



**BAZI KARMA YEM VE YEM HAM
MADDELERİNİN KİSMİ EN KÜÇÜK KARELER
REGRESYON (PLSR) İLE BÜTÜNLEŞTİRİLMİŞ
FTIR SPEKTROSKOPİSİ YÖNTEMİYLE BESİN
MADDE BİLEŞİMLERİNİN SAPTANMASI**

Yeşim DEMİR
Yüksek Lisans Tezi

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Sulhattin YAŞAR

2020

**T.C.
IĞDIR ÜNİVERSİTESİ**

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BAZI KARMA YEM VE YEM HAM MADDELERİNİN KİSMİ EN KÜÇÜK
KARELER REGRESYON (PLSR) İLE BÜTÜNLEŞTİRİLMİŞ FTIR
SPEKTROSKOPİSİ YÖNTEMİYLE BESİN MADDE BİLEŞİMLERİNİN
SAPTANMASI**

YEŞİM DEMİR

ZOOTEKNİ ANABİLİM DALI

IĞDIR

2020

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Sulhattin YAŞAR danışmanlığında Yeşim DEMİR tarafından hazırlanan bu çalışma 12.06.2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından Zootekni Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Sulhattin YAŞAR.....İmza:

Üye: Prof. Dr. Şaziye Canan BÖLÜKBAŞI AKTAŞ.....İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ali İhsan ATALAY.....İmza:

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun / /2020 tarih ve 2020/
sayılı kararı ile onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Murat Ali KARAVELİOĞLU

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Yeşim DEMİR



Bu çalışma Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2019-FBE-L04

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

BAZI KARMA YEM VE YEM HAM MADDELERİNİN KİSMİ EN KÜÇÜK KARELER REGRESYON (PLSR) İLE BÜTÜNLEŞTİRİLMİŞ FTIR SPEKTROSKOPİSİ YÖNTEMİYLE BESİN MADDE BİLEŞİMLERİNİN SAPTANMASI

Yeşim DEMİR

Yüksek Lisans Tezi, Zootečni Ana bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sulhattin YAŞAR

Haziran 2020, 42 sayfa

Bu tezin amacı, yerel firmalardan temin edilen 5 ayrı tahıl ve yan ürünü (kepek, buğday, razmol, arpa, yulaf), 3 ayrı yağlı tohum küspesi (soya fasulyesi, ayçiçeği ve pamuk tohumu küspesi), 5 ayrı karma yem (etlik piliç, yumurtacı piliç, buzağı, süt yemi ve besi yemi) olmak üzere 13 adet yem ham maddesi ve karma yemin kuru madde, ham protein ve kül içeriklerini kimyasal yöntemle tespit etmek ve Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopik ile besin madde içeriklerinin tahminleyerek kimyasal analiz sonuçlarıyla karşılaştırmaktır. Her bir yem ve yem ham maddesinden kimyasal analizi tespit edilmiş ve aynı zamanda ATR-FTIR cihazı kullanılarak 12 adet FTIR spektrumu toplanmıştır. FTIR spektrum verilerinden yem ve yem ham maddelerinin besin madde kompozisyonunun tahmin edilmesini sağlamak amacıyla Kısmi En Küçük Kareler Regresyon-“Partial least square regression” (PLSR) metodu kullanılarak iki farklı matematiksel model oluşturulmuştur. Model 1 kullanılarak yapılan ölçümlere ait performans kriterleri r^2 , R^2 (metot performans etkinliği), RMSECV sırasıyla r^2 :0,867665, R^2 :0,803671, RMSECV:0,2296 olarak tespit edilmiştir. Model 2 ile yapılan ölçümlere ait performans kriterleri ise r^2 , R^2 (metot performans etkinliği), RMSECV sırasıyla r^2 :0,80, R^2 :0,73, RMSECV:0,3465 olarak tespit edilmiştir. Gerek kimyasal analiz sonuçları gerekse FTIR ile tahminlenen besin madde sonuçlarının birbirlerine çok yakın ve aralarında yüksek düzeyde ilişki tespit edilmiştir. Sonuç olarak; FTIR analizi ile bazı karma yem ve yem ham maddelerine ait bilgilerin hızlı, güvenilir ve ekonomik bir şekilde tayin edildiği ve bu sonuçlara dayanarak metodun gıda ve yem sektöründe rutin analizlerde kullanabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yem Maddesi, Besin Maddesi, Fourier Dönüşümlü Kızılötesi

(FTIR) Spektroskopik Ölçüm, Kısmi En Küçük Kareler Regresyon

ABSTRACT

DETERMINATION OF NUTRIENT COMPOSITION OF SOME COMPOUND FEEDS AND FEEDING STUFFS BY FTIR- SPECTROSCOPY COMBINED WITH PARTIAL LEAST SQUARE REGRESSION (PLSR)

DEMİR, Yeşim

Master Thesis, Animal Science

Thesis Adviser: Prof. Dr. Sulhattin YAŞAR

June 2020, 42 pages

Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopic measurement has become one of the most widely used analysis techniques due to the being a fast, reliable, sensitive and inexpensive technique that can be used to analyze the chemical components and even the molecular structure of various microorganisms, food and feed, and different organic and inorganic compounds.

The present study, five grains (bran, wheat, razmol, barley, and oats), three meals (soybean, sunflower and cotton) and five mixed feed (broiler chicken, laying chicken, bovine milk, and cattle fattening feed) were analyzed for their chemical contents. A mathematical model was created using Partial Least Squares Regression (PLSR) method in order to estimate the nutritional composition of feeds from FTIR spectrum data. The model 1 performance characteristic were $r^2:0,867665$, $R^2:0,803671$, $RMSECV:0,2296$ respectively. In addition, the performance characteristics of model 2 were found as $r^2:0,80$, $R^2:0,73$, $RMSECV:0,3465$ respectively. Determined by both methods; In terms of dry matter (KM), crude protein (HP), crude ash (HK), the results were very close to each other and a high level of correlation was found. Herewith the study, the results revealed that the nutrient contents of the feed and mixed feedstuff can be estimated using FTIR measurements. Based on these results, the method is recommended to apply to the routine analysis in food and feed industry.

Keywords: Feedstuff, Nutrient, Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopic Measurement, Partial Least Squares Regression

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bazı Karma Yem ve Yem Maddelerinin Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (PLSR) ile Bütünleştirilmiş FTIR Spektroskopisi Yöntemiyle Besin Madde Bileşimlerinin Saptanması başlıklı yüksek lisans tezimin hazırlanması aşamasında değerli bilgilerini aktarıp yardım ve desteğini esirgemeyen, çalışmalarımı titizlikle ele alıp inceleyen ve çalışmamın her aşamasında bana yol gösteren tez danışmanım Prof. Dr. Sulhattin YAŞAR'a ve tezimin önemli aşamalarında bilimsel katkı sağlayan Arş. Gör. Ramazan TOSUN'a en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışma süresi boyunca tezimin hazırlanmasında maddi ve manevi destek veren çalışma arkadaşlarıma ve değerli öğretim üyesi ve elemanlarına saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

19-FBE-L04 numaralı projemize sağladığı destekten dolayı Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her döneminde yanımda olan hiçbir desteğini esirgemeyen sevgili aileme göstermiş oldukları sabır, özveri ve desteklerinden dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yeşim DEMİR

Haziran, 2020

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL ve METOT.....	11
3.1. Materyal.....	11
3.2. Metot	11
3.2.1. Yem örneklerinin FTIR analizinin alınması	11
3.2.1.1 Yem örneklerinin hazırlanması.....	11
3.2.1.2 Yem örneklerinin ATR-FTIR cihazı ile spekturumlarının tespiti.....	12
3.2.1.3 Spekturumların Spectragryph-Optik Spektroskopi veri tabanına yüklenmesi	13
3.2.2 Yem örneklerinin kimyasal analizi	14
3.2.2.1 Kuru madde analizi	14
3.2.2.2 Ham kül analizi	16
3.2.2.3 Ham protein analizi.....	16
3.2.3 İstatistiksel analizler	19
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	20
4.1 FTIR Spekturumlarına Ait Bulgular.....	20
4.1.1 Tahıl ve yan ürünlerinde FTIR spekturumlarına ait bulgular.....	20
4.1.2 Proteinli yemlerde FTIR spekturumlarına ait bulgular.....	21
4.1.3 Ruminant karma yemlerde FTIR spekturumlarına ait bulgular.....	21
4.1.4 Kanatlı karma yemlerde FTIR spekturumlarına ait bulgular.....	22

4.2 PLSR Modeli Kullanılarak Besin Maddelerinin Tahminine İlişkin Bulgular.....	23
4.2.1. 3.990 ile 661 cm^{-1} Dalga boyu arasında elde edilen absorbens değerleri üzerinden besin maddelerinin tahmini.....	23
4.2.2. 1.800 ile 661 cm^{-1} Dalga boyu arasında elde edilen absorbens değerleri üzerinden besin maddelerinin tahmini.....	25
4.2.2.1. Kuru madde kimyasal analizinin 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbens değerleri üzerinden tahmini.....	27
4.2.2.2. Ham kül kimyasal analizinin 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbens değerleri üzerinden tahmini.....	30
4.2.2.3. Ham protein analizinin 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbens değerleri üzerinden tahmini.....	32
4.3. FTIR ve Kimyasal Analiz Yöntemiyle Yapılan Sonuçların Karşılaştırılması	34
4.3.1 FTIR ve kimyasal analiz yöntemlerinin kuru madde oranlarının karşılaştırılması.....	34
4.3.2. FTIR ve kimyasal analiz yöntemlerinin ham kül oranlarının karşılaştırılması	35
4.3.3. FTIR ve kimyasal analiz yöntemlerinin ham protein oranlarının karşılaştırılması.....	35
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	37
KAYNAKLAR	38
ÖZGEÇMİŞ.....	42

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	Yüzde
°C.....	Santigrat
G.....	Gram
H ₂ BO ₃	Borik Asit
H ₂ SO ₄	Sülfürik Asit
ml.....	Mililitre
N.....	Azot
NH ₄	Amonyum
SO ₂	Kükürt Dioksit

Kısaltmalar

<i>ALUM</i>	Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi
<i>ATK</i>	Ayçiçeği Tohumu Küspesi
<i>ATR</i>	Attenuated Total Reflectance
<i>AU</i>	Arbitral Ünite
<i>CVA</i>	Kanonik Değişken Analizi
<i>FTIR</i>	Fourier Dönüşüm Kızıl Ötesi Spektroskopisi
<i>HK</i>	Ham Kül
<i>HM</i>	Ham Protein
<i>HS</i>	Ham Selüloz
<i>HY</i>	Ham Yağ

<i>IR</i>	Infrared (Kızılötesi)
<i>KM</i>	Kuru Madde
<i>LAB</i>	Laktik Asit Bakterileri
<i>MPE</i>	Metodun Performans Etkinliği
<i>OM</i>	Organik Madde
<i>PCA</i>	Temel Bileşen Analizi
<i>PLSR</i>	Kısmı En Küçük Kareler Regresyonu
<i>POD</i>	Peroksidaz
<i>PPO</i>	Polifenol Oksidaz
<i>PTK</i>	Pamuk Tohumu Küspesi
<i>REF</i>	Referans Taban Değeri İçin Düzeltme
<i>RESSC</i>	Modelin Test Aşamasındaki Varyasyon Derecesi
<i>RMSECV</i>	Doğrulama Aşamasının Varyasyon Derecesi
<i>RPD</i>	Yüksek Performans Sapma Oranı
<i>SECV</i>	Doğrulama Aşamasında Yapılan Hata Derecesi
<i>SFK</i>	Soya Fasulyesi Küspesi
<i>TSE</i>	Türk Standartları Enstitüsü

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil.3.1. Yem örneklerinin analiz öncesi hali.....	11
Şekil.3.2. Yem örneklerinin öğütülmüş hali.....	12
Şekil.3.3. ATR-FTIR cihazı	12
Şekil.3.4. Yem örneklerinin ATR-FTIR cihazında spekturumlarının alınması.....	13
Şekil.3.5. Tüm yem spekturumlarının absorbands görünümleri.....	13
Şekil.3.6. Tüm spekturumlarının 2. derece türev alınmış hali.....	14
Şekil.3.7. Desikatörde bekletilen örneklemeler.....	15
Şekil.3.8. Yem Örneklerin tartımı.....	15
Şekil.3.9. Yem örneklerinin kül yakma fırınında yakılması.....	16
Şekil.3.10. Yaş yakma seti.....	17
Şekil.3.11. Damıtma Cihazı.....	18
Şekil.3.12. Titrasyon Cihazı.....	18
Şekil.4.13. Tahıl ve yan ürünlerine ait FTIR spekturumları (Normalizasyon ve baseline düzeltmesi yapılmamış).....	20
Şekil.4.14. Proteinli yemlerin FTIR spekturumları (Normalizasyon ve baseline düzeltmesi yapılmamış).....	21
Şekil.4.15. Ruminant karma yemlerine ait FTIR spekturumları (Normalizasyon ve baseline düzeltmesi yapılmamış).....	22
Şekil.4.16. Kanatlı karma yemlerine ait FTIR Spekturumları (Normalizasyon ve baseline düzeltmesi yapılmamış).....	22

