



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DALLI DARI (*Panicum virgatum* L.) BİYOKÜTLESİ KALORİFİK
DEĞERİNİN ELEMENTEL YAPI ÜZERİNDEN MODELLENMESİ VE
NIRS KALİBRASYONLARI**

Muammer EKMEKÇİ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
OCAK-2017**



T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DALLI DARI (*Panicum virgatum* L.) BİYOKÜTLESİ KALORİFİK
DEĞERİNİN ELEMENTEL YAPI ÜZERİNDEN MODELLENMESİ VE
NIRS KALİBRASYONLARI**

Muammer EKMEKÇİ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ


**HATAY
OCAK-2017**


T.C.
MUSTAFAKEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

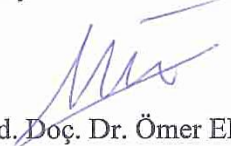
DALLI DARI (*Panicum virgatum* L.) BİYOKÜTLESİ KALORİFİK DEĞERİNİN
ELEMENTEL YAPI ÜZERİNDEN MODELLENMESİ VE NIRS
KALİBRASYONLARI

MUAMMER EKMEKÇİ
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Prof. Dr. Nafiz ÇELİKTAŞ danışmanlığında hazırlanan bu tez 02/02/2017 tarihinde
aşağıdaki jüri üyeleri tarafından


Prof. Dr. Nafiz ÇELİKTAŞ
Başkan


Doç. Dr. Alpaslan KUŞVURAN
Üye


Yrd. Doç. Dr. Ömer EREN
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Erdal SERTKAYA

Enstitü Müdürü

Bu çalışma TUBİTAK tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 113O009

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.

02/02/2017

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Muammer EKMEKÇİ

ÖZET

DALLI DARI (*Panicum virgatum* L.) BİYOKÜTLESİ KALORİFİK DEĞERİNİN ELEMENTEL YAPI ÜZERİNDEN MODELLENMESİ VE NIRS KALİBRASYONLARI

Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) genotiplerine ait birim biyokütlenin üst ısı değerleri (HHV) ile elementel kompozisyonun (CHNS) belirlenmesi, bu veriler arası ilişkiler üzerinden HHV'nin modellenmesi ve NIRS kalibrasyonlarının geliştirilmesi amacıyla yürütülen çalışmada, dallı darı biyokütlesinin üst ısı değere sahip, kaliteli bir katı yakıt olabileceği belirlenmiştir. Biyokütle HHV değerleri, genotiplere bağlı olarak 15.7298-19.2592 MJ kg⁻¹ aralığında değişim göstermiştir. Dallı darı kuru biyokütlesi karbon, hidrojen, azot ve kükürt içerikleri sırası ile %39.28-45.26, %4.82-6.10, %0.24-0.56 ve %0.03-2.41 oranlarında belirlenmiştir. Biyokütle üst ısı değerinin, biyokütle karbon, hidrojen ve azot içerikleri üzerinden modellenbildiği ve oluşturulan modellerin R² değerlerinin sırası ile 0.9121, 0.9012 ve 0.8979 gibi yüksek doğruluk değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Dallı darı biyokütlesinin kalorifik değerlerini belirlemek amacıyla geliştirilen NIRS kalibrasyonlarının SEC, SEP ve R² değerleri sırası ile 0.0645, 0.1634 ve 0.9706 olarak belirlenmiştir. Biyokütle CHNS içerikleri için ise bu değerler sırası ile C; 0.5358, 0.5644, 0.7968, H; 0.066, 0.0692, 0.8300, N; 0.0100, 0.0162, 0.9831 ve S; 0.2173, 0.2419, 0.9166 olarak belirlenmiştir. Geliştirilen NIRS kalibrasyonlarının yüksek doğruluk değerlerine sahip olduğu ve dallı darı biyokütlesi HHV ve CHNS içeriklerinin belirlenmesinde kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

2017, 75 sayfa

Anahtar Kelimeler: Dallı darı, *Panicum virgatum* L., elementel analiz (CHNS), NIRS kalibrasyonu, üst ısı değer.

ABSTRACT

MODELING THE CALORIFIC VALUE OF SWITCHGRASS (*Panicum virgatum* L.) BIOMASS ON THE ELEMENTAL STRUCTURE AND NIRS CALIBRATION

The purpose of this study to determine the calorific value and elemental composition (CHNS) of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) and modelling the biomass higher heating value (HHV) throughout the elemental composition of dry biomass. In addition improvement of the NIRS calibrations for spectral quantifying the HHV and also CHNS composition of the biomass was the other aim of the current study. The dry biomass of switchgrass has higher HHV with a desirable elemental composition according the chemical analyses. The HHV value of the switchgrass biomass varied between 15.7298-19.2592 MJ kg⁻¹ depending on the genotypes. The carbon, hydrogen, nitrogen and sulfur concentration of the biomass was stated as 39.28-45.26%, 4.82-6.10%, 0.24-0.56% and 0.03-2.41% respectively. The regression coefficients (R²) of the models developed for determination the HHV throughout the biomass CHN concentration were 0.9121, 0.9012 and 0.8979 respectively. The prediction efficiency of the constructed NIRS calibrations for spectral quantifying of the HHV and also CHNS was rather high. The standard error of calibration (SEC), standard error of prediction (SEP) and coefficient of determination (R²) of the calibration were determined for HHV 0.0645, 0.1634, 0.9706 C; 0.5358, 0.5644, 0.7968, H; 0.066, 0.0692, 0.8300, N; 0.0100, 0.0162, 0.9831 and S; 0.2173, 0.2419, 0.9166 respectively for the final NIRS calibration.

2017, 75 page

Keywords: Elemental composition (CHNS), higher heating value, switchgrass, *Panicum virgatum* L., NIRS calibrations.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu alışmada; araştırma konumun seiminde, planlanmasında, yürütülmesinde ve hazırlanmasında yardımını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her aşamada çok yakın ilgisini gördüğüm, bilgi, tecrübe ve imkânlarından her fırsatta yararlanmama olanak sağlayan saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Nafiz ÇELİKTAŞ'a sonsuz saygı ve teőekkürlerimi sunar Őükranlarımı arz ederim.

