

Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.)'nda bazı kalite özelliklerinin Yakın Kızılötesi Spektroskopi (NIRS) ile belirlenmesi

Murat Reis AKKAYA¹ Hatice YÜCEL² Ahmet Doğan DUMAN³ Mustafa DİDİN³ Emir Ayşe ÖZER³ Osman KOLA¹

¹ Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Adana

² Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Adana

³ Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Hatay

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: mrakkaya@adanabtu.edu.tr

Makale Bilgisi/Article Info
Derim, 2017/34(1):37-42
doi:10.16882/derim.2017.305312

Araştırma Makalesi/Research Article
Geliş Tarihi/Received: 29.07.2016
Kabul Tarihi/Accepted: 09.09.2016



Öz

Bu araştırma yerfıstığında yağ, protein ve nem oranının Yakın Kızılötesi Spektroskopi (NIRS) ile belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada yerfıstıklarından spektrumların alınmasında Foss NIRSystem XDS Rapid Content Analyzer near-infrared cihazı kullanılmıştır. Materyal olarak ıslah çalışmalarında kullanılan yağlık ve çerezlik yerfıstığı hatları ile ticari çeşitleri kullanılmıştır. NIRS'da kalibrasyon eşitliği üretmek için yerfıstığı numunelerinin referans protein değerleri kjeldahl protein tayin metodu ile, referans yağ değerleri soxhlet yağ tayin metodu ile, referans nem değerleri de etüv nem tayin metodu ile belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, yerfıstığı numunelerinde referans analiz yöntemleri ile belirlenen protein oranları %19.90-30.10 arasında, yağ oranları %44.03-53.70 arasında, nem oranları ise %5.03-6.16 arasında değişim göstermiştir. Referans analiz yöntemleri ile NIRS okumaları arasında elde edilen kalibrasyon belirleme katsayısı ($RSQ=R^2$) protein oranında 0.925, yağ oranında 0.857, nem oranında ise 0.821 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular, NIRS yönteminin yerfıstığında bazı kalite parametrelerinin belirlenmesinde hızlı ve etkili bir yöntem olabileceğini göstermiştir

Anahtar Kelimeler: Nem oranı, NIRS, Protein oranı, Yağ oranı, Yerfıstığı

Determination of some quality characteristics of peanut (*Arachis hypogaea* L.) using Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS)

Abstract

The aim of this study was to determine protein, oil and moisture contents of peanut using Near Infrared Spectroscopy (NIRS). Foss NIRSystem XDS rapid content analyzer was used to determine XDS spectra of the samples which were taken from breeding lines and commercial cultivars. Reference values used to obtain calibration equations in NIRS were obtained by analyzing protein, oil and moisture contents of the samples. Protein, oil and moisture contents of the samples were analyzed by kjeldahl, soxhlet extraction and oven methods, respectively. Protein contents of peanuts were found to range between 19.90 and 30.1% whereas oil contents were found as 44.03-53.70%. Moisture contents of peanuts varied between 5.03 and 6.16%. Coefficient of determination ($RSQ=R^2$) values between the results of classical analytical methods and NIRS were 0.925, 0.857 and 0.821 for protein, oil and moisture contents, respectively. The results of this study showed that NIRS can be used quick and accurate method to determine important quality characteristics of peanut.

Keywords: Moisture ratio, NIRS, Protein content, Oil content, Peanut

1. Giriş

Yerfıstığı (*Arachis hypogaea*) baklagiller familyasından tek yıllık, çok değerli bir yağ bitkisidir. Günümüzde tohumlarında bulunan yüksek oranlardaki yağ ve protein nedeniyle, başta fıstık yağı ve fıstık ezmesi üretmek amacıyla dünyanın tropik ve subtropik bölgelerinde yer alan ülkelerde yaygın olarak üretilmektedir.

Önemli bir gıda maddesi olan yerfıstığı, ucuz bir protein kaynağı olmasının yanı sıra zengin bir vitamin ve mineral kaynağıdır ve bir çok gıda ürününün de bileşiminde yer alır (Chamberlin vd., 2014). Ayrıca gerek hayvan yemi ve gerekse toprağı azot yönünden zenginleştirilmesi bakımından da önemli bir yağ bitkisidir. Bileşiminde çeşitlere bağlı olarak değişmekle birlikte %45-55 yağ, %20-25 protein, %16-18 karbonhidrat, %5 mineral

madde bulunur (Arıoğlu, 1999). Ülkemizde üretim alanlarından ancak çerezlik yerfıstığı talebinin karşılanabilmesi ve fiyatlarının yüksek olması nedeniyle bitkisel yağ endüstrisinde değerlendirilememektedir.