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 4.1. PLSR modeli kullanarak 3.990 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerinden besin maddelerinin tahminine ait modelin performans değerler.....	24
Çizelge 4.2. PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerinden besin maddelerinin tahminine ait modelin performans değerleri.....	26
Çizelge 4.3. Kuru madde kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile tahıllarda bazı besin madde içeriklerinin tespiti.....	27
Çizelge 4.4. Kuru madde kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile ruminant yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.....	28
Çizelge 4.5. Kuru madde kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile kanatlı yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.....	29
Çizelge 4.6. Kuru madde kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile proteinli yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.....	29
Çizelge 4.7. Ham kül kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile tahıllarda bazı besin madde içeriklerinin tespiti.....	30
Çizelge 4.8. Ham kül kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile ruminant yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.	30

Çizelge 4.9. Ham kül kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile kanatlı yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.....	31
Çizelge 4.10. Ham kül kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile proteinli yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.	31
Çizelge 4.11. Ham protein kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile tahıllarda bazı besin madde içeriklerinin tespiti.	32
Çizelge 4.12. Ham protein kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile ruminant yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.....	32
Çizelge 4.13. Ham protein kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile kanatlı yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.....	33
Çizelge 4.14. Ham protein kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile proteinli yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.....	33
Çizelge 4.15. FTIR ve kimyasal yöntemle yapılan kuru madde analiz sonuçları.....	34
Çizelge 4.16. FTIR ve kimyasal yöntemle yapılan ham kül analiz sonuçları.....	35
Çizelge 4.17. FTIR ve kimyasal yöntemle yapılan ham protein analiz sonuçları.....	36

1. GİRİŞ

Hayvancılık, tarih boyunca insan beslenmesinde büyük önem taşıyan temel besin maddelerinin üretim kaynağını oluşturmuştur. Bunun yanı sıra bitkisel üretim ve endüstri yan ürünleri gibi ürünlerin değerlendirilmesi ve istihdam alanları yaratma gibi ekonomik ve toplumsal işlevlere de sahiptir. Dünya nüfustaki hızlı artış hayvansal ürünlere olan gereksinimi sürekli artırdığından, hayvancılığın ülkelerin ekonomilerindeki yeri ve öneminin giderek artması sonucunu doğurmaktadır. Bu sonuçta, hayvancılığın ve birim hayvandan daha fazla ürün almak için hayvan beslemenin önemini ortaya koymaktadır. Genel olarak dünyada ve ülkemizde hayvan beslemede hayvansal ürünün miktarını ve kalitesini artırmak için kesif yem kaynağı olarak tahıllar (arpa, yulaf, buğday vb.), karma yemler (etlik piliç, yumurtacı piliç, süt yemi, besi yemi vb.), endüstri ve değirmencilik sanayi yan ürünleri (kepek, razmol, soya fasulyesi, ayçiçeği ve pamuk tohumu küspesi vb.) tercih edilmektedir (Kutlu ve Çelik, 2004).

Tahıl daneleri, insan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanılan dane ve tohumlar arasında birinci sırada yer alırlar. Hayvancılıkta özellikle enerji kaynağı olarak değerlendirilirler. Bu yemler olmadan ekonomik bir rasyon hazırlamak güçtür. Besin maddeleri açısından birbirleri ile çok yakın benzerlik içerisindedirler. Tahıl danelerinde genel olarak en fazla bulunan besin maddesi karbonhidratlardır (Kutlu ve Çelik, 2004). Tahıl daneleri %7-12 arasında ham protein (HP) içeriğine ve %1-11 arasında ham yağ (HY) içeriğine sahiptir (Kutlu ve Çelik, 2004).

Soya fasulyesi küspesi (SFK) büyükbaş ve küçükbaş hayvanların beslenmesi ve kanatlı endüstrisiyle pet hayvanlarının beslenmesinde etkin bir protein kaynağıdır. SFK taneden, yağın birtakım işlemler sonucunda çıkarılmasında sonra kalan kısmın öğütülmesiyle sağlanır. Erişimi kolay, lezzetli; lizin, metiyonin ve treonin bakımında içeriği zenginleştirilmiş SFK, değerli bir protein ham maddesidir. (Ergin ve Aydemir, 2018). Pamuk tohumu küspesinin (PTK) içerdiği yüksek protein, yağ ve vitaminler açısından özellikle hayvancılık alanı için vazgeçilmez bir yem kaynağıdır. PTK, pamuğun üzerindeki lifin alınmasından sonra geriye kalan kısmın yağının çıkarılmasından sonraki kalan kısmıdır. Hazmı kolaydır süt kalitesini arttırıcı etkiye sahip olması açısından hayvan beslenmenin vazgeçilmez besini olarak fazlaca tercih edilir. Ayçiçeği tohumu

küspesi (ATK) hoş kokusu ve lezzetiyle tüm hayvanların severek tükettikleri bir yem türüdür. Ülkemizde küspelerin üretimi açısından bakıldığında en fazla olanlardan biriside ATK'dır. ATK, ayçiçeği yağlı tohumlarından yağın alınmasından sonra geriye kalan kısımlarıdır. Piyasada iki tür ATK bulunmaktadır. Birincisi, %2-3 yağ içeren düşük ham proteinli olup buna karşılık fazla kabuklu olmaları nedeniyle HY içeren düşük ham selüloz (HS) içeriği yüksek olan kabuk karıştırılmış küspelerdir, bahsedilen küspelerin gerçek ekstraksiyon küspelerinden ayrımı pek yapılamamaktadır. Detaylı bakıldığında küçük topraklar meydana getirmeleri ve yapılarında bozulmamış kabuk içermeleri ile kolayca tanınabilmektedir (Ergül, 1994).

Kesif yemler enerji ya da protein içeriği zengin, besin maddelerinin sindirilme derecesi yüksek ve dolayısıyla sindirilebilir besin maddeleri fazla olan yemlerdir. Yoğun yemler genellikle bitkisel kökenli oldukları halde, hayvansal kaynaklı kesif yemlerde hayvancılıkta kullanılmaktadır. Kesif yemleri kullanım amacına göre enerji yemleri ve protein ek yemleri olarak iki gruba ayrılabilir. Enerji yemleri rasyonun enerji düzeyini yükseltmek için kullanılan ve protein içeriği %20'den HS içeriği ise %18'den az olan yem grubudur. Diğer taraftan protein ek yemleri ise protein içeriği %20'den yüksek ve rasyonun protein açığını kapatmak için kullanılmaktadır (Kutlu ve Çelik, 2004). Hayvan beslenmesinde yem maliyetleri tüm girdiler içerisinde en başta gelir ve giderlerin yaklaşık %60-70'ini oluşturur. Bu sebeple, hayvanların beslenmesinde çok çeşitli yem maddeleri kullanılır ve bunların besin madde içeriklerini doğru ve hızlı bir şekilde tayin edilmesi gerekir. Özellikle, karma yem formülasyonu ve üretiminde yemlerin besin madde içeriklerinin doğru ve hızlı tayin edilmesi karlılık ve sürdürülebilir bir hayvansal üretim için gereklidir. Genellikle, besin madde tayinleri için yaş yakma (kimyasal) metotları kullanılır ve bu metotlar uzun ve yorucu olmasının yanı sıra aşırı kimyasal kullanımı gerektirdiğinden pahalı metotlardır. Günümüzde bu metotlara alternatif olarak geliştirilmiş kızıl ötesi (yakın veya orta) spektroskopik metotlar yem endüstrisi tarafından kullanılmaktadır. Bu yöntem yaş yakma işlemleri gibi kimyasal madde kullanımını gerektirmez ve ayrıca hızlı ve doğru bir ölçüm ortaya koymaktadır. Ancak, bu yöntemin kullanılmasında dikkat edilmesi gereken bazı konular vardır. Özellikle, kızıl ötesi spektrumları alınacak örneklerin homojenliğinin yanı sıra ham spektrum verilerinde bazı transformasyonların yapılması ile ölçülen değerlerin hassasiyet ve doğruluk dereceleri

artar. Bu transformasyonlar, ölçülen değerlerde dış faktörlerden kaynaklanan (örnek homojenitesi, cihaz hassasiyeti, ölçüm esnasındaki çevre faktörleri gibi) varyasyonun minimize edilmesi için gereklidir.

Zayıflatılmış toplam yansıtma (ATR) Fourier dönüşümü (FT) kızılötesi (IR) spektrum ölçümü, bir dizi gıda ve besleme maddesindeki besinsel içeriğin yanı sıra kimyasal yapısal değişiklikleri belirlemek için yaygın olarak kullanılan hızlı, tahribatsız ve ucuz bir yöntemdir (Wilson and Belton, 1988; Sivam *et al.*, 2013). FTIR spektroskopisi ile kombine edilmiş çok değişkenli analiz ile çeşitli gıda ve yem materyallerinin besinsel kompozisyonunun ve moleküler yapılarının nicelendirilmesi çeşitli çalışmalarda sunulmuş ve kısmi en az kare regresyon (PLSR) etkili bir şekilde kullanılmıştır (Wilson and Belton, 1988; Scibisz *et al.*, 2011; Samadi *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2015).

Yem proteinleri hem bitki kökenli (soya fasulyesi küspesi, kolza tohumu küspesi, pamuk tohumu küspesi, yer fıstığı unu, ayçiçeği tohumu küspesi vb.) hem de hayvansal kökenli (balık unu, et ve kemik unu, kan vb.) olabilmektedir. Bu protein takviyeleri genellikle protein kaynağı olarak hayvan yemine eklenmektedir. Proteinlere ek olarak, yağlar ve proteinler de hayvan beslenmesi için büyük önem arz etmektedir. Ancak, yem materyallerinde bu içeriklerin belirlenmesinde yaygın olarak kimyasallar kullanılmaktadır. Ayrıca, yapılan analizlerde hedeflenen kimyasal içeriğin analizi ve onun ilgili özellik ve bileşenlerine odaklanılmaktadır. Laboratuvar koşullarında konvansiyonel (geleneksel) yöntemler ile değerli bilgiler sağlanmasına rağmen, bu analizlerin çoğu zaman alıcı, zahmetli ve maliyetli prosedürler içermektedir. Bu amaçlı yaklaşımların bir başka temel sınırlaması ise, öngörülemeyen sorunları tespit edememesidir. Analizi yapılacak örneği oluşturan moleküllerin orta kızılötesi dalga boylarında ışık absorbansına dayalı orta kızılötesi yansıtma spektroskopisi (Mid-infrared reflectance spectroscopy, FTIR), tahribatsız, hızlı ve öngörücü bir tekniktir (Chen *et al.*, 2013). Ayrıca FTIR spektrum datalarının çoklu regresyon ve kemometrik yöntemler ile kombine edilmesi sonuçların daha yorumlanması ya da kimyasal içeriklerin tahmin edilmesi ya da belirlenmesine katkılar sunacaktır.

Yukarıdaki nedenlerden dolayı, bazı karma yem ve yem ham maddelerinin kısmi en küçük kareler regresyon (PLSR) ile bütünleştirilmiş FTIR spektroskopisi yöntemiyle

besin madde bileşimlerinin saptanması için matematiksel modellemeler önerilmiştir. Bu modellerin etkinliği araştırılmıştır (Yasar ve ark., 2019).

Bu çalışmada hayvan beslemede yaygın olarak kullanılan bazı yem maddeleri ile karma yemlerin temel (makro) besin madde içeriklerinin yaş yakma ve kızılötesi (FTIR) spektroskopik ile tespit edilmesi hedeflenmiştir. Özellikle FTIR lm için elde edilen spektrum verileri önemli transformasyonlara tabi tutularak metodun hassasiyetlik ve doğruluk derecesinin artırılması amaçlanmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son yıllarda hızlı ve güvenilir sonuç vermesi, ekonomik olarak maliyetinin kimyasal analizlere göre minimal seviyede olması gibi nedenlerden dolayı FTIR analizlerine ilgi giderek artmaktadır. Bitki ve hayvan beslenme alanında FTIR ile ilgili pek çok çalışma yürütülmüş ve bu tez konusu ile ilgili bazı çalışmalar aşağıda sunulmuştur.

Yu *et al.* (2004), hayvan beslemede kullanılan yem materyallerinin FTIR analizi tekniği ile dört biyo-analitik uygulamasını gözden geçirdiğini belirtmiştir. Bunlar yoğunlukları ve biyolojik bileşenlerin dağılımı (lignin, protein, lipit, yapısal ve yapısal olmayan karbonhidratlar gibi), ultrastrüktürel-kimyasal makyaj ve yellowand yoğunluk kapsamları Harrington arasındaki endosperm dokusunun ultrastrüktürel matriksindeki kimyasal farklılıkların SR-FTIR tekniği ile gösterilmesi, FTIR analizi ile çeşitli yem proteinlerinin ikincil yapılarının kimyasal özelliklerinin (buğday, yulaf ve arpa gibi) nicelleştirilmesi gibi konuları ele aldığını bildirmiştir. FTIR analiz yöntemini kullanarak, bozulmamış besin dokularını parçalar halinde analiz edilip dokuların karşılaştırılmasının yapılacağını ayrıca yem dokusu intrinsik-kimyasal ilişkilerinin de yapılabileceğini belirtmiştir. Araştırmacı bu çalışma ile FTIR analiz tekniğinin yem ve beslenme araştırmaları için yeni bir fırsat sağlayacağını öne sürmüştür.

