

## YEM ANALİZLERİNDE İNFRARED SPEKTROSKOPİNİN KULLANIMI

Mustafa EREN\*

### ÖZET

*Bu makalede öncelikle infrared spektroskopi ile ilgili teorik bilgiler ve kullanım alanları özetlenmiştir. Ardından, yem ham maddeleri, karma yemler ve kaba yemlerin kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesinde infrared spektroskopi kullanımı incelenmiştir.*

*Sonuç olarak, yem ham maddeleri, karma yemler ve kaba yemlerin kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesinde infrared spektroskopinin hızlı, ucuz ve çevre dostu bir analiz metodu olarak kullanılabileceği kanısına varılmıştır. Bunlara ek olarak, eğer yeterli sayıda eğitilmiş insan ve kalibrasyon merkezi sağlanabilirse infrared spektroskopinin Türk Yem Endüstrisi'nde kullanımının kalite ve verimliliği artıracığı vurgulanmıştır.*

*Anahtar Kelimeler: Yem, Analiz, İnfrared, NİR*

### SUMMARY

#### Use of The Infrared Spectroscopy-in Feed Analysis

*In this review, firstly information concerned with infrared spectroscopy and its application fields are briefed. Subsequently, use of the infrared spectroscopy for prediction of chemical composition of feed ingredients, mixed feeds and forages is given. It is considered that, the infrared spectroscopy as a rapid, inexpensive and enviromental friendly analytical method can be used to predict chemical composition of feed ingredients, mixed feeds and forages. Futhermore, it is noticed that implementation of the infrared spectroscopy into*

\* Yard. Doç. Dr.; U.Ü. Vet. Fak. Hay. Bes. Ve Besl. Hast. ABD, Bursa-TÜRKİYE

*Turkish Feed Industry can improve the quality and productivity if enough number of competent people and calibration centers are provided.*

*Key Words: Feed, Analysis, Infrared, NIR*

## **İNFRARED SPEKTROSKOPİ VE KULLANIM ALANLARI**

Van der Vlies<sup>1</sup>, 1800 yılında İngiliz bilim adamı William Hershell'in güneşin ışık olmadan da ısı yaydığını ve bu ısının güneş spektrumundaki renkler üzerine eşit olarak dağılmadığını belirlemesini, ısı radyasyonunun keşfi olarak nitelemektedir. Farklı dalga boylarındaki ışığın organik kimyasallardaki bağlar tarafından farklı düzeylerde absorbe edildiğinin keşfinin ise uzun zaman aldığı belirtilmektedir. Bir çok kompleks kimyasal madde tarafından absorbe edilebilen ışık, spektrumdaki görülebilir(visible) ve kızıl ötesi (mid-infrared) arasında kalan ve near infrared (NİR) olarak adlandırılan bölgede yer almaktadır. NİR teknolojisine dayalı spektroskopinin ilk defa 1960 yılında Amerika Birleşik Devletleri Tarım Departmanı'nda Karl Norris tarafından 700-2500 nm dalga boyu aralığında, tarımsal ürünlerin analizi amacıyla kullanıldığı bildirilmektedir<sup>1</sup>. 1990'lı yıllara gelindiğinde ise infrared spektroskopinin (İS) bir çok alanda bir analiz tekniği olarak kabul edildiği ve endüstride kalite kontrolü amacıyla kullanıldığı görülmektedir. Günümüzde kullanılan NİR spektrometrelerde iki tip okuma yapılabilmektedir. Birincisi, örnek üzerine gönderilen ışığın bir kısmının örnek tarafından absorbe edildikten sonra yansıyan bölümünün bir duyarga tarafından okunması ilkesine dayanan near infrared reflektans spektroskopidir (NİR-RS). Katı örneklerin analizinde bu okuma tipinin kullanıldığı görülmektedir. Diğer okuma tipi ise, örneğe gönderilen ışığın örnek içinden geçtikten sonraki bölümünün okunmasına dayanan near infrared transmittent spektroskopidir (NİTS). Bu okuma tipi daha çok sıvı örneklerin analizinde tercih edilmektedir.

