

T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MISIR TANESİNİN KONSANTRE YEMLERDE MİKTARININ TESPİTİNE
YÖNELİK NIR KALİBRASYONU OLUŞTURULMASI**

**Veteriner Hekim
Mutlu YILDIRIM**

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

DANIŞMAN
Prof. Dr. İsmail BAYRAM

**Bu Tez Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu
tarafından 16.SAĞ.BİL.17 proje numarası ile desteklenmiştir.**

Tez No: 2019-038

2019-AFYONKARAHİSAR

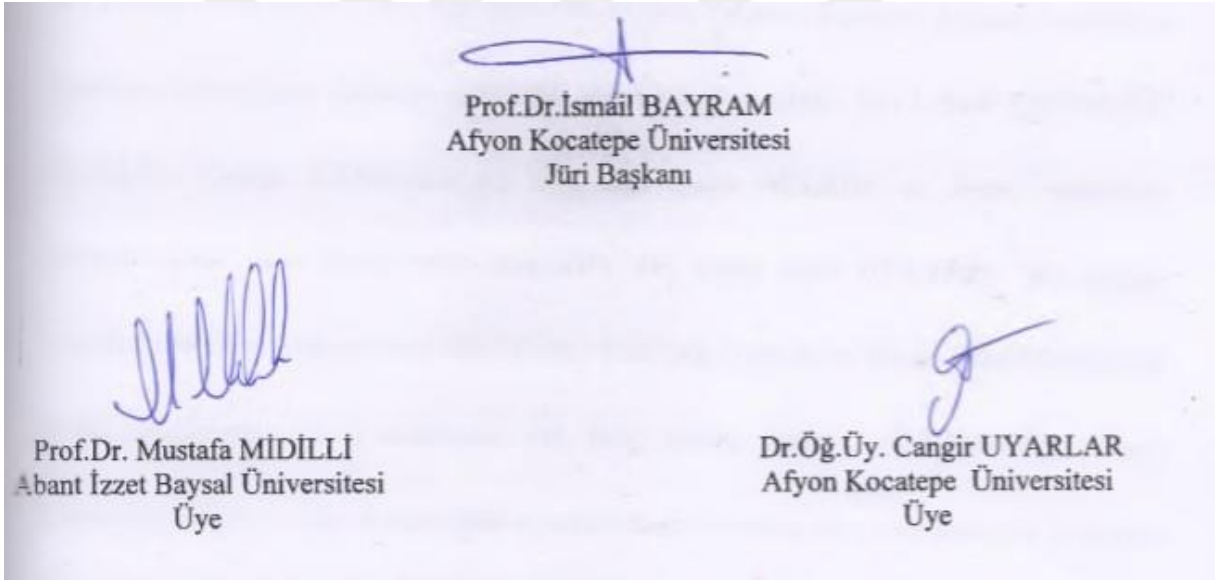
KABUL ve ONAY SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Tezli Yüksek Lisans Programı

çerçevesinde yürütülmüş bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından
Yükseklisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: ---.---.2019



Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi Mutlu Yıldırım' ın "**Mısır Tanesinin Konsantre Yemlerde Miktarının Tesbitine Yönelik NIR Kalibrasyonu Oluşturulması**" başlıklı tezi ---.---.2019 günü saat --- ' da Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Esmâ KOZAN
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bana bu çalışma boyunca destek veren başta danışman hocam **Prof. Dr. İsmail BAYRAM** olmak üzere Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı'ndaki diğer hocalarım **Doç. Dr. İ. Sadi ÇETİNGÜL**, **Dr.Öğ.Üy. Cangir UYARLAR** ve **Doç. Dr. Tuba BÜLBÜL'** e; deney aşamasının yürütülmesinde bana destek veren **Arş. Grv. Dr. Eyüp Eren GÜLTEPE'** ye; çalışma boyunca desteğini esirgemeyen başta Eşim **Vet. Sağ. Teknikeri Dilek YILDIRIM** olmak üzere tüm ailem'e ve iş arkadaşım Vet. Hek. Furkan Bekir TANRIVERDİ'ye; örnek toplamada yardımcı olan **Aamir Iqbal'e** çalışmalarım boyunca her türlü kolaylığı sağlayan, çalışmama katkıda bulunan tüm proje arkadaşlarıma ve meslektaşlarıma sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Kabul ve Onay.....	ii
<u>ÖNSÖZ.....</u>	<u>iii</u>
İÇİNDEKİLER.....	iv
<u>TABLolar DİZİNİ</u>	<u>v</u>
<u>GRAFİKLER DİZİNİ.....</u>	<u>vi</u>
<u>SİMGELER ve KISALTMALAR.....</u>	<u>vii</u>
<u>1.GİRİŞ.....</u>	<u>1</u>
<u>1.1.MISIR.....</u>	<u>1</u>
<u>1.1.1.Mısır Hasılıının Kimyasal Yapısı.....</u>	<u>3</u>
<u>1.1.2.Silaj Boyutu.....</u>	<u>4</u>
<u>1.1.3.Tane analizlerinde NIR (Near Infraret Reflectance) Yönteminin Kullanımı.....</u>	<u>5</u>
<u>1.1.4.FT-NIR Teknolojisinin Kullanımıyla Mısırın nalizi</u>	<u>5</u>
<u>2.GEREC VE YÖNTEM</u>	<u>9</u>
<u>2.1. Kalibrasyonların Oluşturulması, Veri Analizi Ve Kemometrik Analizler</u>	<u>10</u>
<u>3.BULGULAR</u>	<u>15</u>
<u>4.TARTIŞMA</u>	<u>19</u>
<u>5.SONUÇ.....</u>	<u>22</u>
<u>6.ÖZET</u>	<u>23</u>
<u>7.SUMMARY.....</u>	<u>25</u>
<u>8.KAYNAKLAR.....</u>	<u>26</u>

TABLULAR DİZİNİ

SAYFA

Tablo.1	Mısırın Besin Değerleri	2
Tablo.2	Yem Hammaddeleri	9
Tablo.3	Rasyonlar 1	11
Tablo.4	Rasyonlar 2	12
Tablo.5	Rasyonlar 3	13
Tablo.6	Rasyonlar 4	14
Tablo.7	Değerler Tablosu 1	21
Tablo.8	Değerler Tablosu 2	21

GRAFİKLER DİZİNİ

SAYFA

GRAFİK.1 Normalizasyon Uygulanmış Spektrö Seti

15

GRAFİK.2 Tahminleme Rezidüal Hatasının kareleri

16

GRAFİK.3 Kalibrasyon Setinin Tutarlılık Analizleri

17

GRAFİK.4 Kalibrasyon Validasyon Seti Modelleri

18



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
±	Artı-eksi

Kısaltmalar

NFC	Yakın Alan İletişimi
ADF	Asit Deterjan Fiber
DDGS	Kurutulmuş Damıtık Tahıl Çözünürleri
PCR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
ph	Power Of Hidrojen(Hidrojenin Gücü)
nm	Nanometre
IR	Kızılötesi Spektrofotometre
mcal	milikalori
kg	Kilogram
mm	Milimetre
CH	Karbon Hidrojen Bileşiği
HP	Ham Protein
KM	Kuru Madde
NDF	Nötral Deterjan Fiber
NFC	Selüloz Olmayan Karbonhidrat
FT-NIR	Near İnfraret Spektroskop(Yakın Kızılötesi Yansıma)
P	Fosfor
Ca	Kalsiyum
ME	Metabolik Enerji
TMR	Toplam Rasyon
AÇK	Ayçiçek Küspesi
TDN	Toplam Sindirilebilir Besin Maddeleri
NEm	Yaşama Payı İçin Net Enerji
NEg	Verim Payı İçin Net Enerji
OH	Oksijen Hidrojen Bağı
NH	Azot Hidrojen Bağı

1.GİRİŞ

Ülkemizde yem fabrikalarında üretilen ticari konsantre yem karmalarında yem hammaddelerinin bilgisayarda hazırlanan rasyonlara göre hangi ölçüde karıştığını veya karışımın tam olarak yapıp yapılmadığının tesbit edilmesinde halihazırda kullanılan metotlar ile karışıma giren yem hammaddeleri kesin olarak tespit edilememektedir. Bu durum üretilen yemlerin kalitesinin tam olarak belirlenmesini güçleştirmektedir. Yem sanayiisi gelişmiş ülkelerde formülasyonlara göre üretilen karma yemlerde kalite sorgulaması karma içine giren hammaddelerin hangi yem hammaddelerinden oluştuğu yönünde sorgulamadan daha ziyade yemin besin maddeleri içeriğinin yem kanunlarına ve hayvanların fizyolojik ihtiyaçlarına göre hazırlanıp hazırlanmadığı yönündedir. Karışımlar içine giren yem hammaddeler içerisinde taşıdığı ürün taraması şeklinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu durum daha ziyade gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerin sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.1.MISIR

Diğer bir adıyla Hint mısırı olan Mısır; (*Zea mays*), veya “maize”, ot familyasının (*Poaceae*) yenebilir tanelerinin tahıl bitkisi olarak isimlendirilmektedir. Mısır tahılının kökeni Amerika kıtasına dayanır ve dünyada en çok dağıtımı gerçekleştirilen tahıllardan biridir. Mısır, çiftlik hayvanlarının beslenmesinde, insan gıdası olarak, biyo- yakıt olarak ve yem endüstrisinde ham materyal olarak kullanılır. Amerika Birleşik Devletleri’nde, Hint mısırı olarak bilinen rengârenk türleri geleneksel olarak sonbahar hasat dekorasyonlarında kullanılır. Mısır, ilk olarak Meksika’daki yerel halk tarafından 10.000 yıl önce evcilleştirilmiştir. Amerikan yerlileri Avrupalı yerleşimcilere bu yöreye özgü taneleri yetiştirmeyi öğrettiler ve Cristof Kolomb ve diğer kâşifler tarafından Avrupa’ya götürülüp yaygınlaştırılmasından beri mısır, dünya üzerinde yetişebileceği bütün topraklara yayılmıştır. Kanada ve Rusya’da 58 Kuzey enleminden Güney Amerika’da 40 Güney enlemine kadar, neredeyse yılın her ayı dünyanın bir yerinde, mısır yetiştirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri’ndeki en önemli tahıl olmakla beraber dünyanın birçok yerinde temel gıda maddesidir (Anonim,2019a).