Türkiye'de yerfıstığı ekim alanları 1990'lı yılların başlarında yaklaşık 300 bin dekar iken 2015 yılına gelindiğinde 377 bin dekara ulaşmıştır. Ülkemizde yerfıstığı başta Osmaniye ili olmak üzere en fazla Çukurova bölgesinde üretilirken, yıllık üretim ise yaklaşık 147.5 bin ton olmuştur (TÜİK, 2016). Bu üretim rakamları da ülkemizde ancak iç tüketimi karşılamaktadır.

İnsan sağlığı ve sosyal gelişimle yakın ilişkisi olan gıda güvenliği ve gıda kalitesi tüm Dünya ülkelerinde hala önemli bir konu olarak ele alınmaktadır. Tüketiciler gün geçtikçe gıda ürünleri üzerinde kalite etiketleri ve güvenilir olduğuna dair işaretler aramakta, üreticilerden yüksek kalitede ürünler beklemektedirler. Tüm bu faktörler gıda kalitesinin değerlendirilmesinde güvenilir tekniklerin önemini vurgulamaktadır.

Uygulamadaki ihtiyaçlar göz önüne alındığında, NIRS teknolojisi gibi hızlı ve etkili metotlar geliştirilmesinin önemi ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda, gerek gıdaların üretiminde gerekse gıda araştırmalarında hızlı, güvenilir ve çevre dostu teknolojilere olan ilgi artmakta, buna bağlı olarak da geleneksel metotlara alternatif çeşitli teknolojiler geliştirilmektedir. Bu teknolojilerin en önemlilerinden birisi de yaygın kullanım alanı olan Yakın Kızılötesi (NIR) Spektroskopisidir (Cen ve He, 2007). Uygun bir kalibrasyondan sonra gıda analizlerinde kullanılabilen hızlı, güvenilir ve çevre dostu NIR Spektroskopi'si 400-2500 nm dalga boyu aralığında ki elektromanyetik radyasyon absorpsiyonu temeline dayanan ve analiz amaçlı kullanılan bir teknolojidir (Davies ve Granth, 1987).

İlk olarak 1964 yılında tarımsal ürünlerde nem ölçümü için kullanılan NIRS tekniği (Norris, 1964) artık günümüzde sütte, süt ürünlerinde, ette ve yumurtada tehlikeli patojenlerin tespitinin yanı sıra (Pe'rez-Vich vd., 1998; Velasco ve Becker, 1998; Daun vd., 1994), tarımsal ürünlerin ve gıdaların protein, karbonhidrat, yağ gibi temel kalite parametreleri ile su, etanol, şekerler, organik asitler, yağ asitleri ve fenolik bileşenlerinin tespiti ile gıdalarda tazelik, renk ve olgunluk gibi

kalite parametrelerinin analizlerinde de kullanılmaktadır (Sundaram vd., 2010 a,b; Windham vd., 2010). Gıda örneklerindeki analitik ve kalite faktörlerinin bahsedilen dalga boyu aralığındaki elektromanyetik spektrumundaki absorpsiyonunun korelasyon ile çözümlenmesi prensibine dayanan NIR spektroskopisi özellikle gıda ve tarımsal ürünlerin duyuşal, fiziksel ve kimyasal analizlerinde rutin olarak kullanılabilmesine imkan sağlamaktadır (Williams ve Norris, 1987).

Dünyada insan beslenmesinde bitkisel yağ kaynağı olarak dördüncü sırada, bitkisel protein kaynağı olarak da üçüncü sırada yer alan (Kavera ve Hanchinal, 2014) ve birçok gıdanın da bileşiminde bulunan yerfıstığı kalite özelliklerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışma yerfıstığı yağ, protein ve nem oranının, analiz sırasında hiçbir kimyasal maddeye ihtiyaç duyulmayan, son yıllarda birçok gıda maddesinin kalite parametrelerinin saptanmasını gerektiren her aşamasında yaygın olarak kullanılan ve aynı anda birden fazla parametrede sonuç elde edilebilen NIRS yardımıyla belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Ülkemizde yerfıstığı konusunda yapılan ilk araştırma olması nedeniyle de önemlidir.

