

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MISIR TANESİNDE KURU MADDE VE HAM KÜL
ANALİZLERİ İÇİN NIR KALİBRASYONU OLUŞTURULMASI

Ziraat Mühendisi
Gökhan SAĞLAM

HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Dr.Öğr. Üyesi Cangir UYARLAR

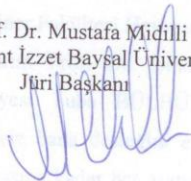
Bu Tez Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından

14. SAĞ.BİL.16 proje numarası ile desteklenmiştir.

KABUL VE ONAY SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde yürütülmüş bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.
Tez Savunma Tarihi: 14.08.2018

Prof. Dr. Mustafa Midilli
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Jüri Başkanı



Doç. Dr. İ. Sadi Çetingül
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Üye



Dr. Öğr. Üyesi Cangir Uyarlar
Afyon Kocatepe Üniversitesi
Üye



Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Gökhan Sağlam'ın "Mısır Tanesinde Kuru Madde Ve Ham Kül Analizleri İçin NIR Kalibrasyonu Oluşturulması" başlıklı tezi --.--.2018 günü saat --.-- ' da Lisanüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Z. Kadir Sarıtaş

ÖNSÖZ

Bilimin ve bilgiye ulaşmanın öneminin giderek arttığı zamanda bilime katkıda bulunmamızdayardımcı olan değerli hocalara sahip olmak ayrıcalıktır. Bu yolda Tez danışmanlığını üstlenen, araştırma konumuzun seçiminde ve yürütülmesinde değerli önerileri ve bilimsel uyarılarından istifade ettiğim, tezimin planlanması, araştırılması, yürütülmesi ve biçimlenmesinde ilgi ve desteğini sakınmayan, engin birikim ve deneyimlerinden yararlandığım, yönlendirme ve brifingleriyle çalışmamı akademik temeller ışığında teberrük eden sayın Dr.Öğr. Üyesi Cangir UYARLAR'a Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalındaki hocalarım Prof. Dr. İsmail BAYRAM, Doç. Dr. İ. Sadi ÇETİNGÜL, Dr. Öğr. Üyesi Tuba BÜLBÜL ve laboratuvar çalışmalarının yürütülmesi ve deneyimleriyle bana desteğini esirgemeyen ve ölçek değerlerinin analiz değerlerinin raporlanmasına kadar her aşamasında bana destek olan Arş. Grv. Dr. Eyüp Eren GÜLTEPE'ye, çalışmamızda ihtiyaç duyduğumuz altyapı ve mısır numunesi tedarikleri konusunda bizlere özverili biçimde destek veren TMO Genel Müdürlüğü Alım ve Muhafaza Dairesi Başkanlığı adına Bakliyat, Mısır, Çeltik Alım Muhafaza Şube Müdürü Sayın Selim TAHAN'ateşekkür ederim. Çalışmam süresince destek ve fedakârlıklarıyla yanımda olan aileme, bu çalışma süresince tüm meşakkatleri benimle göğüsleyen ve her anımda bana devamlı destek olan sevgili eşim Zülal SAĞLAM'a, çalışmama katkıda bulunan tüm yüksek lisans proje arkadaşlarıma ve tezimin yazımında bana yardımcı olan herkese sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
RESİMLER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
1.1 Mısırın Tanımı	1
1.1.1. Mısır Global Üretimi ve Dağılımı	2
1.1.2. Ülkemizde Mısır Üretimi ve Kullanımı	5
1.1.3. Mısır Tanesinde Fiziksel ve KimyasalYapı	8
1.1.4. Mısırın Hayvan Beslemede Kullanım Olanakları	9
1.1.5. Mısır ve Mısır Yan Ürünleri	10
1.2. NIR (NEAR INFRARED) TEKNOLOJİSİ	10
1.2.1. Nır Cihazlarının Avantajları ve Dezavantajları	13
2.1. Nır Klibrasyonları	15
2.2. Nır Teknolojisinin Hayvan Beslemede Kullanım Olanakları	18
3. Mısırın Kimyasal Analizlere Göre Değerlendirilmesi	25
3.1. Su	25
3.2. Kuru Madde (KM)	26
3.3. İnorganik Madde (Ham Kül; HK)	26
3.4. HCL Asitte Çözünmeyen Kül	27
3.5. Organik Madde (OM)	27
4. Materyal ve Metod	27
4.1. Kalibrasyonların Oluşturulması, veri analizleri ve kemometrik analizler	29

5. Bulgular	30
6. Tartışma	35
7. Sonuç	39
8. zet	40
9. Summary	40
10. Kaynaklar	42



SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
±	Artı-eksi
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ADF	Asit Deterjan Lif
C	Santigrat
cm	Santimetre
da	Dekar
FT-NIR	Fourier transform near infrared
g	Gram
ha	Hektar
HK	Ham Kül
HP	Ham Protein
HS	Ham Selüloz
HY	Ham Yağ
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
log	Logaritma
Max	Maksimum
ME	Metabolik enerji
Min	Minimum
MSC	Çarpımsal dağılım düzeltmesi
N	Azot
NDF	Nötral Deterjan Lif
mm	Milimetre
nm	Nanometre
örn.	Örnek
PLS	Kısmi en küçük kareler metodu
R	Regresyon katsayısı
R ²	Determinasyon katsayısı
SD	Standart Sapma
SEC	Kalibrasyonun standart hatası
SECV	Çapraz doğrulamanın standart hatası
SEP	Tahminlemenin standart hatası

SNV

Standard Normal Variate

vb

Ve benzeri

PRESS

Tahminleme rezidüal hatasının kareler toplamı

VIS

Görünebilen kızılötesi spektra



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.Türkiye de Bölgelere Göre Mısır Ekim Alanı ve Verimi

Çizelge 2 Mısır Danesinin ortalama bileşimi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Tane Mısırın Fiziksel ve kimyasal yapısı

Şekil 2. Absorbans ve artan dalga boyu arasındaki ilişkiyi gösteren tipik NIR spektra örneği

Şekil 3. Mısır silajı ile çayır otunun HP ve NDF konsantrasyonlarının NIR ölçümleri ile laboratuvar değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir örnek. Her bir nokta kalibrasyonda kullanılan her bir örneği temsil etmektedir (Corson ve ark., 1999).

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1. <http://www.tarimdanhaber.com>

Resim 2. <http://www.seflektarim.net>

Resim 3. <http://www.ih.com.tr>

Resim 4. <http://www.bayrakdaryonca.com>

Resim 5 <http://www.egesilaj.com>

Resim 6 <https://www.buchi.com/>

Resim 7. <https://www.buchicorp.wordpress.com>

Resim 8. <https://www.buchicorp.wordpress.com>

1. GİRİŞ

1.1. Mısır'ın Tanımı

Dünya'da ekimi yapılan tarla bitkilerinden biri olan mısır bitkisi tek yıllıktır. Kök sistemi diğer bitkiler gibi gelişmiş yapıya sahiptir. İklim koşulları bakımından çok farklı bölgelerde yetiştirilebilmeleri, mısırı çok geniş alanlarda ekimi ve üretimi yapılan buğdaygiller türleri arasında ön plana çıkartmaktadır. 10 derece sıcaklıkta çimlenmeye başlayan mısırın sıcak iklim bitkisi olduğunu göstermekte ve ekimi ve üretimi için en uygun sıcaklık aralıkları 25-32 derece arasında olduğu söylenebilir. Hem insan beslenmesinde kullanılan mısır tanesi, hayvan beslenmesinde de kullanılmakta olup önemli bir yere sahiptir. Slajlık bir bitki olarak da ekimi yapılan mısır, içerik bakımından yüksek enerjisi ile birlikte kuru madde (KM) özelliğiyle geviş getiren hayvanlar bakımından hayati öneme sahip kaba-kesif yem kaynağıdır (Anonim, 2011a).

Bu araştırma, En çok mısır yetiştiriciliğinin yapıldığı Türkiye'nin yedi farklı bölgesini temsil eden şehirlerde Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO) satın alma birimlerine getirilen toplam 320 adet tane mısır numunesi üzerinde sürdürülmüştür. Bahsi geçen, Adana, Diyarbakır, Gaziantep, İskenderun, İzmir, Konya ve Şanlıurfa illerinde bölge satın alma ajanslarının bağlı olduğu şubelere bizzat tek tek gidilerek direkt bu ajanslara mısır satışı için gelen üreticilerden yerinde tane mısırlardan numune alımı yapılmıştır. Numune alma işlemi sırasında, tane mısırları satışa getiren her bir üreticinin kimlik bilgileri, mısırın yetiştirildiği bölgeye ait bilgileri kayıt altına alınmıştır. Alınan her bir tane mısır numunesi, ilgili kayıtları yapıldıktan sonra hava almayan naylon poşetlere konulmuş, akabinde hızlıca hareket edilerek, Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Yem Analiz Laboratuvarı'na sevk edilmiştir. Numuneler laboratuvara ulaştırıldıktan sonra, ultra santrifüjlü rotorlu öğütücü ile öğütülmüş (ZM200, Retsch Ltd., Düsseldorf, Almanya) ve 1 mm çapındaki eleklerden geçirilmiştir. Bu işlemten hemen sonra, Öğütülmüş ve elekten geçirilmiş mısır numuneleri tekrar her biri ayrı ayrı hava almayan şeffaf naylon poşetlere yerleştirilmiş ve ayrılmıştır. Tane mısırlar hemen öğütüldükten sonra her bir numuneden tek tek ayrı ayrı olarak spektralar

alınmıştır. Spektra alma işlemi esnasında şeffaf cam bir petriye alınan öğütülmüş tane mısır numuneleri, NIR cihazının (NIRMaster®, Büchi Labortechnik AG, Flawil, İsviçre) otomatik rötör kısmına yerleştirilmiş ve her bir mısır numunesi için üç kez tekrar olmak üzere spektra alınmak suretiyle kuru madde ve kül ile ilgili spektralar toplanmıştır. Toplanan bütün spektralar NIR cihazına bağlanmış entegre olan şahsi bilgisayarda üretici firmanın sağladığı aynı adlı bilgisayar programı ile uygun bir biçimde elektronik ortamda depolanmıştır. Doğrudan spektraları alınarak toplanan numuneler tekrar ayrı şeffaf poşetlere alınmış ve analiz edilinceye kadar -20 C'de muhafaza edilmiştir.

1.1.1. Mısır Global Üretimi Ve Dağılımı

Gelecek yıllarda stratejik öneme sahip hububat olacağı söylenen mısırın, gerekçe olarak yapısal olarak barındırdığı yüksek besin maddeleri ve enerji olması söylenmektedir (Yuan ve Flores, 1996).

Yapısal olarak değerinin yüksek olması, onu ülkemizde ve dünyada en fazla üretilen hububat yapmaktadır. 780 milyon ton üretime ulaşan mısırın, üretimde tercih edilmesi sebeplerinden biri de birim alandan yüksek verim alınabilme özelliğidir. Üretim alanında tarımsal teknolojilerden faydalanma oranının yüksel olduğu gözlemlenmektedir. Ekminden sonra diğer buğdaygillere göre hasat olgunluğuna ulaşması çok hızlı olduğu söylenebilir (Özcan ve ark, 2009). Mısır bitkisinin koçan görüntüsü Resim 1'de gösterilmiştir.

Resim1. Mısır bitkisinin koan görüntüsü (www.tarimdanhaber.com)



Birçok farklı alanlarda kullanım alanına sahip olan mısır ve yan ürünleri ortalama 4 bin civarında farklı ürün olarak kullanılmaktadır. Silajlık veya hasıl olarak da yaygın bir kullanım alanına sahiptir. Hayvan yemi olarak kullanılan silajın yüksek oranda karbonhidrat içermesi ve kuru madde miktarının fazla olması sebebiyle silaj yapılan en kolay bitki olarak anılmaktadır (Anonim, 2012a). Mısır tarlasının bir grmm Resim 2’de gösterilmiştir.

Resim 2. Mısır tarlasının görünümü (<http://www.seflektarim.net>)



Mısır bitkisinin tanesi 4-5 aylık süre zarfında hasat edilecek olgunluğuna ulaşır ve ilk 60-90 günlük sürede 3 m (metre) boya ulaşarak ortalama her bir koçanında 550-990 adete kadar mısır tanesi bulunduğu söylenebilir (Anonim, 2011c). Mısır hasadından bir görüntü Resim 3’de gösterilmiştir.

Normal şartlarda ekim arazi miktarı çeltik ve buğdaydan sonra geldiği biliniyor. Fakat ABD ve Afrika’daki iklim koşullarının daha uygun oluşu sebebiyle veriminin fazla olduğu birim ekili alana göre belirlenmiş ve ekimi ilk sırada oluşmuştur. Bu sebepten dolayı son yıllarda mısır ekimi ve üretiminde önemli gelişmeler meydana gelmiştir (Anonim, 2010a).

Resim 3. Mısır Hasadından görüntü (<http://www.iha.com.tr>).



Dünya genelinde hemen hemen her bölgede verim artışlarının olmasıyla birlikte Çin ve Amerika Birleşik Devletleri başı çeken ülkeler olup dünyanın her bölgesinde yetiştirilmektedir. Birim alandaki verimi, gelişmiş ülkeler bazında 9,5 ton/ha’a kadar çıktığı bilinmektedir. Başta Fransa, İngiltere ve İtalya olmak üzere Avrupa ülkelerindeki mısır bitkisi çeşitlerinin hibrit şeklinde de ıslah edildiği bilinmektedir Bundan dolayı bu ülkelerin mısır üretimi ve yetiştiriciliğine uygun olduğu rakamlarla da açıklanmakta olup 9,5 ton/ha üzeri verime ulaştığı belirtilmiştir (Anonim, 2011d).

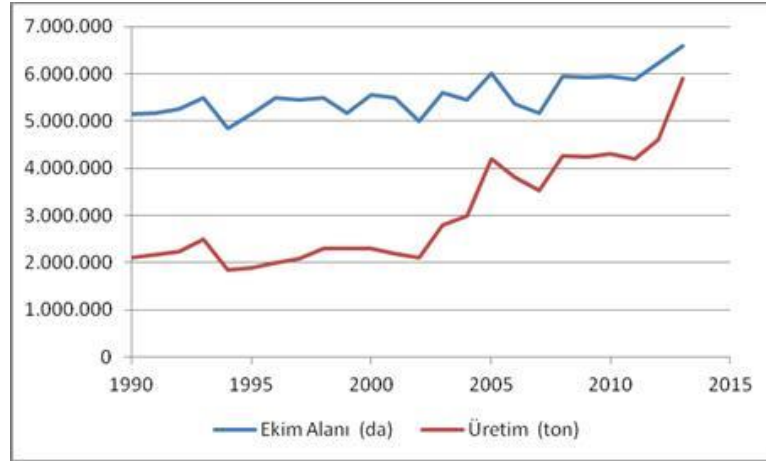
Dünya’da Amerika Birleşik Devletlerinin mısır tüketimi noktasında ilk sırada olmasının sebebi, mısır bitkisi ve mısır ürünlerinin hayvan yemi olarak fazla miktarlarda kullanılmasından kaynaklandığı ve mısırın alternatif enerji kaynaklarından olan Biyo-Etanol üretiminde de kullanıldığı söylenmektedir (Özcan 2009).