Tablo 1. Mısırın Besin Değerleri

Enerji	
TDN (%)	87.6
NEm (Mcal/kg)	2.17
NEg (Mcal/kg)	1.49
Protein	
Ham protein (%)	8.8
Parçalanamayan protein (HP'nin yüzdesi)	65.3
Selüloz	
Nötral deterjan fiber (%)	9.7
Asit deterjan fiber(%)	3.6

(Anonim,2019b)

Tane ve koçanlarını da içeren yeşil mısır hasılından yapılan silajı; sığırlar ve süt inekleri için bir enerji ve lif kaynağı olarak kullanılmaktadır (Borreani ve Tabacco, 2010; Bernardes, 2012). Bu durum, hayvanların performanslarını etkilemeden, rasyonlarındaki konsantre yem miktarını azaltmak adına silajın besin değerini arttırmanın gerekli olduğunu akla getirmektedir. Silajın kalitesi, birtakım faktörlere bağlıdır. Jobim ve Nussio (2014), silaj kalitesini etkileyen en önemli faktörün mısır türünün kalitesi olduğunu bildirmektedirler. Mısır tahılının genetiğinde olan etmenlere rağmen, silodan çözünebilir besin maddesi kaybını ve mikotoksin üretiminden sorumlu mantar gelişimini engellemek adına silajın doğru bir şekilde yalıtılmış olduğundan emin olmak önemlidir. Mısır silajının besin değeri; mısırın türüne, tahılın yoğunluğuna, yetiştirme koşullarına, olgunlaşma derecesine, hasat edilirken tahılın nemine ve silolanma koşullarına bağlıdır (Satter ve Reis, 2012).

Mısırın ortalama tane boyutu ve yoğunluğu gibi fiziksel özellikler ve fermantasyon tipi silaj yeminin kalitesini belirleyen en önemli etmenlerdendir. Yüksek ortalamalı tane boyutundan dolayı üretilen düşük yoğunluklu silaj; çözünebilir karbonhidratlara, organik asitlerin az üretimine ve sonuçta yüksek pH seviyesine sebebiyet verir (McDonald ve ark. 1991). Tanelerin düşük yoğunluğu ayrıca silolan mısırdaki daha yüksek gözenekliliğe ve hava geçirgenliğine yol açar; bu durum daha düşük bir anaerobik ortam sağlar ve silonun açılması sırasında daha çok kayıpla sonuçlanır (Jobim ve ark. 2007).

Tahıl yetiştirme, silolama dizaynı ve silo boşaltma sırasında yetersiz yönetim yöntemlerinin uygulanması düşük kaliteli silaja, mantara ve buna bağlı mikotoksinlerin gelişimine yol açabilir. Evcil hayvanlarda östrojenik etkiler göstererek düşük süt üretimine, östrus tekrarına, gebe kalma oranını düşürmeye ve düşük yapmaya yol açtığından dolayı aflatoksinler ve zearalenonlar için ayrı bir parantez açılması gerekir (Sassahara ve ark. 2003).

Mısır bitkisi iki kısımdan oluşur. Tane ve sap, yaprak ve koçandan oluşan kaba yem kısmıdır. Tane dışında ikinci kısmı oluşturan kaba yem bölümü mısır silajındaki toplam kuru ağırlık (KM) içeriğinin %50'sine tekabül edebilir (Hunt ve ark. 1992; Balasko ve Nelson, 2003). Bitkinin olgunlaşmasıyla birlikte kaba yem kısmındaki kuru ağırlık içeriği artar (Tolera ve ark. 1998). Sap kısmı kapsamında, lignin, selüloz ve hemiselülozu en çok bulunduran kısmıdır ve bu yüzden kaba yem kısmının kimyasal bileşimini etkileyen en önemli kısım (Tolera ve Sundstøl, 1999; Masoero ve ark. 2006). Kaba yem kısmında artan sap oranından dolayı bitkinin daha fazla olgunlaşmayla birlikte kaba yem kısmının nötral deterjan fiber (NDF), hemiselüloz, selüloz ve lignin içeriği artar (Tolera ve ark. 1998; Tolera ve Sundstøl, 1999).

1.1.1.Mısır Hasılının Kimyasal Yapısı

Bir çok çalışma, mısır bitkisinin hamur safhasından olgunlaşma safhasına doğru KM ve nişasta içeriklerinde bir artış olduğunu bildirmiştir (Colovos ve ark. 1970; Giardini ve ark. 1976a; Di Marco ve ark. 2002; Fernandez ve ark. 2004; Masoero ve ark. 2006). Mısır bitkisi olgunlaştıkça, taneler toplam nişasta içeriğinin artmasına neden olan nişasta ile doldurulur (Huber ve ark. 1965). Öte yandan, nötral deterjan fiber (NDF), asit deterjan fiber (ADF) ve lignin içerikleri, mısır bitkisinin olgunlaşması sırasında sıklıkla bir düşüş eğilimi gösterir (Huber ve ark. 1965; Gordon ve ark. 1968; Giardini ve ark. 1976a; Di Marco ve ark. 2002; Fernandez ve ark. 2004). Lif içeriğindeki düşüş ve nişasta içeriğindeki artış, bitkide tane oranının artmasıyla ilişkilidir (Fernandez ve ark. 2004).

1.1.2 Mısırın Silaj Boyutu

Yapılan bir çalışmada (Cozzi ve ark. 2005), limuzin sığırlarına (425.9 + 22 kg); düşük nemli mısır silajı (%44.9 KM), yüksek nemli mısır (%16.9), mısır küspesi (%15.2), soya fasulyesi küspesi (%13.0), buğday kepeği (%4.7) ve kurutulmuş pancar posasından (%3.5) oluşan bir yem karışımı (TMR) verilmiştir. Rasyon, %50.6 oranında KM içeriğine; mısır silajı ise 19 mm doğrama uzunluğuna sahiptir. Yem verilmesinden sekiz saat sonra kalan yemden alınan yem örnekleri, verilen yem karışımındaki (TMR) kimyasal ve fiziksel bileşikle benzerlik göstermiş ve hayvanların herhangi bir seçme etkinliği göstermediğini ortaya koymuştur. On altı saat sonra, 8 mm ve 19 mm'den büyük tanecikler için bir seçim görülse de bu seçim istatistiksel olarak belirgin değildi. Daha iri tanecikler için görülen bu seçme etkinliği, kalan yemlerdeki NDF'de belirgin bir düşüş ve lifsiz karbonhidratlarda (NFC) bir artış gösteren, kalan yemlerin kimyasal analizi tarafından desteklenmiştir. On yedi saatin ardından kalan yemlerin kimyasal veya fiziksel bileşiklerinde başka bir değişiklik görülmemiştir. Araştırmacılar sığırların yeterli selüloz alımı ihtiyacını karşılamak adına daha iri doğranmış mısır silajlarına eğilim gösterebilecekleri sonucuna varmışlardır (Cozzi ve ark. 2005).

Tahıl hasıllarından yapılan silaj, mısır hasılı silajı kadar heterojeniktir ve bitkinin hasattaki kimyasal bileşiği, mısır hasılında olduğu gibi silajın kalitesini etkiler. İsveç'te yapılan bir çalışmada, arpa hasılına hasatında hem tanecik boyutunun hem de olgunlaşma aşamasının etkisi incelenmiştir (Sahlin, 2006). Araştırma, süt sığırları (350 kg) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sığırlara dört farklı arpa hasılı silajı verilmiştir. Silajlar sırasıyla; A: Çimlenme zamanı hasat edilmiş ve doğranmış (%35.67 KM, 2 cm), B: çimlenme zamanı hasat edilmiş ve uzun (%37 KM, 70.6 cm), C: hamur aşamasındayken hasat edilmiş ve doğranmış (%41.73 kuru ağırlık, 2 cm) ve D: hamur aşamasındayken hasat edilmiş ve uzun (%41.61 kuru ağırlık, 66.1 cm) şekliyle gruplara verilmiştir. Ayrıca her hayvana günlük 0.6 kg soya küspesi verilmiştir. Her iki olgunlaşma zamanındaki (çimlenme ve hamur), silajlar verildiğinde seçme etkinliği uzun taneciklerden (> 19 mm) yanaydı. İnekler doğranmış silajlarla beslendiklerinde ise seçme etkinliği kısa taneciklerden yanaydı (< 8 mm). Araştırmada, uzun silajdan ziyade doğranmış silajda daha çok seçme eğilimi olduğu kanısına varılmıştır. Bu durum, muhtemelen yemlikteki doğranmış silajın daha kolay dağıtımıyla birlikte keskin kısımları ayırmanın daha kolay olmasından kaynaklandığı şeklinde olduğu rapor edilmiştir. Bu sonuç aynı zamanda sığırların, NDF içeriği düşük ve nişasta içeriği yüksek tanecikleri seçtiklerini göstermektedir (Sahlin, 2006).

1.1.3. Tane Analizlerinde NIR (Near İnfrared Reflectance:Yakın Kızılötesi Yansımaları) Yönteminin Kullanımı

Yakın kızılötesi yansıma (NIR), en çok gıda ve tarımsal endüstrilerle ilgili biyolojik uygulamalarda kullanılmaktadır. Asgari miktarda numune ile gerçekleştirilebildiğinden (örn. numuneye ön işlem gerektirmemesi), fiziksel ve kimyasal özellikler hakkında bilgi verebildiğinden, test numunesinin hasar görmesini veya yok olmasını gerektirmediğinden ve kolayca kullanılabilirdiğinden analitik bir teknik olarak popülaritesi 1960'lerde hızla artmıştır. (Blanco ve Bano, 1998; Tikuisis ve ark. 1993). Bu faktörler günümüzde NIR teknolojisini tarım, gıda, ilaç ve biyolojik sistemler geniş alanlarda kullanılmasını teşvik etmektedir.

NIR yönteminde, spektral verilerin kantitatif analizleri, bir dizi standart numune ile bir kalibrasyon adımı gerektirir (Blanco ve Bano, 1998). Daha önce tahıl kalitesi ve işleme analizleri ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır. İşlenmiş mısır ekmeği içindeki nişasta varyeteleri FT-NIR kullanılarak analiz edilmiştir (Garcia-Rosas ve ark., 2009). Mısır, buğday ve patates gibi çeşitli bitkilerden çıkan ruminant sindirimi için dirençli nişastalar, 98 numuneyi içeren bir modelde bir $R^2 = 0.995$ ile orta IR spektroskopisi kullanılarak modellenmiştir (Uden, 2009).

