

**T.C.**  
**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mısır Tanesinde Ham Yağ Analizi İçin NIR Kalibrasyonu Oluşturulması**

**Ziraat Mühendisi**  
**Fatma Senem YILDIRIM**

**HAYVAN BESLEME VE BESLENME HASTALIKLARI ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEKLİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN**  
**Doç. Dr. İbrahim Sadi ÇETİNGÜL**

**Bu Tez Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 14.SAĞ.BİL.20 proje numarası ile desteklenmiştir.**

**Tez No: 2016-008**

**2016-AFYONKARAHİSAR**

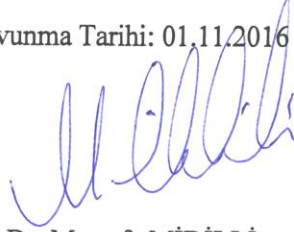
## KABUL ve ONAY SAYFASI

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: 01.11.2016



Prof. Dr. Mustafa MİDİLLİ  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi  
Jüri Başkanı



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



Yrd. Doç. Dr. Cangir UYARLAR  
Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Üye

Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Fatma Senem YILDIRIM' ın "Mısır Tanesinde Ham Yağ Analizi İçin NIR Kalibrasyonu Oluşturulması" başlıklı tezi 22.11.2016 günü saat 15.00' de Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Abdullah ERYAVUZ  
Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

Bu çalışma sürecinde desteklerini esirgemeyen başta danışmanım Doç. Dr. İbrahim Sadi ÇETİNGÜL olmak üzere Prof. Dr. İsmail BAYRAM, Yrd. Doç. Dr. Cangir UYARLAR ve Yrd. Doç. Dr. Tuba BÜLBÜL' e; analiz aşamasının işleyişinde yardımcı olan Arş. Grv. Dr. Eyüp Eren GÜLTEPE ve Dr. Abdur RAHMAN'a; Konya İl Gıda, Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nde çalışan meslektaşlarıma; Ziraat Mühendisi Orhan Bayır'a; hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen annem Ayşe YILDIRIM, babam Süleyman YILDIRIM ve kardeşim Samet YILDIRIM'a; bu aşamada manevi destek veren arkadaşlarıma; çalışmaya katkı sağlayan proje arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

# İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
1.GİRİŞ	1
1.1. Mısır	1
1.1.1. Mısırın Yapısı ve Besin İçeriği	2
1.1.2. Dünya ve Türkiye'de Mısır Üretimi	3
1.1.3. Mısırın Hayvan Beslemede Yem Hammaddesi Olarak Kullanımı	10
1.2. Yağlar	12
1.2.1. Yağ Asitleri	13
1.2.1.1. Doymamış Yağ Asitleri	14
1.2.1.2. Doymuş Yağ Asitleri	14
1.3. Near Infrared Reflektans Spektroskopisi (NIRS)	15
1.3.1. NIR Cihazının Tarihsel Gelişimi	16
1.3.2. Teorisi ve Özellikleri	17
1.3.3. Avantajları	19
1.3.4. Dezavantajları	19
1.3.5. Fourier Transform Near Infrared (FT- NIR)	21
1.3.6. Yağların Besin Madde Analizlerinde NIR Teknolojisinin Kullanılması	22
2.MATERYAL VE METOT	25
2.1. Kalibrasyonların Oluşturulması, Veri Analizi ve Kemometrik Analizler	26
3. BULGULAR	27
4. TARTIŞMA	31
5. SONUÇ	36
6.ÖZET	37
7. SUMMARY	38
8. KAYNAKLAR	39

## ŞEKİLLER DİZİNİ

RESİM 1. MISIR TANESİNİN YAPISI	2
TABLO 1. MISIR TANESİNİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ	3
TABLO 2. DÜNYA HUBUBAT EKİM ALANI, ÜRETİM VE VERİM MİKTARLARI	4
TABLO 3. DÜNYA HUBUBAT ÜRETİM MİKTARLARI	4
TABLO 4. DÜNYA MISIR ÜRETİMİ VE ÖNEMLİ ÜRETİCİ ÜLKELER	5
TABLO 5. ÜLKELER BAZINDA MISIR VERİMİ	5
TABLO 6. TÜRKİYE MISIR EKİM ALANI, ÜRETİMİ VE VERİMİ	6
TABLO 7. MISIR ÜRETİM MİKTARI, ÜRETİM ALANI VE VERİMİ	7
TABLO 8. BÖLGELERE GÖRE MISIR ÜRETİMİ	8
TABLO 9. MISIR ÜRETİM ALANI VE HASIL VE SİLAJLIK ÜRETİM MİKTARI	9
TABLO 10. 2014 TÜRKİYE MISIR TÜKETİMİ SEKTÖREL DAĞILIMI	10
ŞEKİL 1. YAKIN KIZILÖTESİ VE ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM	17
ŞEKİL 2. NIR SPEKTROSKOPİSİ SİSTEMİ	18
ŞEKİL 3. FT-NIR ÇALIŞMA PRENSİBİ	22
GRAFİK 1. . NORMALİZASYON UYGULANMIŞ SPEKTRA SETİ	27
GRAFİK 2. TAHMİNLEME REZİDÜAL HATASININ KARELER TOPLAMI	28
GRAFİK 3. KALİBRASYON SETİNİN TUTARLILIK ANALİZLERİ	29
GRAFİK 4. KALİBRASYON VE VALİDASYON SETİ MODELLERİ	29
TABLO 11. YAPILAN BAZI ÇALIŞMALAR VE ELDE EDİLEN BAZI VERİLER	32
TABLO 12. YAŞ KİMYA ANALİZ SONUÇLARI VE VERİ ANALİZİ PARAMETRELERİ	32
TABLO 13. BÖLGELER VE TANE MISIR HY DEĞERLERİ	33

## SİMGELER ve KISALTMALAR

%	Yüzde
ADF	Asit Deterjan Lif
ANN	Artificial Neural Network
C	Santigrat
C	Karbon
Da	Dekar
FT-NIR	Fourier transform near infrared
g	Gram
GC	Gaz Kromatografisi
H	Hidrojen
Ha	Hektar
HK	Ham Kül
HP	Ham Protein
HS	Ham Selüloz
HY	Ham Yağ
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
kg	Kilogram
log	Logaritma
mg	Miligram
mm	Milimetre
MSC	Çarpımsal dağılım düzeltmesi
N	Azot
NDF	Nötral Deterjan Lif
KM	Kuru Madde
mm	Milimetre
nm	Nanometre
örn.	Örnek
O	Oksijen
PCA	Temel Bileşenler Analizi
PCR	Temel Bileşen Regresyonu
PLS	Kısmi en küçük kareler metodu
PRESS	Tahminleme rezidüal hatasının kareler toplamı
R	Regresyon katsayısı
R <sup>2</sup>	Determinasyon katsayısı
SD	Standart Sapma
SDS	Sodyum Dodesil Sülfat
SEC	Kalibrasyonun standart hatası
SEP	Tahminlemenin standart hatası
SMLR	Adımsal Çoklu Lineer Regresyon
SNV	Standart Normal Variate
vb	Ve benzeri
VIS	Görünebilen kızılötesi spektra

# 1.GİRİŞ

## 1.1.Mısır

Mısır Buğdaygiller (Poaceae) familyasının Maydeae oymağındadır. Güneş enerjisini en iyi şekilde değerlendirmeleri(C4 bitkisi) ve birim alandan yüksek miktarda kuru madde elde edilmesi yönüyle mısır, serin iklim ve sıcak iklim tahılları arasında en verimli bitkidir (Petrovici, 1977; Cabulea ve ark., 1981; Emeklier, 1990; Hill, 1993; Kırtok, 1998). Mısır hakkında yapılan araştırmalar, dünya ve ülkemizdeki ekolojik koşulların tümüne uygun çeşitlerin bulunmasını sağlamıştır (Kün, 1997). Mısır tarımı Türkiye’de Karadeniz, Akdeniz, Marmara ve Ege Bölgesi’nde yoğun olarak yapılmakta olup İç Anadolu Bölgesi de üretimde yerini almış ve bölgenin iklim ve toprak koşullarına uyumlu çeşitler araştırılmaya başlanmıştır.

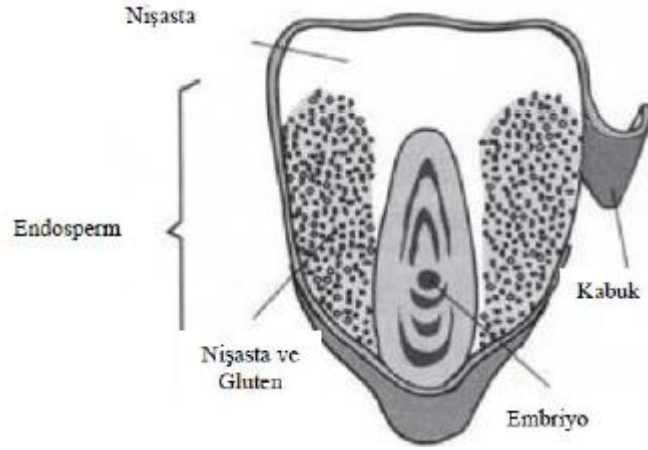
İlk kez Amerika’da yapılan araştırmalar sonucu ıslah yöntemiyle elde edilen hibrit mısır çeşitleri, 19. yy’da Avrupa, Güney Amerika, Afrika ve Avustralya’ya getirilmiştir. Bu hibrit çeşitleri günümüzde üretimde kullanılmaktadır (Cankurt, 2002).

Türkiye’de tohumculuk sektörünün gelişmesinde 1984 yılında özel sektör kuruluşlarının tohumluk üretim faaliyetine izin verilmesi ve 1987 yılında devlet tekelinin tohumluk dağıtım alanında kaldırılması etkili olmuştur (Cankurt, 2002). Günümüzde piyasaya sunulan hibrit mısır çeşitlerini üreten çok sayıda yerli ve yabancı firma bulunmaktadır. Tek bir mısır çeşidinin tüm bölgelerde kullanılabilmesinin mümkün olmayışı ve piyasadaki mısır çeşitliliğinin fazla olması üreticinin seçim sırasında zorluk yaşamasına neden olmaktadır. Üretici kendi üretim koşullarına uygun çeşidi seçmek zorundadır. Çeşit seçiminde olgunlaşma süresi, koçan özelliği, yatma durumu, hava koşullarına dayanıklılık, ekim sıklığı ve verim gibi etmenler göz önüne alınmalıdır (Cankurt, 2002).

### 1.1.1.Mısırın Yapısı ve Besin İçeriği

Mısır çeşitleri yedi grup olarak incelenir. Bu çeşitlerin her biri içinde farklı tipler içerir. Bunlar; at dişi mısır (*Zea mays indentata Sturt.- dent corn*), sert mısır (*Zea mays indurata Sturt.- flint corn*), unlu mısır (*Zea mays amylaceae Sturt.-flour corn*), şeker mısır (*Zea mays sacharata Sturt.-sweet corn*), patlak (cin) mısır (*Zea mays everta Sturt.- pop corn*), mumlu mısır (*Zea mays ceratina Kulesch.- waxy corn*), kavuzlu mısır (*Zea mays tunicata Sturt.- pop corn*)' dur (İşler, 2009).

**RESİM 1.** Mısır Tanesinin Yapısı (Kırtok, 1998)



Mısır tanesinin en dış katmanı (kabuk veya kepek) dane ağırlığının yaklaşık %6'sı kadardır ve daneyi dış etmenlerden korur. Aynı zamanda bu kısım hayvan yemi olarak da değerlendirilir (Özcan, 2009).

Embriyo danede canlı olan tek kısımdır. Yağın önemli bir kısmını bulundurur ve danenin %11,5'ini oluşturur. Embriyonun yaklaşık %25'ini yağ oluşturur. Embriyo ayrıca tohumun çimlenmesi için gerekli enzimleri, vitamin ve mineralleri de içerir (Özcan, 2009).



Endosperm danenin % 82,5'sini oluşturur. Endosperm unsu yapıdadır, genellikle yumuşak nişasta olup, kolaylıkla ayrılabilir özelliktedir. Nişasta ve protein karışım halinde bulunur (Özcan, 2009).

**TABLO 1.** Mısır Danesinin kimyasal özellikleri (White ve Johnson, 2003)

<b>Özellikler (Kuru bazlı)</b>	<b>Miktarı /Değişimi (%)</b>	<b>Ortalama Miktarı (%)</b>
Su (danede)	7 – 23	16,0
Nişasta	61 – 78	71,7
Protein	6 – 12	9,5
Yağ	3,1 – 5,7	4,3
Kül (mineral madde)	1,1 – 3,9	1,4
Pentozanlar (ksiloz olarak)	5,8 – 6,6	6,2
Lif	8,3 – 11,9	9,5
Selüloz + Lignin	3,3 – 4,3	3,3
Şekerler (glikoz olarak)	1,0 – 3,0	2,6
Toplam Karotenler (mg/kg)	12 – 36	26,0

### 1.1.2. Dünya ve Türkiye’de Mısır Üretimi

İnsan beslenmesinde ihtiyaç duyulan besin değerleri çoğunlukla doğrudan ya da dolaylı olarak tahıllardan karşılanmaktadır. Mısır, üzerinde yapılan yoğun ıslah çalışmaları ve kullanım alanlarının genişlemesiyle, bugün dünyada hububat ürünleri içerisinde ekim alanı bakımından ikinci, üretim bakımından ilk sırada yer almaktadır (TMO,2014).