Tez çalışmalarımın takibi sırasında yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. İbrahim ATIŐ, Yrd. Doç. Dr. Ömer EREN ve Yrd. Doç. Dr. Ömer KONUŐKAN'a, tez çalışmalarım süresince ilgi ve desteğini gördüğüm değerli dostum Fatih YURDAKUL'a, arazi ve laboratuvar çalışmalarında bana destek olan Handan KAYAR, Mustafa DURAK, Mihriban OKUR, İbrahim Keser, Kamil Oğuz Karayel ve ismini saymadığım tüm dostlarıma, bölüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan M.K.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölüm Başkanlığı'na ve isimlerini burada zikredemediğim ama yardımlarını esirgememiŐ herkese içten teőekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca 1130009 nolu TUBİTAK projesi kapsamında sağladıkları burs imkanı dolayısıyla TUBİTAK'a ayrıca Őükranlarımı sunarım.

Beni her zaman ve her koşulda özveriyle, güvenle ve sabırla destekleyip yanımda olan ve bugüne gelmemi sağlayan sevgili aileme en içten minnet ve Őükran duygularıyla sonsuz teőekkürler.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Materyal	10
3.2. Yöntem	10
3.2.1. Biyokütle yetiştiriciliği, tarımsal uygulamalar	10
3.2.2. Kimyasal Analizler	13
3.2.2.1. Biyokütlenin kalorifik değerinin belirlenmesi	13
3.2.2.2. Biyokütlenin elementel (CHNS) analizi	14
3.2.3. Spektral / NIRS Kalibrasyonları	15
3.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	17
4.1. Dallı darı Biyokütlesi Kalorifik İçeriği/Üst Isıl Değer (HHV) (MJ kg ⁻¹)	17
4.2. Dallı darı Biyokütlesi Elementel (CHNS) İçeriği (%)	17
4.2.1. Karbon (C) İçeriği (%)	17
4.2.2. Hidrojen (H) İçeriği (%)	18
4.2.3. Azot (N) İçeriği (%)	19
4.2.4. Kükürt İçeriği (%)	19
4.3. Biyokütle Üst Isıl Değerinin (HHV) Elementel İçeriğe Bağlı Modellenmesi	20
4.3.1. Karbon (C) İçeriği HHV İlişkisi	21
4.3.2. Hidrojen (H) İçeriği HHV İlişkisi	23
4.3.3. Azot (N) İçeriği HHV İlişkisi	25
4.4. Dallı darı Biyokütlesi Kalorifik Değer ve Elementel İçeriklerinin NIRS Kalibrasyonlar	27
4.4.1. Kalorifik Değer NIRS Kalibrasyonu	27
4.4.2. Elementel İçerik NIRS Kalibrasyonu	32
4.4.2.1. Karbon (C)	32
4.4.2.2. Hidrojen (H)	35
4.4.2.3. Azot (N)	37
4.4.2.4. Kükürt (S)	40
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	44
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	50
EKLER	51
EK 1. Dallı darı (<i>Panicum virgatum</i> L.) genotipleri USDA kayıt ve bitki tanım adları ile orjin merkezleri	51
EK 2. Dallı darı biyokütlerine ait ortalama kalorifik veriler (MJ kg ⁻¹)	55
EK 3. Dallı darı biyokütlesi karbon (C) içerikleri (%)	60
EK 4. Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) içerikleri (%)	65
EK 5. Dallı darı biyokütlesi azot (N) içerikleri (%)	70
EK 6. Dallı darı biyokütlesi kükürt (S) içerikleri (%)	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1.	Biyokütle ısı değeri ile elementel kompozisyon arası korelasyon değeri tablosu	20
Çizelge 4.2.	Biyokütle karbon içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu	21
Çizelge 4.3.	Biyokütle karbon içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu	22
Çizelge 4.4.	Biyokütle hidrojen içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu	23
Çizelge 4.5.	Biyokütle hidrojen içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu	23
Çizelge 4.6.	Biyokütle azot içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu.....	25
Çizelge 4.7.	Biyokütle azot içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu	25
Çizelge 4.8.	Dallı darı biyokütlesi kalorifik (üst ısı-HHV) değeri için geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı.....	29
Çizelge 4.9.	Dallı darı biyokütlesi karbon (C) değeri için geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı	31
Çizelge 4.10.	Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) değeri için geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı	34
Çizelge 4.11.	Dallı darı biyokütlesi azot (N) değeri için geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı	36
Çizelge 4.12.	Dallı darı biyokütlesi kükürt (S) değeri için geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1.	Dallı darı (<i>Panicum virgatum</i> L.) koleksiyon bahçesi genel görünümü.....	11
Şekil 3. 2.	Dallı darı (<i>Panicum virgatum</i> L.) parsellerinde hasat işlemleri.....	12
Şekil 3. 3.	Farklı analizler için öğütülüp, homojenize edilmiş dallı darı biyokütle örnekleri.....	13
Şekil 3. 4.	Dallı darı biyokütle örneklerinde kalorimetrik analizler.....	13
Şekil 3. 5.	Dallı darı kuru biyokütlesinde elementel (CHNS) analiz.....	14
Şekil 3. 6.	Dallı darı biyokütlesi kalorifik değeri ve elementel içeriği için NIRS kalibrasyonu	15
Şekil 4. 1.	Dallı darı biyokütlesi karbon içeriği ile HHV değeri arasındaki ilişki	22
Şekil 4. 2.	Dallı darı biyokütlesi hidrojen içeriği ile HHV değeri arasındaki ilişki	24
Şekil 4. 3.	Dallı darı biyokütlesi azot içeriği ile HHV değeri arasındaki ilişki...	26
Şekil 4. 4.	Dallı darı biyokütlesi üst ısıl değeri (HHV) için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğruluk geliştirici uygulamalar	28
Şekil 4. 5.	Dallı darı biyokütlesi üst ısıl değeri (HHV) için geliştirilen NIRS kalibrasyonunun performansı.....	29
Şekil 4. 6.	Dallı darı biyokütlesi HHV içerik tahmini için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğrulaması.....	30
Şekil 4. 7.	Dallı darı biyokütlesi karbon (C) için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğruluk geliştirici uygulamalar.....	31
Şekil 4. 8.	Dallı darı biyokütlesi karbon (C) içeriği üzerinden geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı.....	32
Şekil 4. 9.	Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğruluk geliştirici uygulamalar.....	33
Şekil 4.10.	Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) içeriği üzerinden geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı.....	34
Şekil 4.11.	Dallı darı biyokütlesi azot (N) içeriği üzerinden geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı	35
Şekil 4.12.	Dallı darı biyokütlesi azot (N) için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğruluk geliştirici uygulamalar.....	36
Şekil 4.13.	Dallı darı biyokütlesi kükürt (S) içeriği üzerinden geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı.....	37
Şekil 4. 14	Dallı darı biyokütlesi kükürt (S) için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğruluk geliştirici uygulamalar	38