2. Materyal ve Yöntem

Çalışmada materyal olarak Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanında adaptasyon ve ıslah çalışmalarında kullanılan yağlık ve çerezlik yerfıstığı hatları ve ticari çeşitleri kullanılmıştır. Referans yağ oranlarını belirlemek amacıyla 300 adet öğütülmüş yerfıstığı numunesi klasik kimyasal analiz yöntemi olan soxhlet yağ ekstraksiyon metodu (AOAC, 1990) ile kuru madde üzerinden analiz edilmiştir. Referans protein oranlarını belirlemek amacıyla 200 adet öğütülmüş yerfıstığı numunesi klasik kimyasal analiz yöntemi olan kjeldahl yağ yakma metodu ile (AOAC, 1990) kuru madde üzerinden analiz edilmiştir. Referans nem oranlarını belirlemek amacıyla da 60 adet öğütülmüş yerfıstığı numunesi etüv metodu ile (AOAC, 1990) analiz edilmiştir.

Araştırmada referans analizleri yapılan yerfıstığı numunelerinin spektrumlarının alınmasında Foss marka NIRSystem XDS near-infrared *Rapid Content Analyser* cihazı ve "ISI scan" programı kullanılmıştır. Spektrumlar alınmadan

önce numuneler laboratuvar blenderi ile öğütülmüştür. Öğütülmüş yarfıstığı numunelerinin 400-2500 nm dalga boyları arasındaki spektrumları her 2 nm'de bir olmak üzere alınmıştır. Kalibrasyon eşitliği "WinISI III v1.61" programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Alınan spektrumlardan kalibrasyon eşitliğinin ürettilmesinde kısmi en az kareler (PLS) metodu kullanılmıştır (Blanco vd., 2002). Referans analiz yöntemleri ile analizi yapılarak elde edilen verileri NIRS sonuçlarıyla ilişkilendirmek için çeşitli matematiksel modeller denenerek en uygun sonucu veren kalibrasyon modeli belirlenmiştir.

Bu çalışmada tahminin standart hatası (SEP), bias, eğim ve NIRS ile referans değerlerden elde edilen korelasyon katsayısı ($RSQ=R^2$) parametreleri kalibrasyon modelinin geliştirilmesi ve doğrulamanın hassasiyetinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Araştırmada yarfıstığı örneklerinde referans analiz yöntemleri ile ve NIRS yardımıyla belirlenen protein, yağ ve nem oranlarının kalibrasyon ve doğrulama istatistikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Yarfıstığı numunelerinden elde edilen verilerin spektrumları da Şekil 1'de verilmiştir. Spektrumları alınan örneklerin 1400-1900 nm dalga boyu arasındaki spektrumları birbirine yakın olduğu gözlenirken daha düşük veya daha yüksek dalga boylarında numunelerin spektrumlarının genişlediği görülmektedir.

Protein, yağ ve nem oranlarına ilişkin referans değerler ile NIRS değerlerinin karşılaştırılmasına ait elde edilen bulgular Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de görülmektedir. Değerlerin koordinat düzlemi üzerinde oluşturduğu noktaların eğimleri ve kalibrasyon