Işık kaynağı, örnek haznesi, yansıtıcı veya geçirgen (reflektans veya transmittent) aparat, infrared radyasyonu algılayan duyarga ve veri işlemcileri grubu olarak özetleyebileceğimiz bölümlerden meydana gelen infrared spektrometrelerin kullanımlarını etkileyen en önemli faktör kalibrasyondur. Çünkü İS'de okumaya temel oluşturan spektral değişimler, örneğin içerdiği C-H, N-H, O-H gibi kimyasal bağların infrared radyasyonu farklı düzeylerde absorbe etmelerinden kaynaklanmaktadır<sup>1</sup>. Kalibrasyon işlemi öncelikle örneğe gönderilecek ışığın dalga boyunun seçimiyle başlamaktadır. Bu seçim belirli bir dalga boyu (örneğin 1800 nm) veya iki dalga boyu arasındaki alan (örneğin 1800-2050 nm) olabildiği gibi bir çok avantajı olduğu iddia edilen tüm spektrumun taranması da olabilmektedir<sup>2</sup>. Son yıllarda bu amaca yönelik olarak tüm ışık spektrumunu tarayabilen "Fourier Transform" infrared spektrometreler (FT-İR) ile NİR spektrometreler geliştirilmektedir. İnfrared spektrometrelerde kalibrasyon, karışımdaki miktarı ölçülecek kimyasal yapının, doğruluğu kesinlik kazanmış bir analiz yöntemiyle belirlendikten sonra spektroskopisinin yapılmasına dayanmaktadır. Referans metot yoluyla elde edilen değer ile aynı karışımın spektroskopisi sonucu ortaya çıkan spektral değer sistemin bilgi hafızasına depolanmaktadır. Herhangi bir kimyasal yapının NİR-R veya NİT spektrometrelerde sağlıklı olarak okunabilmesi için kaç adet kalibrasyon

okuması gerektiği konusunda net bir bilgi bulunmamakla birlikte teknolojik gelişmelere bağlı olarak kalibrasyon okuma sayısının gün geçtikçe azaldığı gözlenmektedir. Kalibrasyon okumaları ve veri girişlerinin tamamlanmasının ardından bir istatistik metodu kullanılarak referans analiz metodu ve spektral okuma sonuçlarının birbirleriyle ilişkilendirilmesi sağlanmaktadır. İS'de en önemli noktalar olan ışık dalga boyu ile kalibrasyon ve okumada kullanılan matematiksel yöntem birbiri ile yakın ilişki içerisindeydir<sup>2</sup>. Son yıllarda NİR teknolojisinde kullanılan "Principal Component Regression" (PCR)<sup>2,6</sup>, "Partial Least Squares" (PLS)<sup>2,4,6</sup>, "Multilinear Regression"(MLR)<sup>5,6</sup>, "Multiple Scatter Correction" (MSC)<sup>3</sup> ve "Optimised Scalling" (OS-2)<sup>3</sup> gibi matematiksel veri işleme metodlarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır.

İS'nin kullanım alanlarına bakıldığında çok sayıda bilim ve endüstri dalı ile karşılaşmaktadır. Bunun için en iyi örnek FT-İR, NİR ve NİT spektrometre üreticilerinin hazırladıkları spektral kütüphanelerdir. Bu bilgi bankaları incelendiğinde dünyada standardize edilmiş kimyasal madde üreten belli büyüklükteki firmaların kataloglarında yer alan çok sayıda organik ve inorganik maddenin spektral verilerinin bulunduğu görülmektedir. Ayrıca farmakoloji, toksikoloji, kan analizleri ile yağ, şeker, süt ve et endüstrileri İS'nin yem endüstrisi dışındaki başlıca kullanım alanlarıdır. İS'nin kullanım alanlarının her biri ayrı bir makale konusu oluşturacak genişlikte olduğundan bunlarla ilgili literatür bilgi verilmemiştir.