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

C ₂ H ₅ OH	: Etanol
CH	: Hidrokarbon
CO ₂	: Karbondioksit
da	: Dekar
MW	: Megawatt
MJ	: Megajoule
NM	: Nanometre
V ₂ O ₅	: Vanadiumpentaoksit

KISALTMALAR

Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
ARS	: Tarımsal Araştırma Servisi
ASTM	: Amerika Test ve Malzeme Enstitüsü
BIOBIB	: Biyoyakıt için Veritabanı
db1	: Derivatives ön muamele
HHV	: Üst Isıl Değer
IR	: Kızılötesi
NO _x	: Azot oksit
SO _x	: Kükürt oksit
mf	: Normalizasyon ön muamele
MTEP	: Milyon ton eşdeğer petrol
m0	: Offset ön muamele
NIRS	: Yakın Kızılötesi Yansıma Spektroskopisi
mle	: Normalizasyon ön muamele
m01	: Normalizasyon ön muamele
R ²	: Korelasyon katsayısı
SECV	: Doğrulama standart hatası
Biass	: Regrasyon doğrusu açısı değeri

OLS	: Sıradan En Küçük Kareler
PCA	: Temel Bileşen Analizi
PLS	: Kısmi En Küçük Kareler
sg9	: Smoothing ön muamele
USDA	: Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı
vs	: Normalizasyon ön muamele
VK	: Varyasyon Katsayısı
SH	: Standart Hata
SEC	: Kalibrasyon standart hatası
SEP	: Tahmin standart hatası



1. GİRİŞ

Dünya enerji tüketimi, nüfusun artması ve endüstriyel gelişmelerin eşliğinde hızla artmaktadır. Nitekim Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) verileri 1990-2008 yılları arasında dünya nüfusunun %27 oranında arttığını, kişi başına enerji tüketimi ise %10'luk bir artış gösterdiğini ortaya koymaktadır. Türkiye'de ise birincil enerji kaynakları tüketiminin 2012 yılında 111 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olacağı öngörülmüştür (DEK-TMK 2011). Bu tüketimin yaklaşık %90.9'u fosil kaynaklı, geriye kalan ise yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Dünya geneli incelendiğinde durumun ülkemiz ile benzeştiği görülür. Yenilenmeyen fosil yakıtların üretiminden, tüketimine kadar geçen tüm aşamalarında zararlı emisyonlarının salımı söz konusudur. IAE (2011) raporları atmosfere salınan toplam 7.9 milyar ton karbonun %79.7'sinin fosil yakıtlardan kaynaklandığını bildirmektedir. Gerek yenilenmeyen enerji kaynaklarının hızla azalması ve gerekse zararlı emisyon salınımının yarattığı küresel sorunlar enerji arzı konusunda yeni arayışlara hız kazandırmıştır. Bu arayışta çevreyi daha az kirleten sürdürülebilir doğal kaynaklar ön plana çıkmaktadır.

Bitkilerin ve canlı organizmaların kökeni olarak ortaya çıkan biyokütle, biyolojik kökenli, fosil olmayan organik maddelerin kütlesi olarak adlandırılır. Organik bir karbon olarak kabul edilen biyokütle, aynı zamanda fosil kökenli karbonun enerji içeren formları şeklinde de tanımlanabilir (Eren ve Öztürk, 2011). Biyokütle, fiziksel güneş enerjisinin potansiyel kimyasal enerji olarak yaşayan biyolojik organizmalarda depolanması anlamına gelir. Güneş enerjisinin %0.1 i kadar depolanan bu enerjinin dünya toplam enerji tüketiminden 10 kat daha fazla olduğu öngörülmektedir. Bu enerjiyi ortaya çıkarmak amacıyla biyokütle bitkileri veya enerji bitkileri tarımının, enerji arzı ve ekolojik sorunlar çıkmazında büyük olanaklar sunacağı değerlendirilmektedir. Biyokütle, yetiştirilebilmesi açısından kolay ve devamlılığı olan bir kaynak olması ile genellikle kırsal alanlar için sosyoekonomik gelişmelere katkıda bulunması, uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak ön plana çıkmasını sağlamıştır (Demirtaş, 2010). Temel bileşenleri karbonhidrat bileşikler olan bitkisel ve hayvansal kökenli tüm doğal maddelerden üretilen bu enerji "Biyokütle Enerjisi" olarak tanımlanmaktadır. Biyokütle enerji kaynakları genel olarak; Odun (çeşitli ağaçlar), yağlı tohum bitkileri (kolza, ayçiçeği, soya vb), karbo-hidrat bitkileri (patates, buğday, mısır,

pancar, enginar, vb), lif bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum vb), protein bitkileri (bezelye, fasulye, buğday vb), bitkisel artıklar (dal, sap, saman vb), hayvansal atıklar, şehirsal ve endüstriyel atıklar olarak sınıflandırılmıştır (Karaosmanoğlu, 2002).