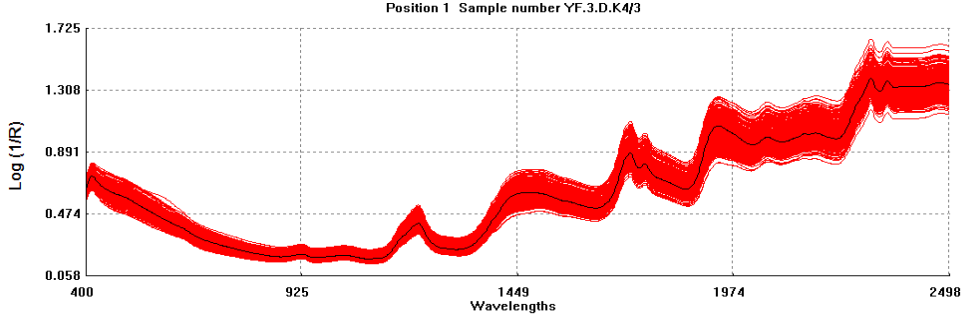
belirleme katsayıları protein oranı için Şekil 2, yağ oranı için Şekil 3 ve nem oranı için Şekil 4 üzerinde verilmiştir. Ölçülen bütün özelliklerde kalibrasyon belirleme katsayısının yüksek olması doğrunun 1'e yakın olmasına neden olmuştur. Bu durum gerçek değerler ile tahmin edilen değerlerin birbirleriyle oldukça yakın bir ilişki içerisinde olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1'in incelenmesiyle de görülebileceği gibi, referans analiz yöntemleri ile yapılan analizler sonucunda yarfıstığı numunelerinde protein oranının ortalama %24.94 olduğu ve %19.90 ile %30.10 arasında değiştii belirlenmiştir. Yağ oranının ortalama %49.07 olduğu ve %44.03 ile %53.70 arasında değişim gösterdiği, nem oranının ise ortalama %5.626 olduğu ve %5.03 ile %6.16 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 1). Kalibrasyon istatistiklerinden kalibrasyon belirleme katsayısının protein oranında 0.925, yağ oranında 0.857, nem oranında ise 0.821 olduğu bulunmuştur. İncelenen özelliklerden tahminin standart hatasının protein oranında 0.589, yağ oranında 0.738, nem oranında ise 0.102 olduğu bulunmuştur. Bias referans klasik analizlerin ortalaması ile NIRS analizlerinin ortalaması arasındaki farka bağlı olarak belirlenen bir değer olup, sıfıra yakın olması istenirken; kalibrasyon modeline ait uyum çizgisinin eğiminin 1 olması durumunda, uyum çizgisi referans değerlerle NIRS değerlerine eşit mesafede bir doğru çizmektedir. Tahminin standart hatasının sıfıra, kalibrasyon belirleme katsayısının 1'e yakın olması kalibrasyon modelinin daha iyi olduğunu ifade etmektedir (Başlar, 2008). Araştırmada yarfıstığı numunelerinde belirlenen bias değerinin protein oranında 0.014, yağ oranında 0.101, nem oranında 0.015 ve eğim değerinin de protein oranında 1.004, yağ oranında 0.957, nem oranında 0.989 olması, referans analiz yöntemleri sonucu elde edilen bulgular ile NIRS analiz sonuçlarının uyumlu olduğunu göstermektedir.

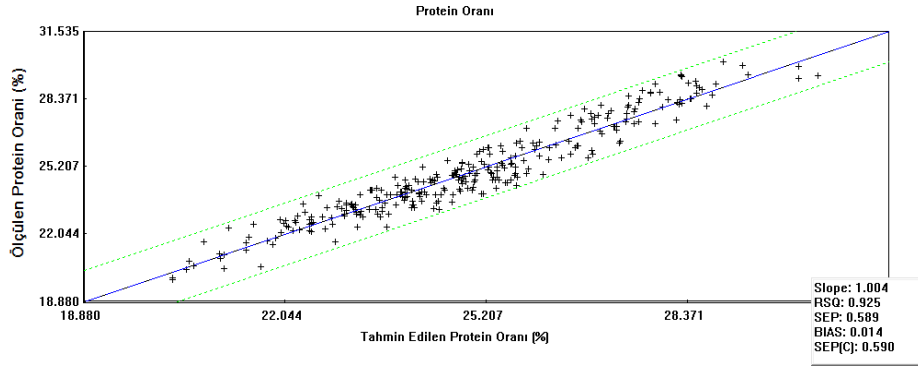
Çizelge 1. Yarfıstığı numunelerinde protein, yağ ve nem oranlarına ait kalibrasyon ve doğrulama istatistikleri

| Özellikler | Ortalama±SD | Min (%) | Max (%) | RSQ (R^2) | SEP | Bias | Eğim |
|-------------------|-------------|---------|---------|---------------|-------|-------|-------|
| Protein oranı (%) | 24.94±2.15 | 19.90 | 30.10 | 0.925 | 0.589 | 0.014 | 1.004 |
| Yağ oranı (%) | 49.07±1.93 | 44.03 | 53.70 | 0.857 | 0.738 | 0.101 | 0.957 |
| Nem oranı (%) | 5.626±0.24 | 5.03 | 6.16 | 0.821 | 0.102 | 0.101 | 0.989 |