Dünya mısır ihracatına bakıldığında birinci sırada ABD vardır ve bu u ülkedeki Mısır üretiminin fazla olması, birim alandaki mısır üretiminin fazla olmasının bir sonucudur. Mısırın dünyadaki üretim miktarına bakıldığında ihracat bazında yaklaşık %70’ini ABD’nin tek başına yapmakta olduğu söylenebilir (Anonim, 2010b).

1.1.2. Ülkemizde Mısır Üretimi ve Kullanımı

Türkiye’nin ağırlıklı kuru tarım yapması sebebiyle mısırın tanelik olarak üretiminin arpa ve buğdaya göre daha az olduğu tespit edilmiş olup mısır bu bitkilerden sonra ekilen ve üçüncü sırada yer alan bitkilerdendir. Türkiye’de yıllık bazda bakıldığında 550-580 bin hektarlık alanda yaklaşık 4 milyon ton mısır üretildiği söylenebilir. Ülkemizde son 10 yıldır mısırın üretimi ve birim alandan alınan verimin artırılması noktasında yapılmakta olan ıslah çalışmaları neticesinde mısır üretimi dünya ortalaması bazında birçok ülkenin üzerine çıkmıştır. Türkiye’de ekimi yapılan mısır bitkisinin birim alandan alınan rakamlar 8 ton/dekar üzerine çıkarak tüm ülkeler bazında açıklanan rakamların yaklaşık % 50 üzerine çıktığı belirlenmiştir.(Anonim, 2011e). Yıllara göre Türkiyenin mısır üretimi Grafik 1’de gösterilmiştir.

Grafik 1. Yıllara göre Türkiye'nin mısır üretimi (bin/ton) (Anonim 2011)



Ülkemizde 30 yıl öncesine kadar bakıldığında mısır bitkisinin üretimi, en fazla Karadeniz ve Marmara bölgelerinde olduğu söylenirken, Kuru tarım alanlarının azaltılarak sulu tarım noktasında yapılan çalışmalar neticesinde sulu tarımda kullanılan alanların genişletilmesi ve bu bölgelere uygun mısır bitkisi çeşitlerinin ıslahıyla birlikte özellikle Ege ve Akdeniz bölgelerinde mısır bitkisinin üretimi yapılmaya başlanmasıyla mısır üretimine artış olarak yansıdığı söylenebilir. Türkiye’de kullanım şekline bakıldığında hayvanların beslenmesinde ve silaj yapımında ekimi yapılmasıyla birlikte ekim alanları giderek artmaktadır. Silajlık mısır olarak ekimi en süt hayvancılığı olarak nitelendirilen yoğun Ege ve Akdeniz gibi bölgelerde yapılmaktadır. Doğu Anadolu gibi diğer bölgelerde ise her ne kadar üretim ve ekimi olarak bu bölgelerin altında kalsa da silajlık mısır üretiminin olduğu söylenmektedir. (Anonim, 2010d). Mısır silajı balyası ve bol taneli mısır slajı Resim 4 ve Resim 5’de gösterilmiştir.

Resim 4. Mısır Sılagı Balyası (<http://www.bayrakdaryonca.com>)



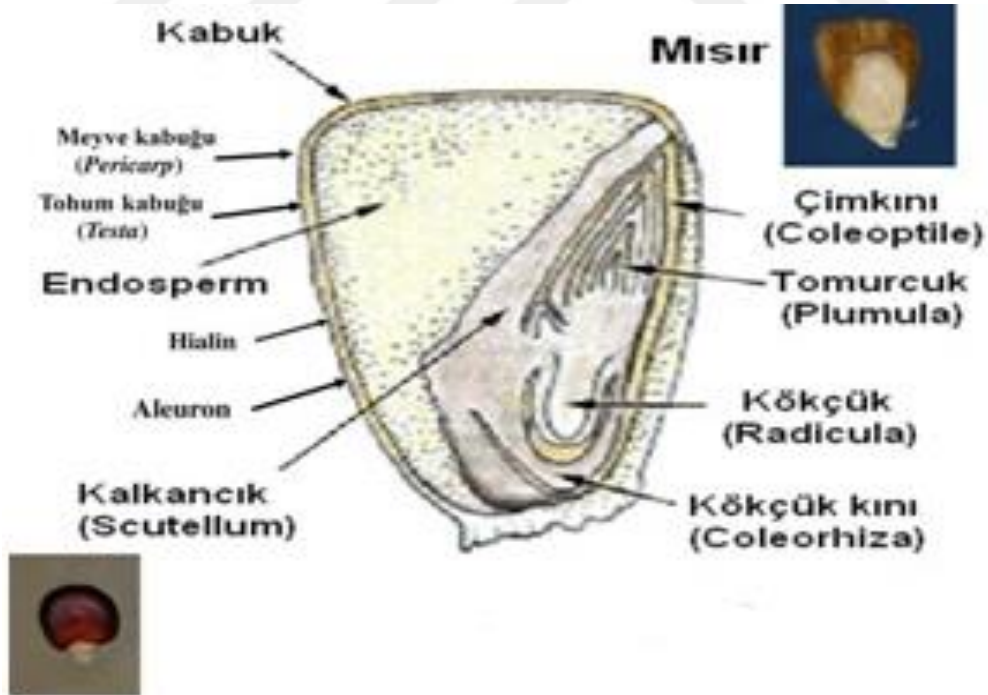
Resim 5. Bol Taneli Mısır sılagı(<http://www.egesilaj.com>)



1.1.3. Mısır Tanesinde Fiziksel ve Kimyasal Yapı

Mısır bitkisinin dış kısmı olarak nitelendirilen kısmında bulunan ve daneyi çevreleyerek korumaya yarayan dış katman vardır. Bunun yanında kabuk kısmı olarak nitelendirilen yer ise Mısır kepeği olarak ruminant hayvan yemlerinde kullanılmaktadır. Mısır bitkisinin tane olarak iç kısmını yağ bakımından zengin embriyo oluşturmaktadır. Mısırın diğer kısmını ise endosperm oluşturur. Endosperm denilen bu kısımda mısır bitkisinin enerji miktarı bakımından yüksek olmasını sağlayan ve hayvan beslemede enerji sağlayıcı özelliğiyle bilinen nişasta bulunmakta ve bu şekilde de değerlendirilmektedir (Anonim, 2010d). Tane mısırın yapısı ise Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1. Tane Mısırın yapısı (<http://www.slideplayer.biz.tr>).



1.1.4. Mısırın Hayvan Beslemede Kullanımı

Mısırın tane kısmında bulunan yüksek düzeydeki enerjisi avantajları arasındadır. Bunun yanında arpa ve buğdaya kıyasla daha az ham protein ve B-karoten vitamin içerdiği bilinmektedir. Kümes hayvanları olarak nitelendirilen hayvanlarda yüksek düzeyde kullanımı olduğu bilinmektedir. Ruminantlarda hayvanlarda en önemli evrelerden biri olan pik döneminde tam yemlemenin (Total Mixed-Ration) enerji seviyesinin yükselmesi için diğer taneli bitkiler gibi fabrikasyon yemlerinin içerisinde birlikte kullanıldığı bilinmektedir. Hayvanların türleri ve hayvanların verim dönemlerine göre değişiklik göstermekle birlikte rasyonda ortalama %70'e kadar mısır tanesi katılmaktadır. Kanatlı hayvanları olarak nitelendirilen etlik piliçlerdeki (broyler) rasyonlardan miktarsal olarak da fazlacak kullanıldığı bilinmektedir. Besi ve süt hayvanlarında rasyon kuru maddesinin oranını arttırmak, enerji seviyelerini yükseltmek için de kullanılır. Kullanım çeşitleri ise tanesinin öğütülmesi, flake yapılmasının yanında tam yemlemede (Total Mixed-Ration) mısır slajı olarak da kullanılır. Bu şekilde sürü beslenme maliyetlerinin düşürülmesi sağlanarak, entansif yetiştirilmekte olan süt ineklerinde beslemeyi kolaylaştırdığı söylenebilir (Anonim, 2011f).

Mısır slajı olarak üretimi, tarım teknolojisinin artması, birim alandan alınan verimlerin artması ve kolay sindirilebilen karbonhidrat içerikleri sayesinde son birkaç yıldır ekim alanları ve üretim bakımından giderek arttığı gözlenmiştir. Mısır slajı olarak ekimi Türkiye'de yaz sıcaklığına göre ekilmekte olup, sulcu tarım bölgesi olarak da nitelendirilen Akdeniz, Ege ve Marmara Ege, Marmara bölgelerinde ortalama 90-120 günlük süre içerisinde yetiştirilmektedir. Diğer taneli bitkilere göre göre birim alan bakımından daha yüksek miktarlarda yeşil formda ve kuru madde bazında elde edilir. Yoğun besiciliğin yapıldığı bölgelerde TMR'nin enerji açığını mısırın ezilmesi veya Flake yapılması ile de diğer arpa ezmesi, arpa flake gibi kolaylıkla karşılanabilir (Yaylak ve Kaya 2001).

Sağmal ineklerin TMR ve rasyon enerji düzeylerinin sağlanmasında slajlık mısırın ilk sırada kullanıldığı bilinmektedir. Bunun yanında dikkat edilmesi gereken nokta

yem hammadresi olarak kullanılması için slajlık mısırın enerji değerleri bakımından yaş kimyasal analizlerinin yapılması gerektiği bilinmelidir (Schwab ve Ark 2003).

1.1.5. Mısır ve Mısır Yan Ürünleri

Mısır bitkisinin danelerinin işlemiden geğmesi sırasında ayrılarak kalan mısırın kepeği, mısır proteini, selülozlu maddeleri, vitamin ve minarelli ürünler hayvan yemleri olarak fabrikalarda değerlendirilmektedir. Besin madde değerleri çok yüksek olduğundan dolayı yemlerin yapılmasında yüksek oranlarda kullanılmakta ve aranan ürün sınıfında olmaktadır. Mısır, işlenmesiyle birlikte Mısır kepeği, Mısır glütenu, mısır DDGS (Dried Distillers Grains with Solubres) gibi isimlendirilen çeşitleriyle yan ürün oluşturmaktadır (Anonim, 2011g).

1.2 NIR (NEAR INFRARED - YAKIN KIZILÖTESİ) TEKNOLOJİSİ

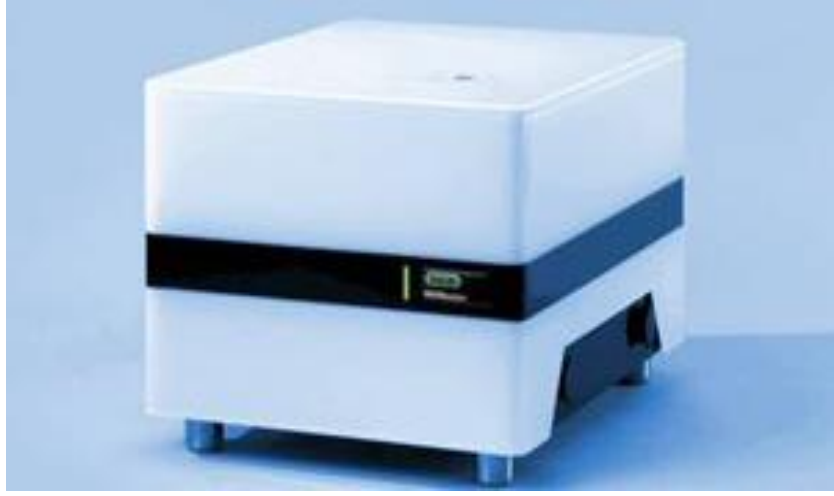
Hayvan verimlerinin yüksek seviyelere çıkabilmesi ve hayvan sağlığı noktasında kalitesi yüksek bir besleme ve idareye bağlı olduğu herkesçe bilinir. Yetiştiriciler, yem hammaddelerindeki kalitenin öneminin farkındadırlar. NIR analizlerinin maliyetleri ucuzdur. Ham protein, çözünebilir karbonhidratlar, yapısal lifler, külün miktarı, yağ gibi değerlerin tespit edilmesinde NIR analizleri kimyasal analizlere göre, maliyetinin daha az olduğu söylenebilir. Yapılan bu NIR analizleriyle hayvanların sindirilebilirlik tahminlerinin yanı sıra kullanılacak yemlerin metabolize olabilir enerji (ME) değerleri de belirlenebilir. Bu yüzden NIR analizleri rasyonların hazırlanması açısından tüm dünya genelinde kullanımı giderek arttığı gözlemlenmektedir (Corson ve ark, 1999a). Nır cihazı gösretimi Resim 6'da gösterilmiştir.

Resim 6. NIR cihazı gösterimi (<https://www.buchi.com/20018>)



NIR cihazıyla yapılan analizlerde 1100-2500 nm dalga boyu aralığı kadar spektral elektromanyetik tarama olarak adlandırılan yakın kızılötesine maruz bırakılan bir numuneye ihtiyaç duyulmakta olduğu bilinmektedir. Bahsedilen bu ‘spektral aralıkta’ enerji, direkt cihaza konulan örneğe gönderilir. Yansıyan enerji (R) cihaz tarafından ölçülmekte olduğu ve yayılan yansımanın; CH, -OH, -NH ve –SH gibi örnek içerisindeki kimyasal bağların identifiye edilmesini sağlayabilecek bilgileri taşıdığı söylenebilir. Yansıyan bu enerji, resiprokal logaritma biçiminde depolanarak ($\log 1/R$) ve spektra, örnekteki kimyasal bağlar hakkında bilgi verebilecek şekle çevrilir (J. Shenk ve Westerhaus, 1991). Nır cihazı analiz gösterimi Resim 7 ve Resim 8’de, Artan dalga boyu ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren orijinal NIR spektra örneği Şekil 2.’de gösterilmektedir.

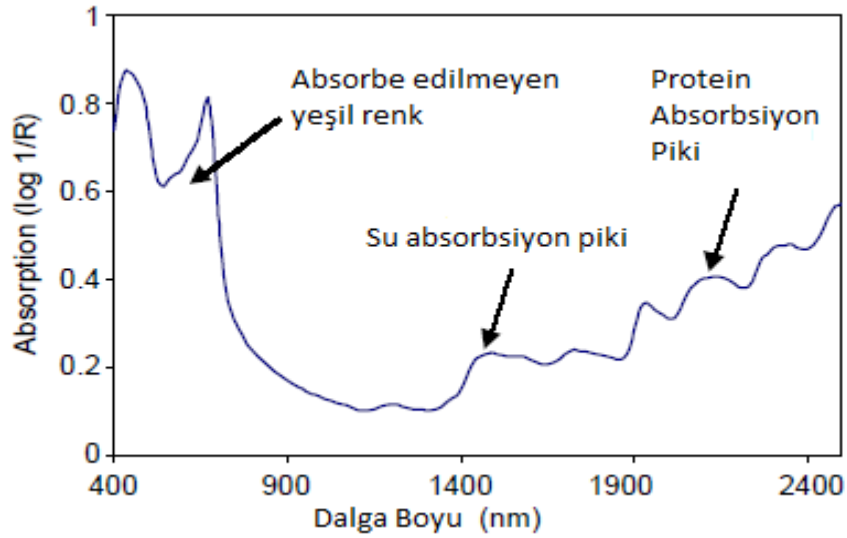
Resim7. NIR cihazında analiz gösterimi (<https://www.buchicorp.wordpress.com>)



Resim 8. NIR cihazında analiz gösterimi (<https://www.buchicorp.wordpress.com>)



Şekil 2. Artan dalga boyu ve absorbans arasındaki ilişkiyi gösteren orijinal NIR spektra örneği (J. Shenk ve Westerhaus, 1991).



