir. Kalibrasyon değerlendirme parametrelerine, yani SEC, SECV, SEP, SEPC, RPD ve R^2 göre, protein ve NDF oranı diğerleri arasında en iyi tahmin edilen özellikler olarak belirlenmiştir. Referans değerleri ile NIR ölçümleri arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında ise ADF, KM ve HK değerlerinden kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir. Bunun sebebi referans değerlerle ADF değeri için standart hatanın yüksek olması olabilir. Kuru madde (KM) ve HK değerlerinin diğer parametrelerden farklı spektral yansımaya değerleri gösterdiği görülmüştür. Daha sonra yapılacak çalışmalarda numunelerin kurutulmasının gözden geçirilmesi, hedef olmayan bileşenlerin çıkarılması veya alınan veri setleri için türevlerin sıralamasının yapılması sonuçların iyileştirilmesi için yararlı olabilecektir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TAGEM tarafından desteklenen TAGEM/

TBAD / B/ 19 /A7 /P8 / 926 nolu proje kapsamında elde edilen sonuçlarla hazırlanmıştır.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- AOAC 2000. Official methods of analysis of the AOAC, 20th ed. Methods 990.03. Association of official analytical chemists. Arlington, VA, USA
- Blanco M, Villarroya I 2002. NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. Trends Analyt Chem 21 (4): 240-250
- Blosser TH, Reeves JB, Bond J 1988. Factors affecting analysis of chemical composition of tall fescue with near infrared reflectance spectroscopy. J Dairy Sci 71(2):398-407.
- Bozhanska T, Churkova B 2020. Correlation and regression relationships between quantitative and qualitative indicators of perennial grass and legume mixtures. Bulg J Agric Sci 26 (3): 567-573.
- Contreras-Govea FE, Marsalis MA, Lauriault LM, Bean BW 2010. Forage sorghum nutritive value: A review. Online. Forage and Grazinglands 8 (1): 1-6 doi:10.1094/FG2010-0125-01-RV.
- Cozzolino D, Delluchi I, Kholi M, Vazquez D 2006. Use of near infrared reflectance spectroscopy to evaluate quality characteristics in whole-wheat grain, Agric Téc 66(4):370-375.
- Çakmakçı S, Gündüz İ, Çeçen S, Aydınoglu B 1999. Sorgumun silajlık kullanımında farklı biçim devrelerinin verim ve kalite üzerine etkileri, Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi 23 (3): 603-611.
- Çeçen S, Öten M, Erdurmuş C 2005. Batı Akdeniz sahil kuşağında sorgum (*Sorghum bicolor* L.) , sudanotu (*Sorghum sudanense* Staph.) ve mısırın (*Zea mays* L.) ikinci ürün olarak değerlendirilmesi Mediterr Agric Sci 18(3): 337-341.
- Davies AMC, Grant A 1987. Review: Near-infrared analysis of foods. Int J Food Sci Tech 22 (3): 191-207.
- Elçi Ş, Sağlamtimur T, İnal İ 1999. Türkiye’de yem bitkileri yetiştiriciliğinin ekim nöbetindeki yeri ve sorunları, Çayır-Mera Amenajmanı ve Islahı. Mera kanunu eğitim ve uygulama el kitabı-1, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Çayır-Mera Yem Bitkileri ve Havza Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara,1999, S:81-92 .
- García J, Cozzolino D 2006. Uso de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR) para predecir la composición química de forrajes en modelos de calibración amplia. Agric Téc 66(1):41-47
- Güneş A, Acar R 2005. Karaman ekolojik koşullarında silajlık sorgum x sudanotu melezinin ikinci ürün olarak yetiştirme imkanlarının belirlenmesi, S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 19: 8-15.
- Kahrıman F, Egesel O 2011. Development of a calibration model to estimate quality traits in wheat flour using NIR (Near infrared reflectance) spectroscopy, Res J Agric Sci 43(3): 392-400.
- Karadağ Y, Özkurt M 2014. İkinci ürün olarak yetiştirilebilecek silajlık sorgum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) çeşitlerinde farklı sıra aralıklarının verim ve kalite üzerine etkisi. JAFAG 31(1):19-24.
- Khaleduzzaman ABM, Enamul HAQ, Hazary M, Emdadul Haque M, Shafiqul Islam M 2013. Nitrogen and phosphorus fertilization for jumbo (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) forage production and evaluation by using Near infrared reflectance spectroscopy. Int J Agron Plant Prod 4(S): 3576-3582.
- Maccarthy DS, Vlek PLG 2012. Impact of climate change on sorghum production under different nutrient and crop residue management in semi-arid region of Ghana: a modeling perspective. Afr Crop Sci J 20(2):243-259.