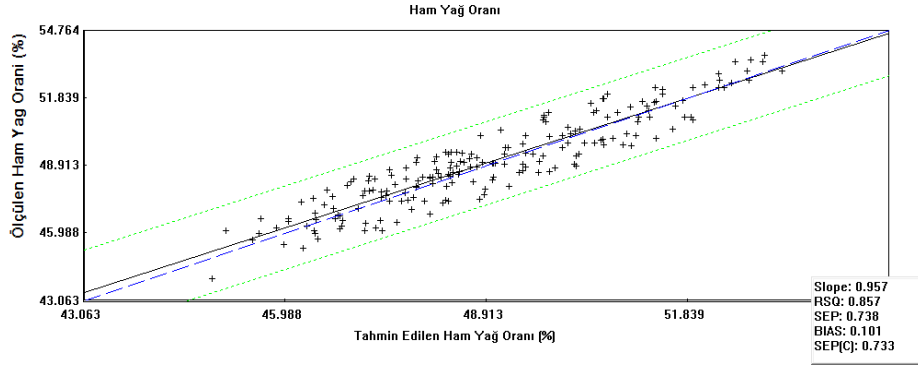
SD: Standart Sapma, RSQ (Coefficient of determination of Calibration): Kalibrasyon Belirleme Katsayısı, SEP (Standard Error of Prediction): Tahminin Standart Hatası



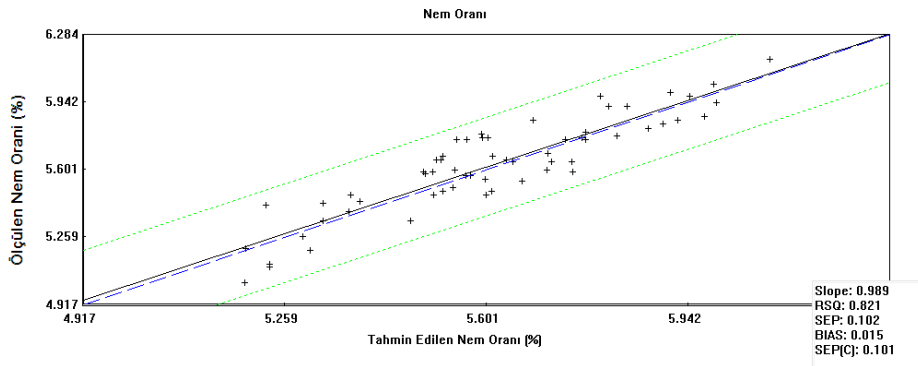
Şekil 1. Yerfıstığı numunelerine ait Foss NIRSystem XDS ile belirlenen spektrumlar



Şekil 2. Protein oranı için referans analiz sonuçları ile NIRS tahminlerinin karşılaştırılması



Şekil 3. Ham yağ oranı için referans analiz sonuçları ile NIRS tahminlerinin karşılaştırılması



Şekil 4. Nem oranı için referans analiz sonuçları ile NIRS tahminlerinin karşılaştırılması

Oh vd. (2000), yerfıstığında yağ ve protein oranının NIRS ile belirlenmesi amacıyla ürettikleri kalibrasyon eşitliğindeki istatistiksel değerlerden R^2 değerini yağ oranı için 0.986, protein oranı için 0.981 olarak bulmuşlardır. Referans yöntemle belirlenen değerler ile NIRS'da tahmin edilen değerler karşılaştırıldığında ise yağ oranı için R^2 değeri 0.985, protein oranı için R^2 değeri 0.962 olarak tespit edilmiştir. Araştırmamızda elde edilen R^2 değerleri hem protein oranında, hem de yağ oranında Oh vd. (2000)'nin bulunduğu değerlerden düşük olmasına karşın kabul edilebilirdir.

Sundaram vd. (2010a), yerfıstıklarında yağ oranı ve yağ asitleri kompozisyonunu belirlemek amacıyla NIRS kullanarak yaptıkları çalışmalarında hem Virginia hem de Valencia çeşidi için kalibrasyon eşitliği üretmişlerdir. Ürettikleri kalibrasyon eşitliğinde toplam yağ oranı için R^2 değerini her iki çeşitte de 0.99 olarak, bias değerini ise Virginia çeşidinde -0.0003, Valencia çeşidinde -0.004 olarak bulmuşlardır. Referans yöntemle bulunan toplam yağ değerleri ile NIRS'da tahmin edilen değerler karşılaştırıldığında da Virginia çeşidinde R^2 değerini 0.9509 olarak, Valencia çeşidinde ise 0.8664 olarak bulmuşlardır. Araştırmamızda yağ oranı için belirlenen R^2 değeri Sundaram vd. (2010a)'ın bulunduğu değerlerden daha düşük olmasına rağmen kabul edilebilirdir.