**Tablo 2.** Dünya Hububat Ekim Alanı, Üretim ve Verim Miktarları (FAO, 2007)

<b>TAHILLAR</b>	<b>EKİM ALANI (BİN HA)</b>	<b>ÜRETİM (BİN TON)</b>	<b>VERİM (TON/HA)</b>
<b>MISIR</b>	157.874	784.786	4,97
<b>BUĞDAY</b>	217.432	607.045	2,79
<b>ÇELTİK</b>	156.952	651.742	4,15
<b>ARPA</b>	56.608	136.209	2,40

**Tablo 3.**Dünya Hububat Üretim Miktarları (Milyon Ton) (TMO, 2014)

	<b>2006/ 07</b>	<b>2007/ 08</b>	<b>2008/ 09</b>	<b>2009/ 10</b>	<b>2010/ 11</b>	<b>2011/ 12</b>	<b>2012/ 13</b>	<b>2013/ 14*</b>	<b>2014/ 15**</b>
<b>BUĞDAY</b>	597	607	685	679	653	695	655	713	719
<b>MISIR</b>	711	797	799	821	830	876	865	991	990
<b>ARPA</b>	138	133	155	150	122	134	129	145	141
<b>YULAF</b>	23	26	27	24	20	23	21	24	23
<b>ÇAVDAR</b>	13	15	18	19	12	13	14	17	15
<b>DİĞER</b>	107	121	117	107	113	108	110	111	112
<b>DÜNYA</b>	1.589	1.699	1.801	1.800	1.750	1.849	1.794	2.001	2.000

DİĞER: Sorgum, Triticale, Darı ve Karma Hububat

\*: Tahmin

\*\* : Öngörü

Dünya mısır üretiminin %36'sı ABD'de, %22'si Çin'de ve %12'si Güney Amerika'da yapılmaktadır (TMO,2014).

**Tablo 4.** Dünya Mısır Üretimi ve Önemli Üretici Ülkeler (Milyon Ton) (TMO, 2014)

ÜLKELER	2006/ 07	2007/ 08	2008/ 09	2009/ 10	2010/ 11	2011/ 12	2012/ 13	2013/ 14	2014/ 15
ABD	267,5	331,2	305,9	331,9	315,6	312,8	273,2	351,3	361,1
Çin	151,6	152,3	165,9	164,0	177,2	192,8	205,6	218,5	215,7
Brezilya	51,4	58,7	51,0	56,0	57,4	73,0	81,3	79,9	77,0
AB(28)	55,2	48,6	63,4	57,8	55,8	66,0	56,3	64,0	75,1
Arjantin	21,8	22,0	15,5	22,7	23,8	21,2	32,1	33,0	30,0
Ukrayna	6,4	7,4	11,4	10,5	11,9	22,8	20,9	30,9	28,5
Meksika	21,9	24,0	24,2	20,4	21,0	17,6	21,5	23,0	23,2
Türkiye	3,81	3,54	4,27	4,25	4,31	4,20	4,60	5,90	5,95
Dünya	710,9	797,5	798,9	820,9	830,3	875,6	865,2	991,4	990,0

**Tablo 5.** Ülkeler Bazında Mısır Verimi (ton/ha) (TMO, 2014)

ÜLKELER	2006/ 07	2007/ 08	2008/ 09	2009/ 10	2010/ 11	2011/ 12	2012/ 13	2013/ 14	2014/ 15
ABD	9,36	9,46	9,61	10,31	9,58	9,20	7,73	9,90	10,73
Türkiye	7,11	6,83	7,20	7,18	7,26	7,13	7,39	8,94	9,03
Çin	5,62	5,43	5,56	5,26	5,45	5,75	5,87	6,02	5,82
AB(28)	5,89	6,03	7,16	6,88	6,95	7,35	6,04	6,51	7,81
Arjantin	7,67	5,19	6,20	7,81	6,35	4,24	6,83	6,82	6,00
Brezilya	3,66	4,02	3,62	4,31	4,16	4,80	5,15	5,07	5,13
Meksika	3,00	2,96	3,31	3,24	3,00	2,93	3,15	3,26	3,83
Dünya	4,82	5,02	5,06	5,20	5,08	5,15	4,93	5,55	5,66

2002 yılındaki 2,1 milyon ton mısır üretimi %183 artışla 2014 yılında 5,95 milyon tona ulaşmıştır (TMO,2014).

**Tablo 6.** Türkiye Mısır Ekim Alanı, Üretimi ve Verimi (TMO,2014)

<b>YIL</b>	<b>EKİM ALANI(ha)</b>	<b>ÜRETİM(ton)</b>	<b>VERİM(kg/ha)</b>
2000	555.000	2.300.000	4.144
2001	550.000	2.200.000	4.000
2002	525.000	2.100.000	4.200
2003	550.000	2.800.000	5.091
2004	545.545	3.000.000	5.505
2005	600.000	4.200.000	7.000
2006	536.000	3.811.000	7.110
2007	517.500	3.535.000	6.830
2008	595.000	4.274.000	7.200
2009	591.222	4.250.000	7.180
2010	594.000	4.310.000	7.256
2011	589.000	4.200.000	7.131
2012	622.609	4.600.000	7.388
2013	659.998	5.900.000	8.950
2014	658.645	5.950.000	9.034
2015	688.170	6.400.000	9.300

**Tablo 7.** Mısır Üretim Miktarı, Üretim Alanı ve Verimi (TUİK, 2016)

<b>YIL</b>	<b>ÜRETİM MİKTARI (TON)</b>	<b>ÜRETİM ALANI (DA)</b>	<b>VERİM (KG/DA)</b>
<b>2001</b>	2.200.000	5.500.000	400
<b>2002</b>	2.100.000	5.000.000	420
<b>2003</b>	2.800.000	5.600.000	500
<b>2004</b>	3.000.000	5.450.000	550
<b>2005</b>	4.200.000	6.000.000	700
<b>2006</b>	3.811.000	5.360.000	711
<b>2007</b>	3.535.000	5.175.000	683
<b>2008</b>	4.274.000	5.950.000	718
<b>2009</b>	4.250.000	5.920.000	718
<b>2010</b>	4.310.000	5.940.000	726
<b>2011</b>	4.200.000	5.890.000	713
<b>2012</b>	4.600.000	6.226.094	739
<b>2013</b>	5.900.000	6.599.980	894
<b>2014</b>	5.950.000	6.586.450	903
<b>2015</b>	6.400.000	6.881.699	930

Türkiye’de hemen hemen tüm bölgelerde az ya da çok miktarda mısır üretimi yapılmaktadır. Bununla beraber Akdeniz, Karadeniz, Marmara ve Ege Bölgesi ülkemizdeki mısır üretiminin en fazla yapıldığı bölgelerdir (Vartanlı, 2007).

Bu üretim alanının % 50-60'ında hibrit tohum kullanılmaktadır. Hibrit tohumluk kullanımı Karadeniz Bölgesi hariç bütün bölgelerde daha yüksektir. Adana, Sakarya, İçel gibi illerde üretimde % 95 oranında hibrit tohumluklar kullanılmaktadır.

Ülkemizde mısır üretim miktarı sürekli artmakta ancak ihtiyacı karşılamamaktadır. Bununla yanında 2005 yılı mısır üretim miktarı, tüketim miktarını karşılayacak seviyeye ulaşmıştır (Vartanlı, 2007).

Mısır daneleri kümes hayvanları için iyi bir yem hammaddesidir. Bunun yanında gelişen silaj teknikleri sayesinde dünyanın en önemli silaj bitkilerinden biri olarak hayvan beslenmesinde kullanılmaktadır. Silajlık mısırın geniş bir alanda adaptasyon göstermesi, yüksek enerji içeriği, makineli tarıma uygun olması, hasatının kolay olması, sindirim oranının yüksek olması, silajının lezzetli olması, birim alandan yüksek verim elde edilmesi, silaj amaçlı mısır üretimini artırmıştır. Ülkemizde silajlık mısır yaygın olarak Ege ve Marmara Bölgelerinde üretilmekle birlikte son yıllarda tüm bölgelerimizde yaygınlaşmaya başlamıştır (İşler,2009).

**Tablo 8.** Bölgelere Göre Mısır Üretimi (TMO,2014)

BÖLGELER	Ekim Alanı (da)		Üretim (ton)		Üretimdeki Payı (%)	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014
<b>MARMARA</b>	673.647	671.204	618.308	612.070	10,5	10,3
<b>KARADENİZ</b>	748.332	704.599	271.808	249.916	4,6	4,2
<b>İÇ ANADOLU</b>	524.863	605.100	522.831	577.552	8,9	9,7
<b>EGE</b>	781.409	799.941	823.360	844.514	14,0	14,2
<b>AKDENİZ</b>	1.953.082	2.001.341	2.013.477	2.096.108	34,1	35,2
<b>GÜNEYDOĞU ANADOLU</b>	1.885.881	1.768.741	1.625.931	1.544.385	27,6	26,0
<b>DOĞU ANADOLU</b>	32.766	35.524	25.285	25.455	0,4	0,4
<b>GENEL TOPLAM</b>	6.599.980	6.586.450	5.900.000	5.950.000	100	100

**Tablo 9.** Mısır Üretim Alanı ve Hasıl ve Silajlık Üretim Miktarı (TUİK, 2016)

YIL	ÜRETİM ALANI (DA)	ÜRETİM MİKTARI (TON)	
		HASIL	SİLAJLIK
2004	1.550.000	600.000	6.200.000
2005	2.000.000	460.000	7.600.000
2006	2.598.913	432.868	10.069.968
2007	2.690.132	302.550	10.259.595
2008	2.888.829	322.414	11.183.290
2009	2.740.031	243.268	11.099.653
2010	2.937.336	207.899	12.446.450
2011	3.127.946	238.973	13.294.380
2012	3.540.882	302.014	14.956.457
2013	4.027.160	259.335	17.835.115
2014	4.149.529	251.645	18.563.390
2015	4.231.233	235.405	19.684.599

Dünyada üretilen toplam mısırın yaklaşık olarak % 70'i hayvan beslenmesinde, % 25'i insan beslenmesinde, % 5'i de endüstride hammadde olarak kullanılmaktadır (Tekkanat ve Soylu, 2005). Türkiye'de ise yaklaşık %76'sı yem hammaddesi olarak, %14 insan beslenmesinde, %3'ü nişasta sanayinde, %3'ü endüstriyel tüketimde kullanırken kalan kısım ise tohumluk olarak kullanılır (TMO,2014).

**Tablo 10.** 2014 Yılı Türkiye Mısır Tüketimi Sektörel Dağılımı (TMO,2014)

Kullanım Alanı	Miktar (Ton)	%	Açıklama
Yem Hammaddesi Olarak Kullanımı	<b>5.086.000</b>	<b>76</b>	(%46) 2.340.000 tonu Broiler ve Hindi
			(%35) 1.780.000 tonu yumurta ve damızlık
			(%19) 966.000 tonu büyük- küçükbaş ve diğer
Mahalli Tüketim	<b>960.000</b>	<b>14</b>	
Nişasta Sanayi	<b>200.000</b>	<b>3</b>	
Endüstriyel Tüketim	<b>216.000</b>	<b>3</b>	
Kayıplar ve Tohumluk Kullanımı	<b>188.000</b>	<b>3</b>	
<b>TOPLAM</b>	<b>6.650.000</b>	<b>100</b>	

### 1.1.3.Mısırın Hayvan Beslemede Yem Hammaddesi Olarak Kullanımı

Tüm hayvan türleri için mükemmel bir yem maddesidir. Düşük ham selüloz miktarına, yüksek sindirilebilir besin maddelerine ve metabolize enerji düzeyine sahip olması bakımından çok önemli bir enerji yemi olarak kabul edilir. Buna karşılık protein değeri düşük olup protein kalitesi iyi değildir. Özellikle lizin ve triptofan bakımından çok fakirdir (Tuncer,2011).

Mısır %3-6 arasında yağ kapsamaktadır. Yapısında bulunan yağda doymamış yağ asitleri yüksek düzeyde bulunduğundan besi sığırlarında yumuşak yağ oluşumuna neden olur. Bu nedenle besi sığırlarında kullanılması uygun olduğu halde süt ineklerinde aşırı miktarlarda yedirilmesi tereyağının kıvamını yumuşattığı için doğru bir uygulama değildir (Tuncer,2011).



Mısırın lezzetli oluş nedenlerinden biri yapısındaki yağ içeriğidir. Ancak yağ çabuk bozulmakta ve mısırın öğütülmemiş ya da kırılmamış halde depolanması açısından da sıkıntılara neden olabilir. Çünkü kırılmış ve öğütülmüş mısır daha çabuk bozulur. Bu nedenle, mısır depolanmasına özellikle sıcak havalarda dikkat edilmelidir (Özen ve ark., 2009).

Mısır damızlık hayvanlara sınırlı miktarlarda verilmelidir. Aksi halde yağlanmaya neden olmakta, döl verimi bundan olumsuz yönde etkilenmektedir. Bununla beraber yumurta tavuğu rasyonlarında kullanılan yüksek miktarda mısır yağlanmaya yol açar ve yumurta veriminin düşmesine neden olabilir (Tuncer,2011).

Kanatlı rasyonlarında mısırın yüksek miktarda kullanılması halinde içeriğindeki eksiklik sebebiyle rasyon lizin, triptofan ve metiyonin bakımından desteklenmelidir. Ayrıca mineral ve mineral vitamin eksikliği de diğer yemlerle tamamlanmalıdır (Tuncer,2011).

Sarı mısırdaki yüksek düzeyde vitamin A aktivitesi mevcuttur. Bunun nedeni, vitamin A'nın ön maddelerinden kriptoksantin mısırın bünyesinde önemli miktarda bulunmasıdır. Beyaz mısırdaki ise sarı mısırın aksine kriptoksantin hemen hiç bulunmaz. Dolayısıyla vitamin A aktivitesi yoktur. Bu nedenle, kanatlı rasyonlarında sarı mısır kullanımı, dışarıdan yapılacak vitamin A takviyesini azaltır (Özen ve ark., 2009).