- Marsalis MA, Kirksey RE, Contreras-Govea PE, Carrasco L, O’neill MK, Lauriault LM, Place M 2010. New Mexico 2009 corn and sorghum performance tests. agricultural experiment station variety test reports. New Mexico State University. Las Cruces, Agricultural Experiment Station Cooperative Extension Service 62 pages,
- Nazlı İR 2011. Sorgum x sudanotu melezi (*Sorghum bicolor* x *Sorghum bicolor* var. Sudanense) tarımında bazı organik atıkların kullanım olanakları. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 69 sy.
- Özkurt M 2013. Tokat ekolojik koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek silajlık sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) çeşitlerinde farklı sıra aralıklarının bazı morfolojik ve tarımsal özellikleri üzerine etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 69 sy.
- Park RS, Agnew RE, Gordon FJ, Steen RWJ 1998. The use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) on undried samples of grass silage to predict chemical composition and digestibility parameters. Anim Feed Sci Technol 72 (1-2): 155-167.
- Patil AG, Oak MD, Taware SP, Tamhankar SA, Rao VS 2010. Nondestructive estimation of fatty acid composition in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] seeds using near-infrared transmittance spectroscopy. Food Chem 120 (4): 1210-1217.

- Pražak R 2016. Prospects for sorghum cultivation in Poland. *Acta Agrobot* 69(2):1661-1669.
- Rezende RP, Golin HO, Abreu VLS, Theodoro GF, Franco GL, Brumatti RC, Fernandes PB, Bento ALL, Rocha RFAT 2020. Does intercropping maize with forage sorghum effect biomass yield, silage bromatological quality and economic viability? *Res Soc Dev* 9(4):1-25.
- Shenk JS, Westerhaus MO 1994. The application of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to forage analysis, *In*: G.C. Fahey et al. (ed.) Forage quality, evaluation, and utilization. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. pp 406-409.
- Siefers MK, Turner JE, Huck GL, Young MA, Anderson SA, Pope RV, Bolsen KK 1997. Agronomic and silage quality traits of forage sorghum cultivars in 1995, *Kansas Agric Exp Sta Rep Prog* 783: 76-80.
- Soya H 1999. İkinci ürün olarak yem bitkileri tarımı, Çayır-Mera Amenajmanı ve Islahı. Mera kanunu eğitim ve uygulama el kitabı-1, Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Çayır-Mera Yem Bitkileri ve Havza Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara,1999, S:93-102.
- 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 rations. *S Afr J Anim Sci* 42(5): 550-554.
- Tabacco E, Righi F, Quarantelli A, Borreani G 2011. Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. *J Dairy Sci* 94(3) :1409-1419
- Torrecilla, M, Cantamutto MA, Bertoia LM 2011. Head and stover contibutin to digestible dry matter yield on grain and dual-purpose sorghum crop. *Aust J Crop Sci* 5 (2): 116-122.
- Tosunoğlu S, Mut H 2015. Yozgat şartlarında ana ve ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek sorgum, sudan otu ve sorgum sudan otu melez çeşitlerinin belirlenmesi. Türkiye 11. Tarla Bitkileri Kongresi, Çanakkale
- TS EN ISO 2171(2010).Tahıllar, baklagiller ve yan ürünleri - Yakılarak kül muhtevasının tayini, 22 sy.
- TS EN ISO 712 (2012). Tahıl ve tahıl ürünleri- Rutubet muhtevası tayini- Referans yöntem, 14 sy.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 74 (10): 3583-3597.
- Velasco L, Becker CH 1998. Estimating the fatty acid composition of the oil in intactseed rapeseed (*Brassica napus* L.) by near infrared reflectance spectroscopy. *Euphytica*, 101:221-230
- Vranić M, Bošnjak K, Rukavina I, Glavanović S, Pintić Pukec S, Babić A, Vranić I 2020. Prediction of forage chemical composition by NIR spectroscopy. *J Cent Eur Agric* 21(3): 554-568
- Williams PC, Norris K 2001. Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. St Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists.312 p.
- Yücel C, Yücel D, İnal İ, Gündel F, Hatipoğlu R, Dweikat I 2017a. Determining of bio-ethanol production potential of different sweet sorghum genotypes under Mediterranean conditions. Abstract Proceeding Book of ICAFOF Conference p:942.
- Yücel C, İnal İ, Gündel F, Yücel D, Aktaş A, Karaağaç HA, Hatipoğlu R, Dweikat İ 2017b. Biyoetanol üretiminde kullanılmış tatlı sorgum saplarının silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg* 20 (Özel Sayı): 144-148.