Absorbance, yemlerin örneğinde görünen bütün organik maddeler (OM) ile ilintilidir. Proteinler, lipitler, yapısal lifler, şekerler ve bunların bazı fraksiyonlarının belirlenebilmesinin mümkün olduğunu söyleyebiliriz. Kimyasal analizlerle ilişkilendirilenspektralar vasıtasıyla kalibresi yapılmış NIR cihazlarına ihtiyacın olduğu bilinmektedir. Bunun yanında hertürlü analizler için kullandığımız NIR teknikleri, referansları iyi kalitede olan bir laboratuvara ya da hayvanların verilerine bağlı olduğuda belirtilmelidir. NIR cihazı analizlerinin sektördeki en önemli özelliği hız ve maliyet olduğu herkesçe bilinir. Fabrikasyon yem karmasının veya ürünlerin analiz değerlerinin geleneksel yöntemler ile belirlenebilmesi (su kül, azot, lif, lipit, şeker ve nişasta) 7 analiz için aynı anda başladığında 16 saatlik süre aldığı tespit edilirken;

NIR cihazı bu tahlilleri (analizleri) şartlara uyacak şekilde hazırlanan örnekleriyle 120-180 saniyede tamamladığı tespit edilmiş olup örnek olarak bu veriler söylenebilir. Her türlü öğütülmüş kaba ve kesif yemler bu halleriyle analiz edilebilir. Ancak hazırlanan her bir örneğin şekli farklı sonuçlar verecektir (Corson ve ark, 1999b). Bu sebeptendolayı NIR cihazının veri tabanına ölçümleme için veri

depolanırken yapılacak olan her bir ürün analizinin örnek biçimini de belirtmek gerektiği tespit edilmiştir (J. Shenk ve Westerhaus, 1991).

1.2.1. NIR Tekniğinin Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları

Nir cihazının avantajlarını şöyle sıralayabiliriz:

1. Analizleri çok kolay ve diğer analizlere göre hızlı bir şekilde ölçüm yaparak sonuçları bildirmesi,
2. Yapılacak analizin örneklemeinin iyi yapılmış az miktarda numuneyle yapılabilecek yeterliliğe sahip olması,
3. Analizi yapılacak olan numunenin kimyasal yapısında herhangi bir değişiklik meydana getirmediği ve numunenin tekrar kullanılmasına olanak sağladığı,
4. Ürünün Analiz değeri bakımından istenilen protein, yağ, nem, ADF, NDF, analizlerinin aynı anda yapılabilmesi ve bunların hepsinin birbirinden bağımsız şekilde analizinin yapılarak verilerin bize sunulması,
5. Ürünlerin analizleri yapılırken herhangi bir kimyasal madde kullanımına gerek kalmaması sebebiyle çevrenin korunması noktasında da yardımcı olması
6. Ürünlerin analizi yapılırken çeşitli analiz cihazlarına ve analiz için kullanılacak kimyasal maddelere gerek olmadan maliyetsiz bir şekilde analiz yapma imkânının olması şeklinde sıralanabilir.

Dezavantajları

Nir cihazının dezavantajlarını ise şu şekilde sıralayabiliriz;

1. Analiz için kullanılan NIR teknoloji pahalı olduğundan dolayı yatırım maliyetinin yüksekliği.

2. Yapılacak analizler için bu ürünlerin her biri için kalibrasyonlara ihtiyaç duyulmakta olup, kalibrasyonların yapılmasının ilk aşamada zor olması,
3. Analiz için değerlendirildiğinde farklı NIR cihazları arasında okuma farklılıklarının olması ve absorbans katsayılarının farklı olmasından dolayı bilgilerin diğer farklı cihaza transferinin olanaksız olması şeklinde sıralanabilir.

2.1. NIR Kalibrasyonları

Yem kompozisyonunun belirlenmesinde NIR ölçümlerinin keskinliği cihazın kalibrasyonu için kullanılan veritabanına bağlıdır. En iyi tahminleme, her bir yem tipi için ayrı data setler kullanıldığında yapılabilir. Örneğin; Yeni Zelanda’da kullanılan büyük çaplı bir proje olan Feed TECH NIR sistemi beş farklı yem tipine göre kalibre edilmiştir: çayır otu, çayır otu silajı, hardal sınıfı bitkiler (brassica), mısır silajı ve tanesi. Çayır otu, çayır otu silajı ve mısır silajı için her birinden 200’ün üzerinde analiz yaş kimya metotları ile yapılmış; bunların spektraları NIR ile okutularak kaydedilmiştir. Bunun yanında aynı şekilde yüksek enerjili tahıl bazlı numunelerde 100 örnek kullanılmıştır. Hardal türlerinde ise (lahana, kolza, kara lahana, turp ve şalgam) 80 örnek üzerinden aynı işlem tekrarlanmıştır. Yaş kimya analizleri; kuru madde, organik madde, kül, ham protein, lipit, eriyebilir şekerler, nişasta, NDF, ADF ve mineral içerikleridir. Silaja ek olarak da pH, laktik asit, uçucu yağ asidi ile amonyak konsantrasyonu analizleri yapılmıştır. Yaş kimya analiz sonuçları absorbans spektraları ile ilişki kurulabilmesi için NIR veri tabanına girilmiştir (Landau ve ark, 2006).

Kalibrasyon, PLS interpretasyonu üzerinden birincil türev (firstderivate) kullanılarak PCA (principalcomponentanalysis) ile yapılmıştır. Kalibrasyon eğrisi örnekleri, her bir örneğin spektral verisi ile yaş kimya verisini içermektedir. Bu eğriler, bireysel olarak ve kaba yem tipine göre ayrılmış şekilde model uygunluğunu göstermektedir (Shenk ve Westerhaus, 1991).

Hammaddeler arasındaki bileşenlerin tahminleme farklılıkları (R^2) çeşitli faktörler yüzünden şekillenmektedir. Bunlar, aynı yem tipinde değer aralıklarının değişmesinden ve diğer bileşenlerin yaptığı interferasyondan kaynaklanır. Örneğin; uçucu yağ asitlerinin varlığı, kuruma sırasında kayıp olacağından KM analizini etkiler ve bu etkiler içerik hesaplamasını da etkilemiş olur. Tablo 1’de Çayır otu ve mısır silajı örneklerinin besin madde analizleri üzerinden yapılan kalibrasyona bir örnek gösterilmiştir (Corson ve ark, 1999c).

Tablo 1. Çayır otu ve mısır silajı örneklerinin besin madde analizleri üzerinden yapılan kalibrasyona bir örnek (Corson ve ark, 1999d).

	Numune sayısı	Ortalama	Aralık	R^2	SECV (Çapraz geçerliliğin standart hatası)
Çayır otu					
Ham protein	339	18,5	5,0-36,2	0,99 0,95	
NDF	360	49,4	17,8-78,0	0,95	2,79
Eriyebilen Şek.	358	8,5	1,0-25,0	0,87	1,38
OM Sindir.	31	72,3	55,0-85,0	0,90	3,37
DCAD	87	449	200-800	0,90	57,58
Mısır Silajı					
Ham Protein	181	7,51	4,41-13,12	0,68	0,62
NDF	184	44,2	18,6-72,2	0,96	2,11
Eriyebilir Şek.	190	35,1	1,1-61,6	0,89	4,80
Laktik asit	76	3,9	0-10,8	0,87 0,84	
Ph	68	3,9	3,5-4,3	0,39	0,09

Diğer bileşenlerle karşılaştırıldığında NDF parametresi için yüksek R^2 değeri; çayır otu ve mısır silajı için NDF parametresinin NIR tahminlemesinin mükemmel düzeyde olduğunu göstermektedir. Genelde veritabanına daha fazla değer eklendiğinde R^2 değeri artış gösterir. 1995 yılında Feed Tech NIR sistemi için eriyebilir şekerler parametresinin R^2 değeri 0,55 olmuş ve bu değer 0,87-0,88 düzeyine yükselmiştir. Ancak NIR tahminlemesi de bileşenlerin tipinden ve güncel verilerin aralığından etkilenmiştir. Örneğin; mısır silajında pH parametresinin düşük R^2 değeri (0,38) yüksek düzeydeki hatadan kaynaklanmamakta; örneklerin pH değerinin dar bir aralıkta olmasından -kaynaklanmaktadır (3,6-4,2). Göreceli hata (*relativeerror*; tanımlanmış standart hata/örneklerin ortalaması x 100) bu vaka için yalnızca %3'tür. Bu göreceli hata değeri tanımlanan hata marjini için ($\pm$ % 5) kabul edilebilir düzeydedir. Aykırı değer (*outlier*) olarak da tanımlanan hata marjininin dışında kalan değerler kimyasal analizlerle ilgilidir (Corson ve ark, 1999d).

Tahminleme örneklerinin çoğunluğu spektralar ile kimyasal bileşen analizlerin doğrudan bir korelasyonunu esas alsa da bazı tahminlemeler daha genelleştirilmiş olmaktadır. Örneğin; DCAD (dietary caitiaon-anion difference), rasyon anyon ve katyonlarının dengesini ifade eder (Wilson, 1996) ve bu parametre için tahminlemeler potasyumun etkisi ile şekillenir. Potasyum konsantrasyonu arttığında DCAD düzeyi de artarken; azaldığında DCAD düzeyi de azalır. Potasyum konsantrasyonu ile DCAD arasındaki korelasyon katsayısı 0,78'dir. ME ve OM sindirilebilirliğini içeren diğer örneklerde de NIR analizleri için kaba yemlerin bu değerleri ölçülebilir olmamıştır. NIR tahminlemelerindeki bu fark yem tipinden ileri gelir. Çayır otu ile birlikte NIR veritabanı, *in vivosindirilebilirliği* bilinen yaklaşık 35 yem örneğini içerir. Bu örnekler, Massey Üniversitesi ve AgResearch tarafından yapılan hayvan denemelerinde elde edilen veriler temel alınarak elde edilmiştir ve yem örneklerinin OM sindirilebilirliğitahminlemesinin spektraları da alınmıştır. ME ise doğrudan OM sindirilebilirliği üzerinden hesaplanmıştır. Çayır kaynaklı yemlerin ME düzeyleri (örn. Çayır otu silajı), *in vivo* standartları ile kalibre edilmiş *in vitroselülazsindirilebilirlik* denemeleri temel alınarak hesaplanmıştır (Dowman ve

Collins, 1982). Mısır silajının ME değeri ise NIR tarafından verilen ADF değerleri üzerinden hesaplanmıştır (Corson ve ark, 1999e).

2.2. Hayvan Besleme Alanında Kullanım Olanakları

1960'larda tahıl olarak nitelendirilen ürünlerin nem düzeylerinin belirlenmesi için NIR kullanılmaya başlandığı bilinmektedir. Son yıllara ise NIR destekli analitik uygulamalar ve kullanımının sayısı oldukça artmıştır. NIR teknolojilerinin temeline bakıldığında 1100-2500 nm arasındaki spektral aralığın belirli segmentlerinde kimyasal bağların çeşitliliğinden dolayı ışığın farklı düzeydeki Emilimi mantığının olduğu belirlenmiştir. Yakın kızılötesi spektroskopinin teorisi (Hrushka, 1987)detaylarıyla tek tek açıklanmış olup, bu cihazların matematiksel kökenleri tasvir edilmiştir (Martens ve Naes, 1987).

Özetle anlatmak gerekirse, cihazın kalibrasyonunda istatistiksel analizlerini esas alarak her bir reflektans nokta $\log 10$ tabanında $\log (1/R)$ biçiminde spektra noktasına dönüştürülür. Bu spektral noktalar ile yaş kimya yöntemleriyle tespit edilmiş değerler arasında bahsettiğimiz kemometrikler vasıtası ile ilişki kurulmaktadır. Bahsettiğimiz tüm bu istatistiksel bağ metodları kalibrasyonun temelini oluşturmaktadır. Yayınlanan bazı derlemelerde NIR ile yeni gelen numuneler için de okuma yapılması gerektiği tavsiye edilmektedir. Bu çalışmalarda temel sorunlar NIR spektraların elde edilmesi ve analiz edilmesi sürecinde konu basite indirgenmiştir. NIR teknolojileri açısından özellikle de numune çeşitliliği, spektraların matematiksel dönüşümleri ile validasyon ve kalibrasyon metotları tartışılmaktadır (Foley ve ark, 1998).

Yayınlanan bazı derlemelerde NIR ile yeni gelen numunelerde de okuma yapılması tavsiye edilmektedir. NIR çalışmalarına genel anlamda kalibrasyon kalitesi üzerinden ve kalibrasyonların doğrusalılığı ile keskinliğine bakılarak değerlendirildiği söylenebilir (Deaville ve Givens, 1998).

Keskinlik, bazen “Validasyon Eşitliği”nin eğimi üzerinden değerlendirilmiş olsa da yapılan bazı çalışmalarda tahminin keskinliğinin belirlenmesinde SEP- *standart error of prediction* (tahminin standar hatası) ve (SECV- *standart error of crossvalidation*) (kros validasyonun standart hatası) olarak benimsenmiştir. SEP, eşitlik eksternal validasyondan data setine başvurulduğunda tahmin değerler ile referans değerleri arasında oluşan farkların varyasyonunu ifade edeceği söylenir (Deaville ve Givens, 1998).

SECV’i anlatmak gerekirse eşitlik, ölçümleme (kalibrasyon) data setindeki veri alt setlerine sırası ile başvurduğumuzda oluşan durumun standart hata olduğunu bilmemiz gerekir. Bu prosedür (SECV prosedürü) bilhassa bu veriler kopyalanıyorsa aşırı iyimser (optimistik) sonuçlar verebilir. Fakat bahsettiğimiz bu prosedür doğal bir popülasyondan noksansız olarak raslantıya dayanarak seçilen kalibrasyon örnekleri olduğu zaman değerlendirilmektedir. İlaveten standart error of crossvalidation (SECV); bias’ın değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak “tahmin değerlerinin doğrulanmasında” kullanılmadığı söylenmektedir. Uzun vadede ise NIR eşitliğinin doğruluğu ciddi anlamda problem olarak değerlendirildiği zaman, tahminin standar hatasının (SEP prosedürünün) kros validasyon standart hatasına (SECV prosedürüne) nazaran üstün olduğunu varsaysakda SEP ve SECV, keskinliğin öngörülmesinde yaygın olarak kullanılan prosedürlerden olduğu bildirilir (Naes ve ark, 2002).