Sarı renk pigmenti olan ksantofil, sarı mısırdaki bulunur. Ksantofil kanatlılarda yumurta sarısı ve deri pigmentasyonunu olumlu olarak etkilemektedir. Böylece tüketicinin arzu ettiği yumurta sarısı ile kasaplık piliçlerde deri rengine ulaşabilmektedir (Özen ve ark., 2009).

Mısır koçanı ile öğütülerek de kullanılabilir. Böylece koçan ve yaprakları da değerlendirilmiş olur. Özellikle besi sığırları rasyonlarında kullanılır. Ancak bu uygulamaya besi döneminin başlangıcında yer verilmemeli, yüksek canlı ağırlık

artışının beklendiği son dönemde mısır koçansız şekilde yedirilmelidir. Koçanı ile birlikte öğütülen mısırın tavuk rasyonlarına çok az miktarlarda katılması, kanibalismus olaylarının önlenmesi bakımından önem taşır. Ancak koçanlı mısırın fazla miktarda kullanılması rasyonun selüloz miktarını etkileyeceği için önemli sakıncalar doğurur. Mısırın koyun ve kuzulara baklagil kaba yemleri ile birlikte verilmesi ile başarılı sonuçlar alınmaktadır. Mısırın yüksek düzeyde yer verildiği karma yemlerin pelet haline getirilmesinde sorun yaşanabilmektedir. Bu durumda pelet bağlayıcıların kullanılması söz konusu olmaktadır. Hayvan türlerine göre değişmekle birlikte yem rasyonlarına %10-%70 oranlarında kullanılabilir (Tuncer,2011).

Silajlık mısırının birçok bölgede yetiştirilebilmesi yüksek enerji verimi, hasadının makineli tarımla yapılabilmesi, birim alandan çok yüksek miktarda kaba yem elde edilmesi, yüksek karbonhidrat içeriğinden dolayı kolay silajının yapılabilmesi gibi avantajları bulunduğu için üretiminde son yıllarda önemli artışlar gözlenmiştir. Silajlık mısır başlangıçta Ege ve Marmara bölgelerinde üretilirken son yıllarda tüm bölgelerde yaygınlaşmıştır (Özcan,2009).

## **1.2.YAĞLAR**

Genel itibariyle lipitler, bitki, hayvan ve insan vücudunda bulunduğu gibi yiyecek maddelerinin yapısında da mevcuttur. Bileşiklerin lipit olmasını belirleyen en temel unsur çözünürlük özelliğidir (Telefoncu,1992).

Yağ asitleri ve gliserol molekülleri birleşerek yağları meydana getirirler. Yapısal olarak karbon (C), hidrojen (H) ve oksijenden (O) oluşmuştur. Yağların bileşimindeki karbon atomu ve hidrojen atomunun fazla oluşu, yağların karbonhidratlara kıyasla daha zengin bir enerji kaynağı olmalarını sağlar (Holub, 2002).

Yağların kanatlı rasyonlarına katılması fazla enerji içermesi ve esansiyel yağ asitlerine sahip olmasının yanında; vücutta daha az ısı artışına yol açmaları, yemlerin tozumasını önlemeleri, lezzeti arttırmaları, yem üretim ve dağıtım ekipmanlarının yağlanması, yemde homojenitenin sağlanması gibi faydalara sahiptir (Özdoğan ve Sarı, 2001).

### **1.2.1.Yağ Asitleri**

Besin maddelerindeki yağlar 25 kadar yağ asidinin bir araya gelmesiyle oluşur. Çok sayıda yağ asidi olmasına rağmen en yaygın olanları 16 ve 18 karbon (C) atomu içerenleridir. Bu 25 yağ asidinin bir kısmı sıvı (doymamış), bir kısmı ise katı(doymuş) haldedir. Yağ asitleri molekül yapılarında C lar arası çift bağ bulunan yağlar doymamış, C lar arası çift bağın olmadığı yağlar ise doymuş yağlar olarak tanımlanır. Doymamış yağ asitleri oda sıcaklığında sıvıdır ve kolayca oksitlenirken doymuş yağ asitleri oda sıcaklığında katıdır ve oksitlenmeye karşı doymamış yağlardan daha dirençlidir (Bayındır,1992).

Doymuş yağ asitlerinin sindirimi daha zor olduğu için, doymamış yağ asitleri doymuş yağ asitlerine oranla daha fazla enerji verirler. Bunun yanında tekli doymamış yağ asitleriyle aynı zincir uzunluğuna sahip olmalarına rağmen çoklu doymamış yağ asitleri, tekli doymamış yağ asitlerine oranla daha az enerji verirler (Çetingül ve Yardımcı, 2008)

Butirik, Kaproik, Palmitik ve Stearik asit en önemli doymuş yağ asitlerine, Oleik, Linoleik ve Linolenik asit ise en önemli doymamış yağ asitlerine örnek olarak gösterilebilir. Mısır yağı; % 54.7 linoleik ve % 1.4 linolenik asit düzeyleriyle önemli birer esansiyel yağ asidi kaynağıdır (Karaca ve Aytaç, 2007).

### **1.2.1.1.Doymamış Yağ Asitleri**

Doymamış yağ asitleri zeytinyağı, ayçiçeği yağı, mısır özü yağı, pamuk yağı, soya yağı ve benzeri yağlarda çöktür. Kimyasal şekli basit olarak açıklanırsa; oleik asit gliserolle birleşerek olein, linoleik asit gliserolle birleşerek linolein ve linolenik asit gliserolle birleşerek linolenin oluşturur (Çakmakçı ve Tahmas Kahyaoğlu, 2012).

Gliserol ile doymamış yağ asitlerinin bir araya gelmesiyle sıvı yağlar oluşur. Doymuş yağlara oranla doymamış yağlarda hidrojen miktarı daha azdır. Normal şartlarda daha çok etkileşime girerek daha hızlı acılaşıma ve bozulma eğilimindedir. Doymuş yağlar olarak sınıflandırılan yağların içerisinde doymamış yağlar bulunabileceği gibi doymamış yağlar arasında doymuş yağlar da bulunabilir. Örneğin, fazla sayıda olein içerdiği için sıvı halde bulunan zeytinyağının içeriğinde aynı zamanda doymuş yağlar da bulunur (Semma, 2002).

Organizma faaliyetlerinin gerçekleşmesinde linoleik asit ve linolenik asit, bazı yağ asitlerinin sentezlenmesinde yardımcıdır. Bundan dolayı linoleik asit ve linolenik asitin vücuda alınması zorunludur. Olein daha çok zeytinyağında, linolein ve linolenin ayçiçeği, mısır özü, soya fasulyesi yağlarında bulunan yağ asitleridir (Semma, 2002).

### **1.2.1.2.Doymuş Yağ Asitleri**

Genel olarak hayvansal yağlarda ve hafif katı formda bulunur. Doymuş yağ asitleri gliserol ile birleşerek doymuş yağları meydana getirirler. Kaproik asit gliserolle birleşerek kaproik, palmitik asit gliserolle birleşerek palmitik, butirik asit gliserolle birleşerek butirin ve stearik gliserolle birleşerek stearin oluşturur.

Butirin tereyağında bulunan ve tereyağına özgü lezzet veren yağ asitidir. Kaproik, palmitik ve stearin ise koyun ve sığır yağlarında, içyağlarında ve

tereyağında bulunur. Farklı yağ asitleriyle meydana gelmeleri sebebiyle hayvansal yağlar birbirinden farklıdır. Doymuş yağlar daima katı yağları oluştururlar ve hidrojen miktarı fazladır. Bu nedenle fazla etkileşime girmezler ve çabuk bozulmazlar. Bunun yanında bazı katı yağlarda doymamış yağ asitleri de bulunur (Semma, 2002).

### **1.3.NEAR INFRARED REFLEKTANS SPEKTROSKOPİSİ (NIRS)**

Son yıllarda gıdaların üretim ya da analiz aşamasında hızlı, güvenilir ve çevre dostu teknolojilere ilgi attıkça, geleneksel yöntemlere alternatif teknolojiler geliştirilmektedir. Çünkü çoğu zaman alan, kimyasallara ihtiyaç duyan ve cihazlara bağımlı olan geleneksel metotlar bütün bunların yanında analiz yapacak uzman kişilere ihtiyaç duymaktadır. Yakın kızılötesi spektroskopisi (NIRS) günümüz koşullarında geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılan teknolojilerden biridir (Cen ve He, 2007).

NIR spektroskopisi gıda maddelerinin kalite özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır. Bu yöntem gıdaya zarar vermeden ölçüm yapılma olanağı sağlarken, geleneksel ölçüm yöntemlerine göre daha hızlıdır. Gıda başta olmak üzere birçok alanda analiz amaçlı kullanılan NIR spektroskopisinin çalışma prensibi 780-2500 nm dalga boyu aralığındaki elektromanyetik radyasyonun absorpsiyonu temeline dayanır. Bu dalga boyundaki elektromanyetik spektrumun absorpsiyonu ile gıda maddelerinin kalite özellikleri korelasyon halindedir. NIR spektroskopisi bu korelasyon çözümü prensibine dayanır. Bu özelliği sebebiyle özellikle gıda ve tarımsal ürünlerin fiziksel ve kimyasal analizlerinde kullanım olanağı sağlar (Davies ve Grant, 1987; Osborne ve ark., 1993).

Birçok araştırmacı, NIR spektroskopisinin yemlerin kimyasal bileşiminin belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmiştir (Norris ve ark., 1976; Shenk ve Westerhaus, 1985; Redshaw ve ark., 1986; Barber ve ark., 1990; Williams ve

Sobering, 1993; Park ve ark., 1997). Son yıllarda NIRS yönteminin kaba yemlerin besin madde ölçümlerine yönelik çalışmalarda kullanımı artmıştır (Dardenne ve ark., 1993; De Boever ve ark., 1997; Deaville ve Givens, 1998; Stuth ve ark., 2003; Decruyenaere ve ark., 2012). Bununla beraber, NIRS yöntemi ile ölçümleri yapılan rumende parçalanmış kaba yemlerin spektrumları incelenerek bitki kısımlarının sindirilebilen ya da sindirilemeyen olarak tanım ve yorumu yapılmıştır (Norris ve ark., 1976; Barton ve ark., 1986; Baker ve Barnes, 1990; Smith ve Flinn, 1991; Givens ve ark., 1992;). NIRS tekniği kullanılarak yemlerin kimyasal yapısı ile ilgili analizlerin yanında bazı kaba yemlerin mineral analizlerinin yapıldığı bilinmektedir (Clark ve ark., 1987).

### **1.3.1.NIR CİHAZININ TARİHSEL GELİŞİMİ**

Herschel, yakın kızılötesi enerjisini 19. yüzyılda keşfetmiş olmasına rağmen 20. yüzyılın ikinci çeyreğine kadar gerçek anlamda kullanılamamıştır. İlerleyen zamanlarda NIR spektrumlarının, bağlardaki titreşim hareketleri önüne alınarak moleküllerin türleri ve moleküller arası bağlar hakkında bilgi sahibi olmak için kullanılabileceği düşünülmüş (Osborne ve Fearn, 1986) ve bileşen analizlerinde kullanılıp kullanılmayacağı araştırılmaya başlanmıştır.

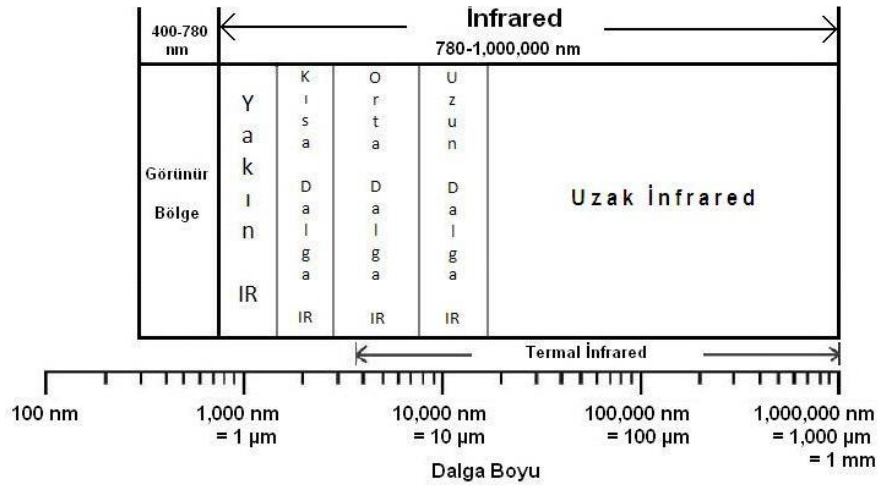
NIR ilk kez 1950'lerin ortalarında çeşitli çözeltilerin nem miktarlarının analiz edilmesine yönelik çalışmalarda kullanılmıştır. 1960'ların başlarında bazı gıdalarda (tahıllar, bitki tohumları, kurutulmuş meyve ve sebze) nem analizi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Aynı yıllarda numunelerin absorpsiyon spektralleri çizilmeye başlamış ve ekstrakta ihtiyaç duyulmadan yakın kızılötesi spektroskopisi kullanılarak numuneden direkt nem analizi yapılacağı anlaşılmıştır (Osborne ve Fearn,1986).

### 1.3.2.TEORİSİ VE ÖZELLİKLERİ

Genel olarak spektroskopik analizler, çözeltiler tarafından ışığın absorpsiyonu, geçirilmesi veya yansıtılması gibi özelliklerinin ölçülmesi esasına dayanır. Maddenin kimyasal ve fiziksel özellikleri yanında belli dalga boyundaki bir ışını absorbe etmesi de o maddenin karakteristik özelliğidir (Yetim, 2002).