Kuru öğütülmüş etanol işleminden gelen hidrolizatlardaki, şeker konsantrasyonları FT-NIR ile % 5'ten daha az hatayla ölçülmüştür (Blanco ve Bano, 2003). Mısırdan elde edilen DDGS'in besin maddesi miktarları FT-NIR ile analiz edilmiştir. Bu yöntemle DDGS'in nişasta değeri için, $R^2 = 0.81$ iken, protein için $R^2 = 0.88$ ve nem için $R^2=0.87$ olarak bulunmuştur (Paulsen ve ark. 2010). Başka bir çalışmada, mısır tanesinde protein, nişasta ve yağ miktarlarını tahminlemek için FT-NIR yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada nişasta değerleri en düşük korelasyon değerlerini göstermiş, kalibrasyon için $R^2 = 0.86$ ve validasyon için $R^2=0.89$ olarak tesbit edilmiştir (Jiang et al., 2007).

Mısırın yaş öğütme işlemiyle elde edilen ürününde mısır nişastası tespiti için kalibrasyon değeri için $R^2 = 0.8$ olarak bulunmuştur (Paulsen ve ark. 2004). FT-NIR, nişasta içeriğini ölçmek için kullanılmasına rağmen, nişasta türleri arasındaki farklılıklar tam olarak araştırılmamıştır.

1.1.4.FT-NIR Teknolojisinin Kullanımıyla Mısırın Analizi

Yakın Kızılötesi spektroskopisi(NIR), tarım ve gıda ürünleri gibi organik maddelerin kalitatif ve kantitatif analizleri için hızlı ve tahribatsız bir teknik olarak kullanılır. Çünkü

fonksiyonel grupların, esas olarak germe ve bükülme titreşimlerini içeren organik bileşiklerdeki moleküler titreşimleri CH, OH ve NH gibi hidrojen bağları arasında, kendine özgü üst tonlara sahiptir. NIR spektrumu kombinasyon bantları, 780 nm ila 2500 nm, absorpsiyon aralıklarına sahiptir. Başka bir deyişle, bu bölgedeki spektral absorpsiyon özellikleri mevcut organik bileşiklerle yakından ilgilidir. Bu nedenle, organik maddenin NIR spektroskopisi, belirli dalga boylarının emme yoğunluklarına göre çeşitli özellikleri analiz etmek için kullanılabilir (Lohumi, 2015). İlk olarak 1960'larda, tohum çekirdeklerinin nem içeriğini ölçmek için (Norris ve ark. 1965) tarafından NIR yönteminden başarılı bir şekilde yararlanıldığından beri, tahıl tohumlarının kalitesini saptamak için NIR yöntemi kullanılarak birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmalarda, nem, protein, yağ, nişasta, aminoasitler ve yağ asitlerinin kantitatif olarak analizleri yapılmıştır. Ayrıca besin maddesi içeriklerinin yanı sıra sertlik, böcek enfeksiyon, küf ve toksin enfeksiyonu gibi spesifik özellikler de çeşitli tohumlarda çalışılmıştır (Agelet, 2014; Huang, 2015; Rahman ve ark. 2016).

Son on yılda mevcut cihaz ve analitik yöntemlerin geliştirilmesiyle, bazı araştırmacılar kendilerini NIR spektroskopisi kullanarak tohum canlılığını tespit etmeye adanmıştır (Rahman ve ark. 2016). Tahıl tohumlarında (Min, 2008; Agelet, 2012; Ambrose, 2016; Jia, 2016; Kusumaningrum, 2017), sebzelerde (Lee, 2017; Ahn, 2012; Kim ve ark. 2013; Shrestha, 2016; Mo ve ark. 2014; Seo ve ark. 2016) ve meyvelerde (Lohumi ve ark. 2013; Bae ve ark. 2016; Kandpal ve ark. 2016) başarılı bir şekilde NIR spektroskopisi tekniği, canlı tohumları ayırt etmek için kullanılmıştır. Süper tatlı mısır tohumu canlılığı tespiti için NIR spektroskopisinin kullanımı ile ilgili bugüne kadar yapılmış araştırmalara rastlanılamamıştır.

Yüksek enerji ve besin değerinden dolayı mısır, dünyada en çok üretilen tahıldır. Geçtiğimiz yıllarda dünyada mısır üretimi 780 milyon tona ulaşmıştır (Özcan, 2009). NIRS teknolojisi, 400-2500 nm dalga boyu aralığındaki elektromanyetik radyasyonun emilimi üzerine kızılötesine yakın yansıma yöntemidir. Cihaza önceden kalibre edilmiş ham besin materyallerinin besin değerleri belirlenir ve ham besin materyallerinin analizinde kullanılır. Daha sonra gıda maddelerinin besin maddesi değerleri hızlıca saptanır. Yem karışımındaki hammadelerin değerlerini bilmek direkt olarak yem karışımının doğruluğunu etkiler. Fazla miktarda kimyasal madde kullanımına gerek duymadan besin değerlerinin değerlerini saptamayı hızlı ve güvenilir kılan cihazlara ve teknolojilere olan eğilim istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Günümüzde, geleneksel ıslak kimyasal analizlerin yerini alması için hızlı sonuçlar veren kızılötesine yakın (NIR) cihazlar yaygınlaşmaktadır (Cen ve He 2007). Dünyada NIR cihazı ilk kez tahılların içinde bulundurduğu nem miktarını saptamak için kullanılmıştır (Osborne ve Fearn 1986).

NIR cihazı; protein, yağ, karbonhidrat, nem ve kül gibi besin maddelerinin analizinde kullanılan bir yöntemdir (Osborne ve Fearn 1983). NIR teknolojisi ayrıca endüstriyel gıdalardaki aminoasitleri saptamada da kullanılabilir (Gonzalez-Martin ve ark. 2006).

NIR cihazını kullanarak, mısırdaki yapılan bir çok analiz sonucunda elde edilen sonuçların güvenilirliği artmıştır (Jarvis ve Walker, 1993). NIR teknolojisi aynı zamanda hayvan yemlerindeki tokoferol miktarını saptamada da kullanılmıştır (Gonzalez-Martin ve ark. 2006). Yabancı ülkelere ait kalibrasyonların kullanımı yüzünden, Türkiye’de üretilen ham besin materyallerinin besin değeri yanıltıcı sonuçlar vermektedir. Bu durum yem karışımı hesaplamalarında hatalara sebep olmaktadır (Güngör ve ark. 2007). NIR cihazında, R^2 değeri referans değeri olarak görülmektedir. 0.95’in üzerindeki R^2 değerleri oldukça iyi sonuçlar olarak sayılırken, 0.90 ve 0.95 arası orta ve 0.90’ın altındaki değerler kötü sonuçlar olarak sayılmaktadır. Standart hata payları içinse, 0.3-0.5 değerleri oldukça iyi, 1-1.5 değerleri orta ve 2-3 değerleri kötü olarak görülmektedir (Shenk ve ark. 2003).

Buğday, arpa, çavdar ve mısır tanelerinde büyük miktarda nişasta bulunmaktadır. Yüksek süt verimli ineklerin beslenmesinde enerji ihtiyaçlarının dengelenebilmesi için rasyonlarda bol miktarda bu tahıllardan kullanılmaktadır. Süt ineklerinin rasyonlarında ideal nişasta miktarı genellikle kuru maddede %25-30 düzeyindedir (Dryden, 2008). Campbell ve ark. (1999), NIR cihazıyla mısırdaki nişasta ve amiloz içeriğini tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, araştırmacılar, NIR yöntemi ile mısırdan nişasta ve amiloz içeriğini yaklaşık olarak belirlenebileceğini göstermişlerdir.

NIR cihazı yardımıyla mısırın protein, nişasta ve yağ içeriğini belirlemek için yapılan bir çalışmada (Jiang ve ark. 2017); protein, nişasta ve yağ içeriklerinin yaş kimyasal yöntemle saptanan sonuçlarla aynı olduğu görülmüştür. Araştırmacılar NIR yönteminin protein, nişasta ve yağ içeriğini hızlı bir metotla saptamada kullanılabileceği kanısına varmışlardır.

NIR yöntemi ile nişasta moleküllerinin sınıflandırılmasının mümkün olduğu bazı araştırmacılar tarafından gösterilmiştir (İrudayaraj ve ark. 2002). Başka bir çalışmada, buğday ve mısır nişastasındaki farklılıklar NIR yöntemi kullanılarak saptanmıştır (Hodsagi ve ark. 2012).

Kimyasal yaş analizler sırasında kullanılan bazı kimyasallar ve zaman kaybı sebebiyle belirli bir maliyet bulunmaktadır. NIR yöntemi numuneleri yok etmeden kısa bir süre içerisinde ekonomik olarak analiz etmede kullanılabilir. Örneğin, NIR yöntemi nişasta gibi kompleks yapıları analiz etmede kullanılabilir (Foley ve ark. 1998). NIR yöntemi, hayvan yemlerini hızlıca ve isabetli bir biçimde analiz etme yöntemlerine devrimsel bir yaklaşım getirmiştir ve bu yöntemin popülaritesi günden güne artmaktadır. Özellikle hayvancılık alanında, yemlerin besin maddesi değerleri saptanırken, rasyonun içeriğindeki su, protein, nişasta, yağ değerlerini tahmin etmede hayati bir rol oynar. Bu yöntem, yakın gelecekte bir yem değerlendirme yöntemi olarak sıklıkla kullanılacaktır (Givens ve ark. 1997).

NIR cihazı kullanarak mısır tanesinde nişasta değerinin kalibrasyonunu oluşturmak için 320 adet mısır numunesi üzerinde yapılan bir çalışmada, kullanılan mısır numuneleri, Türkiye’de mısır üretiminin yoğun olduğu bölgelerden seçilmiştir. Laboratuvar ortamında mısır numuneleri öğütüldükten sonra spektralar toplanmış, diğer bir taraftan da mısır numunelerinde yaş kimyasal metotla nişasta analizleri yapılmıştır. Oluşturulan kalibrasyon seti değerleri $R=0.6410$; $R^2= 0.4109$, Standart Sapma = 4.4208 şeklinde değerleri alınmış, validasyon setinden ise $R=0.5854$; $R^2= 0.3427$ Standart Sapma = 4.5662 değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmayla birlikte, FT-NIR cihazıyla bilimsel ve güvenilir sonuçlar üretmek adına Türkiye’de yedi farklı bölgeyi temsil eden yerlerden mısırdaki nişasta içeriğini saptamak için daha çok numuneye ihtiyaç olduğu kanısına varılmıştır (Tomas ve Bayram, 2018).