Toyran (2008), çalışmasında FTIR tekniğinin kullanımının tıp alanındaki etkilerinden; özellikle patoloji, klinik biyokimya ve IR görüntüleme alanlarında olduğundan bahsetmiştir. Mikrometre kalınlığındaki bir doku diliminin istenilen bir bölgesinin nokta-nokta biyokimyasal haritasının çıkarılmasına olanak sağlayan bu teknik ile birçok hastalığın neden olduğu biyokimyasal değişiklikler hakkında bilgi sahibi olmak mümkündür. Ayrıca teşhis amaçlı da kullanılabilen bu mikrospektroskopik teknikle herhangi bir boyama, ekstraksiyon ya da saflaştırma işlemine gerek olmadığı için incelenen sistemin moleküler yapı bütünlüğü bozulmamaktadır. Araştırmacı bu derlemede elektromanyetik dalgaların genel özellikleri ve IR mikrospektroskopi tekniğinin temel prensipleri, bu tekniğin deneysel hazırlık yöntemleri özetlenmiş; medikal alanda ki başlıca uygulamalarını derlemiştir (Toyran, 2008).

Davarcioğlu ve ark. (2009), Kayseri ilinin güney-batısında yer alan Araplı-Yeşilhisar çalışma sahasından alınan Orta Anadolu bölgesi kil örneklerinin FTIR spektroskopisi incelemelerine ait araştırma sonuçlarını ele almışlardır. İncelemelerin, dünya standartları olarak kabul edilen değişik bölgelere ait killerin ve bu killere birlikte bulunabilecek kuvars ve feldspat örneklerinin FTIR spektrumları göz önünde bulundurularak gerçekleştirildiği belirtilmiştir. İlgili spektrumlar, Araplı-Yeşilhisar kil profilinin Mustafapaşa formasyonu (MPF 1,2) ve Cemilköy ignimbritinden alınan kil örneklerine (CK 2,1 ve CK 2,3) ait FTIR spektrumlarıyla karşılaştırılarak her bir kil örneğinin içerdiği mineraller tespit edilmiştir. Araplı-Yeşilhisar çalışma sahasından alınan örneklerin FTIR spektrumlarında yaygın olarak O-H ve Si-O-Si grupları gözlenmiştir. Çalışmacılar, bu örneklerin illit, kaolinit, feldspat ve kuvars içerdikleri ve kil iskeletinin T-O (Tetrahedral-Oktahedral) ya da O-T (Oktahedral-Tetrahedral) yapılı olduklarını öne sürmüşlerdir.

Kılıç ve Karahan (2010), FTIR spektroskopisi ile laktik asit bakterilerinin (LAB) tanısında kullanımına yönelik bazı çalışmalara yer verilmişlerdir. FTIR spektroskopisinin temel prensibi ve organik maddelerin belirlenmesinde kullanılan orta infrared spektroskopisi açıklanmıştır. Bakterilerin FTIR spektroskopisi ile tanısında, tanıyı kolaylaştıracak farklı spektrum pencereler bulmak, analiz edilen tür ve suşların sayısını artırarak daha güvenilir veri tabanları oluşturmak, daha doğru ve güvenilir sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır. Okunan ışık dizisinin doğru olarak değerlendirilmesinde, çok değişkenli kemometrik yöntemlerin kullanılması önem kazanmaktadır. Yapay sinir ağları gibi çok daha güvenilir ve sağlıklı yöntemlerin kullanılmasının; ışık dizisine yapılan ön işlemlerde, ışık dizisi pencerelerinin seçilmesinde ve algoritmaların tanımlanmasında FTIR spektroskopisi kullanımının yaygınlaştıracığı düşünülmektedir. Bununla birlikte araştırmacılar bakterilerin tanısında kullanılabilen hızlı ve ucuz bir yöntem olması, çalışma için besi yeri ve KBr dışında herhangi bir kimyasala ihtiyaç duyulmaması ve toksik bir atığın çıkmaması da bu yöntemin rutin olarak kullanımını teşvik eden özelliklerinden olduğunu belirtmişlerdir.

Özkan (2011), özel bir firma tarafından temin edilen 10 farklı yağ örneğinin FTIR spektrumları alınmış ve bu verilere kemometri tekniği uygulanarak sınıflandırmıştır. Sınıflandırmada elde edilen sonuçlar, uzman tarafından verilen bilgilerle karşılaştırılmış

ve FTIR ve kemometri tekniklerinin birlikte kullanılmasıyla da baklavalık kalitede tereyağının saptanabileceği gösterilmiştir. Böylelikle araştırmacı, FTIR tekniği kullanılarak baklavalık tereyağlar ile marketlerde satılan tereyağların karşılaştırılmasının kolaylaştırıldığını öne sürmüştür.

Çebi (2012), beyaz peynir gibi protein ve yağın değişik kompozisyonlarında ve geometride dağılım gösterdiği bir gıda sisteminin mikro-FTIR yöntemi ile kimyasal görüntülenmesinin gerçekleştirilmesi üzerine bir çalışma sunmuştur. Peynirin mikro yapısı dokuyu ve fonksiyonel özellikleri belirleyen önemli bir faktördür ve ürünün kalitesini doğrudan şekillendiren parametrelerdendir. Sonuç olarak araştırmacı, mikro-FTIR ile peynirdeki bileşenlerin boyutsal dağılımı ayrıntılı şekilde incelenebilmiş ve literatür ile karşılaştırıldığında, peynirin mikro yapısının protein matriksi içerisinde dağılmış farklı büyüklük ve şekillerdeki yağ globüllerinden oluşan bir yapı olduğunu öne sürmüştür.

Turhan (2012), çalışmasında çiğ süttten üretilmiş kaşar peynirinden laktik asit bakterileri izole etmiş ve bu kültürlerin tanıları biyokimyasal testler ve FTIR spektroskopisi yöntemi ile yapmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuç, lakik asit bakterilerinin tanısında biyokimyasal ve karbonhidrat test sonuçları arasında farklılıkların olması genotipik tanının önemini ortaya koymuştur. Çalışmacı buna paralel olarak, FTIR spektroskopisi ile laktik asit bakterisi tanısında başarılı olmak için referans suşların fazla sayıda olması gerektiğini belirtmiştir.

Büyüksırt ve Kuleaşan (2014), yaptıkları çalışmada, FTIR analizinin yalnızca mikrobiyal hücrelerin tanımlanmasında değil bunun yanında makromoleküllerin yapısal analizinde de kullanıldığını ifade etmişlerdir. Yapılan analiz sonuçlarının güvenilirlik düzeyinin yüksekliği vurgulanmıştır. Basit bir şekilde ölçümleme ayarı yapılabilmesinin yanında kullanılan örneğe zarar vermeden ve hızlı sonuç elde edilmesi FTIR analizi yapanların sayısında artış sağladığı dile getirmişlerdir. Araştırmacılar bu çalışmalarında, mikrobiyel hücrelerin tanımlanması, makromoleküllerin yapısal analizi, organik maddelerin niteleyici ve niceleyici analizi, yapılarının aydınlatılması, stereokimyasal özelliklerinin bulunması ve saflık kontrolü gibi birçok alanda kullanılmasından ve büyük bir spektrum elde etme özelliği bulunmasından dolayı FTIR analiz yönteminin gıda, tarım, tıp, biyomedikal uygulamalar, kimya gibi birçok alanda kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir.

Chen *et al.* (2013) yapmış oldukları çalışmasında sadece saf bileşen spekturumlar kullanarak SFK'nın taneciklerini tanımlayabilmek için NIR mikroskopi görüntülemenin kullanılmasının fizibilitesini araştırmışlardır. Sonuçlar yeniden kalibrasyon modeli oluşturmadan yapılmıştır. Sonuçlar melaminle karşılaştırılarak NIRgörüntülemenin uygulanabilirliğini göstermiştir. CLS Algoritmasıyla birleştirilmiş NIR görüntüleme yem güvenliğinin kontrolü için yeni ve uygulanabilir çözüm üreten kalibrasyon modelini oluşturmada başarıyla tespit edilmiştir.

Li *et al.* (2015) tarafından yapılan çalışmalarda infrared spektroskopisi kullanılarak nişasta içeriğinin dolaylı olarak ölçümü, teorik etanol verimi ve 48 çeşit sorgum tanesinin gerçek etanol verimi için hızlı bir belirleme yöntemi geliştirildiğini ve doğrulandığı bildirilmiştir. Elde edilen PLSR modelleri regresyon katsayılarının (tahmin ve validasyon, R^2 ve r) 0,60'dan düşük olmasına rağmen tahmin hatasının azlığı nedeni ile FTIR spektroskopisinin, istenen nişasta içeriği ve teorik etanol verimi için sorgum çeşitlerinin indirekt taranması için pratik bir yöntem olabileceğini savunmuşlardır.

Durazzo *et al.* (2018) çalışmalarında geleneksel İtalyan yemeklerinin kalitatif analizinde FTIR tekniği kullanmışlardır. Araştırma sonucuna göre, FTIR spektrum verilerin uygun istatistik (çok değişkenli) metotlar ile kullanıldığında gıda sektöründe yaygın bir kullanım alanı bulacağı tespit edilmiştir.

Li *et al.* (2018) çalışmalarında 4.000 cm^{-1} - 600 cm^{-1} spektrum bölgesinde normal ve çeşitli heterojen yumurtalık kanser hücre dizilerinin FTIR spektrumları ve yumurtalık kanseri doku örnekleri karşılaştırmışlardır. Spektrum özellikler, yumurtalık kanseri hücreleri / dokuları hakkında önemli moleküler özellikleri ortaya çıkarmıştır. Özellikle kanserli dokulardaki değişikliklerde, lipit ve nükleik asitlerin miktarında azalma gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Çalışma neticesinde FTIR spektroskopisinin olası tanısal kullanımını, araştırma modelini ve kanıtları sunmayı ve yumurtalık kanserlerinin olası ayırmıcılığına yönelik spektrum özelliklerinin bir veri bankasını oluşturmak için daha çok doku örneği ile yapılacak çalışmayı desteklemeyi gösterdiğini öne sürmüşlerdir.

Bardakçı ve Seçilmiş (2006) tarafından yapılan çalışmada gül yağının uçucu yağ analizlerinde FTIR yöntemi kullanılmıştır. İlk kez FTIR spektrometresi kullanılarak gül yağına ait karakteristik frekanslar belirlenmiştir. FTIR spektroskopisi ile gül yağı

bileşiminin tayini dışında farklı kökenli (bölgesel) gül yağlarının belirlenmesinde kullanılacağı bildirilmiştir.

Ermış ve ark. (2019), çalışmasında toprak ve çeşitli peynirlerden izole edilmiş mikroorganizmaların sistein üretme hacimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda 9 farklı kaynaktan 262 bakteri izole edildiğini belirtmişlerdir. Bakterilerin sistein üretme kapasitesi, Nutrient Broth kullanılarak 37 °C’de 72 saat mayalanma işlemi sonucunda spektrofotometrik yöntemle belirlendiği aktarılmıştır. Sistein, serin ve metiyonin amino asitlerinin FTIR karakterizasyonu yapıldığı ve ayrıca değişen konsantrasyonlarda sistein içeren sulu çözeltilerinin FTIR spektrumları incelendiği belirtilmiştir. Elde edilen spektrumlara göre, sistein konsantrasyonuna bağlı olarak band yoğunlukların farklılaştığı sonucuna varıldığı öne sürülmüştür.

Maheşar *et al.* (2011), bu çalışmada kanatlı hayvan yemleri için ATR tekniği ile PLSR ve FTIR Spektroskopisinin kesişimi ortaya konulduğu belirtilmektedir. Metodun basit ve çevre dostu olduğu belirtilerek çok az örneklerle bile sonuç alınabileceği öne sürülmüştür.

Zhang *et al.* (2012) çalışmasında FTIR analiziyle arpanın spektroskopisi küme analizi ve süt sığırcılığındaki arpa karbonhidratlarının moleküler yapısı spektrum alan ve yoğunlukları incelendiği belirtilmiştir. Çalışmanın sonucunda karışımın kalıtımı kimyasal bileşenlerin, besinsel özelliklerin ve arpanın moleküler yapısının spektrum özelliklerinin değiştiği sonucuna varmışlardır.

Yaşar ve ark. (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada, farklı besin madde içeriklerine sahip ayçiçeği tohumu küspesinin besin madde içeriklerini ATR-FTIR ile bütünleşik kısmi en küçük kareler regresyon modeli kullanılarak başarılı bir şekilde tayin etmişlerdir. Kullanılan metodun hassasiyeti ve doğruluğu yüksek bir metot olup, özellikle ham selüloz ve kül içerikleri çok yüksek yemlerde KCl gibi seyreltici bileşik kullanımı tavsiye edilmiştir.