## YEM ANALİZLERİNDE İNFRARED SPEKTROSKOPİ

### Karma Yem Ham Maddeleri:

Bilindiği gibi tahıllar, yağlı tohumlar ve bunlardan elde edilen ürünler karma yem endüstrisinin temel girdilerini oluşturmaktadır. Bu ürünlerin parasal değerleri başta rutubet olmak üzere protein ve yağ içerikleri ile bunların maruz kaldığı mantar ve insekt enfestasyonlarının düzeyine göre belirlenmektedir. Hayvanların beslenmesi açısından diğer kriterler ise minerallerin düzeyi, lif yapısı ve nişasta yapısında olmayan polisakkaritler (NOP) gibi maddelerdir. Bu kriterlerden çoğunun belirlenmesi, geçmişten günümüze A.O.A.C.'de<sup>7</sup> tanımlanan, Weende Analiz Metodları olarak isimlendirilen ve resmi metot olarak kabul edilen yağ kimyasal işlemler ile yapılmaktadır. Ancak bu analizlerin bazıları üç günlük zaman gerektirmektedir<sup>8</sup>. Oysa İS ile bu analizlerin üç gün yerine üç dakikada yapılabileceği ileri sürülmektedir<sup>8</sup>. Son yıllarda İS ile ilgili yayınlar incelendiğinde, bu metodun yem ham maddelerinin analizinde daha çok kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Örneğin, Kanada Tahıl Araştırma Laboratuvarı'nda yapılan bir dizi çalışma sonucunda tahıllar ile yağlı tohumların protein, yağ ve kuru madde (KM) analizlerinin bütün ve öğütülmüş tanelerde NİR-R ve NİT spektroskopisi ile yapılabileceği bildirilmiştir<sup>9</sup>. Benzer olarak, Danimarka Tarımsal Kooperatifler Birliği, ülkelerinde üretilen arpa ve buğdayda protein, KM ve nişasta, kolza tohumunda ise yağ düzeyini yılda en az bir kez NİTS ile belirlediklerini ve bu konuda standardizasyon oluşturduklarını ifade etmişlerdir<sup>10</sup>. Ayrıca tahıl, soya fasulyesi, ayçiçeği tohumu, ayçiçeği tohumu küspesi ve mısır gluten yeminin

kimyasal kompozisyonlarının NIRS ile belirlenmesine yönelik başarılı araştırma sonuçları bulunmaktadır<sup>11-15</sup>. Bundan başka soya fasulyesinde tanen içeriği ile su bağlama kapasitesinin<sup>16</sup> ve baklagillerde amino asit tayininin NIRS ile belirlenebileceği bildirilmektedir<sup>17</sup>. Buğdayın yem endüstrisi için olmasa da fırın ve makarna endüstrisi için en önemli kriterleri sertlik ve buna bağlı olan pişmiş ürün kalitesini etkileyen faktörlerdir. Öğütülmüş buğdayın sertlik derecesine ait özelliklerin NIR-RS ile ölçülmesine ait resmi bir metot (AACC-Method 39-70A) bulunmaktadır<sup>18,19</sup>. Geçmiş yıllarda buğday tanesinin özellikle de çeşitli varyeteler'in karışımlarında bu özelliklerin ölçümü için NIR-RS ve NITS ile metot oluşturmaya yönelik çalışmaların henüz sonuç vermediği ifade edilirken, 1998 yılına ait bir yayında bütün tanede sertliğin yanı sıra pişirme açısından önemli özelliklerin NIR-RS ile ölçümünün yaş kimyasal analizlere göre çok kullanışlı olduğu iddia edilmektedir<sup>20</sup>. Ayrıca buğday unlarının ve pirinç tanelerinin sınıflandırmasında, kahvaltılık gevrek, kraker, pasta ve kepekli ürünlerin lif, su ve nişastaya ait özelliklerinin belirlenmesinde NIR-RS kullanımı ile ilgili çok sayıda yayın bulunmaktadır<sup>21-27</sup>. Tahulların parasal değerlerinin belirlenmesinde ilk sıralara yerleşen bir başka özellik ise insekt enfestasyonlarına uğramış tanelerin oranıdır. Bu konuda yapılan çalışmalardan birisinde buğdayda eksternal ve internal insekt enfestasyonlarının NIR-RS ile kullanışlı ve hızlı bir şekilde belirlendiği bildirilmiştir<sup>28</sup>. Bir başka çalışmada ise buğday biti larvaları (*Sitophilus granarius*) ile enfeste olmuş 10 buğday örneğinden dokuzunun NIR-RS ile belirlendiği ve bundan sonraki çalışmaların başarısız olunan örnek üzerinde yoğunlaştırılacağı ifade edilmiştir<sup>29</sup>.

### **Karma Yem Analizleri:**

Önceleri tahulların analizinde kullanılmaya başlayan NIRS'nin daha sonraları karma yem analizlerinde de kullanıma girdiği görülmektedir. 1987 ve 1994 yıllarında yayınlanan iki çalışmada yem ham maddelerinin NIRS ile yapılan besin maddesi ve metabolize olabilir enerji tayinlerinin bu ham maddelerden oluşturulan karma yemlere göre daha iyi sonuç verdiği bildirilmiştir<sup>30,31</sup>. Bu bildirimlerin yanı sıra, kanatlı ve domuzlarda kan unundaki amino asitlerin sindirilebilirliği ile karma yemlerin kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesinde NIRS'nin başarıyla kullanıldığını bildiren yayınlar bulunmaktadır<sup>8,32-34</sup>.