Hayvan besleme alanında daha önce de bildirildiği gibi birçok farklı noktada ve farklı amaçla kullanılan NIR teknolojisi; en yaygın olarak yem hammaddelerinin ve rasyonun besin madde kompozisyonunun belirlenmesinde kullanılır. Rasyonun TMR bazındaki içeriklerinin düzenlenmesinde dikkat edilmesi ve üzerinde durulması gereken nokta; tüketilen veya satın alınan ürünlerin kompleksini temsil edebilecek düzeyde bir örnekleme yapmaktır. Arazilerden alınan yeşil ot örnekleri en iyi otlayan hayvanların otlama hızı dikkate alınarak ve bulunduğu mera arazisinin farklı farklı yerlerinden örnek alınarak elde edilmektedir. Silajlar ise, ürünün konacağı silaj çukurlarının en dış kısmından değil de iç kısımlarından alındığında daha doğru sonuçlar verecektir. Numune çantalara alınan slaj örneğinin ağız kısımları mühürlenerek veya sıkıca bağlanarak, buzdolaplarında soğutulur ve 60 °C’de

kurutulması için NIR laboratuvarına gönderilir. Daha sonra ise alınan örneğe de örnekler öğütülerek analizleri yapıldığı söylenebilir. Spektral bilgi, uygun yem tipiyle veri tabanındaki o spektrumu karşılaştırılıp kompozisyon tahminlemeleri yapılmaktadır. (Corson ve ark, 1999f).

Tespit edilen ve belirtilen hatalar ($\pm$ % 5)'den fazla farklılık gösteren öngörüler outlier (aşırı değer) diye tanımlanır ve daha sonra kimyasal analizi yapılmak üzere tekrardan laboratuvarlara gönderilebilirler (Marten ve ark, 1989).

Aşırı değerler, farklı bir yem çeşidinden veya cihazların veritabanlarında geliştirilen örnek içeriklerinden ayrı değere haiz ürünün örneği nedeniyle değişebilir. Aşırı değer (outlier) olarak işaretlenmiş numuneler için tam şekliyle gerekli olan testleri yapıp, alınan sonuçların değişmeden sonuçlandığı belirlendikten sonra; değerler daha sonra başka yerlerdeki benzer şekillerdeki örnek numunelerin gelmesi ihtimaline karşı NIR cihazının analiz doğruluklarını artırabilme adına veri tabanlarına eklenebilmektedir. Yem hammaddelerinin kompozisyonu; yemlerin kalitesi için bilgi verebilecek 8-12 değişkenle ifade edilebilir. Bu bilgiler çeşitli yollarla kullanılabilir. Bu bilgilerin yorumlanması, özellikle de kaba yemler karıştırıldığında veya rasyona ilave edildiğinde, verim payı gereksinimlerinin karşılanması adına gereklidir (Abrams ve ark, 1987).

Bu cihazlar, tarım alanlarında üretimi yapılmış olan ürünlerin kalitesinin artırılması noktasında kaba-kesif yem seleksiyonu yapılabilmesini de kapsayacak şekilde tarım ürünlerinin araştırılması noktasında oldukça iyi bir yere sahiptir. Yapılan bu yöntem, üretim için yeterli miktarda geride bırakılmasını sağlayabilecek halde herhangi bir bitki örneğinin herhangi bir kısmının analizi için alınmasına izin verir. Bu cihazlar, oldukça yaygın alanlardaki bitki değerlerinin tespit edilmesinde kullanılırlar. Yeşil otlar, yonca ve fiğ otu gibi kaba yemlerin araştırılması noktasında en çok yapılan analiz selüloz (NDF) ve protein değerlerinin tespitidir (Baker ve Barnes 1990).

NIR analizlerinin yapılmasını kısıtlayan sebepler; numune karakteristiğinin yorumlanabilecek şekilde spektralar ortaya çıkarabilme kapasitesi ve keskin bir kalibrasyonun şekillendirilmesi olarak açıklanabilir. Araştırılan bazı projeler; kaba

yemlerdeki kondanse tanen içeriğini bulmak ve dışkı analizlerinden TMR karışımının belirlenmesini gibi çok özel alanları da kapsar. Bundan ileri düzeyde yapılan çalışmalara istinaden, yemlerin tüketiminin de içerebildiği söylenebilir (Murray ve ark, 1994).

NIR cihazlarının uygulamasının tümü sadece kalibrasyon sonuçları ne kadar iyi ise o kadar iyidir denilmektedir. Bu cihazdaki kalibrasyon eğrisi yapılmasıyla birlikte olabildiğince fazla örneklemelerin analizleri hızlıca ve minimum maliyetlerle yapılabildiği ispatlanmıştır. NIR vasıtasıyla kaba yem kalitesinin belirlenmesi Hakkındaki ilk raporda (Norris ve ark., 1976); KM içerisinde besin maddelerinin SEP (tahminin standar hatasının) değerleri şu şekilde olmuştur.

HP için % 0,95; NDF için % 3,1; ADF için % 2,5 ve ADL için % 2,1. Tahminin keskinliği, benzer örnek setleri kullanılarak daha sonrasında yeniden değerlendirilmiş olmasa dahi muhtemelen Dryden (2003) tarafından da özetlendiği gibi NIR spektrometrelerdeki ve kemometrik metotlardaki gelişmeler tahmin keskinliğini giderek artırmıştır. NIR kökenli kaba yem kalitesi belirleme tahminlerinde her zaman olmamakla beraber çoğunlukla daha dar tek türe yönelik yapılan "dar kapsamlı" kalibrasyonlar "geniş kapsamlı" olanlara göre daha doğru sonuçlar vermektedir. Çoklu türler ile yapılan kalibrasyonların spektral varyetesi daha geniş olmaktadır. Diğer bir deyişle; terazinin iki kefesine iki ayrı özelliği koymak gereklidir. İlki kalibrasyonun sağlamlığıdır ki tipik doğal mera otları gibi büyük bir çeşitliliğe sahip bir dizi örneğin özelliklerini belirler. İkincisi de kalibrasyonun keskinliği/doğruluğudur. Örneğin; üçgül kuru otundan toplanan örneklerde SEP değerleri HP, NDF ve ADF için % 0,4 - 0,5; ADL için ise % 1,6 şeklinde olmuştur. (Berardo, 1997). Bu değerler toplanan mera otlarından daha düşük SEP değerine sahip olmuştur (García-Ciudad ve ark., 1993). Bu mera otlarında ise SEP değerleri HP için % 0,57; NDF için % 2,0; ADF için % 1,9 ve ADL için % 1,9 şeklinde olmuştur. Bir başka örnekte de keçilerle ilgili meralardan numune toplanmış ve NIR analizleri yapılmıştır. Tagasaste (*Chamaecytisusproliferus*) bitkisinin SECV değerleri şu şekilde olmuştur: HP için % 0,6; NDF için % 1,6; ADF için % 1,0 ve lignin için % 0,5 Buna karşın diğer araştırmacılar da (Meuret ve ark, 1993) geniş

yelpazede Akdeniz mera otu türlerinden oluşan bir dizi numunede daha yüksek SECV değerleri belirlemiştir (Flinn ve ark., 1992).

Herhangi bir bu tarz cihazların kalibrasyonu, yaş kimya sonuçlarına yakın bir hata payıyla kimyasal analiz değerlerine yakın değer veriyorsa sonuç ideal sayılır. İlk defa sektörde kullanılmaya başladıktan buyana bu cihazlar biraz önce de bahsedildiği gibi Han Protein ve ADF ölçümlerinde standart bir teknoloji olarak düşünüldüğü söylenmektedir (Barton ve Windham, 1988).

Ruminant kaba yemlerinin enerji içeriklerinin belirlenmesinde in vitro prosedürler sıkça kullanılmaktadır. Burada çözülmesi gereken iki problem bulunmaktadır:

- 1) NIR ile yapılan in vitrotahminlemeler in vitro sindirilebilirlik kadar kesin sonuç verir mi?
- 2) in vitro sindirilebilirlikte NIR ile yapılan analizlerin doğruluk düzeyi nedir? (Coleman ve ark, 1999).

İrlanda'da yapılan bir çalışmada 72 kısırlaştırılmış koç üzerinde bir deneme yapılmış ve çayır otu silajının organik madde sindirilebilirliğinin NIR ile ne kadar doğru belirlenebildiği incelenmiştir (Park ve ark, 1997)

Silajların in vivo organik madde sindirilebilirliği % 53 ve % 80 arasında değişmiş, organik madde sindirilebilirliği için yapılan NIR analizlerinin SEP değerleri de % 2,4 ve % 2,8 arasında olmuştur. Bir derlemede de samanların ve çayır otu silajlarının NIR ile yapılan in vitro sindirilebilirlik analizlerinin pepsin-selülazprosedürüne göre daha iyi bir tahminleme sağladığı bildirilmiştir (Coleman ve ark, 1999). Bunların yanında sıralanacak prosedürler için yüksek kalitede NIR kalibrasyonları da elde edilmiştir: Buğday hasılında in vitro pepsin-selülaz prosedürü ile koyunlar için ME içeriğinin belirlenmesi (Adesogan ve ark, 1999); çayır otu silajında bir nötral deterjan-selülaz prosedürü ile koyunlar ve sığırlar için in vitro sindirilebilirliğin belirlenmesinde (De la Roza ve ark, 2000); buğdaygil samanlarında

pepsin-selüla ve nötral deterjan-selüla prosedürleri ile in vitro sindirilebilirliğin belirlenmesinden elde edilmiştir (Givens ve ark, 1991).

Geniş bir kaba yem veri setinde in vitro KM sindirilebilirliği için yapılan NIR analizlerinde; Tilley ve Terry prosedürüne göre NIR'da % 3,5 civarı SEP (tahminin standar hatasının) değerleri görüşmüştür (Tilley ve Terry, 1963). Aynı şekilde Norris ve ark. (1976) tarafından bildirilen bir fungalselüla prosedürüne göre ise bu değer % 2 civarında olmuştur.

NIR, kaba yemlerde ruminal KM yıkılımının tahmin edilmesinde bir potansiyele sahiptir ancak tahmin gücü ve keskinliği çok üstün düzeyde değildir. Total KM değerinin % 15 - 51 kadarını temsil eden kolay yıkımlanabilir fraksiyonlar için R^2 değeri 0,86 olarak belirlenmişken; total KM miktarının % 29 - 60 kadarını temsil eden yavaş yıkımlanabilir fraksiyonlar için R^2 değer i se 0,78 olmuştur. (Todorov ve ark., 1994). SEP değerleri de yüksek belirlenmiştir (aynı sıra ile % 4,2 ve %5,2) (Todorov ve ark., 1994). Rumende KM yıkılımının ortalama bir göstergesi olan gaz üretim tekniği ile NIR arasında bir deneme yapılmıştır. Koyun rumen sıvısında kuru otlar ve silajların gaz üretimleri ve bu süreçteki kinetiklerin karakterizasyonunu NIR kullanarak ölçmeyi denemişlerdir. Total gaz üretimi yonca, çayır kuru otu ve mısır silajlarında doğru tespit edilmişken (şırınga başı 22-43 ml aralığında SECV=1,2 ml); yonca silajı için bu doğruluk düzeyi sağlanamamıştır (şırınga başı 13-36 ml aralığında SECV=2,5 ml). Yonca kuru otu sayılmazsa; yıkılım kinetiklerinin NIR tahminleri kötü seviyeden orta seviyeye kadar değişmiştir. Çayır otu için R^2 değerleri 0,33 düzeyinde olmuşken; mısır silajı için 0,80 olmuştur. (Landau ve ark, 2006).

Ruminal ve duodenalkanüllü hayvanları temel alan denemelerle, rasyon azotunun ruminalyıkılabilirlik kinetikleri konusunda oluşan bilgi birikimi ruminantrasyonlarının şekillendirilmesinde büyük katkıları sağlamıştır. Ruminal fistül takılmış koyunlarda 0,05/saat olarak belirlenen rumen protein çıkışı; NIR teknolojisi ile %75'e kadar belirlenebilmiştir. Mısır silajı ile beslenen rumenfistüllü sığırları kullanan araştırmacılar; NIR'ınrumenden kaçan protein yüzdesi ve fermente edilebilir organik madde miktarlarının belirlenmesinde kullanıldığında R^2 değerlerinin

sırasıyla 0,79 ve 0,72 olduğunu bildirmiş, bu amaçla kullanılan NIR'in makul bir tahmin gücüne sahip olduğundan bahsetmiştir (De Boever ve ark., 2003). Ancak aynı araştırmacı ince bağırsakta gerçek protein sindirilebilirliği için bunun mümkün olmadığını bildirmiştir. Koyunlarda yapılan bir başka çalışmada ise NIR bazlı ölçümler ile baklagil kaba yemlerinin in sacco yıkılabilirliği ve etkin HP yıkılabilirliğinin % 87 - 99 kadarı belirlenebilmiştir (% 70 - 96 aralığında SECV % 2,6) (Antoniewicz ve ark., 1995). Hızlı yıkılabilir proteinler, yavaş yıkılabilir proteinler ve yıkılamayan proteinleri kapsayan protein fraksiyonlarının in situ belirlenmesi ile NIR vasıtasıyla belirlenmesi arasında oldukça yüksek bir paralellik ($R^2 > 0,92$) olduğunda bildirmiştir (Hoffman ve ark., 1999). Ancak aynı araştırmacılar yıkılma oranının ölçülmesinde ise bu düzeye ulaşamadığını ($R^2 = 0,87$) diğer değere göre daha az tatmin edici bir sonuç alındığını bildirmiştir. NIR bazlı kalibrasyonlar doğrusal lineer regresyon kullanılarak yapılır, bu da muhtemelen yıkılma kinetikleri gibi özünde doğrusal bir seyir izlemeyen parametreler için kalibrasyon problemlerini ortaya çıkarabilir. (Hoffman ve ark, 1999).

Birçok uygulamada SEP veya SECV değerleri, referans değerleri sağlayan analitik prosedürlerin standart hataları ile oldukça yakındır. NIR teknolojileri ruminant yemlerinde enerji değerliliğini hesaplamak açısından iyi durumda görülse de in vitro ve in situ yıkılma kinetikleri açısından NIR bazlı ölçümlerin hala biraz daha gelişmeye ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Muhtemelen yemlerin ruminal yıkılma düzeylerinin hesaplanmasında NIR destekli teknolojiler fistüllü hayvanların yerini alacak ve bu hayvan refahı açısından oldukça önemli bir adım olacaktır (Landau ve ark, 2006).

Keçi beslemede orman merasındaki bitki türlerinin kimyasal kompozisyonları ve özellikle de bunların tanen ile diğer ikincil metabolit miktarlarının belirlenmesi konusu özel bir ilgi görmektedir. Tagasaste bitkisinin total fenolikleri NIR ile % 1,2 hata payı ve yüksek bir doğrulukla analiz edilebilmiş, KM bazında fenolik içeriği % 1,4 - 25,4 aralığında belirlenmiştir (Flinn ve ark, 1996). Bazı bitkilerdeki kondanse tanen içeriği açısından kalibrasyonlar geliştirilmiştir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir: *Lotus uliginosusschkuhr* (Smith ve Kelman, 1997), *Leucaena leucocephala* (Wheeler ve ark, 1996), *Sericea lespedeza* (Windham ve ark, 1988). Bu tek tür içeren dar kapsamlı çalışmalarda R^2 değerleri 0,84 ile 0,91 arasında

değişen oldukça tatmin edici seviyelerde bulunmuştur. Başka bir araştırmacı tarafından ise *Vicia* ve *Lathyrus* türlerinin kuru otu ile samanlarında total fenolikler, total tanen ve kondanse tanen içerikleri NIR vasıtasıyla belirlenmiş; sırasıyla KM'de düzeyleri % 0,45 - 3,4; % 0,13 - 2,3 ve % 0,05 - 3,0 şeklinde bulunmuş, yine bu değerler açısından SECV düzeyleri de sırasıyla % 0,17; % 0,18 ve % 0,23 bulunmuştur (Goodchild ve ark, 1998).