Konsantre yem üretimi sırasında tüketicileri yanıltmak amacıyla pek çok hileye başvurulmaktadır. Bu amaçla soya küspesi veya protein konsantreleri içine üre karıştırılması, balık unları içine yengeç unu katılması veya et kemik unları içine kan unları karıştırılması bunlardan bazılarıdır. Sunulan araştırmada kullanılan yöntem bire bir olmasa da yem taşışlarını NIR yöntemiyle belirlemede kullanılan kantitatif miktar tayini metoduna benzerdir.

Aynı nitelikte olmasa da kullanılan benzer amaçlı olarak yapılan bir çalışmada, yengeç etinde yapılan taşışını tahminlemek amacıyla NIR cihazında regresyon analizi olarak PLS ve PCR analizleri yapılmıştır. Tahmin modellerinin doğruluğu, düşük standart kalibrasyon hatası (SEC), düşük standart tahmin hatası (SEP) ve yüksek korelasyon katsayısı (R^2) açısından incelenmiştir. Çalışmada, kalibrasyonun standart hatası: 0.251, R^2 : 0.997, tahminleme standart hatası: 0.252 ve R^2 değeri 0.997 olarak bulunmuştur. Sonuçlar, NIR teknolojisinin, taklit

yengeç eti ile hazırlanmış yengeç eti örneklerinde yapılan tağşişi tespit etmek için başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir (Gayo ve ark.2006).

Bu araştırma, mısır tanesinin yumurta tavuğu rasyonlarında NIR cihazı yardımıyla miktar olarak tespitini belirlemeye yönelik olarak kalibrasyon oluşturmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

2.GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırma, bir ticari yem fabrikasından temin edilen hammaddeler ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan hammaddeler aşağıda verilmiştir:

Tablo 2. Yem Hammaddeleri

• Mısır	• Buğday	• Arpa
• Bitkisel Yağ	• Ayçiçeği Küspesi (%36 HP)	• Ayçiçeği Küspesi (%23 HP)
• Soya Küspesi	• Mermer Tozu	• DCP
• Tuz	• Vitamin Mineral Karması	• Lizin ve Metiyonin

Araştırmada besin madde değerleri aynı olan, izokalorik ve izonitrojenik olacak şekilde toplamları 1kg olan 60 adet ticari yumurtacı tavuk rasyonu hazırlanmıştır. Rasyonların besin madde değerlerinin düzenlenmesinde NRC (2005) 'nin normları temel alınmıştır. Hazırlanan 60 adet yem karışımında , bir numaralı rasyonda % 1 düzeyinde mısır kullanılırken , sonra sırasıyla her bir rasyon içeriğinde mısır % 1 oranında arttırılmak suretiyle en son sıradaki rasyonda % 60 'a kadar arttırılmıştır. Afyon Kocatepe Üniversitesi Veteriner Fakültesi Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı Yem Analiz

Laboratuvarı'nda özel bir yem fabrikasından temin edilen her hammadde ultra santrifüjlü rotorlu öğütücü ile öğütülerek (ZM200, Retsch Ltd., Düsseldorf, Almanya) 1 mm çapındaki eleklerden geçirilmiştir.

Öğütülen ve elenen numuneler rasyon formülasyonuna uygun şekilde her biri birer kg ağırlığındaki rasyonların hazırlanmasında kullanılmıştır. Hazırlanan rasyonlar 1 kg'lık olacak şekilde hava almayan naylon poşetlerde tutulmuştur. Hazırlama işleminin hemen ardından her bir rasyon örneğinin iki ayrı noktasından 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 numuneden üç kez spektra alınmak suretiyle spektralar toplanmıştır.

Toplanan spektralar NIR cihazına entegre olan kişisel bilgisayarda üreticinin sağladığı aynı isimli program ile uygun biçimde elektronik ortamda depolanmıştır.

2.1. Veri Analizi Ve Kalibrasyonların Oluşturulması

Elde edilen spektra 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. Outlier değerleri program tarafından belirlenmiş ve kalibrasyon kalitesini düşürmesinden dolayı çalışmaya dahil edilmemiştir.

Tablo 3. Rasyonlar 1 (%1-15 Mısır)

Yemler	%1	%2	%3	%4	%5	%6	%7	%8	%9	%10	%11	%12	%13	%14	%15
Mısır	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00
Buğday	31,66	30,66	29,66	28,66	27,66	26,66	25,66	24,66	23,66	22,66	21,66	20,42	19,42	19,42	18,42
Arpa	13,20	13,30	13,30	13,40	13,50	13,60	13,60	13,70	13,80	13,90	13,90	14,24	14,34	13,44	13,54
Bitkisel Yağ	9,30	9,20	9,20	9,10	9,00	8,90	8,90	8,80	8,70	8,60	8,60	8,50	8,40	8,30	8,20
AÇK,% 36 HP	22,00	22,50	23,00	23,00	23,50	24,00	24,50	24,50	25,00	25,50	25,50	26,00	26,50	26,50	27,00
Soya Küspesi,%44 HP	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
AÇK,% 23 HP	7,22	6,72	6,22	6,22	5,72	5,22	4,72	4,72	4,22	3,72	3,72	3,22	2,72	2,72	2,22
Mermer Tozu	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,06	9,02	9,02	9,02	9,02	9,02	9,02
DCP	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,64	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68
Tuz	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Vitamin-Mineral Mix	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
L-Lizin	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
DL-Metiyonin	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
HP,%	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7
ME,Kcal/kg	2699	2698	2703	2701	2699	2698	2703	2701	2699	2698	2702	2700	2699	2699	2698
Ca,%	3,94	3,94	3,94	3,94	3,94	3,94	3,94	3,94	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,93	3,92
P,%	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38

Tablo 4. Rasyonlar 2 (%15-30 Mısır)

Yemler	%16	%17	%18	%19	%20	%21	%22	%23	%24	%25	%26	%27	%28	%29	%30
Mısır	16,00	17,00	18,00	19,00	20,00	21,00	22,00	23,00	24,00	25,00	26,00	27,00	28,00	29,00	30,00
Buğday	17,42	16,42	15,62	14,62	13,62	13,62	12,62	11,63	10,63	9,63	9,63	9,63	8,63	7,63	6,63
Arpa	13,54	13,54	13,54	13,54	13,54	12,54	12,54	12,54	12,54	12,79	11,79	10,99	10,99	10,99	10,99
Bitkisel Yağ	8,20	8,20	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	7,80	7,80	7,60	7,40	7,40	7,20
AÇK,% 36 HP	27,50	28,00	28,00	28,50	29,00	29,00	29,00	28,00	27,00	26,00	26,00	26,00	26,20	26,20	26,40
Soya Küspesi,%44 HP	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	5,00	6,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
AÇK,% 23 HP	1,72	1,22	1,22	0,72	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Mermer Tozu	9,02	9,02	9,02	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	8,99	8,99	8,99
DCP	1,68	1,68	1,68	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,65	1,65	1,65	1,66	1,66	1,66
Tuz	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Vitamin-Mineral Mix	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
L-Lizin	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
DL-Metiyonin	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
HP,%	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7
ME,Kcal/kg	2703	2708	2700	2705	2710	2717	2721	2733	2745	2744	2751	2745	2734	2739	2728
Ca,%	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,92	3,91	3,91	3,91	3,91	3,90	3,90
P,%	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38

Tablo 5. Rasyonlar 3 (%30-45 Mısır)

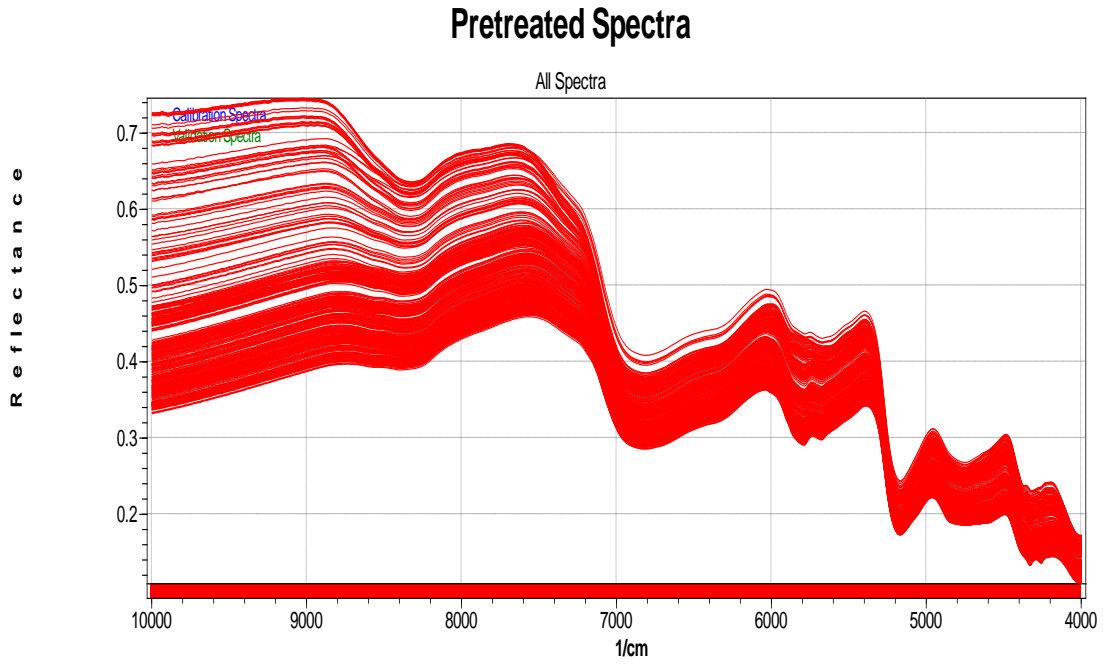
Yemler	%31	%32	%33	%34	%35	%36	%37	%38	%39	%40	%41	%42	%43	%44	%45
Mısır	31,00	32,00	33,00	34,00	35,00	36,00	37,00	38,00	39,00	40,00	41,00	42,00	43,00	44,00	45,00
Buğday	5,63	4,63	3,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63	1,43
Arpa	10,99	10,99	10,99	10,79	9,59	8,59	7,39	6,39	5,19	4,19	3,20	2,20	1,40	0,40	0,60
Bitkisel Yağ	7,00	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,80	6,60	6,60	6,40	6,40	6,20
AÇK,% 36 HP	26,60	26,80	26,80	27,00	27,20	27,20	27,40	27,40	27,60	27,60	27,79	27,79	27,79	27,79	27,89
Soya Küspesi,%44 HP	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,10
AÇK,% 23 HP	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Mermer Tozu	8,99	8,99	8,99	8,97	8,97	8,97	8,97	8,95	8,95	8,95	8,95	8,93	8,93	8,93	8,93
DCP	1,66	1,66	1,66	1,68	1,68	1,68	1,68	1,70	1,70	1,70	1,70	1,72	1,72	1,72	1,72
Tuz	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Vitamin-Mineral Mix	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
L-Lizin	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
DL-Metiyonin	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
HP,%	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7
ME,Kcal/kg	2717	2706	2710	2713	2718	2725	2730	2737	2742	2749	2740	2748	2741	2748	2738
Ca,%	3,90	3,91	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90
P,%	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38