Yaşar ve ark. (2020) tarafından yapılan başka bir çalışmada, farklı mikroorganizmalar kullanılarak fermente edilen SFK’nın gerek besin madde ve gerek ise sekonder protein komponentlerinin relatif miktar tayininde ATR-FTIR metodunun başarılı bir şekilde uygulanabileceğini ve ayrıca fermentasyon sonucu SFK’da meydana

gelen moleküler düzeyde yapısal değişikliklerin tanımlanmasının yapılabileceğini bildirmişlerdir.

Literatürdeki bu bilgilerin ışığında, bu tez çalışmasında hayvan beslemede kullanılan bazı yem ham maddeleri ve karma yemlerin besin madde içeriklerinin FTIR yöntemi ile doğru ve hızlı bir şekilde tespit etmek amaçlanmıştır. Bunun için örneklerden elde edilen spektrum verileri önce kendi içerisinde standardize (STAND) ve referans taban değeri için düzeltme (REF) işlemine tabi tutulacaktır. Bu şekilde işlenmiş verilerin 2. derece türevleri alınarak kısmi en küçük kareler regresyon (PLSR) analizinde model geliştirmede kullanılması sağlanacaktır. Geliştirilecek model 2 aşamadan (test ve doğrulama) oluşturulacaktır. Doğrulama işlemi sonucu FTIR ile saptanan besin madde değerleri kimyasal analiz yolu tespit edilmiş olan besin madde analiz değerleri ile karşılaştırılacak ve böylece metodun doğruluk ve hassasiyeti tespit edilecektir. Karşılaştırmalarda PLSR modelinde kullanılan bileşen sayısı, kullanılan bileşen sayısı ile varyasyonun ne kadarının ifade edildiği, modelin test (r^2) ve doğrulama (R^2) regresyon katsayıları, RESSC (modelin test aşamasındaki varyasyon derecesi), RESSCV (modelin doğrulama aşamasındaki varyasyon derecesi), RMSECV (doğrulama aşamasının varyasyon derecesi), SECV (doğrulama aşamasında yapılan hata derecesi) ve metodun performans etkinliği (MPE) gibi parametreler kullanılacaktır. (Yasar ve ark., 2020).

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada 13 farklı yem örneğinin FTIR (Fourier Transform Infrared) spektrumları ele alınarak kimyasal analizini çözümlenmiştir (Yaşar ve ark., 2020). FTIR çalışması için birçok yem fabrikasından 13 farklı yem örneği temin edilmiştir. Bunun için 5 ayrı tahıl maddesi (kepek, buğday, razmol, arpa, yulaf), 3 ayrı küspe (soya fasülyesi kuspesi, ayçiçeği tohumu kuspesi ve pamuk tohumu kuspesi), 5 ayrı karma yem (etlik piliç, yumurtacı piliç, süt yemi, buzağı ve besi yemi) olmak üzeredir.



Şekil.3.1. Yem örneklerinin analiz öncesi hali

3.2. Metot

3.2.1. Yem örneklerinin FTIR analizinin alınması

3.2.1.1 Yem örneklerinin hazırlanması

Iğdır Üniversitesi Şehit Bülent Yurtseven Kampüsü Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezi (ALUM)'nde 13 farklı yem örneği için FTIR analiz çalışmaları yapılmıştır. Bu yem maddeleri Şekil 3.2.1'de görüldüğü üzere ISOLAB Laborgerate GmbH öğütücü yardımıyla öğütülmüştür. Öğütülen örnekler FTIR ve kimyasal analizi yapılması için +4 °C'de saklanmıştır.



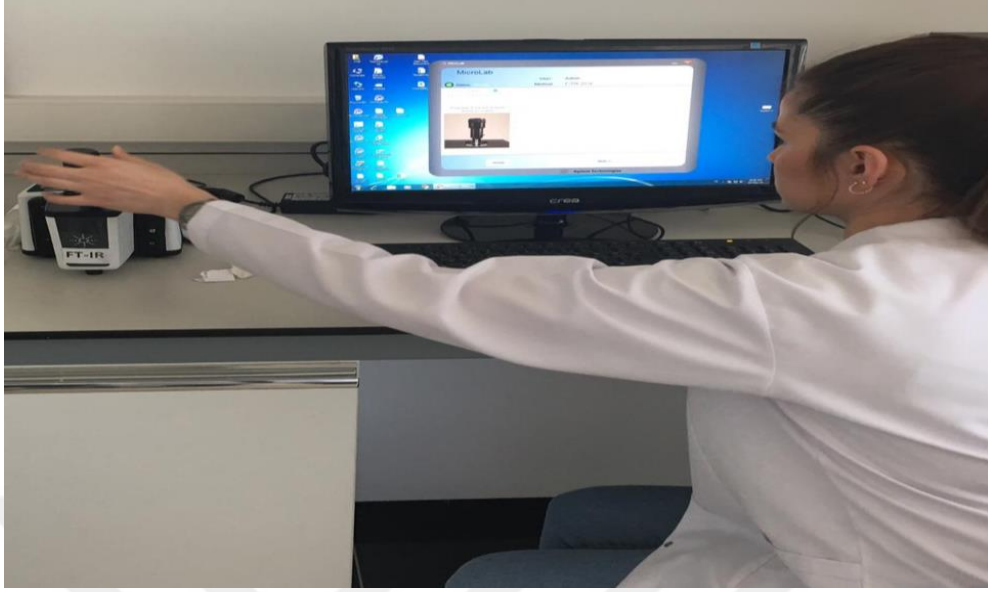
Şekil.3.2. Yem örneklerinin öğütülmüş hali

3.2.1.2 Yem örneklerinin ATR-FTIR cihazı ile spekturumlarının tespiti

ATR-FTIR cihazı kullanılarak her bir yem maddesi için 12 tekerrür halinde FTIR spektrumları elde edilmiştir. ATR-FTIR cihazının yuvasına bıraktığımız 0,5-1 gr arasındaki yem örnekleri için spektrumlar alınmıştır. Cihazda 4.000 cm^{-1} tarama, 4 cm^{-1} çözünürlük, 4 cm^{-1} absorbans ve ATR metodu yöntemiyle çalışılmıştır (Yaşar ve ark., 2019). Bu yöntemi kullanarak diğer yöntemlerle kıyasla daha hızlı ve rahat kullanımlı olduğu tespit edilmiştir.



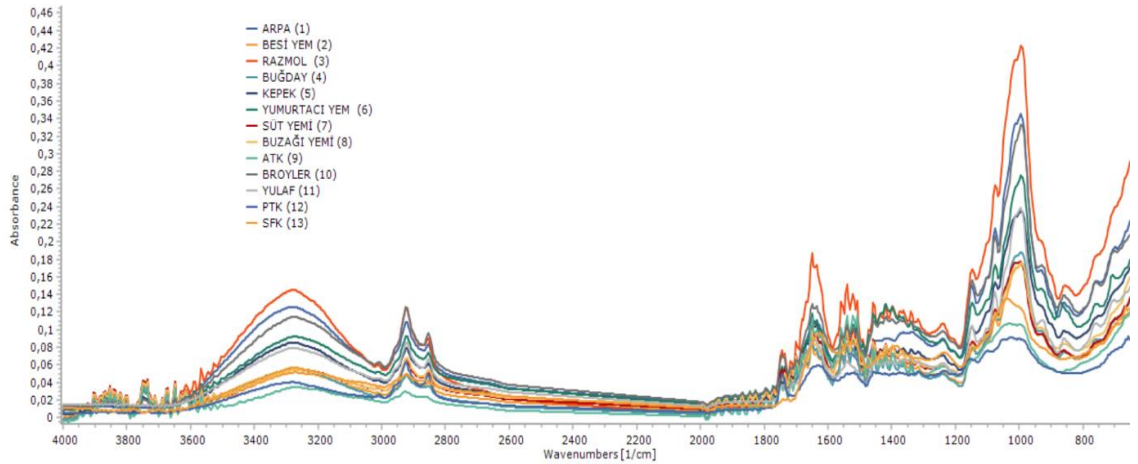
Şekil.3.3. ATR-FTIR cihazı.



Şekil.3.4. Yem örneklerinin ATR-FTIR cihazında spekturumlarının alınması

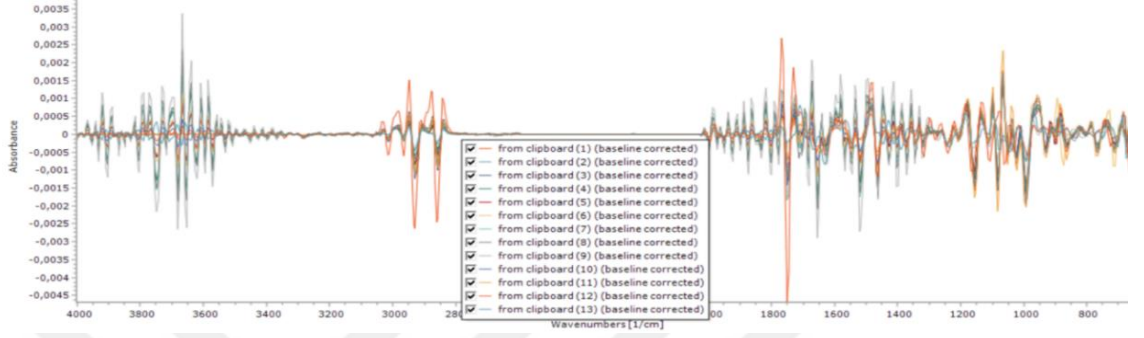
3.2.1.3 Spekturumların Spectragryph-Optik Spektroskopi veri tabanına yüklenmesi

ATR-FTIR ile elde edilen spektrum verilerinin spektrum veri tabanı araması olan Spectragryph-Optik Spektroskopi yazılımına veri girişleri sağlanmıştır. Toplamda (13 örnek x 12 tekerrür) 156 spektrum veri tabanına yüklenmiştir. Spectragryph-Optik Spektroskopi programına yüklenen spekturuların programdan transmitleri alınıp excel programına veriler kopyalanılarak Excelde $2-\log(x)$ formülü yardımıyla absorbanslara çevrilmiştir. Absorbansa çevrilen veriler tekrar Spectragryph-Optik Spektroskopi programına yüklenerek, veri tabanı programında geliştirilmiş taban çizgileri (Advanced Baseline) seçilmiştir.



Şekil.3.5. Tüm yem spekturumlarının absorbans görünümüleri

Geliştirilmiş taban çizgilerinin Hide Spektrumları kısmında orijinal olana spektrumlar devre dışı bırakılmıştır. Ölçek spektrumun, öyle ki en yüksek görünür tepesi seçilerek Çarpımsal dağılım (MSC) uygulanmıştır. Son olarak 2. dereceden türevleri alınıp excel programına kaydedilmiştir.



Şekil.3.6. Tüm spektrumlarının 2. derece türev alınmış hali

Kaydedilen veri gruplarından 2.600-2.000 arasındaki değer aralıkları çıkarılmıştır. Değerler kopyalanarak excel programında ters çevirme işlemi ile veri aralık grubu tamamlanmıştır (Yasar ve ark., 2020).

3.2.2 Yem örneklerinin kimyasal analizi

Araştırmada kimyasal analizler için TSE'nin belirlemiş olduğu yöntemler kullanılmıştır. Kuru madde (KM), ham kül (HK) ve ham protein (HP) AOAC (1990) metoduna göre yapılmıştır.

3.2.2.1 Kuru madde analizi

Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Laboratuvarında 13 numune öğütücü yardımıyla un kıvamına gelene kadar öğütülmüştür. Her yem maddesinden üçer örneklem alınmak üzere toplam 39 numune hazırlanmıştır. Hassas laboratuvar terazinde porselen krozelerin daraları alınarak her birine 2-3 gr arasında numune bırakılmıştır. Teraziye bırakılan krozelerin dara + yem ağırlıkları ölçüm işlemiyle hesaplanılmıştır. Hazırlanan 39 numune 105°C'de 3-4 saat kadar etüvde bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda krozeler desikatöre alınarak oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiştir. Oda sıcaklığına gelen örnekler hassas terazide yeniden tartım işlemine alınarak aşağıdaki formül

kullanılarak 13 farklı yem maddesinin kuru madde (KM) içerikleri hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

$$\% \text{ KM} = 100 - \% \text{ Nem} \quad \% \text{ Nem} = ((X_1 - M) - (X_2 - M)) / X_1 * 100$$

X_1 : Yem + kabın darası (gram)

M : Kabın darası (gram): kurumuş yem + Kabın darası (gram)

X_2 : Kuru Madde + Kabın Darası (gram)



Şekil.3.7. Desikatörde bekletilen örnekler



Şekil.3.8. Yem örneklerinin tartımı

3.2.2.2 Ham kül analizi

Iğdır Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarında Etüv’de kurutularak desikatörde oda sıcaklığına gelene kadar bekletilen yem maddeleri darası alınan krozelere 2-3 g arasında tartılarak konulmuştur. Krozelere konulan örnekler kül fırınına yerleştirilerek 550 °C’ye ayarlı ve otomatik kontrollü olan elektrikli yakma fırınına konularak yaklaşık 6-8 saat süreyle yakma işlemi başlatılmıştır. Yanma süresi sonunda kül fırınındaki krozelerin sıcaklığı 100°C’ye kadar geldikten sonra maşa yardımıyla doğrudan desikatöre alınmıştır. Desikatöre alınan krozeler oda sıcaklığına kadar geldikten sonra hassas terazinde tartılmıştır. Tartımlar sonucunda 13 farklı yem maddesinin ham kül (HK) ve organik madde (OM) içerikleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (AOAC, 1990).

$$\% \text{ HK} = ((X_1 - M) - (X_2 - M)) / X_1 * 100$$

$$\% \text{ OM} = 100 - \% \text{ HK}$$



Şekil.3.9. Yem örneklerinin kül yakma fırınında yakılması

3.2.2.3 Ham protein analizi

Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Laboratuvarında Kjeldahl yöntemini kullanarak ham protein (HP) analizi yapılmıştır. Bu teknikte sırasıyla;

- Yaş yakma
- Damıtma
- Titrasyon aşamaları uygulanmıştır.