3. Mısırın Kimyasal Analizlere Göre Değerlendirilmesi

Mısır bitkisinin kimyasal yapısı değişik bir görünüme sahiptir. Mısırın büyük bir kısmını günümüzdeki teknolojiyle analizleri yapılarak tespit edilebilmektedir. Ama bütün değerlerinin analizlerle belirlenmesinde bazı zorluklar bulunmaktadır. Daha da önemlisi rasyon değerlerinin belirlenmesinde tek başına kimyasal analizlerin yeterli olmadığı belirtilmelidir. Yapılan analizlerin “fiziksel analizler”deki gibi ürün değerleri hakkında belirli miktarlarda tahmin yapmaya yardımcı olduklarından da bahsetmek gerekir. Mısır bitkisinin analiz değerinin belirlenmesinde kullanılan “kimyasal analizler” Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri olarak iki şekilde incelenir. 1. gruptaki besin madde değerleri, HP, HY, HS, HK ve NDF başlıkları altında toplanır. Bu şekilde mısır bitkisinin besin maddelerine bakılır ve ilk özet bilgiye ulaşılır. Yapılan bu analizler “Weende Sistemi” olarak ifade edilen sisteme göre yapılmaktadır. Fakat yapılan analizlerden ortaya çıkan değerlerin bu bitkinin besin madde bileşenleri bakımından yüzeysel sonuçlar verir. Bunun yanında bu bitkinin kullanılacak verileri göstermediği bilinmekte olup, daha hassas analizlere gereksinim duyulduğu söylenmektedir. 2. gruptaki toparlanan analizler ise birinci grupta tespit edilenlere ilaveten yapılan daha hassas analizler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yağ asidi, yabancı maddelerin analizleri, vitamin, Amino asit ve beslenmeyi engelleyen zararlı analizler gibi yüzeysel olmayan ve daha hassas analizler ile bu bitkinin besleme değeri hakkında gerçek fikir sahibi olunabilmektedir (Kutlu, 2008).

3.1Su

Elimizdeki mısır maddesi doğal özelliğine istinaden çeşitli miktarlarda su içermektedir. Bitkideki bu miktar, yonca otu, fiğ otu gibi kuru otlar ile samanlarda % 9-12,5, taze biçilmiş yeşil ot çeşitleri ve silajlarda % 45-78 arasında değişmektedir. Mısır bitkisinin tanesinde ise, endüstri yan ürünlerine göre (küspe çeşitleri, kepek çeşitleri v.b) su içeriğinin % 15'dan fazla olmaması arzu edilmektedir. Gerekçe olarak da depolama aşamalarında oluşabilen kızışma, hem mısırın bozulması sebebiyle yem fabrikalarının problem yaşamasına hem de bu ürünü tüketecek canlılarda sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Bunun yanında bitkinin su içeriğinin hem alana hem de satana ekonomik yönden olumsuz etkisi meydana gelmektedir. Fazla su içeriğine sahip mısırın, satın alınması aşamasında ödediğimiz paranın bir kısmını su için ödeyip, bunun tüketimini yapan canlılara besin değeri olarak yararının olmamasının yanında bozulmalara sebep olduğundan sağlığı olumsuz etkilemekte olduğunu gözardı etmemeliyiz. Hayvanların beslenmesinde suca zengin yemler ile kuru yemler birlikte kullanıldığından dolayı tam rasyonu hazırlanırken yem tüketimini kuru madde bazında değerlendirmekteyiz. Bu yüzden çoğu zaman su miktarı fazla olan ürünlerin besin maddelerinin içerikleri ve tam rasyonundaki miktarları KM olarak söylenmelidir (Kutlu, 2008)

3.2 Kuru Madde (KM)

Tıpkı diğer ürünlerde olduğu gibi mısır bitkisi için de suyu uygun şekilde uçurulup geriye kalan kısma mısırın kuru maddesi denilmektedir. KM olarak nitelendirdiğimiz veri elimizdeki numuneye ait besin maddelerini içeren kısımdır. Diğer taraftan, KM analizi, bitkideki organik yapı ve uçucu özellikteki besin maddelerini içermediği bilinmelidir. Bu yüzden analiz sonuçlarına bakılarak mısırın rasyondaki değeri açısından kesin fikir sahibi olunmayacağı fikri oluşur. Bu bitkinin içersindeki organik ve inorganik maddelerin toplamı olan KM'nin belirlenebilmesi, herhangi bir biçimde ürünün besin madde içeriği bakımından yapısını ortaya koymayacağı bilinmelidir (Kutlu, 2008)

3.3 İnorganik Madde (Ham Kül; HK)

KM prensibine uygun koşullarda yakıldığında geriye kalan yanmamış maddelerin tümüne Ham Kül denir. HK içerisinde, bu bitkideki doğal olarak nitelendirilen inorganik maddeler bulunabileceği gibi ürüne farklı şekillerde karışmış toz, toprak ve kum gibi maddelerde bulunabilmektedir. Bu bitkinin yapısındaki gerçek külün yanı sıra ürüne sonradan karışmış yabancı cisimlerin de değerlerini veren HK tayini, bu özelliği sayesinde analiz için alınan mısırın gerçek kül değerini vermez (Kutlu, 2008)

3.4 HCL Asitte Çözünmeyen Kül

Yapılan bu analiz ile birlikte HK içinde gerçek kül yapısında olmayan maddeler tespit edilip, mısırın gerçek kül yapısı hem de toz toprak formundaki maddelerin içeriği hakkında daha detaylı bilgiler elde edilebilmektedir. Bu sayede H.K analizinin yorumlanması ve değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır (Kutlu, 2008)

3.5 Organik Madde (OM)

Bu analiz ise, HK analizi sırasında KM'nin yanan bölümü olarak karşımıza çıkmaktadır. Ortaya çıkan bu maddelerin sindirilebilirlik değerleri yükseldikçe rasyon anlamında daha kalitelidir denilmektedir. Kaba yem olarak nitelendirilen ürünler sindirim sistemi içerisinde fiziksel doluluk sağlamak ve tüketen canlılarda tokluk hissi oluşturmaktadır.

OM'yi oluşturan temel besin maddeleri, HP, HS, HY ve ADF'dir. Elde edilen toplam yem değerlerinden, HK analiz sonucunda ortaya çıkan değerinin çıkarılarak

elde edilen sonuç, sadece mısır OM miktarını verir. OM'nin bileşenleri hakkında ise fikir vermez (Kutlu, 2008)

4. MATERYAL VE METOD

Yapılan bu araştırma, ülkemizde en çok mısır bitkisi yetiştiriciliği yapılan Konya, İzmir, Diyarbakır, Adana, İskenderun, Şanlıurfa ve Gaziantep illerine görevli arkadaşlarca giderek alınan numunelerle (Toprak Mahsulleri Ofisinin satın alma birimlerine getirilen toplamda 320 adet tane mısır numunesi alınarak) yapılmıştır. Bu illerde ürünlerinin satışı için gelen çiftçilerden numune alımları yapılmış. Numunelerin alımında ürünlerini getiren her bir çiftçinin gerekli olan tüm bilgileri (kimlik bilgilerinin yanı sıra ürünün ekiminin yapıldığı arazilere ait bilgiler) kayda alınmış olup raporlanmıştır. Alınan mısır numunelerinin kayıtları yapıp hava almayan ekipmanlara (naylon poşetlere) konularak, Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Yem Analiz Laboratuvarı'nda muhafaza edilmek üzere getirilmiştir. Numunelerimizi laboratuvara getirdikten sonra, ultra santrifüjlü rotorlu öğütücü ile öğütülmüş (ZM200, Retsch Ltd., Düsseldorf, Almanya) ve 1 mm çapındaki eleklerden geçirilerek çalışmalara başlanmıştır. Yapılan bu işlemle birlikte, öğütülen ve elekten geçirilen mısır numunelerini tekrardan her biri ayrı ayrı hava almayacak şekilde şeffaf naylon poşetlere yerleştirilerek ayrılmıştır. Numune mısır taneleri öğütülerek spektraları ayrı ayrı alınmıştır. Bu işlem sırasında şeffaf cam bir petriye aldığımız öğütülmüş tane mısır numunelerimizi, NIR cihazının (NIRMaster®, BüchiLabortechnik AG, Flawil, İsviçre) otomatik rötör kısmına yerleştirilerek, her bir mısır numunesi için üç kez tekrar olmak üzere spektra alınmak suretiyle KM ve HK ile ilgili spektralar toplanmıştır. Toplanan bütün spektralar NIR cihazına bağlanmış entegre olan şahsi bilgisayarda üretici firmanın sağladığı aynı adlı bilgisayar programı ile uygun bir biçimde elektronik ortamda depolanmıştır. Doğrudan spektraları alınarak toplanan numuneler tekrar ayrı şeffaf poşetlere alınmış ve analiz edilinceye kadar -20 °C'de muhafaza edilmiştir (Anonim, 2018)

Mısırdaki KM tayinini yaparken sırasıyla;

Kurutma kabını kurutarak desikatörlerde oda sıcaklığına getirilmiş. Daha sonra soğutulan kurutma kablarının darası alınmış. (A) Daha önceden hazırlananarak bekletilen mısır örneklerimizi kurutma kablarına 3- 5 g koyarak tartımlarını gerçekleştirilmiş. (A1) Uygun olan bir sıcaklıkta (100-105 °C’de, mısır örneklerimiz sabit ağırlığa (A2) ulaşana kadar bekletildi.

Bu işlem yapılırken % Nem= $((A2 - A)/(A1 - A)) \times 100$ formülünü esas alarak sonuçları kayıt altına aldık.

A: Kap darası

A1: kap + yem örneği ağırlığı

A2 : kurutma işleminden sonraki kap + yem örneği ağırlığı

Mısırdaki HK tayinini yaparken sırasıyla;

Krozeleri, 500-600 C’de kül fırınında kurutuldu. Daha sonra krozeler, desikatörde soğutularak tartıldı. (Z1). Bu işlemden sonra Kroze içerisine 3-4 gr kadar öğütülmüş mısır numune örneklerimiz konularak tartıldı (Z2). Bu işlemden sonra kül fırınında beyaz kül oluşuncaya kadar, 500-600 °C lerde yakıldı. Sonrasında ise desikatörde soğutularak tartımları yapıldı. Bu işlem yapılırken (Z3). % Kül = $((Z3 - Z1)/(Z2 - Z1)) \times 100$ formülünü esas alarak sonuçları kayıt altına aldık.

Z1: Kroze darası

Z2: Kroze darası + Numune

Z3: Kroze darası + Kül

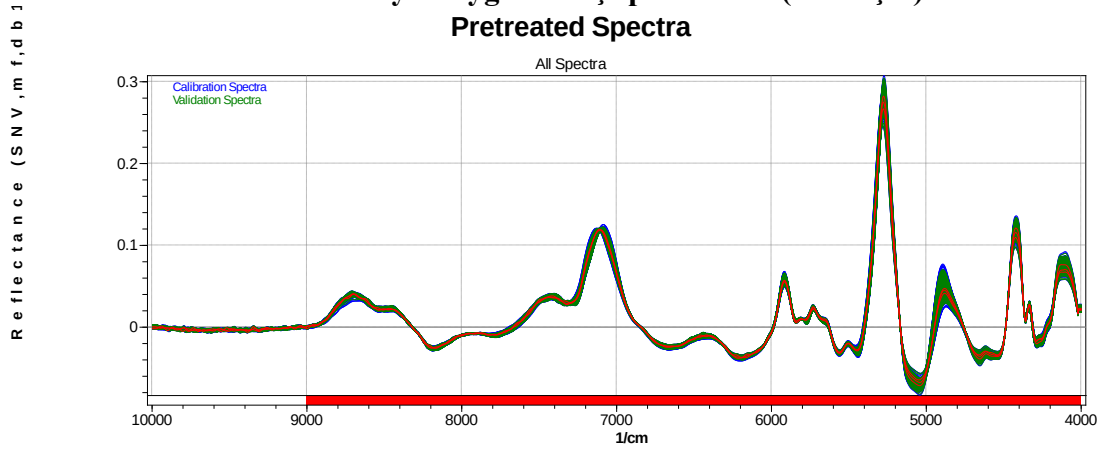
4.1 Kalibrasyonların Oluşturulması, Veri Analizi ve Kemometrik Analizler

Araştırmada NIR cihazı yardımıyla elde edilen spektralar ve kemometrik analizler (yaş kimya) verileri üzerinden oluşturulan kalibrasyon ve istatistiksel değerlendirmeler NIRCAL programı yardımıyla (BüchiLabortechnik AG, Flawil, İsviçre) ile değerlendirilmiştir. Spektraların kendi içerisinde kalibrasyon ve validasyon setleri program yardımı ile ayrılmıştır. Elde edilen spektralar PLS (PartialLeastSquare) yöntemi ile ikincil türev üzerinden (secondderivative) değerlendirilmiştir. Normalizasyon alışması yapılan verilerde SNV (Standard Normal Variate) metodu uygulanmıştır. Ayrıca birinci dereceden türev alınarak (1st Derivation B Cap 5 PointsGap 2) veriler regresyona hazır hale getirilmiştir. Outlier değerleri kalibrasyon setinden çıkarılarak normalleştirilen spektralara lineer regresyon uygulanmış ve kalibrasyon kalite parametreleri ortaya çıkarılmıştır. Bu aşamada R^2 değeri, Validasyon ve Kalibrasyon setinin standart sapmaları hesaplanmıştır. Reflektanslara göre Regresyon Katsayıları ile elde edilen grafiksel çıktılar alınmıştır. Ayrıca validasyon setinin tahminlemerezidüal hatasının kareler toplamı da (V-Set PRESS) ortaya çıkarılmıştır. Outlier değerleri program tarafından belirlenmiş ve kalibrasyon kalitesini düşürmesinden dolayı çalışmaya dahil edilmemiştir.

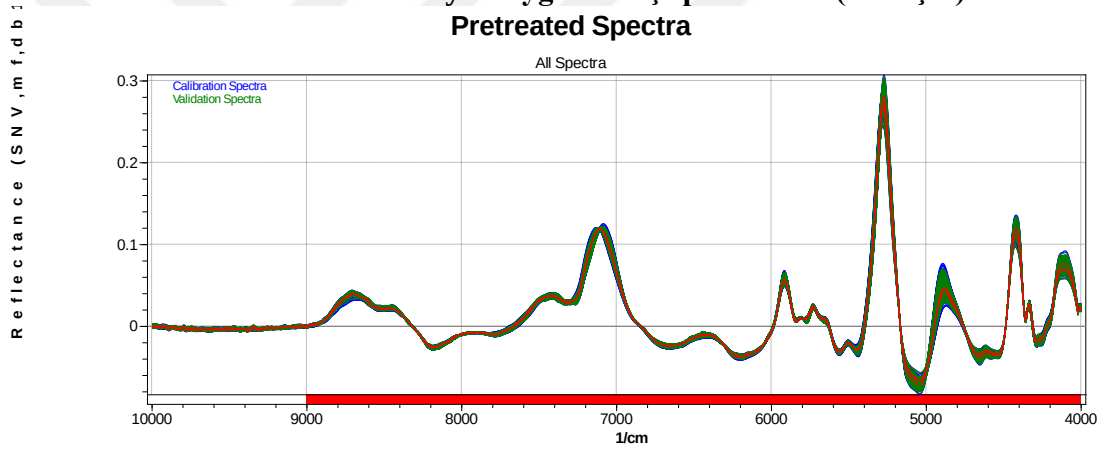
5. BULGULAR

Spektralara uygulanan ön uygulamalar sonucu reflektans görünümleri (1/log) ve normalleştirilmiş spektralar Grafik 1. ve Grafik 2.'de gösterilmiştir.