Karma yem analizlerinde İS'nin kullanımıyla ilgili bilimsel yayın sayısı çok fazla olmamakla birlikte, yem ve yem ham maddesi analizlerini yapmak üzere geliştirilen NIR spektrometrelerden sadece bir firmaya ait olanından Amerika Birleşik Devletlerinde 100 adet üzerinde, Dünya genelinde ise bu sayının bir kaç katı olduğu ifade edilmiştir<sup>35</sup>. NIRS'yi 1994 yılından beri kullanan bir yem fabrikasının teknik adamları, çok hızlı analiz yeteneğine sahip bu teknoloji sayesinde ham madde ve üretim hattından kaynaklanan hatalara anında müdahale olanağı bularak yem kalitesini çok kısa sürede yükseltebildiklerini belirtmişlerdir<sup>36</sup>. Çok uluslu bir yem fabrikası grubunun Hollanda'da kurulu olan yem analiz laboratuvarlarını kendi gruplarının yanı sıra diğer Avrupa ülkelerindeki NIR spektrometre kullanan yem fabrikaları için iletişim merkezi haline getirdiği bildirilmektedir<sup>37</sup>. Bu iletişimin amacı olarak ise, Avrupa'da NIR yem analiz sistemlerini kullanan fabrika veya laboratuvarlarda elde edilen verilerin iletişim

ağına bağlı bütün NR spektrometrelerin kalibrasyonunda kullanılabilir hale getirilmesi olarak açıklanmaktadır. Aynı yayında, yem üretiminde çok sık analiz yapılmasını gerektiren toplam kalite sistemine ulaşmada, hızlı ve çevreye saygılı bir analiz metodu olan NRS kullanımının önem taşıdığı vurgulanmaktadır.

### **Kaba Yem Analizleri:**

Hayvan beslemede, karma yem ve ham madde analizlerinin yanında İS'nin bir başka önemli kullanım alanı ise kaba yem analizleridir. Kaba yemlerin İS'sine ait yayınlar incelendiğinde, karma yemlere göre daha çok sayıda parametrenin ölçümünde bu tekniğin kullanıldığı görülmektedir. Çeşitli kaba yemlerin ham protein (HP) ve sindirilebilir ham protein (SHP) düzeylerinin belirlenmesinde NRS ile elde edilen değerlerin yaş kimyasal analiz sonuçlarına %92-95 oranında uyumlu olduğu göze çarpmaktadır<sup>38,39</sup>. Bunlara ek olarak, yaptıkları çalışmaların sonuçlarına dayanarak kuru ot, saman, ayır otu, amonyakla muamele edilmiş arpa samanı gibi kaba yemlerin HP içeriklerinin NRS ile belirlenebileceğini savunan araştırmacılar bulunmaktadır<sup>40-44</sup>. Kaba yemlerin kimyasal kompozisyonlarının yanı sıra silajın fermentasyon özellikleri olan amonyak azotu, total uçucu yağ asitleri, asetik asit, laktik asit ve bütirik asit düzeyinin NRS ile referans metotlara göre sırasıyla % 95, % 93, % 90, % 89 ve % 68 uyumlu belirlendiği ileri sürülmektedir<sup>45</sup>. Ayrıca, kaba yemlerin ham selüloz, ADF(Acide Detergent Fibre), NDF (Neutral Detergent Fibre), permanganant liginin ve liginin nitrobenzen oksidasyon rnlerinin NRS ile belirlendiği bildirilmektedir<sup>38,40-43</sup>. Son yıllarda kaba yemlerin rumen sindirilebilirlik oranlarının belirlenmesi üzerine yapılan çalışmaların yoğunlaştığı gözlenmektedir. Buna paralel olarak kaba yemlerin rumen yıkımlanabilirlik ve sindirilebilirlik düzeylerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda NRS metodunun in vitro denemelere yakın sonuçlar verdiği bildirilmektedir<sup>41-43,46-48</sup>. Ancak yapılan bir başka çalışmada arpa kuru otunun NRS metoduyla elde edilen kuru madde yıkımlanabilirliği ve hızlı yıkımlanabilirlik değerlerinin referans metot ile uyumlu olmasına rağmen, yavaş yıkımlanabilirlik değerinde korelasyonun düşük, standart hatanın ise yüksek olduğu belirtilmiştir<sup>49</sup>. Yonca ve samanın rumen kesesi ve duodenal kanül yöntemleriyle elde edilen mikrobiyal ve total azot değerlerini NRS değerleriyle karşılaştıran Atanassova ve arkadaşları NRS'yi potansiyel bir ölçüm tekniği olarak değerlendirmektedirler<sup>50</sup>. Bütün bu olumlu bildirimlere rağmen, kaba yemlere ait parametrelerin İS ile okunmasında farklı spektroskopi cihazları (FT-İR ve NR spektrometreler gibi) ile farklı ışık dalga boylarının ve farklı kalibrasyon yöntemlerinin kullanılmasıyla elde edilen değerlerde değişikliklerin olması dalga boyu, cihaz ve kalibrasyonun önemini bir kez daha ortaya koymaktadır<sup>42,43</sup>. Belçika'da NR-R ve NT spektrometrelerin kalibrasyonunu yapan bir laboratuvar referans metotlar ile birlikte kalibrasyon işlemlerinin istatistik değerlerini yayınlamıştır<sup>51</sup>. Bu verilere göre yonca kuru otu ve mısır silajının KM, ham kül, K, P, Na, Mg ve Ca analizleri için referans metotlar ile NRS değerleri arasındaki korelasyonun % 90'ın altında olması ilgi çekicidir.