Yaş yakma yöntemine göre kjeldal tüplerine 0,20-0,30 g yem örneği 3 tekerrürlü olarak tartılıp ve içerisine bir adet katalizör tablet ve 6 ml H_2SO_4 (sülfürik asit) eklenmiştir. Bir adet tüpe kör deneme yapmak amacıyla numune koymadan gerekli kimyasallar konulmuştur. Yakma ünitesine yerleştirilen kjeldahl tüpleri $100^{\circ}C$ 'de 10 dakika $180^{\circ}C$ 'de 10 dakika $250^{\circ}C$ 'de 60 dakika $300^{\circ}C$ 'de 30 dakika $370^{\circ}C$ 'de 120 dakika ısıtmaya tabi tutulduktan sonra yakma işlemi tamamlanmıştır. Yakma işlemi tamamlandıktan sonra 15-20 dakika soğumaya bırakılmıştır.



Şekil.3.10. Yaş yakma seti

Damıtma sırasında oluşan amonyağı tutabilmek için erlenmayere %4'lük borik asit (H_2BO_3) çözeltisinden 5 ml konulmuştur. İçerisine 3-4 damla mixendikatör damlatılarak damıtma aygıtını soğutucu ünitesine yerleştirilmiştir. Yakma tüpü damıtma aygıtındaki yerine takılarak damıtma işlemi başlatılmıştır. Toplamda 39 yem örneği ve 1 numune olmak üzere 40 adet damıtık elde edilmiştir.



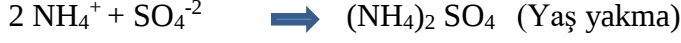
Şekil.3.11. Damıtma cihazı

İlk başta pembe renk olan ve daha sonra açık mavi renge dönüşen damıtma ünitesinden alınan erlenmayerler içerisinde 0,1 N H_2SO_4 bulunan otomatik büret ile açık pembe renge dönüşene kadar titrasyona işlemi yapılır. Otomatik bürette okunan H_2SO_4 miktarı kaydedilir. Örnkelerdeki HP değerini hesaplamak için formülde gerekli değerler uygun yerlere konularak hesaplamalar yapılmıştır (AOAC, 1990).



Şekil.3.12. Titrasyon cihazı

Yaş yakma, damıtma ve titrasyon aşamaları sırasında meydana gelen kimyasal tepkimeler sırasıyla;



3.2.3 İstatistiksel analizler

Bazı karma yem ve yem ham maddelerinin besin madde içeriklerini tespit edebilmek amacıyla yem ham maddelerine FTIR analizi yapılmış ve analizler Kısmi En Küçük Kareler Regresyon (PLSR) modeli kullanılarak matematiksel model oluşturulmuştur (Yasar ve ark., 2019).

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p$$

Y: Besin Madde Kompozisyonu

b_0 : Regresyon katsayısı

$b_1 \dots b_n$: FTIR spektrumunun regresyon katsayısı

$X_1 \dots X_n$: FTIR spektrum değerleri

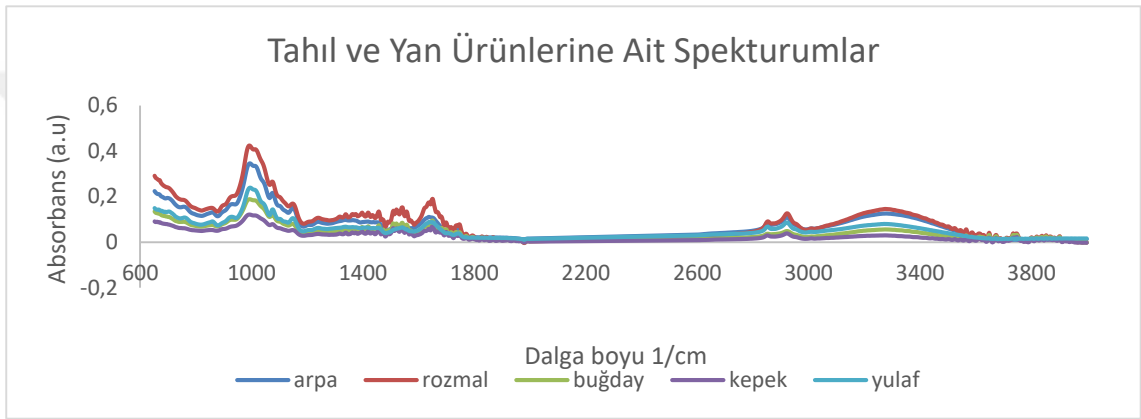
Karma yem ve yemlerin ham maddelerine uygulanan kimyasal analizler ile FTIR analizlerinin ortalamaları hesaplanmış, ortalamalar arasındaki farklar T testiyle belirlenmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 FTIR Spekturumlarına Ait Bulgular

4.1.1 Tahıl ve yan ürünlerinde FTIR spekturumlarına ait bulgular

FTIR çalışmaları spektrum tanımlamaya bağlı olduğundan, ilk olarak tahıl ve yan ürünlerinin infrared absorpsiyon bantlarının hangi tip moleküler bilgilerden oluştuğunun belirlenmesi gerekmektedir. Şekil 4.13’de bu çalışmada kullanılan tahıl ürünlerinden (arpa, yulaf, razmol, buğday ve kepek) alınan FTIR spektrum verisi gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Tahıl ve yan ürünlerine ait FTIR spekturumları (normalizasyon ve baseline düzeltilmesi yapılmamış)

Proteine ilişkin absorpsiyon pikleri amid I ve amid II temelinde yapılmaktadır. Pikler, numunelerde bulunan bileşenlerin kimyasal gruplarını temsil eder. Amid I, protein içindeki peptit grubunun C = O gerilmesinden kaynaklanır. Amid II bandı çoğunlukla NH bükülmesinden ve ikincil olarak CN gerilmesinin etkisinden kaynaklanmıştır. Amid I ve II bantlarının iki ana özelliği olan absorpsiyon bantları, sırasıyla yaklaşık 1.660 cm^{-1} ve 1.550 cm^{-1} ’de gözlemlenmiştir (Amir *et al.*, 2013). Amide I (band $1.600\text{--}1.700\text{ cm}^{-1}$); amide II (band $1.500\text{--}1.560\text{ cm}^{-1}$); α -helix (band $1.648\text{--}1.658\text{ cm}^{-1}$) ve β -sheet (band $1.620\text{--}1.640\text{ cm}^{-1}$) band aralıklarına göre (Yu, 2004); en yüksek amid ve ilgili değerler sırasıyla rozmal, arpa, buğday, yulaf ve kepekte belirlenmiştir (Şekil 4.13).

Karbonhidrat analizlerinde en sık kullanılan IR spektrum aralığı $950\text{ ila }750\text{ cm}^{-1}$ ’deki anomerik bölgedir. Bu bölgede a ve b konformerleri için karakteristik bantları veya mono ve polisakkaritlerin piranoid ve furanoid halka titreşimlerini ayırt etmek mümkündür (Amir *et al.*, 2013). Çalışmamızda ise; en yüksek karbonhidrat değerleri

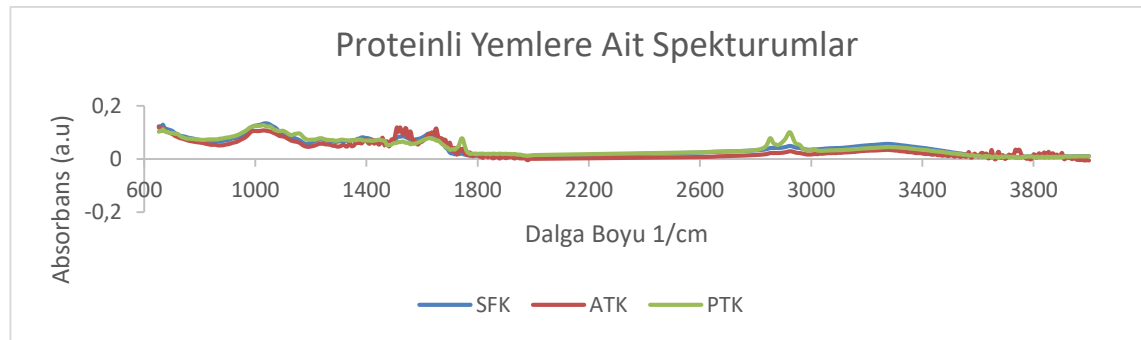
sırasıyla rozmal, arpa, yulaf, buğday ve kepek olup amid grubu içeriği bakımından benzerlik göstermektedir (Şekil 4.13).

4.1.2 Proteinli yemlerde FTIR spekturumlarına ait bulgular

Proteinli yem gruplarının (SFK, ATK ve PTK) FTIR analiz yöntemiyle Şekil 4.14’de verileri gösterilmiştir.

Amid I ve II bantlarının iki ana özelliği olan absorpsiyon bantları, sırasıyla yaklaşık 1.660 cm^{-1} ve 1.550 cm^{-1} ’de gözlemlenmiştir (Amir *et al.*, 2013). Amide I (band $1.600\text{--}1.700\text{ cm}^{-1}$); amide II (band $1.500\text{--}1.560\text{ cm}^{-1}$); α -helix (band $1.648\text{--}1.658\text{ cm}^{-1}$) ve β -sheet (band $1.620\text{--}1.640\text{ cm}^{-1}$) band aralıklarına göre (Yu, 2004); en yüksek amid ve ilgili değerler sırasıyla SFK, ATK ve PTK’da belirlenmiştir (Şekil 4.14).

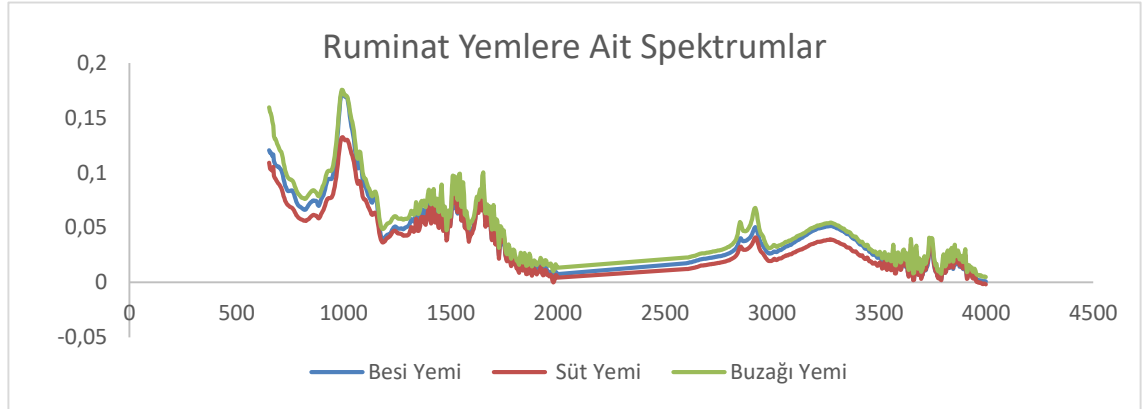
Protein içeriğine ilişkin moleköl grupları için öngörülen bant aralıklarına göre; en yüksek protein içeriği sırasıyla ATK, SFK ve PTK olarak belirlenmiştir. Ayrıca, karbonhidrat içerikleri bakımından ise en yüksek değer ise SFK, PTK ve ATK sırası ile tespit edilmiştir. Proteinli yemler ile ilgili FTIR analiz sonuçları (normalize edilmiş spektrum sadece) ile ilgili literatürde çok az çalışma yapılmıştır. Yaşar ve ark (2019)’un ATK’nın besin madde analizleri ile ilgili çalışması yüksek hassasiyetle besin maddelerinin FTIR ile ölçülebildiğini tespit etmişlerdir.



Şekil 4.14. Proteinli yemlerin FTIR spekturumları (Normalizasyon ve baseline düzeltilmesi yapılmamış)

4.1.3 Ruminant karma yemlerde FTIR spekturumlarına ait bulgular

Ruminant karma yemlerinin (Besi Yemi, Süt Yemi, Buzağı Yemi) ürünlerinin infrared absorpsiyon bantlarının hangi tip moleköl bilgilerden oluştuğunun belirlenebilmesi için Şekil 4.15’de spektrum veriler oluşturulmuştur.