Tablo 6. Rasyonlar 4 (%45-60 Mısır)

Yemler	%46	%47	%48	%49	%50	%51	%52	%53	%54	%55	%56	%57	%58	%59	%60
Mısır	46,00	47,00	48,00	49,00	50,00	51,00	52,00	53,00	54,00	55,00	56,00	57,00	58,00	59,00	60,00
Buğday	0,83	0,55	0,14	0,16	0,14	0,12	0,14	0,13	0,26	0,35	0,35	0,35	0,35	0,00	0,00
Arpa	0,60	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bitkisel Yağ	5,80	5,60	5,30	5,20	4,83	4,26	3,80	3,40	3,10	2,60	2,00	1,70	1,30	0,90	0,60
AÇK,% 36 HP	27,90	27,99	26,93	22,00	20,00	19,00	17,00	14,00	11,06	9,00	7,51	4,41	2,00	1,00	0,00
Soya Küspesi,%44 HP	7,09	7,08	8,06	11,77	13,44	14,03	15,51	17,88	20,00	21,52	22,61	25,00	26,80	27,55	28,09
AÇK,% 23 HP	0,21	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mermer Tozu	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,93	8,95	8,95	8,90	8,95	8,95	8,95	8,95	8,80
DCP	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,72	1,70	1,68	1,66	1,65	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Tuz	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Vitamin-Mineral Mix	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
L-Lizin	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,00
DL-Metiyonin	0,09	0,09	0,09	0,11	0,11	0,11	0,09	0,13	0,14	0,15	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18
HP,%	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,6
ME,Kcal/kg	2717	2709	2705	2745	2743	2721	2714	2718	2730	2722	2701	2713	2713	2700	2699
Ca,%	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,90	3,89	3,90	3,89	3,87	3,88	3,88	3,88	3,88	3,82
P,%	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38

3.BULGULAR

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

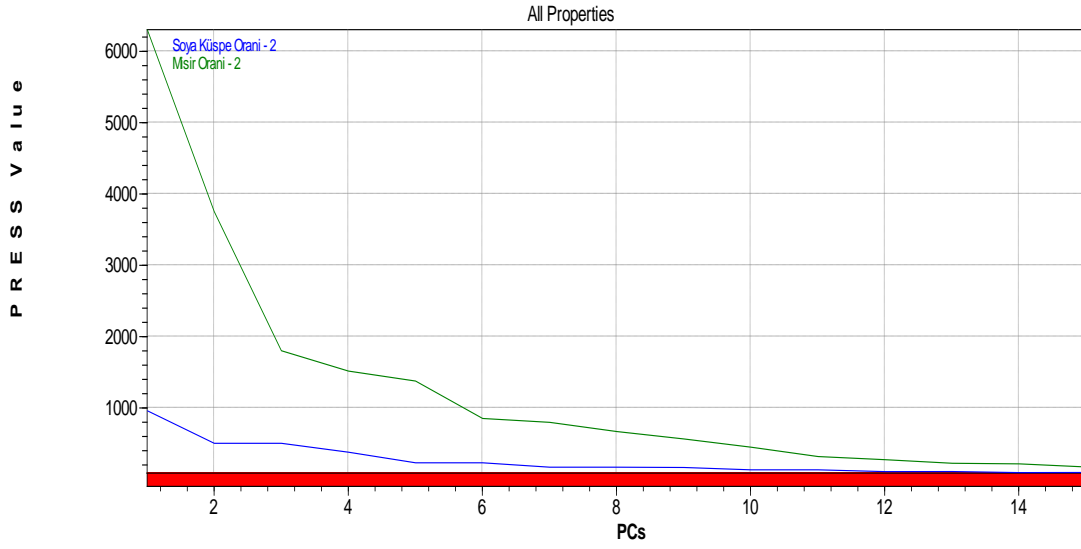


Grafik 1. Normalizasyon Uygulanmış Spektra Seti.

Uygulama sonrasında elde edilen fonksiyonel spektraların 10000-4000 nm/cm dalga boylarında elde edildiği görülmüştür.

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

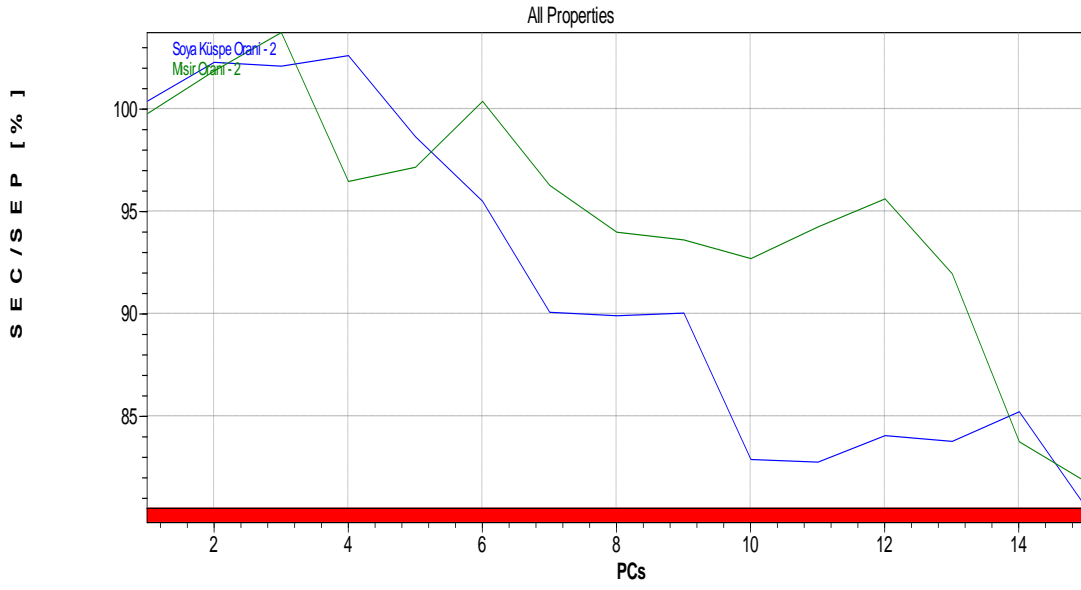
V-Set PRESS



Grafik 2. Tahminleme Rezidüal Hatasının Kareler Toplamı.

Elde edilen regresyon tutarlılığı kalibrasyonun standart hata değerinin (SEC) tahminleme standart hatasına bölünmesi (SEP) sonucunda elde edilmiştir. Tutarlılık değeri 80 ile 110 arasında belirlenmiştir. Tutarlılık analizi sonuçları Grafik 3’de gösterilmiştir.

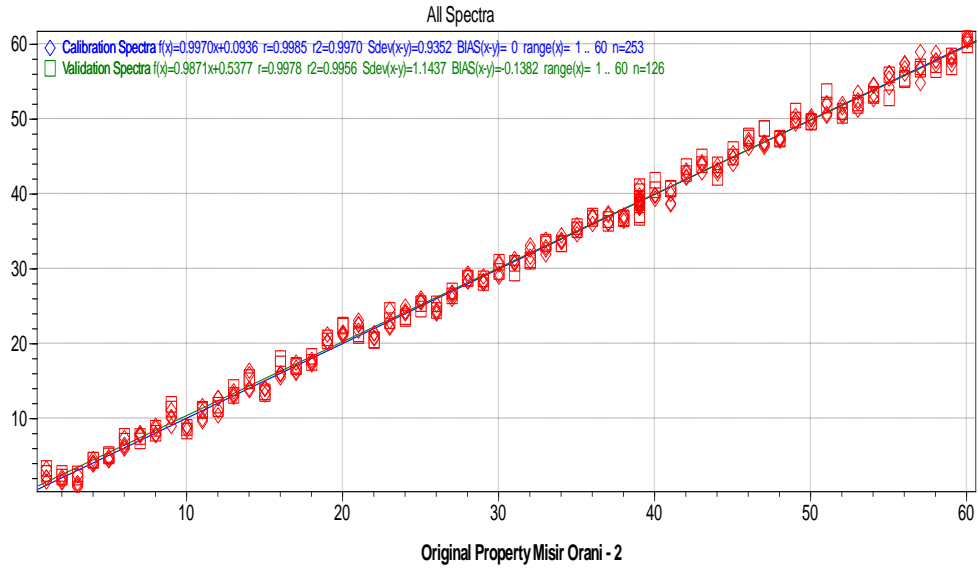
Consistency



Grafik 3. Kalibrasyon Setinin Tutarlılık Analizleri.