Grafik 1. Normalizasyon uygulanmış spektra seti (Nem için)
Pretreated Spectra



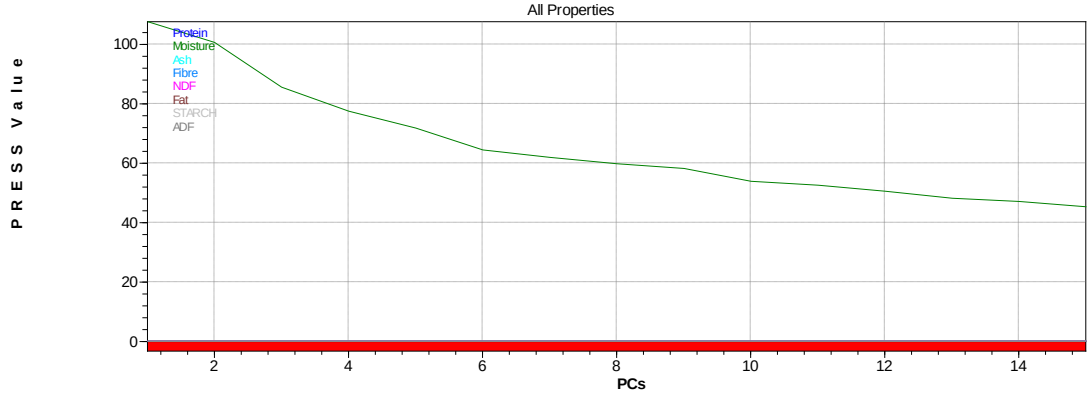
Grafik 2. Normalizasyon uygulanmış spektra seti (Kül için)
Pretreated Spectra



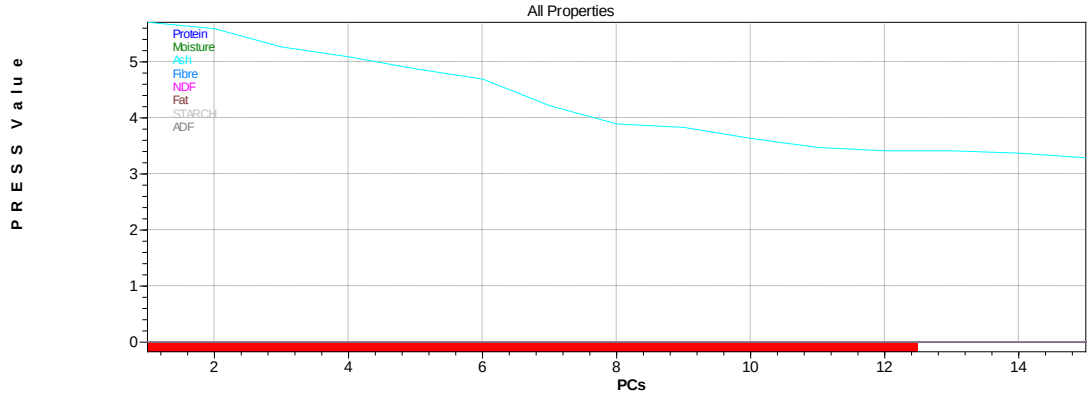
Uygulama sonrasında elde edilen fonksiyonel spektraların her iki parametre için de 9000-4000 nm/cm dalga boylarında elde edildiği görülmüştür.

Elde edilen validasyon setinin tahminlemerezidüal hatasının kareler toplamı grafiği (V-Set PRESS) sayesinde temel bileşen değeri (Principal Components) nem için 14 üzerinde olurken; ham kül için 12 civarında olmuştur. V-Set PRESS üzerinden temel bileşen değerleri Grafik 3. ve Grafik 4.'te gösterilmiştir.

**Grafik 3. TahminlemeRezidüal Hatasının Kareler Toplamı (Nem için)
V-Set PRESS**

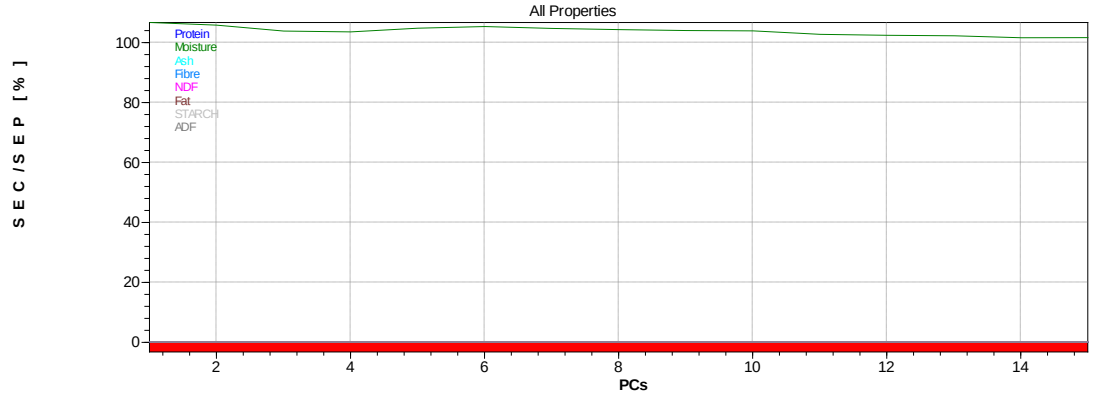


**Grafik 4. TahminlemeRezidüal Hatasının Kareler Toplamı (Kül için)
V-Set PRESS**

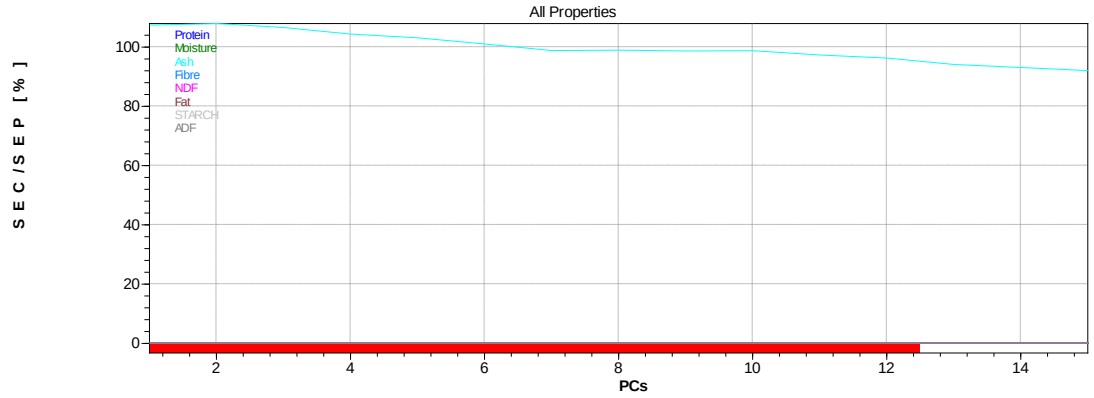


Elde edilen regresyon tutarlılığı kalibrasyonun standart hata değerinin (SEC) tahminleme standart hatasına bölünmesi (SEP) sonucunda elde edilmiştir. Tutarlılık değeri nem için 100 üzeri belirlenirken; ham kül için 80 üzerinde belirlenmiştir. Tutarlılık analizi sonuçları Grafik 5. ve Grafik 6.'da gösterilmiştir.

Grafik 5. Kalibrasyon setinin tutarlılık analizleri (Nem için)
Consistency

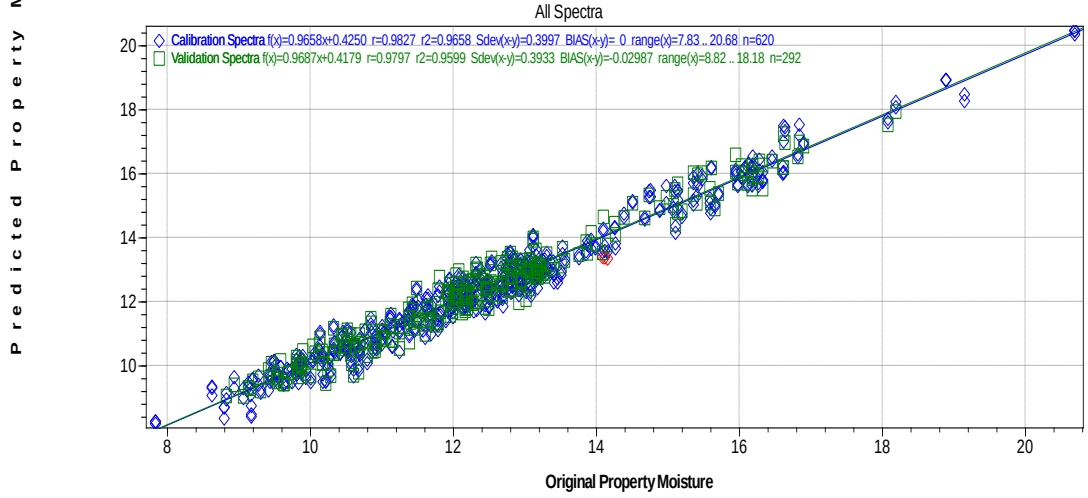


Grafik 6. Kalibrasyon setinin tutarlılık analizleri (Kül için)
Consistency

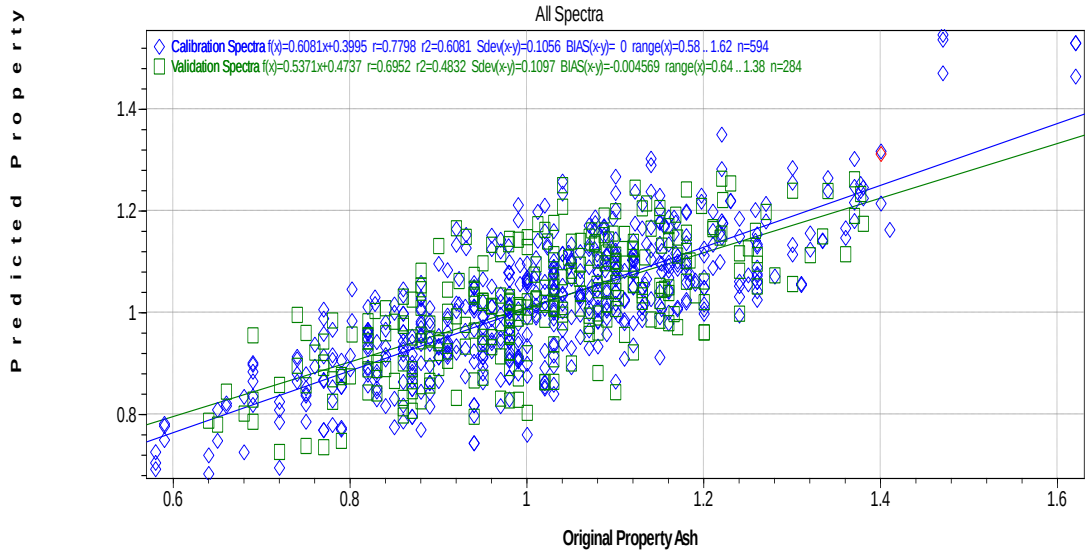


Kalibrasyon ve validasyon setlerinden elde edilen doğrusal regresyon değerlerine ait çıktılar Grafik 7. ve Grafik 8’de gösterilmiştir.

Grafik 7. Kalibrasyon ve validasyon seti modelleri (Nem için)
Predicted Property vs. Original Property



Grafik 8. Kalibrasyon ve validasyon seti modelleri (Kül için)
Predicted Property vs. Original Property



Regresyon analizine kalibrasyon setinde nem için 620, ham kül için 594 ölçüm dahil edilmiştir. Validasyon setlerine ise nem için 292, ham kül için 284 ölçüm dahil edilmiştir. Analiz sonucunda Kalibrasyon ve Validasyon setlerine ait model aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

Kalibrasyon seti (Nem için)

$$f(x) = 0.9658x + 0.4250$$

$$r=0.9827; r^2= 0.9658 \text{ Standart Sapma} = 0.3997$$

Kalibrasyon seti (Kül için)

$$f(x) = 0.6081x + 0.3995$$

$$r=0.7798; r^2= 0.6081 \text{ Standart Sapma} = 0.1056$$

Validasyon seti (Nem için)

$$f(x) = 0.9687x + 0.4179$$

$$r=0.9797; r^2= 0.9599 \text{ Standart Sapma} = 0.3933$$

Validasyon seti (Kül için)

$$f(x) = 0.5371x + 0.4737$$

$$r=0.6952; r^2= 0.4832 \text{ Standart Sapma} = 0.1097$$

6. TARTIŞMA

Yapılan bu çalışmada; eldeki numunelerden 3 tekerrür ölçüm yapılarak toplam 942 adet spektra elde edilmiş olup kalibrasyon setinde nem için 620, ham kül için 594 ölçüm dahil edilmiştir. Validasyon setlerine ise nem için 292, ham kül için 284 ölçüm dahil edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda mısır tanesinde gerek nem gerekse kül değerleri tablo 2’de gösterilmiştir. Tabloda da açıkça görüldüğü üzere her iki parametre için ortak olduğu gözlenen sonuç; minimum ve maksimum değerler arasındaki farkın oldukça geniş olmasıdır. Bu aralıkların bu denli geniş olmasının temel nedeni; elde edilen numunelerin ülkenin farklı bölgelerinden alınması ve bu nedenle iklim, toprak yapısı, mısır çeşidi gibi değişkenlerin analiz sonucunu etkilemesidir. Tüm bu bahsedilen sebepler alınan örnek sayısının artırılması gerektiğini göstermektedir. NIR teknolojisi ile yem hammaddeleri ve karma yem örneklerine gönderilen ışınların absorpsiyon düzeyleri hesaplanarak elde edilen spektralar ile hızlı ve herhangi bir kimyasal kullanmadan besin madde analizi

yapma imkânı doğmaktadır (Reeves ve D’Mello, 2000). Yapılan bu çalışmada bu sistemin en yeni temsilcisi olan “Fournier Trans form Near Infrared” spektroskopisi (FT-NIR) kullanılmıştır. Bu yeni sistem özellikle kalibrasyon yapılırken örnekleme değişkenlerin çeşitliliğinin arttığı analizlerde çok başarılı sonuçlar vermektedir. (Gaspardo ve ark, 2012). Ayrıca çalışılan NIRS kalibrasyonlarında sıklıkla kullanılan ve sonuçları tatmin edici olduğu kabul edilen kısmi en küçük kareler yöntemi (PLS) kullanılmıştır (Blanco ve Peguero, 2011). Yaş kimya analiz sonuçları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Yaş kimya analiz sonuçları (Kutlu, 2008)

Parametreler	Nem %	Kül %
Ortalama	12,4710	1,1043
Standart Hata	0,1196	0,01697
Standart Sapma	2,1253	0,3016
Medyan	12,3050	1,0945
Varyans	4,5169	0,09096
Bağıl standart sapma	0,1704 (%17,04)	0,2731 (%27,31)
En yüksek değer	20,68	2,34
En düşük değer	7,83	0,37

Dinç (2007)’in de bildirdiği üzere alınan spektrallara birinci türev gap 2 (fistderivategap 2), standart normal varyasyon (SNV) ve çarpımsal dağılım düzeltmesi (multiplicativescattercorrection, MSC) uygulanmıştır. Ayrıca Ridgway ve Chambers (1996)’da yapılan bu çalışmada karşılaşma olasılığının yüksek olduğu ışın absorpsiyonunda yol uzunluğunun belirlenememesi ve ışın saçılmasına bağlı hatalarda SNV ve MSC uygulamalarının başarılı sonuçlar verdiğini bildirmektedir. Ayrıca (Cheewapramong ve Wehling, 2007)’nin de bildirdiği üzere çevre ısısına bağlı değişkenler, örnekleme görünen farklılıklar ve detektörün hareket etmesine bağlı sonuca etki edecek değişimler söz konusu olabilir. Araştırmacılar bu gibi değişkenlere bağlı etkileri minimuma indirebilmek için türev olarak birincisinin, gap

olarak ise 2'nin seçilmesini önermektedir. Sunulan araştırmada bu bilgi doğrultusunda birinci türev gap 2 kullanılmıştır.