Sundaram vd. (2012), nem oranı %6.0-26.0 oranında değişen Virginia ve Valencia tipi kabuklu yerfıstıklarında nem oranını NIRS ile belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Yerfıstıklarından aldıkları spektrumları PLS analizlerine tabi tutarak ve reflektans spektra kullanarak geliştirdikleri kalibrasyon modelinde hem Virginia hem de Valencia çeşidinde R^2 değerini 0.99 olarak bulmuşlardır. NIRS'da tahmin edilen değerler ile referans değerler karşılaştırıldığında ise en iyi R^2 değeri Virginia çeşidinde 0.95, Valencia çeşidinde ise 0.94 olarak belirlemişlerdir. Araştırmamızda nem oranı için belirlediğimiz R^2 değeri Sundaram vd. (2012)'in bulunduğu değerden düşük olmasına karşın kabul edilebilir sınırlardadır.

Wang vd. (2014), yerfıstığında yağ ve protein oranlarını NIRS ile belirlemek amacıyla yaptıkları çalışma ile ürettikleri en iyi kalibrasyon modelinde R^2 değerini protein oranı

için 0.9145, yağ oranı için ise 0.8906 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmamızda protein oranı için bulduğumuz R^2 değeri bu araştırmada bulunan değerden daha yüksek iken, yağ oranı için bulduğumuz R^2 değeri bu çalışmada bulunan değerden düşük olmasına rağmen kabul edilebilirdir. Chamberlin vd. (2014), yerfıstığında oleik asit oranını belirlemek amacıyla farklı metotları karşılaştırdıkları çalışmalarında; NIRS da ürettikleri kalibrasyon eşitliğinde tahmin edilen oleik asit değerleri ile gaz kromatografisinde ölçülen oleik asit değerlerini karşılaştırdıklarında R^2 değerini 0.851 olarak tespit ederlerken, Bansod vd. (2015), yerfıstıklarında oleik asit oranının NIRS ile belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarında tahminin standart hatasını (SEP) 7.72 olarak tespit etmişlerdir. Araştırmamızdan farklı olarak yerfıstığında oleik asit oranını NIRS ile tespitinin amaçlandığı yukarıdaki çalışmalar, yaptığımız çalışmanın NIRS'da farklı özelliklerin de tespiti için geliştirilebileceğini göstermektedir.

4. Sonuç

Sonuç olarak, bu araştırma, NIRS'ın yerfıstığında yağ, protein ve nem oranlarının tahmin edilmesinde hızlı ve etkili bir yöntem olması ve klasik kimyasal analiz yöntemlerine göre daha az numune ile daha kısa sürede gerçekleştirilmesi nedeniyle önem kazanmaktadır. Bunların yanı sıra NIRS analiz yönteminde klasik kimyasal analiz yöntemlerine göre herhangi bir kimyasal kullanılmaması bakımından da daha çevreci olabilmektedir. Elde edilen bulgular, kalibrasyon ve doğrulama sonuçlarının NIRS analiz yönteminin yerfıstığında protein, yağ ve nem oranlarının tahmininde kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca hızlı ve etkili sonuçlar veren NIRS yönteminin yerfıstığı ıslahı, ticareti ve pazarlanmasında kullanımının önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışma ile NIRS analiz yönteminin geliştirilerek yerfıstığının diğer kalite özelliklerinin tespitinde de ve hatta farklı birçok üründe de kullanılabileceği görülmektedir.

Kaynakça

AOAC (1990). Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, (15th ed.), Washington, DC.