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

Predicted Property vs. Original Property



Grafik 4. Kalibrasyon Ve Validasyon Seti Modelleri

Regresyon analizine kalibrasyon setinde 253, validasyon setinde 126 ölçüm dahil edilmiştir. Analiz sonucunda Kalibrasyon ve Validasyon setlerine ait model aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

Kalibrasyon seti

- $f(x) = 0.9970x + 0.0936$
- $r=0.9985$
- $r^2= 0.9970$
- Standart Sapma = 0.9352
- BIAS = 0

Validasyon seti

- $f(x) = 0.9871x + 0.5377$
- $r=0.9978$
- $r^2= 0.9856$
- Standart Sapma = 1.1437
- BIAS = 0.1382

4.TARTIŞMA

Bu çalışmada, Ülkemizde kanatlı hayvanlarının beslenmesinde en çok kullanılan tane mısırın yumurta tavukları için hazırlanan 60 farklı rasyonda belirlenen oranlarda kullanılmasından yola çıkılarak, yumurta tavuklarının yem karışımlarında mısırın hangi oranlarda kullanıldığını NIR cihazı yardımıyla belirlemek amaçlanmıştır. Böylece ticari olarak hazırlanan kanatlı yemlerinde mısırın kullanılma oranı yani hangi yüzde ile kullanıldığı NIR sayesinde büyük ölçüde belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca sadece mısır değil ticari karma yemlere giren diğer yem hammaddelerinin de karma içindeki oranları tam olarak belirlenebilmesinin de bu çalışma ile mümkün olabilirdiği dolaylı yoldan tespit edilmeye çalışılmıştır.

Sunulan bu çalışmada, NIR cihazında spektraları alınacak olan rasyonları oluşturmak amacıyla yem hammaddeleri özel bir yem fabrikasından temin edilmiş, laboratuvar ortamında her bir yem maddesi öğütülmüş ve belirlenen rasyonlara göre 60 adet yem karışımı hazırlanmıştır. Yapılan yem karışımlarında % 1'den başlayarak, bir sonraki rasyonda 1 birim artırılmış ve %1 ile %60 aralığında mısır kullanılmıştır. Daha sonra her bir yem karışımı (rasyon) spektra almak amacıyla 3'er defa NIR cihazında okutulmuş ve toplamda 180 adet spektra alınmıştır.

NIR kalibrasyon çalışmalarında oranlama (tahminleme) değerinin hesaplanmasında R^2 (belirleme katsayı değeri) değeri kullanılmaktadır. Bu R^2 değeri, değişkenler arasındaki ilişkiyi belirleme katsayısı olan regresyon katsayısı; R değerinin karesi alınarak hesaplanmaktadır (Sohn ve ark.,2006). Belirlenen bu R^2 değeri 0 ve 1 sayıları arasında bulunmaktadır. Bu değer 1 tam sayısına ne kadar yakın ise o kadar güçlü bir sonuç olarak kabul edilir, bir bakıma kalibrasyon sonucunun oldukça güvenilir olduğunu gösterir (Sohn ve ark., 2006).Araştırmada spektra seti olarak R değeri, 0.9985, R^2 değeri, 0.9970, standart hata değeri ise, 0.9352 olarak tespit edilmiştir. Karma yemlerde yemin içeriğine katılan hammaddelerin miktarını belirlemeye yönelik benzer nitelikte NIR kalibrasyon çalışmalarına rastlanılmamıştır. Bu durum, yem üreticilerinin ve yem hazırlayıcılarının rasyon formülasyonlarına güvenmeleri, karıştırıcı makinalarının mühendislik olarak teknik düzeylerinin son derece yüksek olarak yapılmış olması başka bir deyişle yem yapanların yaptıkları yem karışımına ve teknik donanımına güven duymalarından kaynaklanmış olabilir.

Buradaki sorun, az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde yem fabrikalarının yasalardaki boşluklardan faydalanarak ürettikleri ve sonrasında sattıkları yemlerin içeriğine kattıkları hammaddeleri yanlış beyan etmeleri ve bu durumun denetleyiciler tarafından tespit edilememesidir. Her ne kadar aynı tip çalışmalar olmasa da, yem maddeleri veya insan tüketimine sunulan gıdalarda tağşiş yönelik hilelerin saptanmasında mantık olarak benzer kurgulanmış kantitatif çalışmalar bulunmaktadır. Etin içine % 0'dan %30 düzeyine kadar farklı oranlarda (%0, %1, % 2, %3, %4, %5, %6, %7, %8, %9, %10, %15, %20, %25 ve %30) 4 farklı soya unu katılarak yapılan tağşiş çalışmasında (Jiang ve ark.2017) R_{cv}^2 (cross validation) değeri 0.99-0.98 aralığında tespit edilmiştir. Sonuç olarak sucuk, salam, sosis gibi et ürünleri içerisine katılan soya ürünlerinin FT-NIR yöntemiyle kantitatif olarak belirlenebileceği bu çalışmada kullanılan metot ile ortaya konulmuştur. Benzer nitelikte susam yağının fındık, kanola ve ayçiçeği yağlarıyla % 1, % 2, %4, % 5, %10, %15, %20, %25, %30, % 35, % 40,% 45 ve% 50 oranlarında karıştırılarak yapılan FT-NIR çalışmasında (Ozulku ve ark.2017), R^2 değeri fındık yağında;0.9633, kanola yağında; 0.9344 ve ayçiçeği yağında;0.9618 olarak bulunmuş, sonuç olarak bu çalışma ile susam yağına katılan farklı yağların, FT-NIR yöntemiyle tespitinin kısa zaman içerisinde, yağların yapısını bozmadan ve kimyasal herhangi bir madde sarfi olmadan yapılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu sonuç ve yöntem sunulan çalışmadaki yöntemin ve izlenen yolun doğruluğunu teyid etmektedir. Konuyla ilgili olarak yapılan başka bir tağşiş çalışmasında, balın içerisine farklı tipte ve şekerler katılmıştır. Çalışmada, şeker ve bal %0'dan %100'e kadar farklı oranlarda karıştırılmıştır. Sonuç olarak, bu araştırmada bal'a şeker katılarak yapılan tağşişin NIR spektroskopi yöntemiyle hızlı ve kolayca tespit edilebileceği ortaya konulmuştur. Aynı çalışmada fonksiyonel spektralar 8000-4000 nm/cm dalga boyunda elde edildiği belirlenmiştir. Bu sonuç, sunulan çalışmada elde edilen 10000-4000 nm/cm dalga boylarındaki fonksiyonel spektralara benzemektedir.

Elde edilen regresyon tutarlılığı kalibrasyonun standart hata değerinin (SEC) tahminleme standart hatasına bölünmesi (SEP) sonucunda elde edilmiştir. Tutarlılık değeri 80 ile 110 arasında belirlenmiştir. Benzer şekilde yapılan bir çalışmada (Gonzalez ve ark.2018), (regresyon yönteminin tahminleme kapasitesini belirlemek için içerisine bir tağşiş ürün katılmayan ve % 5,% 15,% 25 ve% 45 oranlarında hazırlanan bal örnekleri ile tağşiş ürün ilaveli örnek seti kullanılarak bir dış doğrulama yani tahminleme yapılmıştır. Ayrıca saf bal örneği de tahmin çalışmasına da dahil edilmiştir. Bu örnek set için elde edilen tahmin değerleri Tablo 7'de verilmiştir.

Bu sonuçlar, geliştirilen modelin doğruluğunu göstermektedir. Sözü edilen çalışmada hata,% 45'in altında tağış edilen tüm bal örnekleri için % 1'in altında bulunmuştur. PLS yöntemi kullanarak bal numunesinde yapılan tağış çalışmasına ait gerçek ve tahmin değerleri aşağıda gösterilmiştir.

Tablo.7 Değerler Tablosu

Gerçek değer (%)	Tahmin edilen değer
0	0.69
5	5.27
15	14.85
25	24.31
45	42.63

Konuyla ilgili olarak yapılan başka bir çalışmada ise (Cuibus ve ark.,2014) katı palm yağı ile farklı oranlarda tağış edilen peynirlerde FT-NIR ile PLS metodu kullanılarak yapılan kalibrasyon çalışmasında gerçek değer ve tahmin edilen değerler tablosu (Tablo 8) aşağıda verilmiştir. Bu çalışmada tutarlılık değeri (mean recovery rate) 108 olarak bulunurken, R^2 değeri 0.9695 olarak tesbit edilmiştir. PLS kullanarak peynir numunesinde yapılan tağış çalışmasına ait gerçek ve tahmin değerleri:

Tablo 8. Değerler Tablosu

Gerçek değer (%)	Tahmin edilen değer
5	4.0
10	10.1
15	20.2
20	24.2
40	41.6

Sunulan çalışmada da elde edilen regresyon tutarlılık değeri 80-110 arasında değişmekte olduğu ve yapılan işlemlerin yüksek oranda doğruluğunu teyid etmektedir.

5.SONUÇ

Bu çalışma, ticari karma yemlere farklı oranlarda ilave edilen tane mısırın karma yemlere hangi miktarda ilave edildiğini tahmin etmek için FT-NIR spektroskopisinin kullanılmasının ön araştırmasıdır. Yüksek validasyon R^2 : 0.9856 değeri NIR spektroskopi yönteminin, yumurtacı tavuk karma yemi içindeki mısır miktarı olarak tesbit edebileceğini göstermiştir. Mısırın konsantre yem içindeki miktarı NIR yöntemiyle % 99 düzeyinde doğruluk payıyla gösterilmiştir. Ayrıca, PLS regresyon analizinde yüksek bir korelasyon katsayısı elde edilmiştir. Bununla birlikte, karma yem içindeki %1 ile %60 aralığında tane mısır NIR spektroskopisi ile yüksek doğrulukla tespit edilebilmektedir. Bu durum, konsantre yem karışımındaki mısır düzeyini tahmin etmek için NIR kalibrasyonu oluşturmanın mümkün olduğunu ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, bu çalışmanın, mısır miktarının tam olarak tespit edilebilmesi için rasyona katılan mısır konsantrasyonlarının %1 yerine % 0.5 aralığında artırılarak katılması ile güvenilirliğin daha da artabileceği sonucuna varılmıştır.