Biyokütle potansiyel olarak organik bir karbon kaynağıdır ve yanması sonucunda, bitki tarafından atmosferden alınan karbon tekrar atmosfere salınmaktadır. Dolayısıyla bu reaksiyon atmosferdeki net karbondioksit miktarını arttırmaz ve fosil yakıtlar gibi sera etkisi ortaya çıkaran gaz salınımlarını oluşturmaz. Fosil yakıtlarla kıyaslandığında biyokütlenin yanması sonucu zararlı emisyon salınımının %90'lara varan oranda azaltılabileceği varsayılmaktadır. Debolt ve ark. (2009) yaptıkları çalışmalarda, enerji bitkilerinden elde edilen biyoyakıtların benzine kıyasla sera gazı salınımlarını %68 oranında azalttığını saptamışlardır. Bu açıdan Qiu ve ark. (2010) biyoyakıtları karbon nötr olarak tanımlamışlardır. Atmosferik karbonu kullanma yeteneği bir hayli yüksek olan C4 bitkileri, yüksek büyüme hızlarından dolayı ideal biyokütle bitkileridir. Yüksek selülozik yapıya sahip bitki hasat ürünlerinin farklı çevrim teknolojileriyle işlenmesi sonucunda, endüstriyel amaçlı yenilenebilir doğal biyoyakıtlar üretilebilmektedir. Biyoyakıtlar geniş bir yelpazede olup, kullanılan biyokütle ve çevrim teknolojisine göre en önemlileri arasında biyoetanol, biyodizel, biyogaz ve biyohidrojen gösterilmektedir.

Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) bitkisi, yüksek biyokütle verimi, geniş adaptasyon kabiliyeti ve marjinal alanları değerlendirebilme yeteneğinden dolayı selülozik etanol üretimi konusunda Amerika Biyoenerji Programı tarafından 37 bitki arasından model tür olarak seçilmiştir (Wright ve Turhollow, 2010). Diğer yandan kuraklık ve su baskınına dayanımı, düşük pestisit ve gübre isteği, kolay tesis edilmesi ve uzun yıllar yüksek biyokütle verimi alınabilmesi, toprak organik maddesini arttırması ve kuvvetli kök sistemi ile iyi bir erozyon kontrol bitkisi olması gibi diğer üstün tarımsal özellikleri, bu türü daha da ön plana çıkarmıştır. 1 ton dallı darı biyokütlesi 380 litre biyoetanol üretebilme kapasitesine sahiptir. Biyoyakıt bitkisi olmasının yanı sıra dallı darı, yüksek enerji içeriği dolayısıyla farklı enerji kullanım alanları için de önemli bir biyokütle bitkisi halini almıştır. Biyokütlenin ısı değerlerinin pek çok katı yakıt kaynağına eşdeğer oluşu, üretim kolaylığı, marjinal alanları kullanabilme kabiliyeti dallı darı bitkisini avantajlı konuma getirmiştir. Bununla birlikte dallı darı hücre duvarındaki

yüksek selüloz sayesinde, kağıt sanayii için de önemli bir hammadde kaynağı olma potansiyeline sahiptir.

Mevcut araştırma kapsamında; Akdeniz Ekolojik koşullarında yetiştirilen, Amerika kıtası kökenli, dallı darı (*Panicum virgatum* L.) çeşit ve doğal popülasyonlarına ait biyokütlelerin üst ısıl değerler ve elementel kompozisyon açısından karakterize edilmeleri, kalorifik değer elementel veriler üzerinden modellenmesi ve incelenen tüm özellikler için yakın kızıl ötesi yansıma spektrofotometresi (NIRS) kalibrasyonlarının geliştirilmesi çalışmaları yürütülmüştür.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Miles ve Miles (1994), biyokütledeki yüksek lif oranını, büyük oranda fermente olabilir ve yanabilir şekere dönüşebilme potansiyeli nedeni ile enerji elde etme açısından önemli bir özellik olduğunu vurgulamışlardır. Araştırmacılar ligninin fermantasyon sırasında parçalanmadan kalarak bu dönüşümde olumsuz etki yarattığını, külün ise biyokütle kazanlarını kirletmesi ve atık madde oluşturması sebebiyle zararlı olduğunu, uçan külün kontrolünün problem oluşturduğunu ve bakım masrafını artırıcı bir faktör olduğunu bildirerek, dallı darı biyokütlesinin biyoenerji ve hayvan besleme amaçlı kullanımlarında yüksek lif, düşük lignin ve kül oranına sahip olmaları gerektiğini belirtmişlerdir.

Sanderson ve ark. (1996), yakın kızılötesi yansıma spektroskopisinin (NIRS), yemlerin lignoselüloz analizinde yaygın olarak kullanılmakta olduğunu ve biyokütle kimyasal bileşimini tahmin etmede faydalı olabileceğini belirtmişlerdir. Laboratuvar ortamında toplam 121 otsu ve odunsu numunenin kimyasal kompozisyonunu belirleyen araştırmacılar, etanol ekstraktları, kül, lignin, üronik asitler, arabinoz, ksiloz, mannoz, galaktoz, glikoz, CHNO için NIRS kalibrasyonu geliştirdiklerini, kalibrasyonun H ve O hariç tüm parametreler için yüksek doğrulukta çalıştığını bildirmişlerdir.

Kumar ve ark. (1996), bazı yenilenebilir biyoyakıtların doğrudan veya dolaylı olarak kalorifik değerlerini belirlemek için diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) ve elementel analiz (EA) gibi termal yöntemler kullanmışlardır.

Hultquist ve ark. (1996), dallı darı yayla tiplerinin daha çok yağışın sınırlı olduğu kurak ve yüksek rakımlı ekolojilerde bulunduğunu, bu tiplerin ince saplı, geniş kök tacına sahip ve yarı yatık habituslu olduklarını, ova tiplerin ise enerji bitkisi olarak kullanımlarının daha uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

McLaughlin ve ark. (1996), dallı darının toplam ısı değerinin 18.3 (MJ/kg) olarak saptamışlardır. Araştırmacılar biyokütlenin hasat esnasında nem oranının %15 olduğunu belirttikleri çalışmalarında, doğranma yoğunluğunun 108 kg/m³, balya yoğunluğunun 105-133 kg/m³, selüloz+hemiselüloz oranının %54-67, kül oranının %4.5-5.8, kül erime sıcaklığının 1016°C, kükürt oranının ise %0.12 olduğunu bildirmişlerdir.