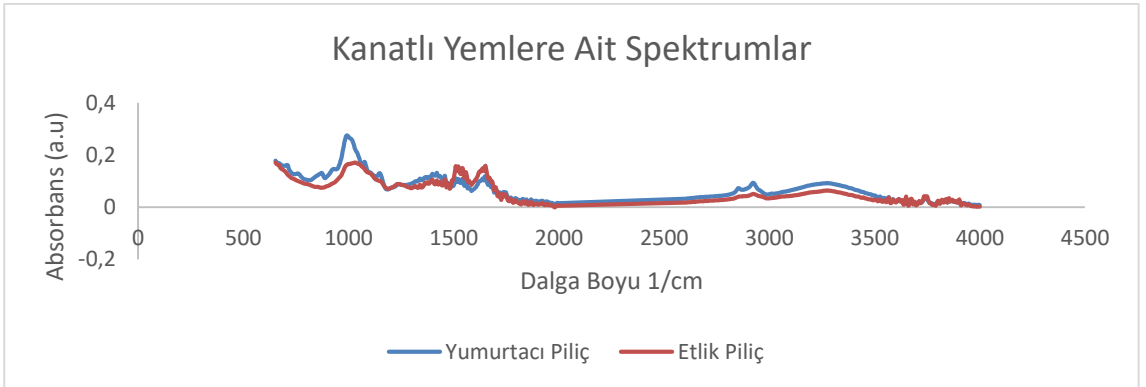


Şekil 4.15. Ruminant karma yemlerine ait FTIR spekturumları (Normalizasyon ve baseline düzeltmesi yapılmamış)

Ruminant karma yemlerinin organik moleküller bağlamında yapılan değerlendirmesinde; en yüksek protein ve karbonhidrat içerikleri buzağı, süt ve besi yemi örneklerinde belirlenmiştir.

4.1.4 Kanatlı karma yemlerde FTIR spekturumlarına ait bulgular

Kanatlı karma yemlerinin (yumurtacı piliç ve etlik piliç) ürünlerinin infrared absorpsiyon bantlarının hangi tip moleküler bilgilerden oluştuğunun belirlenebilmesi için Şekil 4.16’da spektrum verileri kullanılmıştır.



Şekil 4.16. Kanatlı karma yemlerine ait FTIR spekturumları (Normalizasyon ve baseline düzeltmesi yapılmamış)

Kanatlı karma yemlerinde yumurtacı piliç yem karbonhidrat içerikleri bakımından daha yüksek bulunurken etlik piliçte ise protein içeriği daha yüksek bulunmuştur. Mahesar *et al.* (2011) yapmış oldukları çalışmada karma yemlerin lipid içeriklerinin değerlendirilmesinde FTIR spektrometrik yöntem kullanmış olmasına rağmen, karma yemlerin FTIR spektrum data verileri ile ilgili fazla bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Ancak, bu tip karma yemlerin FTIR'dan ziyade NIRS (yakın kızıl ötesi) analizleri ticari firmalar (karma yem üreticileri) tarafından rutin bir şekilde yapılmakta ve paylaşımına açık durumda olmamaktadır.

4.2 PLSR Modeli Kullanılarak Besin Maddelerinin Tahminine İlişkin Bulgular

PLSR modeli kullanılarak veri aralığı iki ayrı gruba ayrılmıştır. İlk grupta 3.990 ile 661 cm^{-1} dalga boyu 2 ayrı modelle incelenmiştir. İkinci grupta ise 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyları arasından elde edilen absorbans değerlerinin besin madde tahminleri incelenmek amacıyla oluşturulmuştur. Toyran (2008), yaptığı çalışmada dalga boyu aralığını 1.800-1.450 cm^{-1} olarak seçmiş ve bu aralık durumunda metot performans değerlerinin yüksek olduğu saptanmıştır. Büyüksırt ve Kuleşan (2014) yapmış oldukları çalışmada FTIR spektroskopisi 3.500-500 cm^{-1} spektrum aralığında her bir örneklem için parmak izi elde etmiş ve FTIR'ın hızlı ve kısa sürede sonuç verebilmesi bakımından yapmış oldukları çalışma için büyük bir potansiyele sahip olduğunu bildirmişlerdir.

4.2.1. 3.990 ile 661 cm^{-1} Dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerinden besin maddelerinin tahmini

İlk olarak 3.990-661 cm^{-1} dalga boyu arasında alınan spektrum verileri PLSR analizinde kullanılmıştır. Verilere sadece normalizasyon, taban çizgisine göre düzeltme ve MSC analizi uygulanmıştır. Bu veriler orijinal veri olarak PLSR (orijinal) analizine tabi tutulmuştur. Diğer taraftan aynı verilerin 2. dereceden türevi alınmış ve elde edilen yeni veri seti ayrı bir şekilde PLSR (2.türev) analizi yapılmıştır. Her iki veri seti kullanılarak yürütülen PLSR analiz sonuçları Çizelge 4,1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. PLSR modeli kullanarak 3.990 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerinden besin maddelerinin tahminine ait modelin performans değerleri.

Model	BM	n	BS	V, %	PRESS	RMSECV	r^2	R^2	P
PLSR (org.)	KM	108	10	99,74	33,383	0,2296	0,867665	0,803671	0,0000
	HP	108	10	99,74	1055,5	7,681	0,92958	0,901256	0,0000
	HK	108	10	99,74	140,90	0,9163	0,87729	0,807488	0,0000
PLSR (2.türev)	KM	108	10	87,01	33,878	0,1169	0,932624	0,800761	0,0000
	HP	108	10	87,01	404,44	2,15	0,98026	0,962163	0,0000
	HK	108	10	87,01	103,944	0,5203	0,930329	0,85796	0,0000

BM: Besin Maddesi; n, modelde kullanılan parametre sayısı; BS: modellemede kullanılan bileşen sayısı; V: % modelde kullanılan bileşenlerin toplam varyansını ifade eden yüzdesi; PRESS: modelin kalibrasyonunda hata kareler toplamı; RMSECV: modelin çapraz doğrulamada hata kareler ortalaması; P: regresyon analizinin önemlilik düzeyi.

Bu çalışmada kullanılan tüm yemlerin KM, HP ve HK değerlerinin tahmininde 2. derece türev verileri kullanılarak yürütülen PLSR modelinin daha başarılı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Her iki veri seti kullanıldığında toplam varyasyonun büyük bir kısmının 10 bileşen tarafından ifade edilebileceği ortaya çıkmasına rağmen, 2. derece türev verileri kullanıldığında hata oranı (RMSECV) ve PRESS değeri orijinal veri seti kullanılarak yürütülen PLSR analizinde elde edilen hata ve PRESS değerinden genel olarak (KM PRESS değeri hariç) oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Örnek olarak, HP değerinin tahmininde orijinal veriler kullanıldığında hata oranı 7,6 ve PRESS değeri 1055 olmasına rağmen 2.derece türev verileri kullanıldığında bu değerlerin sırasıyla, 2,1 ve 404 olduğu görülebilir. Sonuç olarak PLSR modelinde 2. derece türev verileri kullanılması halinde modelin tahmin gücünün daha yüksek olacağı regresyon belirleme katsayılarının (r^2 ve R^2) yüksek olmasından anlaşılmaktadır. Örnek olarak, HP tahmininde kullanılan regresyon modelinin belirleme katsayısı (r^2) ile tahmin edilen değerlerinin çapraz doğrulamasında (cross validation) kullanılan regresyon modelinin belirleme katsayısı

(R^2) değerleri, sırasıyla orijinal verilerde 0,93-0,90 iken 2. derece türevi alınmış verilerde 0,98-0,96 gibi yüksek değerlerdir.

Li *et al.* (2015), yapmış oldukları çalışmada PLSR modelini 4.000-6.000 cm^{-1} dalga boyu arasında alınan spektrum verileri seçilmiş bu veri aralığında regresyon belirleme katsayılarının $R^2=r^2=0,97$ olduğunu bulmuşlardır.

Turhan (2012), yapmış olduğu çalışmada numuneleri 3.000–2.800 cm^{-1} 1.500–1.400 cm^{-1} ve 900–700 cm^{-1} absorbans aralığında referans suşlar ile benzerlik oranları bulunmadan önce, numunelerin iki tekerrürü arasındaki benzerliği absorbans aralığında bulunmuş ve aynı bakteri için uygun kabul edilen benzerlik oranına ($> \% 99$) sahip olan numuneler hesaplanmıştır. Bu aralıklarda suşların en yüksek korelasyona ulaştığını bildirmişlerdir.

4.2.2. 1.800 ile 661 cm^{-1} Dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerinden besin maddelerinin tahmini

1.800-661 cm^{-1} dalga boyu arasında alınan spektrum verileri PLSR analizinde kullanılmıştır. Verilere sadece normalizasyon, taban çizgisine göre düzeltme ve MSC analizi uygulanmıştır. Bu veriler orijinal veri olarak PLSR (orijinal) analizine tabi tutulmuştur. Diğer taraftan aynı verilerin 2. dereceden türevi alınmış ve elde edilen yeni veri seti ayrı bir şekilde PLSR (2.türev) analizi yapılmıştır. Her iki veri seti kullanılarak yürütölen PLSR analiz sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerinden besin maddelerinin tahminine ait modelin performans değerleri.

Model	Besin Maddesi	n	BS	V, %	PRESS	RMSECV	r^2	R^2	P
PLSR (original)	KM	108	10	99,85	45,301	0,3465	0,80	0,73	0,0000
	HP	108	10	99,85	1241,36	9,655	0,911	0,88	0,0000
	HK	108	10	99,85	81,021	0,57	0,92	0,89	0,0000
PLSR (2.türev)	KM	108	10	96,5	25,99	0,1746	0,90	0,85	0,0000
	HP	108	10	96,5	365,7	2,85	0,97	0,96	0,0000
	HK	108	10	96,5	68,47	0,432	0,942	0,91	0,0000

1.800-661 cm^{-1} dalga boyu arasında yapılaş olan çalışmada da 2. derece türev verileri kullanılarak yürütülen PLSR modeli daha başarılı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Her iki veri seti kullanıldığında toplam varyasyonun büyük bir kısmının 10 bileşen tarafından ifade edilebileceği ortaya çıkmasına rağmen, 2. derece türev verileri kullanıldığında hata oranı (RMSECV) ve PRESS değeri orijinal veri seti kullanılarak yürütülen PLSR analizinde elde edilen hata ve PRESS değerinden genel olarak (KM PRESS değeri hariç) oldukça düşük olduğu gözlenmiştir. Örnek olarak, KM değerinin tahmininde orijinal veriler kullanıldığında hata oranı 0,34 ve PRESS değeri 45,3 olmasına rağmen 2.derece türev verileri kullanıldığında bu değerlerin sırasıyla, 0,17 ve 25,9 olduğu görülebilir. Sonuç olarak PLSR modelinde 2. derece türev verileri kullanılması halinde modelin tahmin gücünün daha yüksek olacağı regresyon belirleme katsayılarının (r^2 ve R^2) yüksek olmasından anlaşılmaktadır. Örnek olarak, HK tahmininde kullanılan regresyon modelinin belirleme katsayısı (r^2) ile tahmin edilen değerlerinin çapraz doğrulamasında (cross validation) kullanılan regresyon modelinin belirleme katsayısı (R^2) değerleri, sırasıyla orijinal verilerde 0,80-0,83 iken 2. derece türevi alınmış verilerde 0,90-0,85 gibi yüksek değerlerdir. Bardakçı ve Yılmaz (2007) yaptıkları çalışmada 2.850-3.000 cm^{-1} aralığında bulunan C-H gerilme titreşim bandları olduğunu FTIR spektrumunda parmak izi bölgesindeki bandların özellikle parmak izi bölgesi olan 1.800-600 cm^{-1} aralığından elde edilen frekansların daha net sonuç verdiğini bildirmişlerdir.

4.2.2.1. Kuru madde kimyasal analizinin 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerinden tahmini

Kuru madde analizi 1.800-661 cm⁻¹ dalga boyu arasında alınan spektrum verilerinin PLSR analizinde kuru madde analizi kullanılmıştır. KM değerinin kimyasal analiz tahmininde orijinal veriler kullanıldığında ortalama değer arpa için 94,84 standart sapması 0,024 yüksek performans sapma oranı (RPD) 21,81 olarak bulunmuştur.

Buğday KM içeriklerinin tahmin edilmesine yönelik değerlerde ortalama değer 91,85 standart sapması 0,034 ve yüksek performans sapma oranı ise 28,33 olduğu belirlenmiştir. Yulaf KM içeriğinin tahmin edilmesine yönelik sonuçlarda ortalama değer 92,78 standart sapmanın 0,321 ve yüksek performans sapma oranı ise 246,9 olduğu belirlenmiştir. Kepek KM 90,15 standart sapmanın 0,098 ve yüksek performans sapma oranı ise 81,67 olduğu bulunmuştur. Razmol KM 92,80 standart sapmanın 0,075 ve yüksek performans sapma oranı ise 83,33 olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre KM içeriklerinin tahmin edilmesinde en yüksek RPD değerleri yulaf örneklerinde belirlenmiş olup bunu sırası ile kepek, razmol, buğday ve arpa olduğu belirlenmiştir. Yulaf için tahmin edilen RPD değerleri yüksek olup bu modellemenin kullanılabileceğini göstermiştir.