MISIR TANESİNİN KONSANTRE YEMLERDE MİKTARININ TESPİTİNE YÖNELİK NIR KALİBRASYONU OLUŞTURULMASI

6.ÖZET

Bu araştırma tane mısırın yumurta tavuk yemlerinde kantitatif olarak hangi oranda kullanıldığını yakın kızılötesi (NIR) cihazı yardımıyla belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla tane mısır karma yumurta tavuk yemine %1'den başlayarak %60'a kadar her bir rasyonda %1 artırılarak 1'er kg'lık karışımlardan oluşan 60 adet farklı yumurta tavuk karma yemi oluşturulmuştur. Yem karışımlarının fonksiyonel NIR spektrumları, 10000-4000 nm/cm dalga boylarında elde edilmiştir. 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 rezidüel hatasının kareler toplamı da (V-Set PRESS) ortaya çıkarılmıştır. Outlier değerleri program tarafından belirlenmiş ve kalibrasyon kalitesini düşürmesinden dolayı çalışmaya dahil edilmemiştir. Araştırmada spektra seti olarak R değeri, 0.9985, R^2 değeri, 0.9970, standart hata değeri ise, 0.9352 olarak tesbit edilmiştir. Elde edilen validasyon setinin tahminleme rezidüel hatasının kareler toplamı grafiği (V-Set PRESS) sayesinde temel bileşen değeri (Principal Components) 14 civarında olmuştur. Elde edilen regresyon tutarlılığı kalibrasyonun standart hata değerinin (SEC) tahminleme standart hatasına bölünmesi (SEP) sonucunda elde edilmiştir. Tutarlılık değeri 80 ile 110 arasında belirlenmiştir. Bu sonuçlar, NIR veya FT-NIR spektroskopisinin, tane mısırın yumurta tavuk yem karışımlarında kantitatif olarak hangi düzeyde katıldığının ayırt edilmesini öngörmede kullanılabileceğini göstermektedir. Bu nedenle sonuç olarak, karma yem karışımlarına giren her bir yem hammaddesinin yüzde olarak miktarını hızlı ve pratik bir yöntem olarak, FT-NIR spektroskopisi kullanarak kantitatif olarak tespit edilebileceği kanısına varılmıştır.

THE CREATION OF THE NIR CALIBRATION FOR THE DETERMINATION OF THE AMOUNT OF CORN GRAIN IN CONCENTRATED FEED

7.SUMMARY

This study was carried out to determine the proportion of corn grain used in laying hen concentrate feeds quantitatively by means of near infrared spectroscopy (NIR) device. For this purpose, different laying hen concentrate feed consisting of 60 pieces of 1 kg mixture was formed by increasing the concentration of 1% in each ration from 1% to 60%. Functional NIR spectra of feed mixtures were obtained at wavelengths of 10000-4000 nm / cm. The spectra were evaluated by using PLS (Partial Least Square) method on the second derivative. In the normalization study, SNV (Standard Normal Variate) method was applied. In addition, data obtained from first order (1st Derivation B Cap 5 Points Gap 2) were prepared for regression. Linear regression was applied to the normalized spectra by subtracting the Outlier values from the calibration set and calibration quality parameters were revealed. At this stage, the standard deviations of the R^2 value, validation and calibration set were calculated. According to the reflections, the graphs obtained with Regression Coefficients were taken. In addition, the sum of the squares of the estimation residual error (V-Set PRESS) of the validation set was also revealed.

Outlier values were determined by the program and were not included in the study due to lowering the calibration quality. In the research, R value was determined as 0.9985, R^2 value, 0.9970 and standard error value as 0.9352. The principal component value (Principal Components) is determined around 14 thanks to the sum of the squares sum of the estimation residual error (V-Set PRESS) of the validation set obtained. The obtained regression consistency was obtained by dividing the standard error value (SEC) of the calibration to the standard error of estimation (SEP). The consistency value was determined between 80 and 110. These results suggest that NIR or FT-NIR spectroscopy can be used to predict the extent to which the corn grain is quantitatively introduced in laying hen feed mixtures. As a result, it was concluded that the percentage of each feed raw material entering the concentrate feed mixes can be quantitatively determined using FT-NIR spectroscopy as a fast and practical method.

8.KAYNAKLAR

Agelet, L.E.; Ellis, D.D.; Duvick, S.; Goggi, A.S.; Hurburgh, C.R.; Gardner, C.A.(2012). Mısır çekirdeği hasarı analizi için kızılötesine yakın izgeölçümün elverişliliği ve soya fasulyesi ve mısır çekirdeklerinin canlılığı. J. Cereal Sci. 55, 160–165.

Agelet, L.E.; Hurburgh, C.R. (2014). Tek tohum analizi için kızılötesine yakın izgeölçümün güncel uygulamaları ve kısıtlamaları. Talanta, 121, 288–299.

Ahn, C.K.; Cho, B.K.; Kang, J.S.; Lee, K.J. (2012).Fourier-dönüşüm kızılötesine yakın izgemetre kullanarak marul tohumu için yıkımsız ayırma yöntemi üzerine çalışma. J. Agric. Sci., 39, 111–116.

Ambrose, A.; Kandpal, L.M.; Kim, M.S.; Lee,W.H.; Cho, B.K. (2016). Hiperspektral görüntüleme kullanarak mısır tohumu canlılığın yüksek hızda ölçümü. Infrared Phys. Technol. 75, 173–179.

Anonim (2019a). <https://en.wikipedia.org/wiki/Maize> Erişim tarihi: 22.05.2019

Anonim (2019b). <http://www.eryas.com.tr/uploads/file/%C3%B6nemli%20bir%20yem%20hammaddesi%20MISIR.pdf> Erişim tarihi: 22.05.2019

Bae, H.; Seo, Y.W.; Yong, K.D.; Lohumi, S.; Park, E.; Cho, B.K.(2016). Hiperspektral görüntü işleme kullanarak karpuz tohumunun canlılığı için yıkımsız ayırma yönteminin gelişmesi. J. Korean Soc. Nondestruct. Test., 36, 35–44.

Balasko, J. A., Nelson C. J. (2003). Kuzey Bölgeleri için Çimler. *Yemler - Otlak tarımına bir başlangıç*(eds. Barnes, R. F., Nelson, C. J., Collins, M. & Moore, K. J.), 125-148. Iowa State Press.

Bernardes, T. F. (2012). Levantamento das práticas de produção e usode silagens em fazendas leiteiras no Brasil. Universidade Federalde Lavras, Lavras.

Blanco, M., Bañó,R.G. (2003). Kızılötesi izgeölçümüyle nişasta hidrolizatlarındaki şekerlerin saptanması. Analytical Letters36: 1607-1619.

Borreani, G.,Tabacco, E. (2010). Mısır silajı depolarının yüzünün mikrobiyolojik durumuyla birlikte silaj sıcaklığının ilişkisi. Journal of Dairy Science 93:2620-2629.

Campbell MR, Mannis SR, Port HA, Zimmerman AM, Glover DV. (1999).Nişasta amiloz içeriğinin tahminine karşı kızılötesine yakın geçirgenlik izgeölçümüyle mısırdaki toplam tanecik amiloz içeriği. Cereal Chem.; 76: 552-557.

Cen H, He Y. (2007).Besin kalitesinin saptanmasında kızılötesine yakın yansıtma izge ölçümün uygulaması ve teorisi.*Trends in Food Science & Technology.*; 18(2): 72-83.

Colovos, N. F. , Holter, J. B., Koes, R. M., Urban, W. E.,Davis, H. A. (1970). Koyun ve sığırdada silolanmış mısır bitkisinin (Zea Mays) sindirilebilirliği, besin değeri ve alımı.*Journal*

of *Animal Science* 30, 819-824.

Cozzi, G. , Gottardo, F. Andrighetto, I. (2005). Limuzin sığırlarını bitirmek için kaba yemin bir diyetsel kaynağı olarak iri taneli mısır silajının kullanımı: büyüme performansı, besleme davranışı ve et kalitesi üzerinde etkileri. *Animal Science* 80, 111-118.

Cuibus,L. , Maggio,R., Mureşan,V., Diaconeasa,Z., Fetea,F., Socaciu,C. (2014). Preliminary Discrimination of Cheese Adulteration by FT-IR Spectroscopy *Bulletin UASVM Food Science and Technology* 71(2).

Di Marco, O. N., Aello, M. S., Nomdedeu, M., Van Houtter, S. (2002). Silajın kimyasal yapısı ve sindirilebilirliği üzerinde mısır ekini olgunluğunun etkisi (canlı içinde, doğal yerinde ve yapay ortamda). *Animal Feed Science and Technology* 99, 37-43.

Dryden GMcL. (2008). *Hayvan Besin Bilimi*.Textbook. Cambridge University Press. Cambridge. UK.

Fernandez, I. , Nozière, P. Michalet-Doreau, B. (2004). Süt ineklerinde doğrama uzunluğu ve olgunluk seviyesinde farklılık gösteren bütün-bitki mısır silajlarının nişasta sindiriminin konumu ve boyutu. *Livestock Production Science* 89, 147-157.

Foley WJ, Mcilwee A, Lawler I, Aragonés L, Woolnough AP, Berding N. (1998). Kızılötesine Yakın yansıtma izgeölçümün ekolojik uygulamaları — bitkinin yapısı ve hayvan dokuları ve hayvan performansının yönlerinin tahmininde hızlı, uygun maliyetli bir araç *Oecologia.*, 116:293-305.

Garcia-Rosas, M. , Bello-Perez, Yee-Madeira,A.H., Ramos,G., Flores-Morales,A.,Mora-Escobedo,R. (2009). Depolama sırasında mısır (Zeamays) tortillalarındaki dirençli nişasta içeriği ve yapısal değişimler. *Starch-Stärke*61: 414-421.

Giardini, A., Gaspari, F., Vecchietini, M., Schenoni, P. (1976a). Mahsul, bitki yapısı ve fermantasyon kayıpları üzerinde mısır silajı hasat aşamasının etkisi. *Animal Feed Science and Technology* 1, 313-326

Givens DI, De Boever JI, Deaville ER.(1997). Hayvanlar ve insanlar için gıdaların besin değerlerinin tahmini için kızılötesine yakın izgeölçümün prensipleri, yöntemleri ve gelecekte bazı uygulamaları. *Nutr. Res. Rev.*, 10(1): 83-114.

González-Martin I, Hernández-Hierro JM, Bustamante-Rangel M, Barros-Ferreiro N. (2006).Şark yoncasındaki tokoferollerin saptanması için kızılötesine yakın izgeölçümü (NIRS) yansıtma teknolojisi. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2006; 386: 1553-1158.

Gordon, C. H., Derbyshire, J. C., Van Soest, P. J. (1968). Silaj için mısırın normal zamanda ve geç zamanda hasat edilmesi. *Journal of Dairy Science* 51, 1258-1263.

Hódsági M, Gergely S, Gelencsér T, Salgó A. (2012).Kızılötesine yakın izgeölçümü kullanarak

yerel ve dirençli nişastaların ve karışımlarının araştırmaları. *Food and Bioproc. Tech.*, 5(1):401-417.