McLaughlin ve ark. (1999), dallı darı biyokütlesinin fermantasyon, biyogaz üretimi ve katı yakıt formunda enerjiye dönüşebildiğini bildirmişlerdir.

Demirbas (2001), 14 biyokütle yakıtının üst ısıl değerlerinin (HHV), lignin içeriği ile ilişkili olduğunu belirtmiştir. Biyokütle yakıtının HHV'si ile lignin içeriği arasında anlamlı ve doğrusal bir korelasyon olduğunu belirten araştırmacı, lignin içeriğinin (L, wt %) bir fonksiyonu olarak biokütle yakıtının HHV değerini (kJg^{-1}) $\text{HHV}=0.0889(L)+16:8218$, $\text{HHV}=0.0877(L)+16:4951$ fonksiyonları ile belirlemiş ve modellerin korelasyon katsayıları (R^2) sırasıyla 0.9504 ve 0.9302 olduğunu bildirmiştir. Doğrulama testlerinde ise modellerle hesaplanan HHV'ler sırasıyla %0.056 ve %0.067'lik ortalama fark göstermişlerdir.

Channiwala ve ark. (2002), yakıtların elementel analizi ile üst ısıl değerinin (HHV) hesaplanması için birleşik bir korelasyon önermişlerdir. Bu korelasyon, 225 veri noktası kullanarak türetilmiş ve ilave 50 veri noktası için doğrulanmıştır. Gaz halindeki, sıvılaştırılmış, kömür, biyokütle materyali, kalıntıdan tortu kökenli yakıtlara kadar değişen yakıtların tüm spektrumu mevcut korelasyonun türetilmesinde dikkate alınmış olup yüksek doğrulukta okuma yapabilen bir model geliştirmişlerdir.

Brown (2003), farklı bitki türlerinin kimyasal kompozisyonları üzerine yaptığı araştırmada, türlerin ısıl değerlerini (HHV) dallı darı biyokütlesinde 18.64 MJ/kg, mısır saplarında 17.65 MJ/kg, sorgum sapında 15.40 MJ/kg ve buğday samanında 17.54 MJ/kg olarak saptamıştır. Aynı araştırmacı kuru dallı darı biokütlesinin N içeriğini %0.74, S içeriğini %0.08 ve kül içeriğini ise %3.5 olarak bildirmiştir.

Sharma ve ark. (2003), dallı darı çeşitlerinin biyokütle verimi üzerine İtalya'nın güneyinde yaptıkları çalışmada, 15 değişik yayla ve ova tipi dallı darı çeşidini denediklerini, 1998-2001 yılları arasında 4 yıl süre ile yürüttükleri çalışmada maksimum kuru madde verimini 1236kg/da ile çalışmanın üçüncü yılında saptadıklarını, kuru madde verimlerinin çeşitlere göre ortalama 563-2608kg/da arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir.

Balat (2005), Türkiye'nin toplam biyokütle enerjisi potansiyelinin yaklaşık 32 MTEP olduğunu ve kullanılabilir biyokütle potansiyelinin yaklaşık 17 MTEP olduğunu belirtmiştir. Kullanılabilir biyokütleden elektrik üretiminin net kazanç olarak getirisinin 4.4 milyar dolar veya 160.000'den fazla işgücünü temsil ettiğini bildirmiştir.

Friedl (2005), çok farklı orijinli 154 biyokütle örneğine (ahşap, çim, çavdar, kamış, bira atıkları ve kanatlı çöpleri) ait verileri BIOBIB veri tabanından seçtiğini ve karbon, hidrojen, azot, oksijen, kükürt, klor, kül içeriği gibi özellikleri ile karakterize ettiklerini bildirmişlerdir. Saptanan verilerin PCA'sı örneklerin kökenine göre bir kümeleme gösterdiğini bildiren araştırmacı, elementel kompozisyondan HHV tahmini için regresyon modelleri geliştirdiğini en yüksek doğruluğun biyokütle karbon (C) içeriği kullanılarak elde edildiğini belirtmiştir.

Ünal (2005), kaba yemlerin besinsel değerlerini belirlemek için Weende analizleri, deterjanlı kimyasal analizler, in vitro ruminal ve enzimatik yöntemler gibi birçok laboratuvar analiz yöntemleri bulunduğunu, bu tekniklerin pratikte kullanımı esnasında birçok kimyasal madde gerektirdiği için pahalı ve kapsamlı olduğunu, sonuç almanın ise zaman aldığını belirtmiştir. Kullanılan laboratuvar analiz yöntemlerinin aksine yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi (NIRS) ile kaba yemlerin besinsel değerini belirlemede hızlı, doğru ve az masraflı bir yöntem olduğu belirten araştırmacı NIRS teknolojisi ile yemlerde Weende ve Van Soest yöntemleriyle yapılan analizlerin yapılabildiğini, bu teknolojinin yem tüketimi ve sindirilebilirlik gibi biyolojik parametreleri de tahmin etme kapasitesi ile gelecek vadeden bir teknoloji olduğunu bildirmiştir.

Sheng ve Azevedo (2005), temel analiz verilerini kullanarak biyokütlenin üst ısıl değerleri için bir korelasyon türettiklerini ve doğruluğun oldukça yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Parikh ve ark. (2006), 200 veri noktasını kullanarak katı lignoselülozik materyaller için $C=0.637FC+0.455VM$, $H=0.052FC+0.062VM$, $O=0.304FC+0.476VM$ şeklinde geliştirdikleri modellerin enerji içeriği belirleme amacıyla, yüksek doğrulukta kullanılabilceğini ortaya koymuşlardır.