Çizelge 4.3. Kuru madde kimyasal analizinde pls modelini kullanarak 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerine kurulu model ile tahıllarda bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

KM %, Kimyasal Analizi	Arpa	Buğday	Yulaf	Kepek	Razmol
ORT	94,84	91,85	92,78	90,15	92,80
SS	0,024	0,034	0,321	0,098	0,075
FTIR Analizine Ait Performans Verileri					
SECV	0,0012	0,0012	0,0013	0,0012	0,0009
RPD	20	28,33	246,9	81,67	83,33

KM kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri en yüksek %94,84 ortalama ile arpa, en düşük %90,15 ortalama ile kepek bulunmuştur. Yaşar ve ark. (2019) yapmış oldukları çalışmalarında KM oranının en yüksek %91,37 en düşük %88,84 olarak bildirmişlerdir.

Çizelge 4.4. Kuru madde kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile ruminant yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

KM %, Kimyasal Analizi	Besi Yemi	Buzağı Başlangıç	Süt Yemi
ORT	90,77	92,95	92,0
SS	0,095	0,128	0,011
FTIR Analizine Ait Performans Verileri			
SECV	0,0009	0,008	0,010
RPD	105,5	16	1,1

Besi yemi, buzağı başlangıç ve süt yeminde KM içerik tahminine yönelik analiz sonuçlarına göre en yüksek değer süt yeminde içerik analizi RPD değerleri diğerlerine oranla çok düşük olup bu modellemenin KM tahmininde zayıf kalacağı ön görülmektedir.

KM kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile ruminant yemlere ait bazı besin madde içeriklerini incelediğimizde ortalama KM içeriği en düşük %90,77 oranla besi yeminde, en yüksek %92,95 oranla olarak buzağı başlangıç yeminde bulunmuştur. KM içeriği besi yemi ve süt yeminde istatistiki açıdan önemlidir ($p < 0,001$), buzağı yemi içeriği istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur. FTIR anazine ait performans verileri incelendiğinde Yüksek Performans Sapma Oranı (RPD) en düşük süt yemi 1,1 en yüksek değer besi yemi 105,5 olarak bulunmuştur. Li *et al.* (2015), yaptıkları çalışmada tahılların RPD oranını 5,9 ile 4,47 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Pirinççi, (2002) yapmış olduğu çalışmada arpa için %89,11 buğday için %89,80 ve kepek için %89,26 olduğunu bildirmiştir.

Çizelge 4.5. Kuru madde kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerine kurulu model ile kanatlı yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

KM %, Kimyasal Analizi	Etlik Piliç	Yumurtacı Piliç
ORT	92,64	92,21
SS	0,082	0,042
FTIR Analizine Ait Performans Verileri		
SECV	0,011	0,017
RPD	7,45	2,47

Etlik piliç (RPD: 7,45) ve yumurtacı piliç (RPD: 2,47) değerlerine göre, etlik piliç örnekleri yaklaşık 3 kat daha yüksek değerlere sahip olmuştur. İçeriğin tahmin edilmesine yönelik modellemenin etlik piliç örneklerinde daha uygun olacağı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Kuru madde kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerine kurulu model ile proteinli yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

KM %, Kimyasal Analizi	SFK	PTK	ATK
ORT	93,80	94,83	92,03
SS	0,055	0,023	2,31
FTIR Analizine Ait Performans Verileri			
SECV	0,013	0,0015	0,013
RPD	4,23	15,33	177,69

SFK (RPD: 4,23), PTK (15,33) ve ATK (177,69) örneklerinde KM içeriğinin tahmin edilmesine yönelik yapılan değerlendirmede ATK ve PTK için modellemenin güçlü olabileceği ve dolayısı ile kullanabileceği belirlenirken SFK için modellemenin düşük kaldığı tespit edilmiştir.

KM analizi sonucunda en düşük değer %92,03 ile ATK, en yüksek değer %94,83 ile PTK olduğu bulunmuştur. Sindirilebilirlik oranı çok yüksek olan besin maddelerinden biri olan SFK ise %93,80 değeri bulunmuştur. Willis, (2003) yaptığı

çalışmada SFK'nin en yüksek değerinin %91 olduğunu ve sindirilebilirlik oranının çok yüksek olduğunu tespit etmiştir.

4.2.2.2. Ham kül kimyasal analizinin 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerinden tahmini

Çizelge 4.7. Ham kül kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerine kurulu model ile tahıllarda bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

HK %, Kimyasal Analizi	Arpa	Buğday	Yulaf	Kepek	Razmol
ORT	23,10	3,06	3,91	5,12	3,17
SS	58,99	0,05	0,12	0,13	0,06
FTIR Analizine Ait Performans Verileri					
SECV	0,0019	0,0019	0,0018	0,0019	0,0014
RPD	31,04	26,31	66,67	68,42	42,86

Analiz sonuçlarına göre ham kül oranı en düşük buğday %3,06 oran ile bulunmuştur. Pirinçi, (2002) yapmış olduğu çalışmada buğday için ham kül oranını %1,62 olduğunu bildirmiştir. Ham kül içeriklerinin belirlenmesine ilişkin yapılan tahmin analizlerine göre, en yüksek tahmin edilme ve en iyi olası modellemenin kepek örneklerinde (RPD: 68,42) elde edilirken en düşük değerlerin sırası ile buğday (RPD:26,31) ve arpa (RPD: 31,04) örneklerinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.8. Ham kül kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerine kurulu model ile ruminant yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

HK %, Kimyasal Analizi	Besi Yemi	Buzağı Başlangıç	Süt Yemi
ORT	7,40	7,79	7,75
SS	0,13	0,05	0,12
FTIR Analizine Ait Performans Verileri			
SECV	0,0014	0,0013	0,0016
RPD	92.85	38.46	75

Besi yemi, buzağı başlangıç ve süt yeminde ham kül içeriğinin tahmin edilmesinde modellemenin Besi yemi (RPD: 92,85) ve süt yeminde (RPD: 75) örneklerinde kullanılabileceği belirlenmiştir. Ancak buzağı başlangıç yeminde (RPD: 38,46) ham kül içeriğinin tahmin edilmesinde bu modellememin zayıf kaldığı görülmüştür (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.9. Ham kül kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerine kurulu model ile kanatlı yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

HK %, Kimyasal Analizi	Etlik Piliç	Yumurtacı Piliç
ORT	6,68	14,06
SS	0,18	0,07
FTIR Analizine Ait Performans Verileri		
SECV	0,0017	0,0026
RPD	105,88	26,92

Etlik piliç örneklerinde (RPD: 105,88) ham kül içeriğinin belirlenmesinde modelleme ilişkin değerlerin yumurtacı piliç örneklerinde (RPD: 26,92) elde edilen değerlere oranla daha yüksek ve güçlü olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Ham kül kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerine kurulu model ile proteinli yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

HK %, Kimyasal Analizi	SFK	PTK	ATK
ORT	7,63	5,93	6,74
SS	0,10	0,05	0,23
FTIR Analizine Ait Performans Verileri			
SECV	0,0021	0,0024	0,0021
RPD	47,61	20,83	109,52

SFK, PTK ve ATK örneklerinde ham kül içeriğinin tahmininde ATK'ye ilişkin RPD (109,52) değerlerinin oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, PTK (RPD: 20,83) ve SFK (RPD: 47,61) değerlerinin ise düşük olduğu belirlenmiştir.

4.2.2.3. Ham protein analizinin 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerinden tahmini

Çizelge 4.11. Ham protein kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile tahıllarda bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

HP %, Kimyasal Analizi	Arpa	Buğday	Yulaf	Kepek	Razmol
ORT	11,59	14,50	12,96	16,91	16,93
SS	0,50	0,19	0,25	0,096	0,80
FTIR Analizine Ait Performans Verileri					
SECV	0,005	0,005	0,004	0,005	0,004
RPD	100	38	62.5	19.2	200

Kimyasal analiz sonuçlarına göre ham protein oranı en yüksek %16,93 oranla ile razmol bulunurken en düşük %11,59 oran ile arpa bulunmuştur. Pirinçci, (2002) yapmış olduğu çalışmada kepek için %13,39 ve arpa için %10,69 HP olduğunu bildirmiştir.

Arpa, buğday, yulaf, kepek ve razmol örneklerinde ham protein içeriğinin tahmin edilmesinde en yüksek RPD değeri razmol örneklerinde belirlenmiştir (RPD: 200). En düşük değerler kepek (RPD: 19,2) ve buğday (RPD: 38) rneklerinde elde edilmiş olup bu grup örneklerde uygulanmasının uygun olmadığı grlmştir (izelge 4.11.).

Çizelge 4.12. Ham protein kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm⁻¹ dalga boyu arasında elde edilen absorbands değerleri üzerine kurulu model ile ruminant yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

HP %, Kimyasal Analizi	Besi Yemi	Buzağı Başlangıç	Süt Yemi
ORT	16,24	22,83	23,44
SS	1,14	0,15	1,61
FTIR Analizine Ait Performans Verileri			
SECV	0,004	0,003	0,004
RPD	285	50	402.5

Süt yemi (RPD: 402,5) ve besi yem (RPD: 285) örneklerinde tahmin edilme değerlerinin çok yüksek oranlarına sahip olduğu ve buzağı başlangıç yemi örneklerinde HP tahmin edilme oranı oldukça düşüktür (RPD: 50).

Çizelge 4.13. Ham protein kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerine kurulu model ile kanatlı yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

HP%, Kimyasal Analizi	Etlik Piliç	Yumurtacı Piliç
ORT	23,15	18,25
SS	0,52	0,50
FTIR Analizine Ait Performans Verileri		
SECV	0,004	0,007
RPD	130	71,42

Etlik piliç (RPD: 130) örneklerinde ham protein içeriğinin tahmin edilme oranı yumurtacı piliç (RPD: 71,42) örneklerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yumurtacı piliç örnekleri için bu modellemenin zayıf kaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.13.).

Çizelge 4.14. Ham protein kimyasal analizinde PLSR modeli kullanarak 1.800 ile 661 cm^{-1} dalga boyu arasında elde edilen absorbans değerleri üzerine kurulu model ile proteinli yemlere ait bazı besin madde içeriklerinin tespiti.

HP %, Kimyasal Analizi	SFK	PTK	ATK
ORT	49,13	29,26	32,90
SS	2,38	0,80	1,80
FTIR Analizine Ait Performans Verileri			
SECV	0,005	0,006	0,005
RPD	476	133,33	360

HP analizi sonucunda en düşük değer %29,26 ile PTK, en yüksek değer %49,13 ile SFK olduğu bulunmuştur. Willis, (2003) yaptığı çalışmada SFK için ham protein değerini %48 olarak bulmuştur. HP içeriklerinin tahmin edilmesinde SFK (RPD: 476) ve ATK (RPD: 360) değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmüş olup yapılan

modellemenin uygun olduğu belirlenmiştir. Ancak PTK örneklerinde HP içeriğinin tahmin edilmesinde modellemenin zayıf kaldığı görülmüştür (RDP: 133,33).

4.3. FTIR ve Kimyasal Analiz Yöntemiyle Yapılan Sonuçların Karşılaştırılması

4.3.1 FTIR ve kimyasal analiz yöntemlerinin kuru madde oranlarının karşılaştırılması

FTIR ve kimyasal analiz yöntemiyle 13 yem maddesine ait kuru madde içerikleri bulunmuştur. Bulunan değerler arasındaki ilişkiler Çizelge 4.15.'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. FTIR ve kimyasal yöntemle yapılan kuru madde analiz sonuçları (%)

Yem Adı	FTIR KM	Kimyasal KM	Ö.S (P)
Razmol	92,36	92,80	0,107
Arpa	94,02	94,84	0,000***
Buğday	92,45	91,86	0,005**
Kepek	90,77	90,15	0,024*
Yulaf	92,62	92,78	0,685
Yumurtacı piliç	92,24	92,21	0,861
Etlik piliç	93,14	92,64	0,003***
SFK	94,25	93,80	0,029*
ATK	91,60	92,03	0,773
PTK	94,72	94,83	0,557
Süt Yemi	92,15	92,01	0,706
Besi Yemi	90,92	90,77	0,665
Buzağı Yemi	92,44	92,95	0,213

KM: Kuru madde %, Önem seviyesi (Ö.S) *p< 0,05 **p< 0,01 ***p< 0,001

İstatistikî olarak iki yönteme ilişkin KM değerleri arasındaki fark SFK ve kepek önemli (P<0,05); buğday ve etlik piliç çok önemli (P<0,01); arpada ise çok önemli (P<0,001) bulunmuştur. Razmol, yulaf, yumurtacı piliç, ATK, PTK, süt yemi, besi yemi, buzağı yemi ise önemsiz (P>0,05) bulunmuştur. KM değerlerinin arasındaki istatistikî farkın önemli olmasında söz konusu ham maddelerin fiziksel yapılarının etkili olabileceğı düşünölmektedir.