Yaş besin madde analizi (klasik yöntem, Weende) sonuçları (tablo 2) incelenecek olunursa; örneklerin sonuçları arasında ciddi düzeyde farklılık, minimum-maksimum değerler arasında geniş bir aralık ve örneklerin alındığı bölgelere bağlı olarak da heterojen bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Bunun en temel sebebi; alınan mısır örneklerinin yurdun farklı iklim ve toprak yapısında yetişmiş olan mısırlar içerisinde elde edilmesi ve yetiştirme farkının yanında seçilen mısır tohumunun cinsinde de belli bir standart oluşturulamamasıdır. Bu nedenle 320 adet örnek alınmasına rağmen toplam örnek sayısı bu heterojen dağılımın önüne geçmeye yetmemiştir. Bu görüşle uyumlu olarak Baye ve ark. (2006)'da iklim, coğrafi koşullar ve toprak yapısının elde edilen tarım ürünüde önemli düzeyde farklılıklar meydana getirebileceğini bildirmiştir.

Sunulan bu çalışmada standart hata değeri nem için 0,119 hal kül için ise 0,016 olmuştur. Bu değerler düşük olsa da elde edilen kalibrasyon r^2 değerlerine bakıldığında, kül için hesaplanan düzeyin çok düşük olduğu ve mısır tanesinin gerek besleyici gerekse ekonomik değerliliği üzerine karar vermek için yeterli düzeyde olmadığı görülmektedir. Minimum ve maksimum değerler arasındaki farkın yüksekliğine rağmen standart hataların bu düzeylerde oluşu analizin kendine has değişkenlerinden ileri geliyor olabilir. Örneğin Melchinger ve ark. (1986) FT teknolojisine sahip olmaksızın klasik NIR yöntemi ile dahi mısır tanesinde protein, selüloz ve suda eriyebilir karbonhidratlar için çok düşük (sırasıyla %0,16; 0,11; 0,21) düzeylerde standart hataya sahip kalibrasyonlar geliştirebilmişlerdir. Araştırmacıların bu yönde ya da aksi yönde bir beyanı olmaması ile birlikte nem ve ham kül için kalibrasyon geliştirmemiş olmaları, bu parametreleri etkileyen değişkenlerin fazlalığından olabilir.

Ramos (2009) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında ABD'nin orta batı bölgesinin hâkim mısır hibritleri olan Sarı, Beyaz ve Özel mısır hibritlerinin su emme oranları, dengelenmiş nem oranları ve NIR besin madde düzeyleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada NIR analizleri öncesinde örneklerle birçok düzeltme

faktörü uygulanmıştır. Örneğin bütün örnekler tek tek incelenmiş ve şekil, renk ve boyut açısından mısırın fiziksel özelliklerini taşımayan (yuvarlak, kahverengi vb.) örnekler ayıklanarak örnekleme kullanılmamıştır. Ayrıca dengelenmiş nem içeriğini elde etmek için tüm örnekler % 70-77 nem içeren bir ortamda bulundurulmuştur. Bu uygulamalar sonrasında gerek fiziksel özellikler gerekse nem içeriği açısından analiz yapılmış ve “r” değerleri 0,28-0,60 arasında bulunmuştur. Buna göre araştırmacılar sarı ve beyaz mısırın dengelenmiş nem oranının birbirine yakın olduğunu (sırasıyla % $13,64 \pm 0,61$; $13,92 \pm 0,96$) ancak özel mısır hibritinde bu düzeyin çok daha yüksek (% $14,04 \pm 0,75$) olduğunu bildirmişlerdir. Ancak elde edilen “r” değerlerinin çok düşük olması testin kullanım güvenilirliğini sorgulamaya neden olmaktadır. Araştırmacılar bunun sebebini örnek sayısının yetersizliğine (140 örnek) bağlı olarak birçok düzeltme yapılmış olmasına rağmen mısır örneklerinin homojenize edilmesindeki zorluğa bağlamışlardır. Tarafımızca yapılan çalışmadaki bulgularla benzer şekilde mısır örneklerinde analiz güvenilirliğini etkileyen faktörler sadece nem ve fiziksel özelliklerle sınırlı olmayıp nişasta içeriği, makro ve mikro mineral içeriği, sertlik düzeyi, yetiştirildiği toprağın kimyasal yapısı gibi birçok faktörün etkisi altındadır. O nedenle örneklerde düzeltme faktörü uygulama yerine örnek sayısını artırmak ve lokal alanlardan alınan örneklerle çalışmak daha verimli sonuçlar elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

Hayvan beslemede yaygın olarak kullanılan tahıllardan bir başkası olan buğdayın özellikle kül içeriğini belirlemeye yönelik NIR ve FT-NIR analizi çalışmaları uzun yıllardır yapılmaktadır. (Moroi ve ark., 2011). Ferraoa ve Darranzo yaptıkları çalışmalarla buğday için kül analizinde r^2 değerini 0,86’ya kadar yükseltebilmiştir. Moroi ve ark. (2011)’da benzer şekilde FT-NIR yöntemi ile Romanya’da yaygın olarak kullanılan farklı buğday türlerinin protein ve kül düzeylerini belirlemeye yönelik bir kalibrasyon çalışması yapmış ancak araştırmacılar r^2 değerini ancak 0,69 düzeyine kadar yükseltebilmiştir. Bunun nedenini de çalıştıkları örnek sayısının yetersizliğine bağlamışlardır. Ancak kaç adet örnekte çalıştıklarını bildirmemişleridir.

Yine hayvan beslemede kullanılan yaygın tahıllardan olan arpa tanelerinin besin madde içeriğini belirlemeye yönelik NIR çalışmaları da mevcuttur. Sohn ve

ark. (2008)'nın Pennsylvania'da yetişen arpalar üzerinde 3 farklı spektrofotometreyi karşılaştırarak yaptıkları çalışmanın bulguları da oldukça ilginçtir. Araştırmacılar bu çalışmayı bölgede bulunan Virginia Polytechnic Enstitüsü ve Eyalet Üniversitesi'ndeki araştırmacılarda elde ettikleri 205 arpa örneği üzerinde yürütmüşlerdir. Araştırmacılar çalışmada 3 farklı spektrofotometreyi arpa tanelerinde nem, kül, nişasta, beta glukan, protein ve yağ analizleri yönünden karşılaştırmışlardır. Bu çalışmadaki bulgular ile ortak olması bakımından nem ve kül değerlerini inceleyecek olursak; bölgeden elde edilen arpa tanelerinde nem düzeyi % 9,64-18,45 arasında seyretmiş ve ortalama % 13,03 bulunmuştur. Kül düzeyi ise % 1,35-2,55 arasında seyretmiş ve ortalama 1,88 bulunmuştur. Tarafımızca yapılan çalışmada ise bu değerler nem için % 7,83-20,68 bulunmuş olup kül için % 0,37-2,34 bulunmuştur (Tablo 2). Sohn ve ark. (2008)'nin yaptıkları çalışmada nem analizi için FT-NIR, XDS ve NIRS spektrofotometrelerinin kalibrasyon r^2 değerleri sırasıyla 0,963; 0,940; 0,940 şeklinde bulunmuş olup kül için bu değerler sırasıyla 0,906; 0,817; 0,817 şeklindedir. Görüldüğü üzere spektrofotometreler arasında nem ve kül açısından anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Taframızca yapılan çalışmada ise bu değerler nem için 0,965; kül için 0,608 şeklinde bulunmuştur. Dolayısıyla nem için bulunan kalibrasyon r^2 değeri oldukça yüksek ve Sohn ve ark. (2008)'nin çalışması ile uyumludur. Ancak aynı durum kül açısından geçerli değildir. Tarafımızca yapılan çalışmada kül analizi için elde edilen r^2 değeri çok düşük olup Sohn ve ark. (2008) ile uyumluluk taşımamaktadır. Bunun en önemli nedeninin bu çalışmada elde edilen mısır örneklerindeki kül düzeylerinin çok heterojen bir dağılım göstermesi olduğu düşünülmektedir. Sohn ve ark (2008)'nin çalışmasında ise kül düzeylerinin çok daha homojen bir dağılım gösterdiği açıkça görülmektedir. Ayrıca araştırmacılar spektrofotometreik yöntemler arasında kül, nem, protein ve yağ açısından bir fark bulmamış olsalar da testin güvenilirliği açısından beta glukan ve nişasta analizlerinde FT-NIR yöntemi diğer iki yönteme göre çok daha iyi sonuçlar vermiştir.

7. SONUÇ

Yapılan bu çalışmanın bulguları göstermektedir ki elde edilen kalibrasyon ve validasyon setleri mısır tanesinde FT-NIR yöntemi ile herhangi bir kimyasal madde harcamaksızın hızlı bir şekilde nem analizi yapılabilecektir. Elde edilen bu setler uyumlu spektrofotometrelere tanıtılarak bahsi edilen analiz kolayca yapılmaya hazır hale gelecektir. Bu sonuç özellikle mısır alım sezonlarında çok fazla üreticiden kısa sürede binlerce ton alım yapıldığı tahıl alım merkezlerinin elini kolaylaştırabilir. Ayrıca mısırın hayvan beslemede kullanıldığı tüm sektörler ve aşamalarda bu yöntem zaman ve para tasarrufu sağlayacaktır. Ancak aynı olumlu sonuçlar kül analizi için elde edilememiştir. Özellikle örneklerin çok fazla heterojenite gösterdiği bu parametre için alınan örneklem sayısı yetersiz olmuştur. Dolayısıyla nem ile benzer bir kalibrasyon ve validasyon seti güvenilirliğine ulaşabilmek için daha fazla sayıda örnek ile yapılacak yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

8. ÖZET

FT-NIR yöntemi ve bu yöntemi barındıran cihazlar herhangi bir kimyasal harcamadan organik ve inorganik maddelerde kalitatif ve kantitatif içerik analizi yaparak günlük hayata önemli bir katkı sağlarlar. Bu yöntemin ve ilgili cihazların yem ve hayvan besleme alanında kullanımı ise henüz çok yenidir. Bu nedenle sürekli ve hızlı bir gelişim içerisinde. Yapılan bu çalışmada ülkenin farklı bölgelerinde yetiştirilen mısır tanesinin nem ve kül düzeyini belirlemede FT-NIR sisteminin etkin bir şekilde kullanılabilmesi amacıyla ilgili yönteme uygun cihazlarda kullanılabilecek kalibrasyon ve validasyon setleri oluşturmak amaçlanmıştır. Buna göre ülkenin en fazla mısır üretimi ve alımı yapıldığı bölgelerinden toplam 320 örnek toplanmıştır. Elde edilen numunelere Weende yöntemine göre nem ve kül analizleri yapılmış ardından FT-NIR analizleri yapılmış ve son olarak NIRCAL programı yardımı ile kalibrasyon ve validasyon setleri hesaplanmıştır. Nem ve kül için elde edilen kalibrasyon ve validasyon setlerinin r^2 değerleri sırasıyla 0,9658 (kalibrasyon),

0,9687 (validasyon); 0,6081 (kalibrasyon), 0,5371 (validasyon) olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre elde edilen setler nem değeri için oldukça yüksek güvenilebilirliğe sahip olup FT-NIR uyumlu spektrofotometrelere yüklenerek bu analizin çok hızlı bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ancak aynı sonuç örneklerin yeterli homojeniteye sahip olmamasından dolayı kül için elde edilememiştir. Kül analizinde benzer bir sonuç elde etmek için daha fazla örnekle yapılacak yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

9. SUMMARY

The FT-NIR method and devices that contain this method make an important contribution to daily life by analyzing qualitative and quantitative content of organic and inorganic substances without any chemical expenditure. But this method and related devices in feeds and animal nutrition is still very new. For this reason, it is in continuous and rapid development. In this study, it is aimed to create calibration and validation sets that can be used in the relevant devices in order to use the FT-NIR system effectively to determine the moisture and ash content of corn gained in different regions of the country. Here under, 320 specimens were collected from the regions where corn production and procurement was made the most in the country. Moisture and ash analyzes were carried out according to the Weende method followed by FT-NIR analyzes and finally calibration and validation sets were calculated with the aid of the NIRCAL program. The r^2 values of the calibration and validation sets obtained from humidity and ash were 0.9665 (calibration), 0.9687 (validation); 0.6081 (calibration) and 0.5371 (validation) respectively. The sets obtained according to these results have a very high sensitivity for moisture value and FT-NIR compatible spectrophotometers are likely to do this analysis if they loaded with these sets. However, the same result was not obtained for ash because the samples did not have sufficient homogeneity. Thus, further studies need to obtain similar results with moisture for ash analysis.