- Arioğlu, H. (1999). Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 220, 175 s., Adana.
- Bansod, B., Thakur, R., & Holser, R. (2015). Analysis of peanut seed oil by NIR. *American Journal of Analytical Chemistry*, 6: 917-922.
- Başlar, M. (2008). Ekmeklik buğday unlarının bazı kalite özelliklerinin yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS) kullanılarak belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Blanco, M., & Villarroya, I. (2002). NIR spectroscopy: a rapid-response analytical tool. *Trends in Analytical Chemistry*, 21(4):240-250.
- Cen, H., & He, Y. (2007). Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends in Food Science and Technology*, 18(2):72-83.
- Chamberlin, K.D., Barkley, N.A., Tillman, B.L., Dillwith, J.D., Madden, R., Payton, M.E., & Bennett, R.S. (2014). A comparison of methods used to determine the oleic/linoleic acid ratio in cultivated peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Agricultural Sciences*, 5(3):227-237.
- Daun, J.K., Clear, K.M., & Williams, P. (1994). Comparison of three whole seed near infrared analyzers for measuring quality components of canola seed. *Journal of American Oil Chemists Society*, 71:1063-1068.
- Davies, A.M.C., & Granth, A. (1987). Near-infrared analyses of foods. *International Journal of Food Science and Technology*, 22:191-207.
- Kavera, H.L.N. & Hanchinal, R.R. (2014). Near Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) for large scale screening of fatty acid profile in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Legume Research*, 37(3):272-280.
- Norris, K.H. (1964). Reports on design and development of a new moisture meter. *Agricultural Engineering*, 45(7):370-372.
- Oh, K.W., Choung, M.G., Pae, S.B., Jung, C.S., Kim, B.J., Kwon, Y.C., Kim, J.T., & Kwack, Y.H. (2000). Determination of seed lipid and protein contents in perilla and peanut by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *Korean Journal of Crop Science*, 45(5):339-342.
- Pe'rez-Vich, B., Velasco, L., & Fernandez-Martí'nez, J.M. (1998). Determination of seed oil content and fatty acid composition in sunflower through the analysis of intact seeds, husked seeds, meal and oil by near-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of American Oil Chemists Society*, 75:547-555.
- Postweiler, K., Stösser, R., & Anvari, S.F. (1985). The effect of different temperatures on the viability of ovules in cherries. *Scientia Horticulturae*, 25(3):235-239.
- Sanzol, J., & Herrero, M. (2001). The effective pollination period in fruit trees. *Scientia Horticulturae*, 90(1-2):1-17.
- Sundaram, J., Kandala, C.V., Butts, C.L., & Windham, W.R. (2010b). Application of NIR reflectance spectroscopy for the determination of moisture content of in-shell peanuts: A nondestructive method. *Transaction of ASABE*, 53(1):183-189.
- Sundaram, J., Kandala, C.V., Govindarajan, K.N., & Subbiah, J. (2012). Sensing of moisture content of in-shell peanuts by NIR reflectance spectroscopy. *Journal of Sensor Technology*, 2:1-7.
- Sundaram, J., Kandala, C.V., Holser, R.A., Butts, C.L., & Windham, W. R. (2010a). Determination of in-shell peanut oil and fatty acid composition using Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *Journal of American Oil Chemists Society*, 87:1103-1114.
- Stösser, R., & Anvari, S.F. (1990). On the longevity of ovules in relation to fruit set in stone fruit. *Erwerbsobstbau*, 32(5):134-137.
- TÜİK (2016). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> Erişim tarihi: 18 Temmuz 2016.
- Velasco, L., & Becker, H.C. (1998). Estimating the fatty acid composition of the oil in intact seed rapeseed (*Brassica napus* L.) by near infrared reflectance spectroscopy. *Euphytica*, 101: 221-230.
- Wang, C.T., Wang, X.Z., Tang, Y.Y., Wu, Q., Xu, J.Z., Hu, D.Q., & Qu, B. (2014). Predicting main fatty acids, oil and protein content in intact single seeds of groundnut by near infrared reflectance spectroscopy. *Advanced Materials Research*, 860-863: 490-496.
- Williams, P.C., & Norris, K.H. (1987). Near-infrared technology in the agricultural and food industries, *American Association of Cereal Chemists, Inc.*, St. Paul, MN.
- Windham, W.R., Kandala, C.V., Sundaram, J., & Russell, N.C. (2010). Determination of peanut pod maturity by near infrared reflectance spectroscopy. *Transaction of ASABE*, 53 (2): 491-495 preharvest and harvest losses in '0900 Ziraat' sweet cherry cultivar. *Acta Horticulturae*, 877:261-268.