## YEM ANALİZLERİNDE İNFRARED SPEKTROSKOPİNİN

### AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Bu makalenin yazımında kullanılan kaynaklar dikkate alındığında İS'nin birçok bilim ve endüstri dalında kullanımının gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Artışın en büyük nedeni ise, İS'nin yaş kimyasal analiz yöntemlerine göre çok hızlı bir metot olmasından kaynaklanmaktadır. Weende Analiz Metotları olarak isimlendirilen yaş kimyasal metotlarla yapılan yem analizleri altı saat ile 72 saat arasında zaman alırken, yem analizleri için özel olarak tasarlanmış ve yemin hiç bir ön hazırlama işleminden geçmeden okumasını yapabilen NİR-R spektrometreler ile üç dakika gibi bir sürede sonuç alınabildiği bildirilmektedir<sup>7</sup>. Yüksek üretim kapasitesine sahip yem fabrikalarına her gün değişik orijinli büyük miktarlarda yem hammaddeleri girmekte ve bunlardan çeşitli kompozisyonlara sahip yemler üretilerek hayvansal üretim işletmelerine gönderilmektedir. Yaş kimyasal metotlar ile yem analizi yapan fabrikalarda rasyon hazırlanmasından, ham maddeden veya imalat hattından kaynaklanan, yemlerin besin maddesi ve enerji dengesizlikleri ile homojenizasyon problemlerine anında müdahale şansı kalmamaktadır. İS, yem analiz maliyetlerini minimuma indirmesi ve çevreye saygılı bir analiz metodu olmasıyla da yaş kimyasal metotlara üstünlük sağlamaktadır. Yemlerin İS ile kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesinde hiç bir kimyasal madde kullanılmamaktadır. Ayrıca, yaş kimyasal analizlerde yüksek miktarda elektrik enerjisi tüketen yaş ve kuru yakma işlemleri bulunmaktadır.

Yukarıda söz edilen olumlu yönlerinin yanında İS'nin ilk karşılaşılan olumsuzluğu bu yöntemle çalışan cihazların pahalılığıdır. Bir başka olumsuzluk ise yemlerde ham protein ve selüloz fraksiyonu tayini (AOAC method # 989.03 for detergent fiber and crude protein) dışında henüz İS ile yem analizleri için başka resmi metot bulunmamasıdır. Ayrıca, Türkiye'de konuyla ilgili yetişmiş insan gücü bulunmaması önemli bir problemdir. Son yıllarda geliştirilen bilgisayar programları sayesinde konuyla ilgili hiç eğitim almamış bir elemanın bile kalibrasyonu tamamlanmış cihazları kullanabilmesine rağmen kalibrasyon ve istatistik programların sahaya uygulanması aşamasında mutlaka iyi yetişmiş elemanlar gerekmektedir. NİR ve FT-İR cihazları üreten firmalar standart kimyasal maddeler ve belirli yem maddelerine ait spektral verileri içeren bilgi bankalarını cihazlarla birlikte kullanıcılara sunmaktadırlar. Ancak her ülkede yetişen ve kullanılan yem ham maddelerinin kimyasal kompozisyonlarında farklılıklar olabileceği için, tamamen kimyasal bağların infrared radyasyonu faklı düzeylerde absorbe etmesine göre çalışan bu cihazların kalibrasyonunun kullanılacakları ülkelerdeki materyallere göre yapılması doğru olacaktır. Yem analizlerinde İS kullanımıyla ilgili bir başka düşündürücü nokta ise geçmiş yıllarda yapılan yayınlarda karma yemlerin spektral analiz değerleri ile referans analizlerde elde edilen değerler arasındaki korelasyonun ham maddelerde elde edilen daha düşük olduğudur. Buna karşı, 1994 yılından beri piyasaya sunulan NİR-R spektrometrelerin karma yemleri öğütmeden dahi analiz edebildiği iddiası ve bu cihazları karma yem analizlerinde kullanan fabrikalar tarafından üretim kalitesine katkıda bulduklarının ifade edilmesi<sup>36</sup>, üzerinde düşünmeye değer bir konudur.