NIR spektroskopisi, elektromanyetik spektrumun 780 ile 2500 nm arasındaki dalga boyu bölgesini kapsar (Şekil 1). Yapıdaki O-H, C-H, C-O ve N-H gibi moleküler bağların titreşimleri ile bağlantılı olarak absorpsiyon bantları oluşturmaktadır. Bu bölgede analizi yapılacak numune yakın kızılötesi ışınları ile karşılaştığında, bu bağlar titreşimsel enerji değişikliklerine maruz kalmakta ve moleküller titreşerek NIR bölgesindeki organik moleküllerin enerji absorpsiyonunu meydana getirmektedir (Yıldız Tiryaki, 2006).

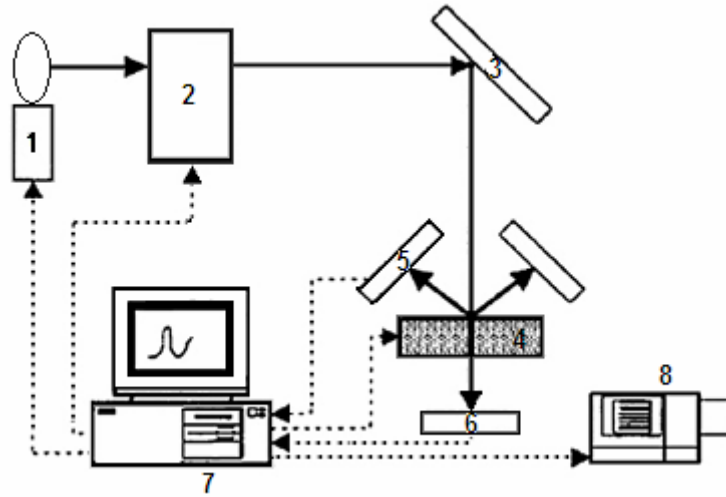
Şekil 1. Yakın kızılötesi ve elektromanyetik spektrum (Ertugay ve Başlar,2011).



Yakın kızılötesi spektroskopisinin kalibrasyon modeli oluşturması yavaş ve zordur. Fakat uygulamada çok sayıda bileşen ve kalite özelliklerinin analizi aynı anda en kısa bir sürede yapılmakta ve çok hızlı sonuç alınabilmektedir. Analiz sonuçları referans analizlere bağımlıdır. Bu nedenle güvenilir kalibrasyon modellerinin

oluşturulmasında önemlidir. Son zamanlarda NIR uygulamalarında kemometriyle birleştirilen birçok kalibrasyon modeli geliştirilmiştir. Literatürde Adımsal çoklu lineer regresyon (SMLR-*Stepwise Multiple Linear Regression*), temel bileşen regresyonu (PCR-*Principal Component Regression*), kısmi en az kareler (PLS-*Partial Least Squares*) ve yapay nöral ağ (ANN-*Artificial Neural Network*) yaygın kullanılan analiz metotlarıdır (Aske ve ark., 2001; Ni, Zhang ve Kokot, 2005; Cen ve He, 2007). Bir NIR spektroskopisi ünitesi ışık kaynağı, ışık ayırıcı sistem, örnek detektörü optik detektör ve bilgileri işleyen analiz sisteminden oluşmaktadır(Cen ve He, 2007) (Şekil 2).

**Şekil 2.** NIR spektroskopisi sistemi (1. Işık Kaynağı; 2. Işık ayırıcı sistem; 3. Reflektör; 4. Numune yatağı/ Detektör girişi; 5. Difüze yansıma detektörü; 6. İletim detektörü; 7. Kontrol ve bilgileri işleyen analiz sistemi; 8. Yazıcı) (Ertugay ve Başlar,2011)



NIR tekniğinin gıda analizlerinde uygulanması açısından bazı avantaj ve dezavantajlar söz konusu olmaktadır.



### **1.3.3.Avantajları**

Analizin yapım aşaması ve sonuçların elde edilmesi hızlı ve basittir. Analiz sonuçlarına kısa sürede ulaşılabilir. Maddenin protein, yağ, nem, kuru madde gibi bileşen analizlerinin yanında kalite ve fiziksel analizler de aynı esnada yapılabilmektedir. Az sayıda numuneyle analiz yapılabilir. Bununla beraber numunenin kimyasal yapısına zarar vermeyen bir teknik olduğu için numune daha sonra tekrar analiz için kullanılabilir. Analiz yapımı sırasında herhangi bir kimyasal madde kullanımı bulunmadığından tehlikesi yoktur. Kimyasal atık oluşmaz bu nedenle çevre dostudur. Diğer eski analiz yöntemlerinde olduğu gibi her analiz için ayrı ayrı cihaz, ekipman veya laboratuvar malzemelerine gerek duyulmadan tek bir cihazla analizler yapılabilir. Bu sebeple kullanım maliyeti klasik analizlere oranla daha ucuzdur (Ertugay ve Başlar,2011).

### **1.3.4.Dezavantajları**

İlk yatırım maliyeti diğer analiz yöntemlerinde kullanılan cihazların maliyetlerine göre daha yüksektir. Kalibrasyon modellerinin oluşturulması referans analizlerine bağlı, uzun zaman gerektiren ve zor bir süreçtir. Bu yöntem bileşenlerin genel analizinde kullanılır, daha hassaslık gerektiren bileşen analizleri ve kalite özelliklerinin bulunmasında yöntem hassasiyeti düşer. Kalibrasyon modelleri bir cihazdan diğerine aktarılırken NIR cihazlarındaki optik farklılıklar yüzünden sıkıntı yaşanabilmektedir.

NIR spektroskopisi geleneksel metotlara kıyasla daha avantajlı olduğu için hammadde, üretimin çeşitli aşamalarında yapılan analizler ve son ürün kalite kontrol analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Sirieix ve Downey, 1993; Barton ve ark., 2000).

Yemlerin besin madde ve yem değerleri; Weende analizleri, Van Soest analizleri, İn vitro teknikler, enzimatik yöntemler gibi birçok laboratuvar teknikleriyle hesaplanmaktadır (Goldman ve ark., 1987) Gelişen teknolojilerle yemlerin analizinde, kimyasal maddeye gereksinim duyulmadan, kısa zamanda ve daha az iş gücü kullanılarak yemlerin besin madde analizlerinin yapılması çalışmaları yürütölmektedir. Spektrofotometrik yöntemle yemlerin kimyasal analizleri bu çalışmalardan bazılarıdır. Near infrared reflektans spektroskopisi (NIRS) teknolojisinde de yemlerin kimyasal analizlerinin saptanmasına yönelik çok sayıda çalışmalar bulunmaktadır (Norris ve Hart, 1965; Shenk, 1992; Anonymous, 2005). Bu teknolojik yöntemde, bir parametre için bir defa kalibrasyon yapıldıktan sonra, numune hazırlama için çok gayret sarf etmeden bir çok analiz yapma imkanı verdiği iddia edilmektedir (Baker ve Barnes,1990).

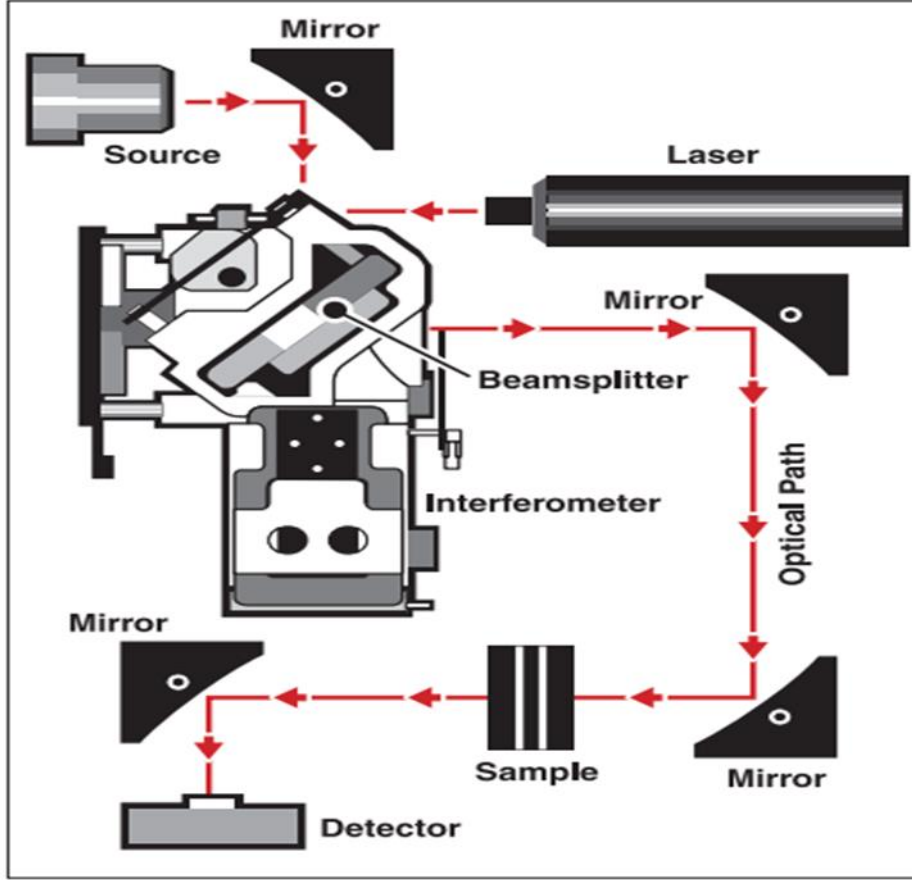
NIR spektroskopisi ile tahılların öğütme özelliği (Blazek ve ark., 2005), protein ve nem (Osborne ve Fearn, 1983), yaş gluten ve kuru glüten (Ertugay ve ark., 2007), Zeleny sedimantasyon (Hruskova ve Famera, 2003), SDS sedimantasyon (Delwiche ve ark., 1998), miksoğraf pik direnci (Delwiche ve ark., 1998), gliadin ve glutenin (Delwiche ve ark., 1998), esansiyel aminoasit (Fontaine ve ark., 2002), renk (Dowell ve ark., 2006), kül (Osborne ve Douglas, 2006), nişasta zedelenmesi (Miralbes, 2004; Osborne ve Douglas, 2006,), su absorpsiyonu (Miralbes, 2004), hamur mukavemeti (Miralbes, 2004), fermente hamurun kalite özellikleri (Jirsa ve Hruskova, 2005) ve hamurun reolojik özelliklerinin belirlenmesinin (Alava ve ark., 2001) yanında, çeşitli tahıl ürünlerinin enerjilerinin belirlenmesi (Kays ve Barton, 2002), ekmeğin depolanması sırasında yapısal değişikliklerin izlenmesi (Xie ve ark., 2003), buğday çeşitlerinin belirlenmesi (Carlos, 2008) ve ekmeğ üzerinde kalite analizi gibi birçok deneme yapılmış ve uygulamada kullanılabilecek veriler elde edilmiştir (Ertugay ve Başlar,2011).

### 1.3.5. Fourier Transform Near Infrared (FT- NIR)

Fourier Transform Near Infrared (FT-NIR), son yıllarda tercih edilen yeni bir NIR teknolojisidir. FT- NIR elektromanyetik spektrumun 4000- 12000 nm dalga boyu bölgesini kapsar. NIR spektroskopisinde karşılaşılan dağıtıcı sınırlarının aşılması için geliştirilmiştir. Yerleştirilen bir prizma ya da hareketli ızgara yardımıyla dağıtıcı alet NIR kaynağından yayılan bireysel frekansları ayırır. Ardından dedektör sayesinde numunenin her frekanstaki enerji miktarını ölçer (Thermo, 2006) . FT-NIR sisteminin standart NIR spektroskopisinden farkı interferometre (girişimölçer) sahip olmasıdır. Bu farklılık FT-NIR ölçümlerinde klasik NIR teknolojisine kıyasla spektral verimliliğin geliştirilmesini sağlar, dalga boylarının ayırımında kesinlik ve hassasiyeti en üst seviyeye çıkarır (Rodriguez-Saona ve ark., 2004). Klasik NIR teknolojisi ile yapılan çalışmada kullanılan FT-NIR teknolojisi kıyaslandığında; FT-NIR teknolojisinde cihaz güvenilirliğinin yüksek olması ve kalite parametrelerinin incelenmesi esnasında gerçeğe yakın tahminleme sonuçlarına ulaşılması bu teknolojiyi avantajlı hale getirir (Peirs ve ark., 2003). FT-NIR yaygın olarak tarım, ilaç, gıda, tekstil, kozmetik, ve polimer üretim sanayi gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılır (Yan ve ark., 2005; Cen ve He, 2007).

FT-NIR teknolojisinde kullanılan enerji kaynağı halojen ışık kaynağıdır. Enerji demeti interferometreye gelir ve burada spektral kodlama meydana gelir. Oluşan interferogram sinyali interferometreden çıkar ve numune üzerine yansır. Numunenin karakteristik özellikleri sayesinde enerji belirli frekanslarda emilir. Nihai ölçümü için ışın dedektörü geçer. Ölçülen sinyal cihaza bağlı bilgisayara gönderilir. Burada sinyal sayısallaştırılır ve dönüşümü yapılır. Sonuçlar kullanıcıya aktarılır (Thermo, 2006). Şekil 3’de FT-NIR çalışma prensibi gösterilmiştir.