Varmuza ve ark. (2007), 35 biyokütle numunesinde (odun, tahıl) yaptıkları çalışmada numunelerin ısıl değerini karbon, hidrojen ve azot verileri spektral yöntemlerle modellemişlerdir. Regresyon modellerini, modellerin oluşturulması için değişken seçimi ve PLS için bir genetik algoritma uygulaması ile elde ettiklerini bildiren araştırmacılar, tahmin hatalarının standart sapması IR verilerinden gelen modeller için %0.3 ve temel bileşim verilerinden gelen modeller için %0.7 olarak belirlemişlerdir.

Erol ve ark. (2010), 20 farklı biyokütle numunesinin kalorifik değerlerini tahmin etmek için farklı 13 yeni formül geliştirdiklerini, bu formülleri elde etmek için saptadıkları kalorifik değerlerin net ısı değerlerinin 15.41-19.52 MJ/kg arasında değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir. Korelasyonların regresyon katsayılarının 0.829-0.898 arasında değiştiği çalışmada, 13 farklı korelasyonda saptanan ısı değerlerinin standart sapmalarının 0.4419 ile 0.5280 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Shen ve ark. (2010), biokütle enerji içeriklerinin belirlenebilmesi amacıyla $C = 0.635FC + 0.460VM - 0.095ASH$, $H = 0.059FC + 0.060VM + 0.010ASH$, $O = 0.340FC + 0.469VM - 0.023KÜL$ regresyon modelleri geliştirdiklerini bildirmişlerdir.

Soylu ve ark. (2010a), çok yıllık bir bitki olan dallı darıda ilk tesis yılı performansının oldukça düşük olacağını, ikinci ve üçüncü yıldan sonraki bitki performans değerlendirmelerinin daha doğru sonuçlar ortaya koyabileceğini, 2008–2009 yıllarında Konya ekolojik koşullarında yürüttükleri çalışmada toplam yeşil ot verimliliklerinin sırası ile 8.59–57.55 T/ha, kuru madde oranlarının %31.9–43, %31.79-38.94, kuru madde verimlerinin 3.42–18.18 T/ha, 11.00–24.82 T/ha, enerji değerlerinin ise 18.062–18.740 MJ/kg, 17.840–19.059 MJ/kg arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir.

Soylu ve ark. (2010b), dallı darının Türkiye açısından toprak muhafaza amaçlı alternatif bir bitki örneği teşkil edebilmesi amacı ile 3 adet dallı darı çeşidi kullanarak yürüttükleri çalışmada, 2007, 2008 ve 2009 yıllarında Konya ekolojik koşullarında kuru ve sulu şartlarda dallı darının yetiştirme imkanlarını belirlediklerini, araştırmanın her 3 yılında da bitkilerin kış şartlarından etkilenmediklerini ve kış sonrası normal gelişmelerine devam ederek ilkbaharda yeniden büyümeye başladıklarını belirtmişlerdir. Araştırmada sulu ve kuru koşullarda çeşitlerin bitki boyu çiçeklenme zamanı, yeşil ot verimi, kuru madde oranı ve kuru madde verimi gibi morfolojik verim ögesi olan parametrelerin belirlendiğini ve araştırma sonucunda dallı darının alternatif bir yem ve enerji bitkisi dışında toprak muhafaza amaçlı kullanım potansiyellerinin de yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır.

Yin (2011), üst ısı değeri (HHV) tahmininde farklı orijin ve farklı coğrafi konumlardan elde edilen biyokütle örneklerinin biyokimyasal verileri kullanılarak doğrusal regresyon modelleri geliştirildiğini bildirmiştir. $HHV = 0.2949C + 0.8250H$ şeklinde geliştirilen modelin %5'in altında bir ortalama mutlak hata (MAE) ve sadece

%0.57'lik marjinal ortalama sapma hata (MBE) değerine sahip olduğunu bildiren araştırmacı diğer modelin ($HHV=0.1905VM+0.2521FC$)'de hata değerlerinin oldukça düşük olduğunu saptamıştır.

Gravalos ve ark. (2010), biyokütle kalıntı peletlerinin ısıtma amaçlı kalorifik enerji değerleri üzerine deneysel bir çalışma yaptıklarını, tarımsal (pamuk, karton vb.) ve orman (çam, köknar, kayın vs) atıklarının kalorifik değerlerini ASTM standardına göre belirlemek için bomba kalorimetresi kullandıklarını ve bu materyallerin alternatif yakıtlar olarak kullanılabilmesini bildirmişlerdir. Araştırmacılar, bitkinin kök ve ana gövdesinin aynı kalorifik değerlere sahip olduğunu, yapraklarda en düşük kalorifik değer saptanırken tohum ve çiçeklerin yüksek kalorifik değerlere sahip olduğunu saptamışlardır.

Fagan ve ark. (2011), *Miscanthus giganteus* ve söğüt ağacı kalite parametrelerini tahmin etmek için NIRS modellemesi yaptıklarını, nem, ısıl değer, kül ve karbon içeriği için R² değerlerini sırasıyla 0.99, 0.99, 0.58 ve 0.88 olarak belirlediklerini bildirmişlerdir. Araştırmacılar modelin nem ve kalorifik değer tahmini için oldukça yüksek doğruluk verirken, karbon ve kül için zayıf olduğunu belirtmişlerdir.

Everard ve ark. (2012), *Miscanthus* kalorifik değerleri için geliştirilen NIRS modelinin R² değerini 0.96 olarak bildirmişlerdir. Araştırmacılar, yürüttükleri çalışmanın NIR spektroskopisinin biyolojik kütle kalitesinin kalorifik değerinin hızla karakterize edilmesi amacıyla rahatlıkla kullanılabilmesini belirtmişlerdir.

Librenti ve ark. (2010), biyokütle azot içeriğinin artmasının biyokütle kalorifik değerini düşürdüğünü, yüksek C/N oranı yüksek yanma oranı ortaya koyarken aynı zamanda termokimyasal dönüşüm için uygun bir biyokütle özelliği olduğunu bildirmişlerdir.

Moreno ve ark. (2012), biyokütle materyalinin biyoenerji kaynağı olarak kullanılabilmesi için ısıl değerinin mutlaka bilinmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar bu maksatla geliştirilen pek çok regresyon modelinde önemli istatistiksel hatalar saptadıklarını belirtmişlerdir.