Sonuç olarak, Türkiye yem endüstrisinde yem ve yem ham maddelerinin analizlerinde İS kullanımının kalite ve verimliliği olumlu yönde etkileyebileceği söylenebilir. Ayrıca, hızla artan dünya nüfusunun gıda ve giyecek gereksiniminin karşılanabilmesi için tarımsal üretimin sürdürülebilir ve verimli olma zorunluluğu, bunun ise kalite ve verimliliğin üretimin her aşamasında ölçülmesine bağlı olduğu bir gerçektir. Bu amaca ulaşmak için NIR cihazlarının fiyat sübvansiyonu yoluyla gelişmekte olan ülkelerde kullanılabilir hale getirilmesi gerektiğini savunan Batten'in<sup>52</sup> görüşüne katılmamak mümkün değildir. Türkiye'nin de dünyada yeni gelişmekte olan yem analizlerinde İS teknolojisine sahip olması, ülke kaynaklarının verimli kullanılması yönünden önemlidir. Ancak, yeni cihaz alımından önce cihazların verimli kullanılabilmesi için kalifiye insan gücü oluşturulmalıdır. İS'nin yem analizlerinde kullanımı ile ilgili gerekli eğitimi almış ve deneyim kazanmış bir ekip Türkiye'nin tarımsal ve finansal kaynaklarının verimli kullanımına katkısının yanında, yapılacak araştırmalarla dünya bilimine de katkıda bulunacaktır.

### KAYNAKLAR

1. VAN DER VLIES, C.: Near infrared spectroscopy and the regulatory hurdle. European Pharmaceutical Review, February (1996).
2. MARK, H., WORKMAN Jr., J.: A simple question. Spectroscopy, 13;4, 26-29, (1998).
3. ISAKSSON, A., WANG, Z., KOWALSKI, B.: Optimised scaling (OS-2) regression applied to near infrared diffuse spectroscopy data from food products. J. Near Infrared Spectrosc. 1, 85-97, Abst., (1993).
4. BLANCO, M., COELLO, J., ITURRIAGA, H.; MASPOCH, S.; DE LA PEZUELA, C.: Calibration in near infrared diffuse reflectance spectroscopy. A comparative study of various methods. J. Near Infrared Spectrosc. Baskıda, Abst.
5. MAEDA, H., OZAKI, Y.: Near infrared spectroscopy and chemometrics studies of temperature-dependent spectral variations of water: relationship between spectral changes and hydrogen bonds: J. Near Infrared Spectrosc. 3, 191-201, Abst., (1995).
6. KAWANO, S., ABE, H.: Development of a calibration equation with temperature compensation for determining the brix value in intact peaches. J. Near Infrared Spectrosc. 3, 211-218, Abst., (1995).
7. A.O.A.C.: Association Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist 12th ed. Association Official Analytical Chemists, Washington, DC. (1980).
8. HARRISON, M.D.: NIR feed analysis: quick but is it worth the price? Feed Compounder, 15: 10, 34-35, Abst., (1995).
9. WILLIAMS, P.C., SOBERİNG, D.C.: Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds, J. Near Infrared Spectrosc. 1, 25-32, Abst., (1993).