Şekil 3: FT-NIR çalışma prensibi (Thermo, 2006)



### 1.3.6. Yağların Besin Madde Analizlerinde NIR Teknolojisinin Kullanımı

NIR spektroskopisi kullanılarak özellikle bitkisel yağların orijinin belirlenmesinde ve genel analizlerinin yapılmasında kısa sürede elde edilebilen hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmektedir. Sonuçların elde edilmesi bu yöntemle daha ekonomik ve tekrarlanabilir biçimde yapılabilmektedir. Üretim hattı üzerine kurulacak bu sistem ile üretim esnasında sürekli izleme sağlanır ayrıca ürünün kalite kontrolü anında yapılacağı için avantajlıdır. Bu tekniğin sadece kurulum ve standardizasyon maliyeti bulunur. Üretici firmalara tüm süreçlerde hızlı bir şekilde doğru ve kesin veriler sağlamaktadır. NIR spektroskopisinin avantajlarından göz önüne alındığında bitkisel yağ analizleri başta olmak üzere analizlerde ve üretim hattındaki

uygulamalarda yaygın olarak kullanılacağı belirtilmektedir (Ertugay ve Başlar, 2011).

Yağlarda fiziksel ve kimyasal değişiklikler meydana gelmektedir. Bu durum yağların gıda maddesi olarak kullanılmasına engel olmakta ve yapımında yağ bulunan ürünlerin kalitesinde ciddi sorunlar yaşanmasına neden olmaktadır. NIR spektroskopisi ile yağların karakterizasyonu, kalite kontrolleri ve yapılan karışımlar hızlı ve kolay bir şekilde analiz edilebilmektedir (Yılmaz ve Ögütçü, 2015).

Gıda maddesi olarak kullanılan yağların kalite parametrelerinin belirlenirken kullanılan geleneksel yöntemlerle elde edilen sonuçlar güvenilirdir. Ancak analizlerin yapımı için uzun süre gerekmesi, uzman analist varlığına duyulan ihtiyaç ve analizlerin yapımında kullanılan kimyasal maddelerin sağlık üzerine tehlike oluşturması gibi olumsuz tarafları da mevcuttur. Bu nedenler göz önüne alındığında teknolojiye zamandan tasarruf sağlayan, güvenilir ve sağlık açısından tehlike arz etmeyen metodların geliştirilmesi ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bütün bu gelişmelere bağlı olarak son yılların gözde tekniği olan NIR spektroskopisi, yağların kalite parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. NIR spektroskopisi ile farklı yağların asitlik, peroksit, viskozite ve refraktif indeks değerleri kısa sürede tespit edilebilir. Yağların kalitesi ve özelliklerinin tespit edilmesine yönelik yapılan analizlerde elde edilen referans ölçümler ile NIR spektroskopisi ile elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında yüksek korelasyon olduğu saptanmıştır (Armenta ve ark., 2007; Pereira ve ark., 2008; Armenta ve ark., 2010a ve b).

NIR spektroskopisi ile kemometrik teknikler birleştirilerek yağların bileşen analizleri yapılabilmektedir. Yağlar bünyelerinde, ana bileşen olarak trigliseritler, minör bileşenler olarak mono ve digliseritler başta olmak üzere klorofil ve karetenoidler, yağ alkolleri, tokoferoller, fosfatidler, mineral maddeler, vitaminler ve sterollerini bulundurmaktadır. Minör bileşenlerden klorofil ve karetenoidler temel renk pigmentleridir. Bu pigmentlerin yağlarda bulunma oranı bitkinin hasat ve işleme süresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bunun yanında bu pigmentler gibi

tokoferoller de yağların içeriğinde bulunan doğal antioksidanlardır. Yağların oksidatif kararlılığı üzerine yağların bünyelerinde mevcut bulunan fenolik bileşen içeriğinin önemli etkileri bulunmaktadır. Genel olarak yağların bileşen analizlerinin yapımında kromatografik teknikler içerisinde bulunan gaz ve yüksek basınçlı sıvı kromatografisinden faydalanılmaktadır (Armenta ve ark., 2010a ve b). Yenilebilir yağların içeriğindeki palmitik, oleik, linoleik gibi majör yağ asitlerinin belirlenmesi, NIR transflektans spektroskopisinin 1100-2500 nm spektrum aralığında gerçekleştirilebilmektedir (Yang ve ark., 2005). Farklı yağlar ve bunlardan elde edilen karışımlarda, NIR spektroskopisi spektrumu kullanılarak PLS yoluyla alfa-linolenik ve linoleik asitlerin hassas ve hızlı bir şekilde belirlenebildiği belirtilmiştir (Wu ve ark., 2009). Yenilebilir yağlarda etanol ekstraksiyonu sonrası NIR spektroskopisi ve PLS regresyonu kullanılarak alfa-tokoferol miktarlarının belirlendiği bildirilmiştir. bütün bunlardan yola çıkılarak elde edilen verilere göre yüksek performanslı sıvı kromatografisi (*HPLC-High-performance liquid chromatography*) ve gaz kromatografisi (*GC-Gas Chromatography*) gibi kromatografik tekniklerin yerine ön hazırlık ve kimyasal gerektirmeyen, NIR spektroskopisinin kullanılabilceği anlaşılmıştır (Armenta ve ark., 2010a ve b).

NIR spektroskopisi aynı zamanda yenilebilir yağların orijinlerinin belirlenmesi için de kullanılabilir. Yağ asitleri, steroller, fenoller, trigliseritler ve tokoferoller yağların çeşit ve orijininin belirlenmesine yardımcı bileşenlerdir. Bu bileşenlerin yağların bünyelerindeki miktar ve kompozisyonlarındaki farklılıklar çeşit, çevre ve yetiştirme koşullarındaki değişikliklerden kaynaklanır. Yağ asitleri dağılımının; enlem, iklim koşulları, sulama rejimi, meyve olgunluk düzeyi, hasat ve ekstraksiyon teknolojileri gibi diğer faktörlerden etkilendiği bildirilmiştir (Pereira ve ark., 2008; Sinelli ve ark., 2010; Casele ve ark., 2010).

Bitkisel yağların (soya, mısır, pamuk, zeytin, pirinç kepeği, fıstık, kolza, susam ve Hindistan cevizi) NIR spektrumunun 1600-2200 nm bölgesinde temel bileşenler analizi (*PCA-Principal Component Analysis*) verileri kullanılarak sınıflandırıldığı ve yüksek yük ağırlığına sahip dalga boylarının spesifik yağ asidi bölgelerine karşılık geldiği bildirilmiştir (Armenta ve ark., 2010a ve b).

Yapılan çalışmada; mısırın ham yağ içeriğinin belirlenmesinde Soxhlet-Henkel metoduna alternatif olarak tahminlemede NIR teknolojisi kullanımı amaçlanmış ve bunun mümkün kılınabilmesi için bir kalibrasyon geliştirilmiştir.

## **2.MATERYAL ve METOT**

Araştırma, Türkiye'nin 7 ayrı bölgesinde Toprak Mahsulleri Ofisi Satın Alma Ajansları'na getirilen toplam 320 mısır numunesi üzerinden yürütülmüştür. Adana, Diyarbakır, Gaziantep, İskenderun, İzmir, Konya ve Şanlıurfa bölge satın alma ajanslarının bağlı olduğu şubelere tek tek gidilerek doğrudan ajansa mısır temini için gelen üreticiden numune alınmıştır. Her bir numunenin sahibi olan çiftçinin kimlik bilgileri, yetiştirilen bölge bilgileri numune alma esnasında kaydedilmiştir. Alınan her numune gerekli kayıtları yapıldıktan sonra hava almayan poşetlere yerleştirilmiştir. Alınan numuneler ivedilikle Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Yem Analiz Laboratuvarı'na sevk edilmiştir. Laboratuvarda her numune ultra santrifüjlü rotorlu öğütücü ile öğütülerek (ZM200, Retsch Ltd., Düsseldorf, Almanya) 1 mm çapındaki eleklerden geçirilmiştir. Öğütülen ve elenen numuneler yeniden her biri farklı olacak şekilde hava almayan naylon poşetlere yerleştirilerek ayrılmıştır. Öğütme işleminin hemen ardından her bir numuneden bireysel olarak spektra toplanmıştır. Spektra toplama işlemi sırasında cam bir petriye alınan numuneler, NIR cihazının (NIRMaster®, Büchi Labortechnik AG, Flawil, İsviçre) otomatik rötör kısmına yerleştirilmiş ve her bir numune üç kez spektra alınmak suretiyle spektralar toplanmış ve NIR cihazına entegre olan bilgisayarda üreticinin sağladığı aynı isimli program ile uygun biçimde elektronik ortamda depolanmıştır. Doğrudan spektraları toplanan numuneler tekrar ayrılarak analiz edilinceye kadar -20 C'de muhafaza edilmiştir.

Numuneler bir gece oda ısısında desikatörler içerisinde bekletilerek nem almadan çözdürülmesi sağlanmıştır. Çözünen numunelerden AOAC (2005) içerisinde bildirilen Ham Yağ-Yöntem No:32.2.01, F.4.5.01.920.39C, uygun olarak Soxhlet-Henkel metodu ile ham yağ analizi yapılmıştır. Yağ analizinde tam otomatik gerçek Soxhlet tayin cihazı kullanılmıştır (Extraction System B-811, Büchi Labortechnik AG, Flawil, İsviçre). Her bir numune için elde edilen yağ kimya verileri NIR Master içerisinde bulunan operatör programına kaydedilmiştir.

## **2.1. Kalibrasyonların oluşturulması, veri analizi ve kemometrik analizler**

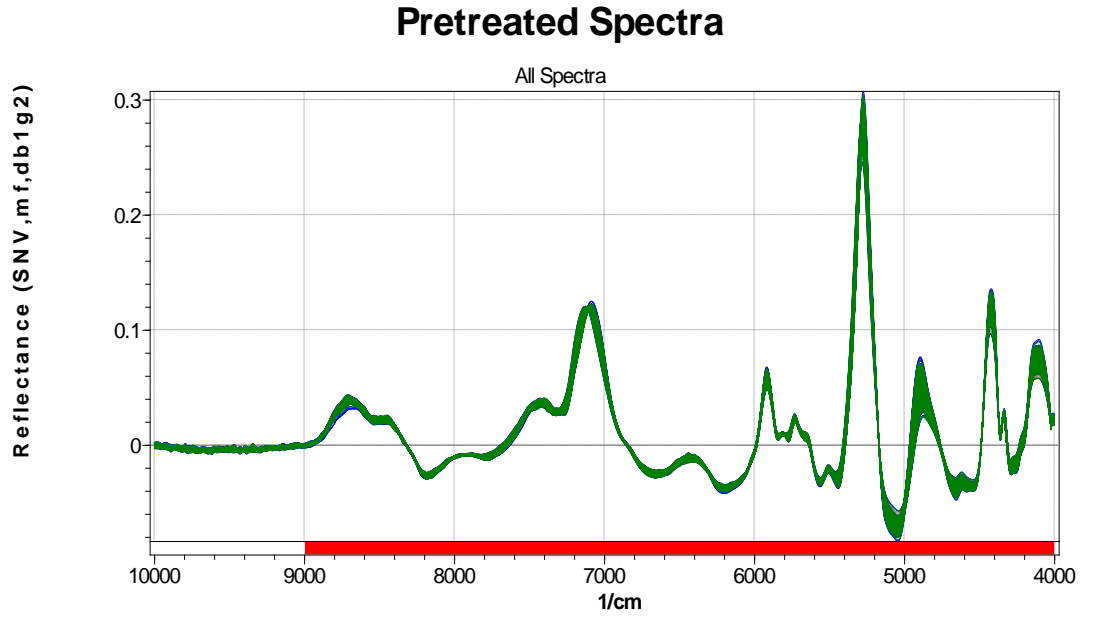
Elde edilen spektralar ve yağ kimya verileri üzerinden oluşturulan kalibrasyon ve istatistik değerlendirmeler NIRCAL programı (Büchi Labortechnik AG, Flawil, İsviçre) ile değerlendirilmiştir. Spektraların kendi içerisinde kalibrasyon ve validasyon setleri program yardımı ile ayrılmıştır. Elde edilen spektralar PLS (Partial Least Square) yöntemi ile ikincil türev üzerinden (second derivative) değerlendirilmiştir. Normalizasyon çalışması yapılan verilerde SNV (Standard Normal Variate) metodu uygulanmıştır. Ayrıca birinci dereceden türev alınarak (1st Derivation B Cap 5 Points Gap 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 grafikler çıktı alınmıştır. Ayrıca validasyon setinin tahminleme rezidüal hatasının kareler toplamı da (V-Set PRESS) ortaya çıkarılmıştır. 4 numuneye ait analiz sonucu hatalı sonuçlar verdiklerinden dolayı çalışmaya dahil edilmemiştir.



### 3.BULGULAR

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

**Grafik 1.** Normalizasyon uygulanmış spektra seti

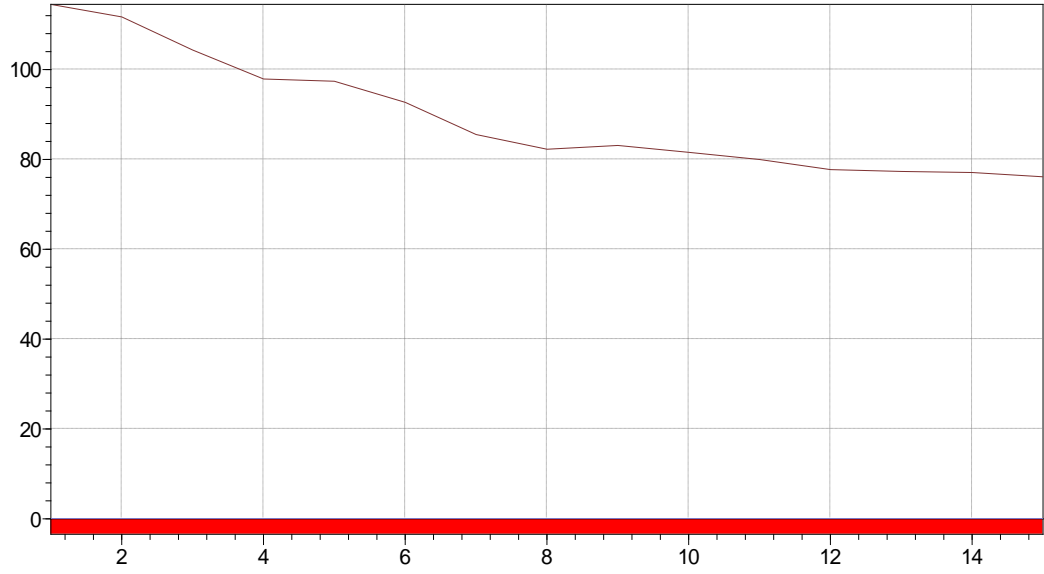


Uygulama sonrasında elde edilen fonksiyonel spektraların 9000-4000 nm/cm dalga boylarında elde edildiği görülmüştür.