4.3.2.FTIR ve kimyasal analiz yöntemlerinin ham kül oranlarının karşılaştırılması

FTIR ve kimyasal analiz yöntemiyle 13 yem maddesine ait HK içerikleri bulunmuştur. Bulunan değerler arasındaki ilişkiler Çizelge 4.16.'de verilmiştir.

Çizelge 4.16. FTIR ve kimyasal yöntemle yapılan ham kül analiz sonuçları (%)

Yem Adı	FTIR HK	Kimyasal HK	Ö.S (P)
Razmol	2,54	3,17	0,002**
Arpa	2,83	3,05	0,459
Buğday	3,52	3,06	0,261
Kepek	4,35	5,13	0,059
Yulaf	3,37	3,91	0,051
Yumurtacı piliç	11,95	14,06	0,414
Etlik piliç	6,84	6,68	0,552
SFK	6,75	7,63	0,174
ATK	5,60	6,74	0,013*
PTK	5,49	5,93	0,200
Süt Yemi	7,27	7,75	0,108
Besi Yemi	6,51	7,40	0,018*
Buzağı Yemi	7,70	7,79	0,869

HK: Ham kül %, Önem seviyesi (Ö.S) *p< 0,05 **p<0,01

İki yönleme ilişkin HK değerleri arasındaki fark ATK ve besi yemi önemli (P<0,05); razmol istatistiksel açıdan çok önemli (P<0,01) bulunmuştur. Arpa, buğday, kepek, yulaf, yumurtacı piliç, etlik piliç, SFK, PTK, süt yemi ve buzağı yemi ise önemsiz (P>0,05) bulunmuştur.

4.3.3. FTIR ve kimyasal analiz yöntemlerinin ham protein oranlarının karşılaştırılması

FTIR ve kimyasal analiz yöntemiyle 13 yem maddesine ait ham protein içerikleri bulunmuştur. Bulunan değerler arasındaki ilişkiler Çizelge 4.17.'de verilmiştir

Çizelge 4.17. FTIR ve kimyasal yöntemle yapılan ham protein analiz sonuçları (%)

Yem Adı	FTIR HP	Kimyasal HP	Ö.S (P)
Razmol	15,83	16,93	0,117
Arpa	12,89	11,58	0,322
Buğday	15,33	14,50	0,009**
Kepek	16,13	16,91	0,303
Yulaf	12,02	12,96	0,005**
Yumurtacı piliç	20,23	18,25	0,423
Etlik piliç	20,02	23,15	0,005**
SFK	47,86	49,13	0,419
ATK	28,60	32,76	0,012*
PTK	29,70	29,26	0,446
Süt Yemi	22,42	23,44	0,386
Besi Yemi	17,69	16,25	0,279
Buzağı Yemi	22,87	22,83	0,933

HP: Ham Protein %, Önem Seviyesi (Ö.S) *p< 0,05 **p< 0,01

İki yönteme ilişkin HP değerleri arasındaki fark ATK ($P<0,05$) önemli; buğday, etlik piliç ve yulaf istatistiki açıdan çok önemli ($P<0,01$) bulunmuştur. Razmol, arpa, kepek, yumurtacı piliç, SFK, PTK, süt yemi, besi yemi, buzağı yemi ise önemsiz ($P>0,05$) bulunmuştur.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

FTIR spektroskopik yöntemi son zamanlarda birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Çeşitli mikroorganizmaların, gıda ve yemler ile farklı organik ve inorganik bileşiklerin kimyasal bileşenlerini ve hatta moleküler yapısını analiz etmek amacıyla kullanılabilecek hızlı, güvenilir, hassas ve ucuz bir teknik olması tercih edilmesinde en büyük etkenlerdendir. Bu sebepten dolayı bu tez çalışmasında beş ayrı tahıl (kepek, buğday, razmol, arpa, yulaf), 3 ayrı küspe (SFK, ATK ve PTK), beş ayrı karma yem (etlik piliç, yumurtacı piliç, buzağı, süt ve besi yemi) olmak üzere on üç adet yem ve karma yemin KM, HK ve HP içerikleri geleneksel yöntemler ile belirlenmiştir. Aynı zamanda örneklerin FTIR ölçümleri alınmıştır. FTIR ölçümlerinden alınan spektrumlar ile matematiksel modeller oluşturulup çalışmada kullanılan örneklerin kimyasal içeriklerinin tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada örneklerin KM, HK ve HP oranlarını belirlemek için FTIR ve kimyasal yöntem kullanılarak yapılmış analiz değeri sonuçlarının birbirine oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında hayvan beslemede yaygın kullanılan bazı yem ham maddeleri ile karma yemlerin besin madde kompozisyonları kimyasal metot ve FTIR spektrofotometrik metot olmak üzere iki farklı metotla ile tayin edilmiş ve metotla karşılaştırılmıştır. FTIR ile elde edilen besin madde sonuçları ile kimyasal yöntemle elde edilen sonuçlar büyük oranda benzerlik göstermektedir. Elde edilen tüm bu sonuçlara göre yemlerin besin madde kompozisyonlarının tespitinde pahalı, emek ve zaman isteyen kimyasal yöntemlerin yerine FTIR ile hızlı, güvenilir ve ekonomik bir şekilde gıda ve yem sektöründe besin madde analizlerinde kullanabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Amir, R. M., Anjum, F. M., Khan, M. I., Khan, M. R., Pasha, I., & Nadeem, M., 2013. Application of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy for the identification of wheat varieties. *Journal of food science and technology*, 50(5), 1018-1023.
- AOAC., Official method of analysis. Association of official analytical chemists 15th.edition, Washington DC, USA, s. 66 (1990).
- Bardakçı, B., Seçilmiş Canbay, H., 2006. Isparta bölgesindeki gül yağının kimyasal içeriğinin GC MS ve FTIR spektroskopisi tekniği ile incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 1, 64-69.
- Bardakçı, B., Yılmaz, M., 2007. Isparta, Sütçüler Bölgesi Kekik Yağının Kimyasal Yapısının İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 1, 77-82.
- Büyüksırt, T., Kuleaşan, H., 2014. Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ve Gıda Analizlerinde Kullanımı. *The Journal of FOOD*. 39 (4): 235-241.
- Chen, L., Yang, Z., & Han, L., 2013. A review on the use of near-infrared spectroscopy for analyzing feed protein materials. *Applied Spectroscopy Review*. 48(7), 509-522.
- Çebi, Nur., 2012. *Beyaz Peynirlerde Kimyasal Kompozisyonun Mikro Ölçekte Dağılımının Mikro-FTIR ile Belirlenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Davarcıoğlu, B., Kayalı, R., Gürel, A. 2009. Araplı-Yeşilhisar-Kayseri (Orta Anadolu Bölgesi) Killerinin FT-IR Spektroskopisi ile İncelenmesi. *Kil Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*. 1(3):163-173.
- Durazzo, A., Kiefer, J., Lucarini, M., Camilli, E., Marconi, S., Gabrielli, P., Lisciani, S., Marletta, L., 2018. Qualitative Analysis of Traditional Italian Dishes: FTIR Approach. url:<https://researchgate.net/publication/328872927>

- Ergin, N., Kızıl Aydemir, S., 2018. Soya Bitkisinin Hayvan Beslenmesindeki Yeri ve Önemi. *Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 1(1): 143-157.
- Ergül, M., 1994. Yemlerin Öğütülme Derecesinin Hayvan Üzerindeki Etkisi Hasad, <http://eyvanyag.com/k2-showcase/kuspe/ay%C3%A7i%C3%A7ek-k%C3%BCspesi.html> Erişim Tarihi (13.02.2020).
- Ermiş, E., Güner, C., Erman, A., 2019. Çeşitli kaynaklardan izole edilen bazı mikroorganizmaların sistein üretim kapasitelerinin belirlenmesi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 1, 17-21.
- Karabulut, A. ve Canbolat, Ö., 2005. *Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri*. Uludağ Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü, Bursa, 63-81.
- Kılıç, G., B., Karahan, A., G. 2010. *Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (Ftir) Spektroskopisive Laktik Bakterilerinin Tanısında Kullanılması*. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Süt ve Ürünleri Teknolojisi Programı Derleme 35(6):445-452.
- Kutlu, H. R., Çelik, L., 2001. *Yemler Bilgisi ve Yem Teknolojisi*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü. Adana-2004.
- Li J., Danao M.-G.C., Chen S.-F., Li S., Singh V., Brown P.J., 2015. Prediction of starch content and ethanol yields of sorghum grain using near infrared spectroscopy. *Journal Near Infrared Spectrosc.* 23, 85–92, url:<https://doi.org/10.1255/jnirs.1146>
- Li, L., Bi, X., Sun, H., Liu, S., Yu, M., Zhang, Y., Weng, S., Yang, L., Bao, Y., Wu, J., Xu, Y., Shen, K., 2018. Characterization of ovarian cancer cells and tissues by Fouriertransform infrared spectroscopy. *Journal of Ovarian Research*. 11:64.
- Mahesar, S. A., Sherazi S.T.H., Kandhro A.A., Bhanger M.I., Khaskhe-li A.R., Talpur M.Y., 2011. Evaluation of important fatty acid ratios in poultry feed lipids by

- ATR FTIR spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*. 57, 177–181, url:<https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2011.06.009>
- Özkan, E., 2011. *FT-IR Spektroskopisi Kullanarak Tahribatsız Tereyağı Kalitesi Değerlendirilmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Pirinççi, H., 2002. Süt Hayvanları Karma Yemlerinde Üre Kullanılm Ası Üzerine Bir Araştırma. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi* (0), 1.
- Samadi, Theodoridou K., Yu P., 2013. Detect the sensitivity and response of protein molecular structure of whole canola seed (yellow and brown) to different heat processing methods and relation to protein utilization and availability using ATR-FT/ IR molecular spectroscopy with chemometrics. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.11.096> Erişim Tarihi (14.02.2020).
- Scibisz, I., Reich M., Bureau S., Gouble B., Causse M., Bertrand D., Renard C.M.G.C., 2011. Mid-infrared spectroscopy as a tool for rapid determination of internal quality parameters in tomato. *Food Chem.* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.10.012> Erişim Tarihi (14.02.2020).
- Sivam, A. S., Sun-Waterhouse D., Perera C.O., Waterhouse G.I.N., 2013. Application of FT-IR and Raman spectroscopy for the study of biopolymers in breads fortified with fibre and polyphenols. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.039> Erişim Tarihi (16.02.2020).
- Toyran, N., 2008. Fourier Transform Infrared Microspectroscopy Technique. *Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences Journal Identity*. 28:704-714.
- Turhan, İ., 2012. *Kaşar Peyniri Üretimi İçin Starter Kültür İzolasyonu ve İzolatların FTIR Spektroskopisi ile Tanısının Yapılması*. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen BilimleriEnstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Isparta.
- Willis, S., 2003. The use of Soybean Meal and Full Fat Soybean Meal by the Animal Feed Industry. 12th Australian Soybean Conference. url: http://www.australianoilseeds.com/__data/assets/file/0019/1198/Sarah_Willis

The_Use_of_Soybean_Meal_and_Full_Fat_Soybean_Meal_by_the_Animal_Feed_Industry.pdf Erişim tarihi (16.06.2020).

Wilson, R. H., Belton P.S. (1988). A Fourier-transform infrared study of wheat starch gels. [https://doi.org/10.1016/0008-6215\(88\)80090-9](https://doi.org/10.1016/0008-6215(88)80090-9) Erişim Tarihi (29.03.2020).

Yasar, S., Alma, M.H., Tosun R., Salan, S., 2019. Improved by potassium chloride (KCl) dilution predictive ability of attenuated total reflectance Fourier transform infrared (ATR-FTIR) spectroscopy to determine nutrient contents of sunflower meal. ***Journal of Animal and Feed Sciences***, 8, 282–290.

Yasar, S., Tosun, R., Sönmez, Z., 2020. Fungal fermentation inducing improved nutritional qualities associated with altered secondary protein structure of soybean meal determined by FTIR spectroscopy. *Measurement* 161:107895 **url:** <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.107895>

Yu, P., 2004. Appication of advanced synchrotron radiation-based Fourier transforminfrared (SR-FTIR) microspectroscopy to animal nutrition and feed science: a novel approach. ***British Journal of Nutrition***. 92: 869-885.

Zhang, X., and P. Yu., 2012. Using ATR-FT/IR molecular spectroscopy to detect effects of blend DDGS inclusion level on the molecular structure spectral and metabolic characteristics of the proteins in hulless barley. *Spectrochim. ***Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy****. 95:53–63.

ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Mersin’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Mersin’de tamamladı. 2013 yılında Adana Çukurova Üniversitesi İktisat Bölümünden mezun oldu. 2017 yılında Iğdır Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalında lisansüstü öğretimine başladı.