10. BÜCHMANN, B.B.: The standardisation of Infracore 1221 near infrared transmission instruments in the Danish network used for the determination of protein and moisture in grains. *J. Near Infrared Spectrosc.* 3, 35-42, Abst., (1995).
11. VARO, A.G.: Use of difference near infrared reflectance spectra to extract relevant information from spectra of agro-food products. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, 89-95, Abst., (1998).
12. TURZA, S., TOTH, A.I., VARADI, M.: Multivariate classification of different soyabean varieties. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, 183-187, Abst., (1998).
13. HONG, T.L., TSAI, S.-J., TSOU, S.C.S.: Development of a sample set for soya bean calibration of near infrared reflectance spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* 2, 223-227, Abst., (1994).
14. WILLIAMS, P.: Observations the use, in prediction of functionality in cereals, of weights derived during development of partial least squares regression. *J. Near Infrared Spectrosc.* 4, 175-187, Abst., (1996).
15. RABAULT, J.L., DOWNEY, G.: Rapid analysis of oats for moisture and protein by near infrared reflectance spectroscopy. *Irish Journal of Food Science and Technology.* 14: 2, 85-93, Abst., (1990).
16. HONG, T.L., TSOU, S.C.: Evaluation of soya bean quality for tofu processing by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, A325-A328, Abst., (1998).
17. KAFFKA, K.J.: Determination of amino acids in lupin by near infrared reflectance spectroscopy. *Acta Alimentaria, Budapest,* 17: 1, 3-11, Abst., (1988).
18. MANLEY, M., MCGILL, A.E.J., OSBORNE, B.G.: The effect of light scattering on NIR reflectance spectra of wheat. *J. Near Infrared Spectrosc.* 2, 93-99, Abst., (1994).
19. BROWN, G.L., CURTIS, P.S., OSBORNE, B.G.: Factors effecting the measurement of hardness by near infrared reflectance spectroscopy of ground wheat. *J. Near Infrared Spectrosc.* 1, 147-152, Abst., (1993).
20. PAWLINSKY, T., WILLIAMS, P.: Prediction of wheat bread-baking functionality in whole kernels, using near infrared reflectance spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, W-127, Abst., (1998).
21. OSBORNE, B.G., MERTENS, B., THOMPSON, M., FEARN, T.: The authentication of Basmati rice using near- infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* 1, 77-83, Abst., (1993).
22. KWON, Y.K., CHO, R.K.: Identification of rice variety using near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, A67-A73, 1998, Abst.
23. SHIMIZU, N.: Evaluating techniques for rice grain quality using near infrared transmission spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* 6, A111-A116, Abst., (1998).
24. SIRIEIX, A., DOWNEY, G.: Commercial wheatflour authentication by discriminant analysis of near infrared reflectance spectra. *J. Near Infrared Spectrosc.* 1, 187-197, Abst., (1993).



25. KRZANOWSKI, W.J.: Communication: The authentication of Basmati rice using near infrared spectroscopy: some further analysis: J. Near Infrared Spectrosc. 3, 111-117, 1995, Abst.
26. KAYS, S.E., BARTON, F.E.: The use near infrared reflectance spectroscopy to predict the insoluble fibre fraction of cereal products. J. Near Infrared Spectrosc. 6, 221-227, Abst., (1998).
27. OSBORNE, B.G.: Near infrared spectroscopic studies of starch and water in some processed cereal foods. J. Near Infrared Spectrosc. 4, 195-200, Abst., (1996).
28. RIDGWAY, C., CHAMBERS, J.: Detection of external and internal insect infestation in wheat by near infrared reflectance spectroscopy. Journal of the Science of Food and Agriculture. 71: 2, 251-264, Abst., (1996).
29. RIDGWAY, C., CHAMBERS, J.: Detection of insects inside wheat kernels by NIR imaging. J. Near Infrared Spectrosc. 6, 115-119, Abst., (1998).
30. SZALANCY, E.: Application of near infrared reflection (NIR) spectroscopy for rapid determination of the nutrient content of mixed feeds and raw materials for mixed feed production. Acta Chimica Hungarica. 124: 6, 813-817, Abst., (1987).
31. FLINN, P.C., WINDHAM, W.R., JOHNSON, R.J.: Current status of near infrared (NIR) spectroscopy in Australia for predicting metabolisable energy of poultry feeds. Vol.2, Symposia papers, 106-109, Abst., (1994).
32. WORKMAN, J.Jr: Advances in near infrared spectroscopy and applications for mononastics. Proceedings of the Georgia a Nutrition Conference for the Feed Industry. Atlanta Airport Hilton, Atlanta, Georgia, USA, November. 19-21. 1991. Publisher: University of Georgia, Abst., (1991).
33. MAJOR, F.: More reliability in nutrient contents. Kraftfutter. No:5, 206-212, Abst., (1991).
34. GERLACH, M.: NIR measuring technology for quality evaluation of feeds. Kraftfutter. No:2, 67-74, Abst., (1990).
35. ANONIM: Foss NIRSystems. Foss NIRSystems Inc. 12101 Tech Road, Silver Spring, MD 20904 U.S.A.
36. GARNYS, T.: Switch in constituent monitoring improves consistency of poultry feed. In focus. 22:1, 4-5. (1998).
37. ERIKSON, O.: Scanning NIR at Nutreco: "The only solution" to better feed milling performance. In focus. 20: 1, 8-9, (1996).
38. KJOS, N.P: Evaluating of the feeding value of fresh forages, silage and hay using near infrared reflectance analysis (NIR) III. Effects of sample preparation, maturity stage and species. Norwegian Journal of Agricultural Sciences. 5: 1, 61-78, Abst., (1991).
39. GOODCHILD, A.V., EL HARAMEIN, F.J., ABD EL MONEIM, A.: Prediction of phenolics and tannins in forage legumes by near infrared reflectance. J. Near Infrared Spectrosc. 6, 175-181, Abst., (1998).
40. BARTON, F.E.: NIR spectroscopy for forage analysis. Proceedings of the XVI International Grasland Congress, 4-11. October. 1989, Nice, France, Association Francais pour la Production Fourragere, Centre National de Recherche Agronomique, Versailles, France. 899-900, Abst. (1989).