Elde edilen validasyon setinin tahminleme rezidüal hatasının kareler toplamı grafiği (V-Set PRESS) sayesinde temel bileşen değeri (Principal Components) 14 ve üzerinde olmuştur. V-Set PRESS üzerinden temel bileşen değerleri Grafik 2.'de gösterilmiştir.

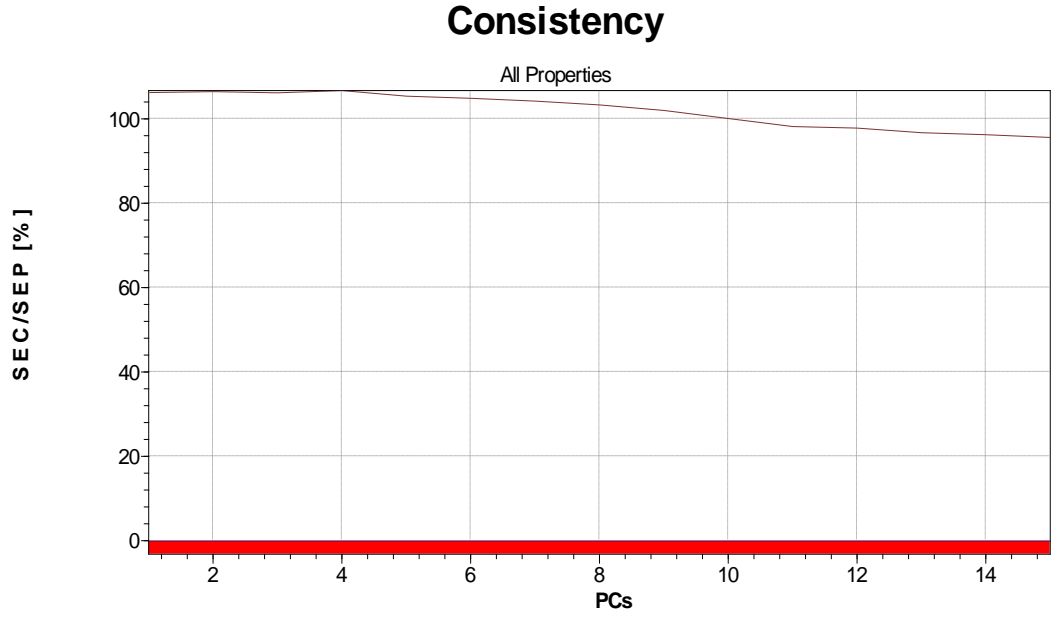
**Grafik 2.** Tahminleme Rezidüal Hatasının Kareler Toplamı

### **V-Set PRESS**



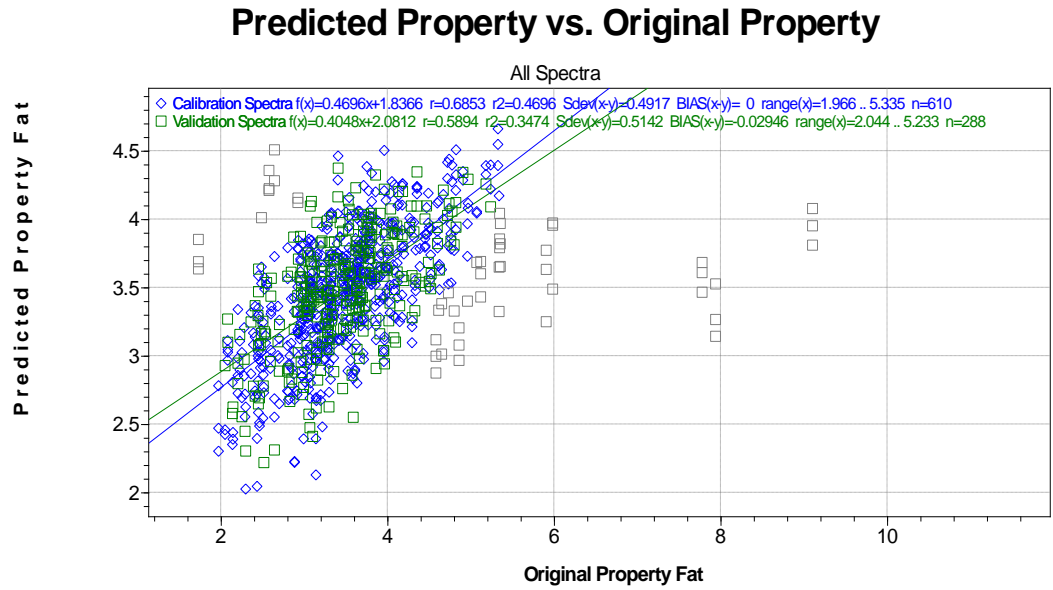
Elde edilen regresyon tutarlılığı kalibrasyonun standart hata değerinin (SEC) tahminleme standart hatasına bölünmesi (SEP) sonucunda elde edilmiştir. Tutarlılık değeri 80 ile 100 arasında belirlenmiştir. Tutarlılık analizi sonuçları Grafik 3.'te gösterilmiştir.

**Grafik 3.** Kalibrasyon setinin tutarlılık analizleri



Kalibrasyon ve validasyon setlerinden elde edilen doğrusal regresyon değerlerine ait çıktı Grafik 4.'te gösterilmiştir.

**Grafik 4.** Kalibrasyon ve validasyon seti modelleri



Regresyon analizine kalibrasyon setinde 610, validasyon setinde 288 ölçüm dahil edilmiştir. Analiz sonucunda Kalibrasyon ve Validasyon setlerine ait model aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

### **Kalibrasyon seti**

$$f(x) = 0.4696x + 1.8366$$

$$r=0.6853; r^2= 0.4696 \text{ Standart Sapma} = 0.4917$$

### **Validasyon seti**

$$f(x) = 0.4048x + 2.0812$$

$$r=0.5894; r^2= 0.3474 \text{ Standart Sapma} = 0.5142$$

Bunun yanında kalibrasyon aralığı 1.966 olarak belirlenirken; validasyon aralığı 2.044 olarak belirlenmiştir.

## 4. TARTIŞMA

Besin madde içerikleri ele alındığında tahıllar genel olarak yüksek miktarda karbonhidrat, karbonhidrata oranla daha düşük miktarda protein ve az miktarda yağ, vitamin ve mineral madde içermektedir. Besin madde içerikleri tahılın genetik özelliklerinin yanı sıra çevre faktörlerine de bağlı olarak miktar bakımından değişiklik göstermektedir. Bu maddeler yem hammaddesinin kalite parametrelerini oluşturmaktadır. Değerlendirmelerde ham protein, ham yağ ve ham selüloz parametreleri kullanılmaktadır(Gonzalez-Martin ve ark., 2006). Yapılan çalışmada tane mısırdaki kalite parametrelerinden ham yağ ele alınmıştır.

NIR teknolojisi (1100-2500 nm), görülebilir dalga boyundan (VIS, 400-760 nm) daha uzun ve mid-infrared dalga boyundan daha kısadır (MIDIR, 2500-25.000 nm) (Reeves ve D'Mello, 2000). Organik bileşikler meydana getiren C-H, N-H ve O-H gruplarının absorpsiyonlarını göz önüne alan NIR teknolojisi, çeşitli spektraların elde edilmesini sağlar(Reeves ve D'Mello, 2000). Yapılan çalışmada; NIR teknolojisinde yeni bir sistem olan "Fourier Transform Near Infrared" spektroskopisi(FT-NIR) kullanılmıştır. Son yıllarda kullanılan başarılı yöntemlerden biri olan FT-NIR teknolojisi, varyasyonlarda çeşitlilik bulunan matrislerde yüksek verimlilikle tahminleme yapma olanağı sağlamaktadır(Gaspardo ve ark., 2012). Bu açıdan bakıldığında yapılan çalışmada örneklemin Türkiye'nin bütün bölgelerine kapsamına dikkat edilmiştir. Çalışmada kullanılan FT-NIR teknolojisi 9000-4000 nm/cm dalga boyları arasında çalışmaktadır. Yapılan çalışmada; ham yağ range değeri 1.966 olarak tespit edilmiştir(Tablo 12).

**Tablo 11.** Yapılan bazı çalışmalar ve elde edilen bazı veriler

Numune türü	Numune sayısı	Analiz	R <sup>2</sup> değeri	Referans
Yem hammaddeleri	179	Nem, HP, HS, HY, HK, NDF	0,96; 0,92; 0,95; 0,51; 0,88; 0,92	(de Boever et al. 1995)
Konsantre karma	164	KM, HP, HY, ADF, Nişasta	0,70; 0,86; 0,93; 0,82; 0,90	(Xiccato et al. 2003)
Konsantre karma	433	Nem, HK, HP, HS, HY	0,84; 0,90; 0,98; 0,97; 0,96	(Pérez-Marín et al. 2004)

(Ham protein HP, ham selüloz HS, ham yağ HY, ham kül HK, kuru madde KM, asit detejan lif ADF ve nötral deterjan lif NDF olarak gösterilmiştir.)

Bizim çalışmamızda kullanılan numunelerden toplam 898 adet spektra alınmış, bunlardan 610 adet spektra kalibrasyon setinde 288 adet spektra validasyon setinde yer bulmuştur. Validasyon setinde elde edilen validasyon seti modellerinde ortalama dışında kalan 28 adet spektra değerlendirilmemiştir. Yapılan diğer bazı çalışmalar için spektra ve numune sayıları ile tahminleme güçleri Tablo 11.' de gösterilmiştir.

Yapılan yağ kimya ham yağ analiz sonuçlarına ait bazı veriler aşağıdaki Tablo 12.'de bildirilmiştir.

**Tablo 12.** Yağ kimya analiz sonuçları ve veri analizi parametreleri

Analiz	Numune sayısı	Ortalama	Standart Hata	Standart Sapma	Min-Max	Range
Ham Yağ (%)	316	3,5456	0,049	0,8785	1,07-9,10	8,023

Bu değerlerde de görüldüğü üzere yapılan çalışmada oldukça geniş aralıkta bir veri seti mevcuttur. Bunun muhtemel nedeni farklı bölgelerde yetiştirilen farklı tarım ürünlerinin oldukça geniş varyasyonda besin maddeleri içermeleridir (Baye ve ark., 2006).

**Tablo 13.** Bölgeler ve tane mısır HY değerleri(Heuze ve Tran, 2016)

BÖLGE	HY
Avrupa	%3,1- 5,7
Orta Asya ve Kuzey Afrika	%3,8- 4,7
Doğu Afrika ve Sahraaltı	%3,5- 5,6
Kuzey Amerika	%3,2- 4,9
Orta ve Güney Amerika	%3,6- 5,2
Asya ve Avustralya	%3,2- 5,5

Yapılan çalışmada yaş kimya analizlerinden elde edilen ortalama HY değeri %3,5456'dır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde; çalışma popülasyonunu oluşturan rneklerim dünya üzerinde yapılan analizlerde elde edilen değer aralıkları içerisinde olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmada laboratuvar analizleri 316 örnek üzerinde gerçekleştirilerek 0,88 standart sapma değeri elde edilmişken; 5643 örnek üzerinde yapılan başka bir çalışmada çalışmamızla benzer şekilde oldukça yakın bir standart sapma değeri (SD=0,4) elde edilmiştir (Heuze ve Tran, 2016).

Yapılan çalışmada elde edilen spektralara pretreatment olarak birinci türev gap 2 (first derivate gap 2), standart normal varyasyon (SNV) ve çarpımsal dağılım düzeltmesi (multiplicative scatter correction, MSC) uygulanmıştır. Bu pretreatmentlerin spektraların değerlendirilmesinde yaygın biçimde kullanıldığı bildirilmiştir (Din, 2007). MSC ve SNV uygulamalarının belirlenemeyen yol uzunluğu ve ışın saçılması (path length ve light scattering) gibi donanımsal

spektrofotometri hatalarını gidermekte başarılı olduğu bildirilmiştir (Ridgway ve Chambers, 1996). Çevre ısısının değişimi, örnekleme farklılıkları, detektör hareketleri gibi dış etkenlere bağlı olarak başlangıç spektraları varyasyon gösterebilir (Cheewapramong ve Wehling, 2007). Bunun önüne geçmek ve başlangıç etkisini ortadan kaldırarak kemometrik grafiğin varyasyonlarını minimuma indirerek yanlış değerlendirme yapılmasının önüne geçmek için birinci ve ikinci türevlerin (first and second derivative) kullanılması önerilmektedir (Cheewapramong ve Wehling, 2007). Buna uygun şekilde yapılan çalışmada daha önce bildirildiği gibi gap metodu ile ikinci türev kullanılmıştır (first derivate gap 2).