Huang, M.; Wang, Q.G.; Zhu, Q.B.; Qin, J.W.; Huang, G. (2015). Optik hissetme teknolojileri kullanarak tohum kalitesi ve güvenliđi testlerinin incelenmesi. *Seed Sci. Technol.*, 43, 337–366.

Huber, J. T., Graf, G. C., Engel, R. W. (1965). Süt veren inekler için mısır silajının besin değerı üzerinde olgunluğun etkisi. *Journal of Dairy Science* 48, 1121-1123.

Hunt, C. W., Kezar, W., Vinande, R. (1992). Melezlemenin etkilemesine göre mısır bütün bitkisinin, başağının ve kalıntısının ruminal fermentasyonu, kimyasal yapısı ve mahsulü. *Journal of Production Agriculture* 5, 286-290.

Irudayaraj J, Yang H, Sakhamuri S. (2002). Fourier-dönüşüm kızılötesi fotoakustik izgeölçümü kullanarak mikro-organizmanın saptanması ve ayrımı. *J Mol Struct.*, 606: 181–188.

Jarvis CE, Walker JRL. (1993). Toplam nişasta, amiloz ve amilopektinin eşzamanlı, hızlı, spektrofotometrik saptanması. *J. Sci. Food Agric.*, 63: 53-57.

Jia, S.; Yang, L.; An, D.; Liu, Z.; Yan, Y.; Li, S.; Zhang, X.; Zhu, D., Gu, J. (2016). Kızılötesine yakın izgeölçümü ve kemometrikler baz alınarak donma hasarlı ve uygun olmayan mısır çekirdeklerinin analizinin elverişliliği. *J. Cereal Sci.*, 69, 145–150.

Jiang HY, Zhu YJ, Wei LM, Dai JR, Song TM, Yan YI, Chen SJ. (2007). Mısırdaki (*Zea mays* L.) kızılötesine yakın yansıtma izgeölçümüyle (NIRS) tek sağlam çekirdeklerin protein, nişasta ve yağ içeriğinin analizi. *Plant Breeding.*; 126(5): 492-497.

Jiang, H., Zhuang, H., Sohn, M., Wang, W. (2017). Measurement of Soy Contents in Ground Beef Using Near-Infrared Spectroscopy *Appl. Sci.* 7, 97;

Jobim, C. C., Nussio, L. G. (2014). Princípios básicos da fermentação a ensilagem. p.649-670. In: *Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros*. 1.ed. Jaboticabal, FUNEP.

Jobim, C. C.; Nussio, L. G.; Reis, R. A., Schmidt, P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade de forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:101-119.

Kandpal, L.M.; Lohumi, S.; Kim, M.S.; Kang, J.S.; Cho, B.K. (2016). Misk kavunu tohumlarında canlılık ve dinçlik tahmini için kızılötesine yakın hiperspektral görüntüleme sistemiyle beraber çok değişkenli yöntemler. *Sens. Actuators B Chem.*, 229, 534–544.

Kim, G.; Kim, G.H.; Ahn, C.K.; Yoo, Y.; Cho, B.K. (2013). Zamana bağımlı termal çürüme özellikleri baz alınarak marul tohumlarının canlılık değerlendirilmesi için orta-kızılötesi yaşam süresi görüntüleme. *Sensors*, 13, 2986–2996.

Kusumaningrum, D.; Lee, H.; Lohumi, S.; Mo, C.; Kim, M.S.; Cho, B.K. (2017). FT-NIR

İzgeölçümü kullanılarak soya fasulyesinin (*Glycine max*) canlılığının saptanması için yıkımsız yöntem. *J. Sci. Food Agric.* 2017.

Lee, H.S.; Jeon, Y.A.; Lee, Y.Y.; Lee, G.A.; Raveendar, S.; Ma, K.H.(2017). Kızılötesine yakın yansıtma izgeölçümü (NIRS) kullanarak sağlam domates tohumlarının canlılık için büyük ölçekli gösterimi. *Sustainability*, 9, 618.

Lohumi, S.; Lee, S.; Lee, H.; Cho, B.K.(2015). Gıda otantikliğini ve olgunlaşmasını saptamak için kullanılan titreşimsel izgeölçüm yöntemlerinin bir incelemesi. *Trends Food Sci. Technol.*, 46, 85–98.

Lohumi, S.; Mo, C.; Kang, J.S.; Hong, S.J.; Cho, B.K.(2013). Fourier-dönüşüm kızılötesine yakın izgeölçüm kullanarak karpuz (*Citrullus lanatus*) tohumlarının canlılığı için yıkımsız değerlendirme. *J. Biosyst. Eng.* 2013, 38, 312–317.

Masoero, F., Rossi, F., Pulimeno, A. M. (2006). Farklı sesbilimsel seviyelerdeki dört melez mısırın saplarının, yapraklarının ve koçaklarının yapay ortamda sindirilebilirliği ve kimyasal yapısı. *Italian Journal of Animal Science* 5, 215-227.

McDonald, P.; Henderson, N., Heron, S. (1991). Silajın biyokimyası. 2nd ed. Marlow, Chalcombe.

Meuret, M., Dardenne, P., Biston, R., Poty, O. (1993). The use of NIR in predicting nutritive value of Mediterranean tree and shrub foliage. *Journal Near Infrared Spectroscopy*, 1: 45-54.

Min, T.G.; Kang, W.S.(2008). Kızılötesine yakın izgeölçüm kullanarak normal ve yapay olarak yıllanmış mısır (*Zea mays* L.) tohumlarının yıkımsız sınıflandırılması. *Korean J. Crop Sci.*, 53, 314–319.

Mo, C.; Kim, G.; Lee, K.; Kim, M.S.; Cho, B.K.; Lim, J.; Kang, S. (2014). LED-eyetik hiperspektral yansıtma görüntülemesi kullanarak karabiberin (*Capsicum annum* L.) yıkımsız kalite değerlendirmesi. *Sensors*, 14, 7489–7504.

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(4): 889-897.

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.

Osborne BG, Fearn T. (1986). Besin analizinde kızılötesine yakın izgeölçüm. *Longman Scientific and Technical*. Harlow, U.K,

Osborne, B.G., Fearn, T. (1983). Kızılötesine yakın yansıtma ile undaki protein ve nem ölçümü

İçin evrensel kalibrasyonların işbirlikçi değerlendirmesi. *Int J Food Sci Tech.*, 18(4): 453-460.

Ozulku,G.,Yildirim,R.M., Toker,Ö.S., Karasu,S., Durak,M.Z. (2017). Rapid detection of adulteration of cold pressed sesame oil adulterated with hazelnut, canola, and sunflower oils using ATR-FTIR spectroscopy combined with chemometric Food Control 82:212-216.

Özcan S. (2009).Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş transgenik mısırın tarımsal üretime katkısı. Tür Bilimsel Derlemeler Dergisi., 2(2):01-34.

Paulsen, M.R., Rathore, S.S.S., Steffen, R.W., Zhang, Y., Wrenn, B., Schlicher, M., Kennay. A.L. (2010). DDGS'nin kimyasal özelliklerinin izgeölçüsel saptanması. Paper No. 1009113. American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting, Pittsburgh, PA

Rahman, A.; Cho, B.K. (2016).Yıkımsız ölçüm yöntemleri kullanarak tohum kalitesinin değerlendirilmesi: Bir inceleme. Seed Sci. Res., 26, 285–305.

Sahlin, A. (2006). Büyüyen süt sığırlarıyla yem alımı, çiğneme etkinliği ve yeme davranışı üzerinde arpa hasılı silajının olgunluk seviyesinin ve parçacık uzunluğunun etkileri. Skara: Swedish.

Sassahara, M.; Yanaka, E. K., Pontes Netto, D. (2003). Ocorrência de aflatoxina e zearalenona em alimentos destinados ao gado leiteiro na Região Norte do Estado do Paraná. Semina: Ciências Agrárias 24:63-72.

Satter, L. D.,Reis, R. B. (2012). Sınırlı durumlar altında süt üretimi. Linkten ulaşılabilir:<<http://www.ars.usda.gov/research/publications/publications.htm> seq_no_115=84465> Accessed on:Sept 3, 2012.

Seo, Y.W.; Ahn, C.K.; Lee, H.; Park, E.; Mo, C.; Cho, B.K.(2016). Fourier-dönüşüm kızılötesine yakın ve Raman izgeölçümü kullanarak uygun karabiber (*Capsicum annuum* L.) tohumları için yıkımsız ayırma yöntemleri. J. Biosyst. Eng. 2016, 41, 51–59.

Shenk, J.S., Workman, J.J., Westerhans, M.O. (2003).Tarımsal ürünlere NIRS'nin uygulanması. Handb. Near-Infrared Anal.Pages. 2003; 347-386.

Shrestha, S.; Knapıç, M.; Žibrat, U.; Deleuran, L.C.; Gislum, R. (2016).Çok değişkenli bilgi analizi ortaklığında domates (*Solanum lycopersicum* L.) tohumu kalitesi saptanmasında tek tohum kızılötesine yakın hiperspektral görüntüleme. Sens. Actuators B Chem., 237, 1027–1034.

Sohn, M., Himmelsbach, D.S., Morrison, W.H., Akin, D.E., Barton, F.E. (2006).Partial Least Squares Regression Calibration for Determining Wax Content in Processed Flax Fiber by Near-Infrared Spectroscopy. Society for Applied Spectroscopy.; 60: 437-440.

Tikuisis, T., Axelson, D.E., Sharma, A. (1993). Katı hâldeki NMR ve FTIR ile polietilendeki nişasta içeriğinin yıkımsız nicel saptanması. Polymer Engineering &

Science33: 26-31

Tolera, A., Sundstøl, F. (1999). Tanecik olgunluğunun farklı seviyelerinde hasat edilmiş mısır kalıntısının morfolojik bölümleri ve kalıntının farklı bölümlerinin besin değeri. *Animal Feed Science and Technology* 81, 1-16.

Tolera, A., Sundstøl, F., Said, A. N. (1998). Mahsulun olgunluk seviyesinin etkisi ve mısır taneciğinin ve kalıntısının kalitesi *Animal Feed Science and Technology* 75, 157-168.

Tomas, E., Bayram, I. (2019). Establishing Near Infra Red Spectroscopy (NIR) Calibration for Starch Analysis in Corn Grain. *Kocatepe Vet.J.*12(1),7-14.