41. ULYATT, M.J., LEE, J., CORSON, D., LOMAS, J.: Assessing feed quality. Proceedings 47<sup>th</sup> Ruakura Dairy Farmers Conference held at Ruakura, New Zealand, 13. June. 1995. Communication Group, AgResearch, Ruakura, New Zealand. 59-62, Abst. (1995).
42. NAYDENOVA, Y., TOMOV, P.: Near infrared spectroscopy estimation of feeding value of forage perennial grasses in breeding programmes by global and specific calibrations. Estimation of chemical composition and digestibility. J. Near Infrared Spectro 6, 153-165, Abst., (1998).
43. REEVES, J.B.: Near versus mid- infrared spectroscopy for quantitative analysis of chlorite treated forages and by products. J. Near Infrared Spectrosc. 2, 153-162, Abst., (1994).
44. LISTER, S.J., DHANOA, M.S., EBENEZER, W.: Spectral comparison of ruminant feeds originating from Mediterranean regions. J. Near Infrared Spectrosc. 6, A79-A82, Abst., (1998).
45. SNYMAN, L.D., JOUBERT, H.W.: Near infrared reflectance analysis of the fermentation characteristics of silage prepared by chemical treatment to prevent volatilisation of fermentation end products. Animal Feed Science and Technology. 37: 1-2, 47-58, Abst. (1992).
46. ANTONIEWICZ, A.M., KOWALCZYK, J., KANSKI, J., GORSKA-MATUSIAK, Z., NALEPKA, M.: Rumens degradability of crude protein of dried grass and lucerne forage measured by in sacco incubation and predicted by near infrared spectroscopy. Animal Feed Science and Technology. 54: 1-4, 203-216, Abst. (1995).
47. DELGADO, B DE LA R., GUTIERREZ, A.A., ARGAMENTERIA-GUTIERREZ, A.: Use of near infrared reflectance spectroscopy for prediction of organic matter digestibility. I. Green forages. Pastos. 22: 1, 71-83, Abst., (1992).
48. CRASHAW, R., HOPKINS, A.(ED.), YOUNIE, D.: Evaluation of silage. Forward with grass into Europe: Proceedings of the British Grassland Society Winter Meeting held at Great Malvern, Worcestershire, 16-17. November. 1992. 97-108, Abst., (1993).
49. HSU, H., McNEIL, A., OKINE, E.: Near infrared spectroscopy for measuring in situ degradability in barley forages. J. Near Infrared Spectrosc. 6, 129-143, Abst., (1998).
50. ATANASSOVA, S., TODOROV, N., DJOUVINOV, D.: The possibility of near infrared spectroscopy for evaluation of microbial nitrogen content of in sacco feed residues and duodenal digesta of sheep. J. Near Infrared Spectrosc. 6, 167-174, Abst., (1998).
51. ANONİM: Station De Haute Belgique 100, rue de Serpont 6800- Libramont, Belgium, (1997).
52. BATTEN, G.D.: An appreciation of the contribution of NIR to agriculture. J. Near Infrared Spectrosc. 6, 105-114, Abst., (1998).

---

**Yazının Geliş Tarihi: 31.12.1998**