Moka (2012), biyokütle örneklerinin kalorifik değerlerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilecek modellerde doğrusal çoklu regresyon analizine dayanan korelasyonların en doğru sonuçları verdiğini belirtmiştir.

Lestander ve ark. (2014), NIR spektrometresinin farklı biyokütlelerin biyokimyasal özelliklerini belirleme amacıyla kullanılabileceğini, özellikle biyokütle enerji içeriği, CHNOS, kül ve uçucu madde özelliklerinin çok yüksek doğrulukta saptanabildiğini ortaya koymuşlardır .



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada; TÜBİTAK 1003 Öncelikli Alanlar Projeleri, Enerji Bitkileri Çağrısı kapsamında desteklenmiş olan, 113O009 no'lu ve “Dünya Biyoenerji Model Türü Dallı Darı (*Panicum virgatum* L.) Genotiplerinin Ülkemiz Akdeniz ve Karasal İklim Kuşaklarında Biyoetanol Üretim Kapasitelerinin Belirlenmesi, Seleksiyonu ve Tohumluk Üretimi” başlıklı projenin ana materyali olan Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) genotipleri kullanılmıştır.

Çalışma Amerikan Tarım Teşkilatı Genetik Kaynaklar Koruma Birimi (USDA/ARS)'den temin edilerek, bahse konu proje kapsamında, 2013 yılında tesis edilen Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) gen koleksiyonunda, çakılı deneme niteliğindeki 161 farklı genotip üzerinde yürütülmüştür.

İncelenen genotiplerin USDA/ARS kayıt numaraları (PI), genotip adı ve orijin merkezleri Ek 1'de verilmiştir.

İntrodüksiyon materyal listesi incelendiğinde, koleksiyonu oluşturan genotiplerin bir kısmının ticari çeşit fakat büyük çoğunluğunun doğal popülasyonlardan oluştuğu görülmektedir.

İncelenen koleksiyon yayla ve ova tiplerden oluşmaktadır. Genotipler tetraploid ($2n=4x=36$) ve oktoploid ($2n=8x=72$) düzeyde kromozomal yapıya sahiptirler.

3.2. Yöntem

Araştırma Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Telgaliş Araştırma ve Uygulama Tarlasında çakılı halde bulunan dallı darı koleksiyon bahçesi üzerinde yürütülmüştür.

3.2.1. Biyokütle yetiştiriciliği, tarımsal uygulamalar

Koleksiyon bahçesi; Haziran–Temmuz 2013 aylarında tesis edilmiş, her bir genotip için 1.5 x 2 m boyut ve 5 er sıralı 3 m²'lik parseller şeklinde oluşturulmuştur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) koleksiyon bahçesi genel görünümü

Koleksiyon bahçesinde bitkilerin su ihtiyacı, her bir sıra üzerine döşenmiş olan damla sulama yöntemi ile ihtiyaç duyulduğu anda yapılmıştır.

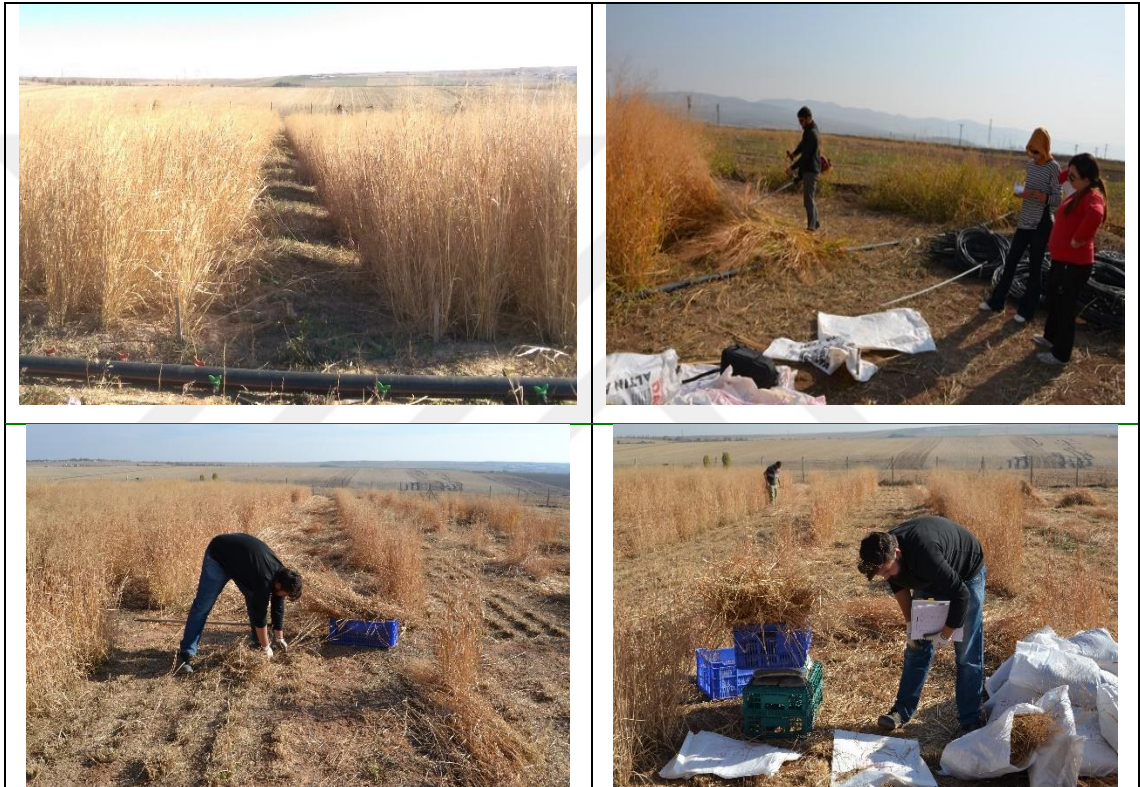
Bitkilerin besin elementi ihtiyacı ise Soylu ve ark. (2010) tarafından aynı tür için önerilen yıllık 15kg/da N olacak şekilde, sonbahar ve ilkbahar uygulamaları şeklinde, ikiye bölünerek yapılmıştır. Üre formundaki gübre damla sulama sistemine monteli tanklarda çözülerek, damla su ile birlikte verilmiştir.