Yapılan çalışmada spektraların değerlendirilmesinde kullanılan "Kısmi en küçük kareler metodu" nun (PLS), NIR kalibrasyonlarında en fonksiyonel ve yaygın metot olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Shenk ve Westerhaus, 1991). Bir regresyon çeşidi olan PLS yöntemi doğrudanlık sağlanan durumlarda iyi çalışan bir veri işleme tekniğidir (Sahni ve ark., 2004). NIR kalibrasyon çalışmalarında elde edilen regresyonlar doğrusal olduğundan diğer çalışmalarla benzer şekilde bu çalışmada da PLS yöntemi veri işleme aşamasında kullanılmıştır. Özellikle yem hammaddelerinde en iyi kalibrasyon sonucu alınması açısından PLS algoritmalarının kullanılmasının birçok yararının olduğu oldukça açık biçimde ortaya konmuştur (Cheewapramong ve Wehling, 2007).

Validasyon istatistikleri modelin tahminleme gücünü gösteren analizlerdir. NIR kalibrasyonlarında iki tür validasyon kullanımı söz konusudur: External validasyon ve cross validasyon (Burgers, 2009). Yapılan çalışmada tüm spektralar rastgele olarak iki ayrı sete ayrılmış ve iki setten birisi validasyon seti olarak kullanılmıştır (Validasyon seti, n=288).

Oluşturulan modelin tahminleme gücünün hesaplanmasında "Belirleme katsayısı ( $R^2$ )" sıklıkla kullanılır. Bu değer regresyon katsayısının (R) karesi alınarak hesaplanır (Cheewapramong ve Wehling, 2007).  $R^2$  değeri, model için değişkenlik değerinin hesaplanmasında önemlidir (Burgers, 2009).  $R^2$  değeri 0 ve 1 sayıları



arasındadır ve 1 sayısına ne kadar yakın olursa o kadar güçlü varsayılır (Draper ve Smith, 1998). Yapılan çalışmada kalibrasyon setinin R değeri 0,69 ve  $R^2$  değeri 0,49; validasyon setinin R değeri 0,59 ve  $R^2$  değeri 0,35 olarak belirlenmiştir. Orman ve Schumann (1991) öğütölmüş mısır örneklerinden yararlanarak yaptığı çalışmada oluşturulan PLSR modelinde determinasyon katsayısı  $R^2=0,76$  olarak tespit edilmişken, Tallada ve ark. (2009) tarafından NIR spektroskopi cihazı kullanılarak tane mısırdaki yağ oranını tahminlemek için geliştirilen PLSR kalibrasyon modelinde  $R^2=0,28$  olarak bulunmuştur. Bu çalışmalarda kullanılan cihaz ve tarama yapılan alanların farklılıkları nedeniyle buna benzer sonuç farklılıklarının ortaya çıkması doğal olarak beklenen bir durumdur (Orman ve Schumann, 1991). Belirleme katsayısındaki bu farklılıkların ortaya çıkışı çalışmada kullanılan mısır ırklarının, mısırın temin edildiği bölgelerin, yetiştirme yöntemlerinin ve hasat zamanlarının farklı oluşundan kaynaklanabilir.

## 5. SONUÇ

Sonuç olarak; bu çalışma ile Türkiye'nin 7 ayrı bölgesinde yetişen oldukça geniş bir ham yağ içeriği varyasyonuna sahip tane mısırlar için FT-NIR cihazında tatmin edici kalibrasyonlar şekillendirilebileceği gösterilmiştir. Bunun yanında yem maddeleri ile yapılacak kalibrasyon çalışmalarında tek bir ırk ve bölge tercih edilmesi ile daha sağlıklı kalibrasyon elde edileceği anlaşılmıştır.

## 6.ÖZET

Bu çalışmada ülkemizde ilk defa farklı bölgelerde üretilen mısır tanesinin yağ seviyesinin belirlenmesinde NIR kalibrasyonu oluşturulması hedeflenmiştir. Bu amaçla, Türkiye'nin 7 ayrı bölgesinden toplam 320 mısır numunesi toplanmıştır. Öğütülmüş numunelerin her birinden spektralar toplanmıştır. Daha sonrasında Soxhlet-Henkel referans analizleri yapılan mısır numuneleri için kalibrasyon çalışmaları yürütülmüştür. Oluşturulan kalibrasyon sonucunda kalibrasyon setinin  $r=0.6853$ ;  $r^2= 0.4696$  Standart Sapma =0.4917 şeklinde değerleri alınmış, validasyon setinden ise  $r=0.5894$ ;  $r^2= 0.3474$  Standart Sapma = 0.5142 değerleri elde edilmiştir. Kalibrasyon aralığı 1.966 olmuşken, validasyon aralığı 2.044 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak; bu çalışma ile Türkiye'nin 7 ayrı bölgesinde yetişen oldukça geniş bir ham yağ içeriği varyasyonuna sahip tane mısırlar için FT-NIR cihazında tatmin edici kalibrasyonlar şekillendirilebileceği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** NIR, Kalibrasyon, Mısır, Ham Yağ

## 7. SUMMARY

In this study, maize kernels produced in different regions of our country for the first time in NIR calibration for the determination of the oil level is targeted at the creation. For this purpose, totally 320 corn samples were obtained from 7 different regions of Turkey. After grinding, spectras were obtained from each samples. Then, samples were analyzed crude fat by Soxhlet-Henkel method. There was occurred regression parameters that is  $r=0.6853$ ;  $r^2= 0.4696$  Standart Deviation = 0.4917 for calibration sets and  $r=0.5894$ ;  $r^2= 0.3474$  Standart Deviation = 0.5142 for validation sets. Also, the range of calibration sets was calculated as 1.966 and the range of validation sets was calculated as 2.044. In conclusion, the results were shown that there are some potentials for building a satisfactory crude fat calibration on corn grain samples which was obtained from seven different regions of Turkey.

**Keywords:** NIR, Calibration, Corn, Crude Fat

## 8.KAYNAKLAR

- ALAVA, JM, MILLAR, SJ, SALMON, SE. (2001). The determination of wheat breadmaking performance and bread dough mixing time by NIR spectroscopy for high speed mixers. *Journal of Cereal Science* 33 (1): 71-81.
- ANONYMOUS. (2005). Final Report: Near Infrared Technology to Determine Manure Nutrients.
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Virginia, USA.
- ARMENTA, S., GARRIGUES, S. AND DE LA GUARDIA, M. (2007). Determination of edible oil parameters by near infrared spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 596 (2007) 330–337.
- ARMENTA, S.,GARRIGUES, S. and DE LA GUARDIA, M. (2010a). The Use of Near-Infrared Spectrometry in the Olive Oil Industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50:567–582.
- ARMENTA, S.,MOROS, J., GARRIGUES, S. and DE LA GUARDIA, M. (2010b). Determination of Olive Oil Parameters by Near Infrared Spectrometry. *Olives and Olive Oil in Health and Disease Prevention. Chapter 58.*, ISBN: 978-0-12-374420-3.
- ASKE, N, KALLEVIK, H, SJOBLUM, J. (2001). Determination of saturate, aromatic, resin, and asphaltenic (SARA) components in crude oils by means of infrared and near-infrared spectroscopy. *Energy Fuels* 15 (5): 1304-1312.
- BAKER, CW.,BARNES, R. (1990). The application of near infrared spectrometry to forage evaluation in the agricultural development and advisory service, p. 337-352. In: Feedstuff Evaluation Edit.: Wiseman J, Cole DJA. Butterworths, London
- BARBER, G.D.,GIVENS, D.I., KRIDIS, M.S., OFFER, N.W., MURRAY, I. (1990). Prediction of the organic matter digestibility of grass silage. *Animal Feed Science and Technology*., 28, 115–128
- BARTON, F.E.,WOLSINK, J.H., VEDDER, H.M. (1986). Near infrared reflectance spectroscopy of untreated and ammoniated barley straw. *Animal Feed Science and Technolgy*, 15, 189
- BARTON, II FE, SHENK, JS, WESTERHAUS, MO, FUNK, DB. (2000). The development of near infrared wheat quality models by locally weighted regressions. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 8 (3): 201-208.

- BAYE, T.M., PEARSON, T.C., SETTLES, A.M. (2006). Development of a Calibration to Predict Maize Seed Composition Using Single Kernel Near Infrared Spectroscopy. *Journal Of Cereal Science*, 236-243.
- BAYINDIR, O. (1992). Tıp öğrencileri için lipidler (ders notları). E.Ü. Tıp Fakültesi Dekanlığı Yayın Bürosu, Bornova, İzmir.
- BLAZEK, J., JIRSA, O., HRUSKOVA, M. (2005). Prediction of wheat milling characteristics by near-infrared reflectance spectroscopy. *Czech Journal of Food Sciences*, 23, 145-151.
- BURGERS, A.P. (2009). Development of Rapid Methods to Determine the Quality of Corn for Ethanol Production., Yüksek lisans tezi, Iowa Devlet Üniversitesi.
- CABULEA, I., CRISTEA, M., GRECU, C., CIORLAUS, L., FUNDUAIANU, D., HOMORODEANU, S., PETROVICI, T., POPA, G., REICHBUCH, S., RUSANUVSCHI, V., ŞTEFAN, I., TIMIRGAZIU, E. and VLADUTIU, I. (1981). Very early, early and semi-early maize hybrids for Northern Moldavia and Transylvania. *Field Crop Abstracts*, 34 (126): 838.
- CANKURT, M. (2002). Adnan Menderes Üniversitesi (ADÜ) Ziraat Fakültesi Uygulama Çiftliği'nde Tarla Bitkileri Şubesi üretim planlaması
- CARLOS, M. (2008). Discrimination of European wheat varieties using near infrared reflectance spectroscopy. *Food Chemistry* 106 (1): 386-389.
- CASALE, M., SINELLI, N., OLIVERI, P., DI EGIDIO, V. and LANTERI, S. (2010). Chemometrical Strategies For Feature Selection And Data Compression Applied To NIR And MIR Spectra Of Extra Virgin Olive Oils For Cultivar Identification. *Talanta* 80: 1832–1837.
- CEN, H., HE, Y. (2007). Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. *Trends Food Science Technology* 18 (2): 72-83.
- CHEEWAPRAMONG, P., WEHLING, R.L. (2007). Use of Near-Infrared Spectroscopy for Qualitative and Quantitative Analyses of Grains and Cereal Products. *Spectroscopy*, 169.
- CLARK, D.H., MAYLAND, H.F., LAMB, R.C. (1987). Mineral analysis of forages with near infrared reflectance spectroscopy. *Agronomy Journal*, 79, 485–490.
- ÇAKMAKÇI, S., TAHMAS KAHYAOĞLU, D. (2012). Yağ Asitlerinin Sağlık ve Beslenme Üzerine Etkileri *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 5 (2): 133-137.
- ÇETİNGÜL, İ.S., YARDIMCI, M. (2008). The Importance Of Fats In Farm Animal Nutrition. *Kocatepe Veterinary Journal* 1: 77-81.

- DARDENNE, P., ANDRIEU, J., BARRIERE, Y., BISTON, R., DEMARQUILLY, C., FEMENAI, N., LILA, M., MAUPETIT, P., RIVIERE, F., RONSIN, T. (1993). Composition and nutritive value of whole maize plants fed fresh to sheep. II. Prediction of the in vivo organic matter digestibility. *Annales De Zootechnie*, 42, 251–270
- DAVES, AMC., GRANT, A. (1987). Review: Near-Infrared Analysis of Foods. *International Journal of Food Science and Technology* 22 (3): 191-207.
- DE BOEVER, J.L., COTTYN, B.G., VANACKER, J.M., BOUCQUE, Ch.V. (1995). The Use of NIRS to Predict the Chemical Composition and the Energy Value of Compound Feeds for Cattle. *Animal Feed Science And Technology*, 51(3-4): 243-253.
- DE BOEVER, J.L., COTTYN, B.G., DE BRABANDER, D.L., VANACKER, J.M., BOUCQUE, C.V. (1997). Prediction of the feeding value of maize silages by chemical parameters, in vitro digestibility and NIRS. *Animal Feed Science and Technol*, 66, 211–222
- DEAVILLE, E.R., GIVENS, D.J. (1998). Regions of normalised near infrared reflectance spectra related to the Rumen degradation of fresh grass, grass silage and maize silage. *Animal Feed Science and Technol*, 72, 41–51
- DECRUYENAERE, V., FROIDMONT, E., BARTIAUX-THILL, N., BULDGEN, A., STILMANT, D. (2012). Faecal near-infrared reflectance spectrometry (NIRS) compared with other techniques for estimating the in vivo digestibility and dry matter intake of lactating grazing dairy cows. *Animal Feed Science and Technol*, 173(3), 220-234.
- DELWICHE, SR., GRAYBOSCH, RA., PETERSON, CJ. (1998). Predicting protein composition, biochemical properties, and dough-handling properties of hard red winter wheat flour by near-infrared reflectance. *Cereal Chemistry*, 75 (4): 412-416.
- DİNÇ, E. (2007). Kemometri: Çok Değişkenli Kalibrasyon Yöntemleri. *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 27(1): 61-92.
- DOWELL, FE., MAGHIRANG, EB., XIE, F., LOOKHART, GL., PIERCE, RO., SEABOURN, BW., BEAN, SR., WILSON, JD., CHUNG, OK. (2006). Predicting wheat quality characteristics and functionality using near-infrared spectroscopy. *Cereal Chemistry* 83 (5): 529-536.
- DRAPER, N., SMITH, H. (1998). *Applied Regression Analysis*, John&Wiley, New York.
- EMEKLİER, H. Y. (1990). Yabancı Menşeli Erkenci Mısır Çeşitlerinin Dane Verimi ve Diğer Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı*, 13:107- 119.
- ERTUGAY, MF., KOTANCILAR, HG., WEHLİNG, RL. (2007). Determination of protein, wet and dry gluten of wheat flours by near-infrared spectroscopy. 2. International Congress on Food and Nutrition: New Techniques in Food Analysis, October 24-26, 2007, Istanbul, Turkey.