10.KAYNAKLAR

- ANONİM (2009). erişim: [Capture.com.tr]. erişim tarihi 08.03.201
- ANONİM (2010a). erişim: [www.özsilaj.com.tr]. Erişim tarihi: 15.05.2018
- ANONİM (2010b).erişim:[www.fimaksagriculturel.com.tr].erişimtarihi: 08.03.2018
- ANONİM (2010c). erişim: [labmate-online.com.tr]. erişim tarihi 03.2018
- ANONİM (2010d). Hasad Yayıncılık Silo Yemi İstanbul.
- ANONİM (2011a).erişim:[www.kanatlıbilgi.com.tr]. erişim tarihi: 08.03.2018
- ANONİM (2011b). erişim:[www.onattarım.com.tr]. Erişim tarihi: 15.05.2018
- ANONİM (2011c) Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Ankara.
- ANONİM (2011d) Mısır Yetiştiriciliği kitabı İstanbul.
- ANONİM (2011e) Veteriner Fizyoloji Ankara.
- ANONİM (2011f) Hasad Yayıncılık Yem Bitkileri İstanbul.
- ANONİM (2011g) Hasad Yayıncılık Buğdaygil Yem Bitkileri İstanbul.
- ANONİM (2011h) Silaj Bitkileri Yetiştirme ve Silaj Yapımı Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- ANONİM (2012a) Yem Hijyeni ve Teknolojisi Ankara.
- ANONİM (2012b).erişim:[balyacim.com.tr].erişim tarihi 14.06.2018
- ABRAMS, S. M., SHENK, J. S., WESTERHAUS, M. O. AND BARTON, F. E. (1987). Determination of Forage Quality by near Infrared Reflectance Spectroscopy: Efficacy of Broad-Based Calibration Equations. *Journal of Dairy Science*, 70(4), 806–813. doi:10.3168/jds.S0022-0302(87)80077-2
- ADESOGAN, A. T., OWEN, E. and GİVENS, D. I. (1999). Prediction of the metabolizable energy value of whole-crop wheat from laboratory-based measurements. *Animal Science*, 69(2), 427–439. doi:10.1017/S1357729800051006
- ANTONIEWICZ, A. M., KOWALCZYK, J., KANSKI, J., GORSKA-MATUSIAK, Z. AND NALEPKA, M. (1995). Rumen 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. doi:10.1016/0377-8401(94)00754-W
- BAKER, C. VE BARNES, R. (1990). The application of near infra-red spectrometry to forage evaluation in the agricultural development and advisory service. J. Wiseman ve D. Cole (Ed.), *Feedstuff evaluation* içinde . Londra: Buterworths.
- BARTON, F. E. AND WINDHAM, W. R. (1988). Determination of acid-detergent fiber and crude protein in forages by near-infrared reflectance spectroscopy: collaborative study. *Journal - Association of Official Analytical Chemists*, 71(6), 1162–7. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2853700> adresinden erişildi.
- BERARDO, N. (1997). Prediction of the chemical composition of white clover by near-infrared reflectance spectroscopy. *Grass and Forage Science*, 52(1), 27–32. doi:10.1046/j.1365-2494.1997.00050.x

- COLEMAN, S., LIPPKE, H. VE GILL, M. (1999). Estimating the nutritive potential of forages. H. Jung ve G. Fahey Jr (Ed.), *Nutritional Ecology of Herbivores, Proc. 5th Intl. Symp. Nutr. Herb.* içinde (ss. 647–694). Teksas.
- CORSON, D., WAGHORN, G., ULYATT, M. AND LEE, J. (1999A). NIRS: Forage analysis and livestock feeding. *Proceedings of the Conference-New Zealand Grassland Association* içinde (ss. 127–132).
- CORSON, D., WAGHORN, G., ULYATT, M. AND LEE, J. (1999B). NIRS: Forage analysis and livestock feeding. *Proceedings of the Conference-New Zealand Grassland Association* içinde (ss. 127–132).
- CORSON, D., WAGHORN, G., ULYATT, M. AND LEE, J. (1999C). NIRS: Forage analysis and livestock feeding. *Proceedings of the Conference-New Zealand Grassland Association* içinde (ss. 127–132).
- CORSON, D., WAGHORN, G., ULYATT, M. AND LEE, J. (1999D). NIRS: Forage analysis and livestock feeding. *Proceedings of the Conference-New Zealand Grassland Association* içinde (ss. 127–132).
- CORSON, D., WAGHORN, G., ULYATT, M. AND LEE, J. (1999E). NIRS: Forage analysis and livestock feeding. *Proceedings of the Conference-New Zealand Grassland Association* içinde (ss. 127–132).
- CORSON, D., WAGHORN, G., ULYATT, M. AND LEE, J. (1999F). NIRS: Forage analysis and livestock feeding. *Proceedings of the Conference-New Zealand Grassland Association* içinde (ss. 127–132).
- DE BOEVER, J. L., VANACKER, J. M. AND DE BRABANDER, D. L. (2003). Rumen degradation characteristics of nutrients in compound feeds and the evaluation of tables, laboratory methods and NIRS as predictors. *Animal Feed Science and Technology*, 107(1–4), 29–43. doi:10.1016/S0377-8401(03)00063-4
- DE LA ROZA, B., MARTINEZ, A., MODRONO, S., FLORES, G. AND ARGUMENTARIA, A. (2000). A comparison of near infrared spectroscopy with neutral detergent cellulase techniques to predict the in vivo digestibility of grass silages. A. Davies ve R. Giangiacomo (Ed.), *Near InfraRed Spectroscopy: Proc. 9th Intl. Conf.* içinde (ss. 661–665). Chichester: NIR Publications.
- DEAVILLE, E. . VE GIVENS, D. . (1998). Regions of normalised near infrared reflectance difference spectra related to the rumen degradation of fresh grass, grass silage and maize silage. *Animal Feed Science and Technology*, 72(1–2), 41–51. doi:10.1016/S0377-8401(97)00183-1
- DEAVILLE, E. . VE GIVENS, D. . (1998). Regions of normalised near infrared reflectance difference spectra related to the rumen degradation of fresh grass, grass silage and maize silage. *Animal Feed Science and Technology*, 72(1–2), 41–51. doi:10.1016/S0377-8401(97)00183-1
- DOWMAN, M. G. VE COLLINS, F. C. (1982). The use of enzymes to predict the digestibility of animal feeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33(8), 689–696. doi:10.1002/jsfa.2740330802
- DRYDEN, G. (2003). Near Infrared Reflectance Spectroscopy: applications in deer nutrition. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. www.ridc.gov.au/reports/DEE/w03-007.pdf adresinden erişildi.
- FAO (2009) The Food and Agriculture Organization – Gıda ve Tarım Örgütü).
- FERRÃO, MARCO F., AND CELSO U. DAVANZO. "Horizontal attenuated total reflection applied to simultaneous determination of ash and protein contents in commercial wheat flour." *Analytica Chimica Acta* 540.2 (2005): 411-415.

- FLINN, P., EDWARDS, N., OLDHAM, C. AND MCNEILL, D. (1996). Near Infrared analysis of the fodder shrub tagasaste (*Chamaecytisus proliferus*) for nutritive value and anti-nutritive factors. A. Davies ve P. Williams (Ed.), *Near Infrared Spectroscopy: the future waves* içinde (ss. 576–580). Chichester: NIR Publications.
- FLINN, P., WINDHAM, W. VE DOVE, H. (1992). Pasture intake by grazing sheep estimated using natural and dosed n-alkanes: a place for NIR? T. Isakson And T. Naes (Ed.), *Proceedings of the 5th International Conference on NIRS* içinde . London.
- FOLEY, J., MCILWEE, A., LAWLER, I., ARAGONES, L., WOOLNOUGH, A. AND BERDING, N. (1998). Ecological implications of near-infrared reflectance spectroscopy—a tool for rapid, cost-effective prediction of the composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance. *Oecologia*, 116, 293–305.
- GARCÍA-CIUDAD, A., GARCÍA-CRIADO, B., PÉREZ-CORONA, M. E., DE ALDANA, B. R. V. VE RUANO-RAMOS, A. M. (1993). Application of near-infrared reflectance spectroscopy to chemical analysis of heterogeneous and botanically complex grassland samples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 63(4), 419–426. doi:10.1002/jsfa.2740630407
- GIVENS, D. I., BAKER, C. W., MOSS, A. R. AND ADAMSON, A. H. (1991). A comparison of near-infrared reflectance spectroscopy with three in vitro techniques to predict the digestibility in vivo of untreated and ammonia-treated cereal straws. *Animal Feed Science and Technology*, 35(1–2), 83–94. doi:10.1016/0377-8401(91)90101-W
- GOODCHILD, A., EL HARAMEIN, F., EL MONEIM, A., MAKKAR, H. VE WILLIAMS S, P. (1998). Prediction of phenolics and tannins in forage legumes by near infrared reflectance. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 6(1), 175. doi:10.1255/jnirs.134
- HOFFMAN, P. C., BREHM, N. M., BAUMAN, L. M., PETERS, J. B. AND UNDERSANDER, D. J. (1999). Prediction of Laboratory and In Situ Protein Fractions in Legume and Grass Silages Using Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, 82(4), 764–770. doi:10.3168/jds.S0022-0302(99)75294-X
- HRUSHKA, W. (1987). Data analysis: wavelength selection methods. P. Williams AND K. Norris (Ed.), *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries* içinde (ss. 35–56). Minnesota: Am. Assoc. Cereal Chem. Inc.
- KUTLU, H.R., GÖRGÜLÜ, M., VE BAYKAL, L. (2004A). Genel hayvan besleme ders notu. Çukurova üniversitesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı Adana-20.
- KUTLU, H.R., GÖRGÜLÜ, M., VE BAYKAL, L. (2004B). Genel hayvan besleme ders notu. Çukurova üniversitesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı Adana-20.
- KUTLU, H.R., GÖRGÜLÜ, M., VE BAYKAL, L. (2004C). Genel hayvan besleme ders notu. Çukurova üniversitesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı Adana-20.
- KUTLU, H.R., GÖRGÜLÜ, M., VE BAYKAL, L. (2004D). Genel hayvan besleme ders notu. Çukurova üniversitesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı Adana-20.

- KUTLU, H.R., GÖRGÜLÜ, M., ve BAYKAL, L. (2004E). Genel hayvan besleme ders notu. Çukurova üniversitesi Zootekni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı Adana-20.
- LANDAU, S., GLASSER, T. AND DVASH, L. (2006). Monitoring nutrition in small ruminants with the aid of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) technology: A review. *Small Ruminant Research*, 61(1), 1–11. doi:10.1016/j.smallrumres.2004.12.012
- MARTEN, G., SHENK, J. AND BARTON, F. (1989). Near infrared reflectance spectroscopy (NIRS): Analysis of forage quality. Washington, D.C.: US Government Printing Office.
- MARTENS, H. AND NAES, T. (1987). Multivariate calibration by data compression. P. Williams AND K. Norris (Ed.), *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries* içinde (ss. 57–88). Minnesota: Am. Assoc. Cereal Chem. Inc.
- MEURET, M., DARDENNE, P., BISTON, R. ve POTY, O. (1993). The use of NIR in predicting nutritive value of Mediterranean tree and shrub foliage. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 1(1), 45. doi:10.1255/jnirs.5
- MOROİ, ALİNA, ET AL. "Prediction of the ash content of wheat flour using spectral and chemometric methods." *The Annals of the University of Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI. FoodTechnology* 35.2 (2011): 33.
- MURRAY, I., MORRIN, M. AND PATERSON, R. (1994). Rumen organic matter degradation kinetics from NIR reflectance spectra. G. Batten, P. Flinn, L. Welsh AND A. Blakeney (Ed.), *Leaping ahead with near infrared spectroscopy* içinde (ss. 474–478). Melbourne: NIR Spectroscopy Group Royal Australian Chemical Institute.
- NAES, T., ISAKSON, T., FEARN, T. AND DAVIES, T. (2002). Validation. T. Naes, T. Isakson, T. Fearen AND T. Davies (Ed.), *A User-Friendly Guide to Multivariate Calibration and Classification* içinde (ss. 155–177). Chichester: NIR Publications.
- NORRIS, K., BARNES, R., MOORE, J. ve SHENK, J. (1976). Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *J Anim Sci*, 43, 889–897.
- ÖZCAN, S. (2009A). Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş (transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*. 2(2): 01-34.
- ÖZCAN, S. (2009B). Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş (transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*. 2(2): 01-34.
- PARK, R. S., GORDON, F. J., AGNEW, R. E., BARNES, R. J. ve STEEN, R. W. J. (1997). The use of Near Infrared Reflectance Spectroscopy on dried samples to predict biological parameters of grass silage. *Animal Feed Science and Technology*, 68(3–4), 235–246. doi:10.1016/S0377-8401(97)00055-2
- RAMOS, O. F., DECEMBER (2009). Physical properties, water absorption rate, equilibrium moisture content, and NIR composition of Yellow, White and Specialty tape maize hybrids. Purdue University.
- ROUGHAN, P. G. AND HOLLAND, R. (1977). Predicting in-vivo digestibilities of herbages by exhaustive enzymic hydrolysis of cell walls. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28(12), 1057–1064. doi:10.1002/jsfa.2740281204

- SHENK, J. S. AND WESTERHAUS, M. O. (1991). Population Definition, Sample Selection, and Calibration Procedures for Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Crop Science*, 31(2), 469.
doi:10.2135/cropsci1991.0011183X003100020049x
- SHENK, J. VE WESTERHAUS, M. (1991). Populations Structuring of Near Infrared Spectra and Modified Partial Least Squares Regression. *Crop Science*, 31(6), 1548. doi:10.2135/cropsci1991.0011183X003100060034x
- SMITH, K. F. AND KELMAN, W. M. (1997). Predicting condensed tannin concentrations in *Lotus uliginosus* Schkuhr using near-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 75(2), 263–267. doi:10.1002/(SICI)1097-0010(199710)75:2<263::AID-JSFA874>3.0.CO;2-L
- SOHN, MİR YEONG, ET AL. "Near-infrared analysis of whole kernel barley: Comparison of three spectrometers." *Applied spectroscopy* 62.4 (2008): 427-432.
- TILLEY, J. M. A. AND TERRY, R. A. (1963). A Two-Stage Technique For The In Vitro Digestion Of Forage Crops. *Grass and Forage Science*, 18(2), 104–111. doi:10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
- TMO (2009) (Toprak Mahsulleri Ofisi, Türkiye İstatistik Kurumu).
- TMO (2009) Toprak Mahsulleri Ofisi).
- TODOROV, N., ATANASSOVA, S., PAVLOV, D. AND GRIGOROVA, R. (1994). Prediction of dry matter and protein degradability of forages by near infrared spectroscopy. *Livestock Production Science*, 39(1), 89–91. doi:10.1016/0301-6226(94)90158-9
- UNAL, Y. AND GARNSWORTHY, P. (1999). Near-infrared reflectance spectroscopy for estimating food intake in house dairy cows. *Proceedings of the British Society of Animal Science* içinde (s. 93).
- YAYLAK, E., KAYA, A. (2001). Sığır Yetiştiriciliğinde Tüm Yoğun Yem Besisi Hayvansal Üretim 42 (2): 15-24
- WHEELER, R. A., CHANEY, W. R., JOHNSON, K. D. AND BUTLER, L. G. (1996). Leucaena forage analysis using near infrared reflectance spectroscopy. *Animal Feed Science and Technology*, 64(1), 1–9. doi:10.1016/S0377-8401(96)01047-4
- WILSON, G. (1996). Mineral imbalance in the diet of dairy cows: Effects of fertiliser, and novel solutions to calcium and magnesium problems in dairy cows. *Dairyfarming Annual Palmerston North*, 48, 140–149.
- WINDHAM, W. R., FALES, S. L. VE HOVELAND, C. S. (1988). Analysis for Tannin Concentration in *Sericea Lespedeza* by Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Crop Science*, 28(4), 705.
doi:10.2135/cropsci1988.0011183X002800040031x