- ERTUGAY, MF., BASLAR, M. (2011). Gıdaların Kalite Özelliklerinin Belirlenmesinde Yakın Kızılötesi (NIR) Spektroskopisi. *GIDA* 36 (1): 49-54.
- FAO. (2007). Food And Agriculture Organization Of The United Nations. Erişim: [<http://www.faostat.org>]. Erişim Tarihi: 01.09.2016.
- FONTAINE, J., SCHIRMER, B., HERR, J. (2002). Near-Infrared reflectance spectroscopy (NIRS) enables the fast and accurate prediction of essential amino acid contents. 2. Results for wheat, barley, corn, triticale, wheat bran/ middlings, rice bran, and sorghum. *Journal Agriculture Food Chemistry* 50 (14): 3902-3911.
- GASPARDO, B., DEL ZOTTO, S., TORELLI, E., CIVIDINO, S.R., FIRRAO, G., DELLA RICCIA, G., STEFANON, B. (2012). A Rapid Method for Detection of Fumonisin B1 and B2 in Corn Meal Using Fourier Transform Near Infrared (Ft-Nir) Spectroscopy Implemented with Integrating Sphere. *Food Chemistry*, 135(3): 1608-1612.
- GIVENS, D.I., BAKER, C.W., ZAMINE, B. (1992). Regions of normalised near infrared reflectance difference spectra related to the rumen digestion of straws. *Animal Feed Science and Technology*, 36, 1
- GOLDMAN, A., GENIZI, A., YULZARI, A., SELIGMAN, NG. (1987). Improving the reliability of the two stage in vitro assay for ruminant feed digestibility by calibration against in vivo data from a wide range of sources. *Animal Feed Science and Technology*, 18: 233-245.
- GONZALEZ-MARTIN, I., ALVAREZ-GARCIA, N., HERNANDEZ-ANDALUZ, J.L. (2006). Instantaneous Determination of Crude Proteins, Fat and Fibre in Animal Feeds Using Near Infrared Reflectance Spectroscopy Technology and a Remote Reflectance Fibre-Optic Probe. *Animal Feed Science And Technology*, 128(1-2): 165-171.
- HEUZE, V., TRAN, G. (2016). Maize Grain. Erişim: [<http://www.feedipedia.org/node/556>] Erişim Tarihi: 14.08.2016.
- HILL, J.H. (1993). How a Corn Plant Develops. *Special Reports No: 48*, Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service, Ames, Iowa.
- HOLUB, B.J. (2002). Clinical nutrition: 4. Omega-3 fatty acids in cardiovascular care. *Canadian Medical Association Journal (JMAC)* 166 (5): 608 - 615.
- HRUSKOVA, M., FAMERA, O. (2003). Prediction of wheat and flour Zeleny sedimentation value using NIR technique. *Czech Journal of Food Science*, 21 (3): 91-96.
- İŞLER, N (2009). M.K.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Ders Notu
- JIRSA, O., HRUSKOVA, M. (2005). Characteristics of fermented dough predicted by using the NIR technique. *Czech Journal of Food Science*, 23 (5): 184-189.



- KARACA, E. ve AYTAÇ, S. (2007). Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 123-131.
- KAYS, SE., BARTON, II FE. (2002). Rapid prediction of gross energy and utilizable energy in cereal food products using near-infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 50 (5): 1284-1289.
- KIRTOK, Y. (1998). Mısır Üretimi ve Kullanımı. Kocaoluk Basım ve Yayınevi. İstanbul.
- KÜN, E. (1997). Tahıllar II (Sıcak İklim Tahılları). *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1452. Ders Kitabı: 432. Ankara.
- MIRALBES, C. (2004). Quality control in the milling industry using near infrared transmittance spectroscopy. *Food Chemistry*, 88 (4): 621-628.
- NI, YN., ZHANG, GW., KOKOT, S. (2005). Simultaneous spectrophotometric determination of maltol, ethyl maltol, vanillin and ethyl vanillin in foods by multivariate calibration and artificial neural networks. *Food Chemistry*, 89 (3): 465-473.
- NORRIS, K.H., HART, J.R. (1965). Direct spectrophotometric determination of moisture content of grain and seeds. *Proceedings 1963 International Symposium on Humidity and Moisture*, 4: 19-25
- NORRIS, K.H., BARNES, R.F., MOORE, J.E., SHENK, J.S. (1976). Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Animal Science*, 43, 889-897
- ORMAN, B.A., SCHUMANN, R.A. (1991). Comparison of Near-Infrared Spectroscopy Calibration Methods for the Prediction of Protein, Oil, and Starch in Maize Grain. *Journal Of Agricultural And Food Chemistry*, 39(5): 883-886.
- OSBORNE, BG., FEARN, T. (1983). Collaborative evaluation of universal calibrations for the measurement of protein and moisture in flour by near infrared reflectance. *International Journal Food Science and Technology*, 18 (4): 453-460.
- OSBORNE, BG., FEARN, T. (1986). Near-infrared spectroscopy in food analysis. *Longman Scientific and Technical*, Harlow, UK.
- OSBORNE, BG., FEARN, T., HINDLE P.H. (1993). Theory of near infrared spectrophotometry. *Practical NIR spectroscopy with applications in food and beverage analysis*: 13-35.
- OSBORNE, BG., DOUGLAS, S. (2006). Measurement of the degree of starch damage in flour by near infrared reflectance analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32 (4): 328 - 332.

- ÖZCAN, S. (2009). Modern Dünyanın Vazgeçilmez Bitkisi Mısır: Genetiği Değiştirilmiş (Transgenik) Mısırın Tarımsal Üretime Katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 2(2): 01-34, 2009
- ÖZDOĞAN, M., SARI, M. (2001). Kanatlı Rasyonlarına Yağ Katkısı
- ÖZEN N., HASİMOĞLU S., ÇAKIR A., AKSOY A. (2009). Yemler Bilgisi ve Yem Teknolojisi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum
- PARK, R.S., GORDON, F.J., AGNEW, R.E., BARNES, R.J., 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*, 55:165-177.
- PEIRS, A., TIRRY, J., VERLINDEN, B., DARIUS, P., NICOLAI (2003). Effect of Biological Variability on the Robustness of Nir Models for Soluble Solids Content of Apples. *Postharvest Biology And Technology*, 28(2): 269–280.
- PEREIRA, A.F.C., COELHO PONTES, M.J., GAMBARRA NETO, F.F., BEZERRA SANTOS, S.R., HARROP GALVA, R.K. and UGULİNOARAUJO, M.C. (2008). NIR spectrometric determination of quality parameters in vegetable oils using iPLS and variable selection. *Food Research International*, 41 (2008) 341–348.
- PÉREZ-MARÍN, D.C., GARRIDO-VARO, A., GUERRERO-GINEL, J.E., GOMEZ-CABRERA, A. (2004). Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (Nirs) for the Mandatory Labelling of Compound Feedingstuffs: Chemical Composition and Open-Declaration. *Animal Feed Science And Technology*, 116(3-4): 333–349.
- PETROVICI, T. (1977). Experimental results with maize hybrids at the Podu-Iloaiei Station. *Field Crop Abstracts*. 30 (27):155.
- REDSHAW, E.S., MATHISON, G.W., MILLIGAN, L.P., WEISENBURGER, R.D. (1986). Near infrared reflectance spectroscopy for predicting forage composition and voluntary consumption and digestibility in cattle and sheep. *Canadian Journal of Animal Science*, 66, 103–115.
- REEVES, J.B.I., D'MELLO, J.P.F. (2000). Farm Animal Metabolism and Nutrition. CABI International Press, Oxford.
- RIDGWAY, C., CHAMBERS, J. (1996). Detection of External and Internal Insect Infestation in Wheat by Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. *Journal Of The Science Of Food And Agriculture*, 71: 251-264.
- RODRIGUEZ-SAONA, L.E., KHAMBATY, F.M., FRY, F.S., DUBOIS, J., CALVEY, E.M. (2004). Detection and Identification of Bacteria In A Juice Matrix with Fourier Transform-Near Infrared Spectroscopy and Multivariate Analysis. *Journal Of Food Protection*, 67(11): 2555-2559.
- SAHNI, N., ISAKSSON, T., NAES, T. (2004). In-Line Near Infrared Spectroscopy for Use In Product and Process Monitoring in the Food Industry. *Journal Of Near Infrared Spectroscopy*, 12(1): 77.

- SEMMA, M. (2002). Trans fatty acids: Properties, benefits and risks. *Journal of Health Sciences*, 48 (1):7–13.
- SIRIEIX, A., DOWNEY, G. (1993). Commercial wheat flour authentication by discriminant analysis of near infrared reflectance spectra. *Journal Near Infrared Spectroscopy 1* (4): 187-197.
- SHENK, J.S., WESTERHAUS, M.O. (1985). Accuracy of NIRS instruments to analyse forage and grain. *Crop Science* 25, 1120–1122
- SHENK, J.S., WESTERHAUS, M.O. (1991). Population Definition, Sample Selection, and Calibration Procedures for Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Crop Science*, 31(2): 469.
- SHENK, J. S. (1992). *Networking and calibration transfer*, In: Making Light Work: Advances in Near Infrared Spectroscopy, Edit.: Murray I, Cowe IA. Ian Michael Publications, p. 223-228. Chichester
- SINELLI N., CASALE M., OLIVERI P., DI EGIDIO V., BASSI D., TURA D. And CASIRAGHI E. (2010). Varietal Discrimination Of Extra Virgin Olive Oils By Near And Mid Infrared Spectroscopy. *Food Research International* 43: 2126–2131.
- SMITH, K.F., FLINN, F.C. (1991). Monitoring the performance of a broad-based calibration for measuring the nutritive value of two independent populations of pasture using near infrared reflectance (NIR) spectroscopy. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 31: 205-210.
- STUTH, J., JAMA, A., TOLLESON, D. (2003). Direct and Indirect Means of Predicting Forage Quality through Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Field Crops Research*, 84: 45-56
- TALLADA J.G., PALECIOS-ROJAS N., ARMSTRONG P.R. (2009). Prediction Of Maize Seed Attridrates Using A Rapid Single Cernel Near İnfrared İnsrument. *Journal Of Cereal Science* 50: 381-387.
- TEKKANAT, A., SOYLU, S. (2005). Cin Mısır Çeşitlerinin Tane Verimi ve Önemli Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(37): 51-50.
- TELEFONCU, A. (1992). Biyokimya. Sermet Matbaası. Kırklareli
- THERMO SCIENTIFIC. (2006). Advantages of Fourier-Transform Near-Infrared Spectroscopy. hermo Electron Scientific Instruments LLC, Madison, WI USA Erişim: [<http://www.nicoletcz.cz/userfiles/file/ruzne/FourierTransformNIR.pdf>]. Erişim Tarihi: 15.10.2016
- TMO. (2014). Hububat Sektör Raporu. Erişim: [<http://www.tmo.gov.tr/upload/document/raporlar/hububatsektorraporu.pdf>]. Erişim Tarihi: 01.09.2016

- TUİK (2016). Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim : [<http://www.tuik.gov.tr>]. Erişim Tarihi: 01.09.2016
- TUNCER, Ş.D. (2011) Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi, Bölüm 3.1., Tane Yemler, Pozitif Matbaacılık, Ankara
- VARTANLI, S., EMEKLİER, H.Y. (2007). Ankara Koşullarında Hibrit Mısır Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(3): 195-202.
- WHITE, P.J., JOHNSAN, L.A. (2003). Corn Chemistry and Technology. *American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA*
- WILLIAMS, P.C., SOBERING, D. (1993). Comparison of commercial near infrared transmittance and reflectance instruments for analysis of whole grains and seeds. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 1: 25-32.
- WU, D., CHEN, X., SHI, P., WANG, S., FENG, F. AND HE, Y. (2009). Determination of linolenic acid and Linoleic Acid In Edible Oils Using Near-Infrared Spectroscopy Improved By Wavelet Transform And Uninformative Variable Elimination. *Analytica Chimica Acta 634* (2009) 166–171.
- XICCATO, G., TROCINO, A., DE BOEVER, J.L., MAERTENS, L., CARABANO, R., PASCUAL, J.J., PEREZ, J.M., GIDENNE, T. (2003). Prediction of Chemical Composition, Nutritive Value and Ingredient Composition of European Compound Feeds for Rabbits by Near Infrared Reflectance Spectroscopy (Nirs). *Animal Feed Science And Technology*, 104(1-4): 153-168.
- XIE, F., DOWELL, FE., SUN, XS. (2003). Comparison of near-infrared reflectance spectroscopy and texture analyzer for measuring wheat bread changes in storage. *Cereal Chem 80* (1): 25-29.
- YAN, Y.L., ZHAO, L.L., HAN, D.H. AND YANG, S.M. (2005). The Foundation And Application Of Near-Infrared Spectroscopy Analysis. *China Light Industry Press, Beijing. pp. 3-7, 98-120.*
- YANG, H., IRUDAYARAJ J., PARADKAR M. M. (2005). Discriminant Analysis Of Edible Oils And Fats by FTIR, FT- NIR And FT-Raman Spectroscopy. *Food Chemistry. 93*: 25–32.
- YETİM, H. (2002). Enstrümantal Gıda Analizleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Erzurum.
- YILDIZ TİRYAKİ, G. (2006). NIR spektroskopisinin hububatlar ve hububat ürünlerinin kalite kontrolünde kullanımı. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongresi*, 7-8 Eylül, Gaziantep.
- YILMAZ, E. ve ÖĞÜTCÜ, M. (2015). Yakın kızılötesi spektroskopisi (NIR) tekniğinin yemeklik yağ sektöründeki kullanımları.