Yabancı ot mücadelesi parsel içlerinde el ile ve parsel aralarında el frezesi yardımıyla mekanik olarak rutin bir şekilde yürütülmüştür. Parsel içlerinde önemli bir sorun olan ve dallı darı bitkileri ile çok karıştırılan geliç (*Sorghum halepense* L.) mücadelesinde, dallı darı tarımında özellikle dar yapraklı yabancı otlar için geliştirilen Outrider/Monitor (Monsanto, USA) isimli herbisit, dekara 2 g hesabı ile uygulanmıştır. Uygulamalar 10-l'lik sırt pompası ile yapılmıştır.

Dallı darı çok yıllık bir buğdaygil yembitkisidir. Diğer çok yıllık buğdaygil türlerinde olduğu gibi bu türde de bitki gerçek performansı tesis yılı sonrasında, 2. ve 3.

yıllardan itibaren ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle araştırmanın yürütüleceği, genotiplere ait biyokütle örnekleri, 2. yıl hasat ürünlerinden alınmıştır.

2. yıl hasatları, biyokütle fizyolojik olgunluğa ulaşmasına rağmen, iklim şartlarının olumsuz olması nedeni ile 2014 Kasım ayında yapılmıştır. Hasat öncesinde damla hortumları toplanmış ve hasat, motorlu tırpan yardımı ile tamamlanmıştır. Hasat esnasında parsellerin ilk ve son sıraları ile parsel başı ve sonundan 50 cm'lik bölüm kenar tesiri olarak atılmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) parsellerinde hasat işlemleri

Hasat edilen biyokütlenin parsel verimleri alındıktan sonra, sonraki ölçüm ve analizlerde kullanılmak üzere, her bir genotip için hasat sonrası 1kg örnek ayrılmıştır. Örnekler 60 °C'ye ayarlanmış etüvde 24 saat süre ile kurularak nem açısından homojen bir hale getirilmiş ve bu işlemi takiben kuru madde oranları saptanmıştır. Etüvden çıkartılan örneklerin nem oranının artması istenmeyen bir durum olduğu için bu işlem zaman kaybetmeden yapılmıştır. Biyokütle örnekleri kimyasal analizler için, değirmende ≤ 0.2 mm boyutlarında olacak şekilde öğütülüp analizlere hazır bir hale getirilmiştir. (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Farklı analizler için öğütülmüş, homojenize edilmiş dallı darı biyokütle örnekleri

3.2.2. Kimyasal Analizler

3.2.2.1. Biyokütlenin kalorifik değerinin belirlenmesi

Araştırmada hasat sonrası elde edilen biyokütlelere ait örneklerde kalorimetrik analizler IKA C2000 Oxygen Bomb Calorimeter (IKA Co. Staufen, Almanya) cihazı ile cal/g biriminde ölçülmüştür (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Dallı darı biyokütle örneklerinde kalorimetrik analizler

Kalorifik analizler ASTM D240 standardına göre yapılmıştır. Ölçümler yaklaşık 1 g tartılan örneklerin çelik taşıyıcılara konması sonrasında cihaz standart protokolü uygulanarak 3 tekerrürlü okumalar şeklinde yapılmıştır.

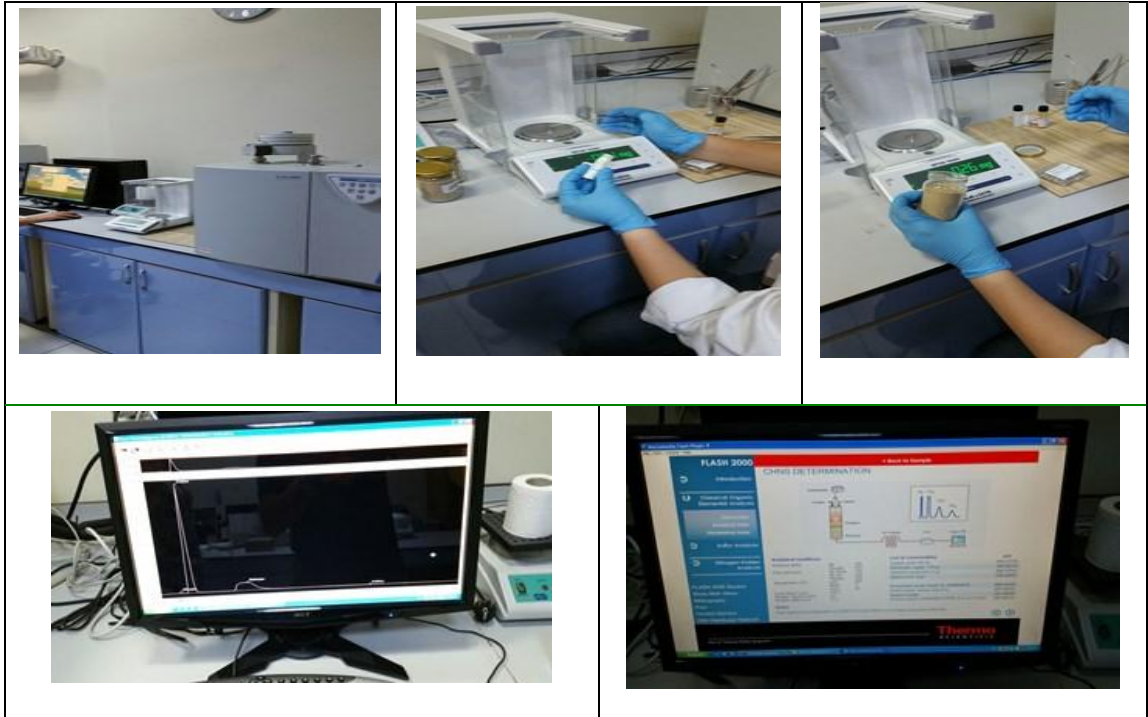
Cihazın kalibrasyonu gereği ölçülen cal/g şeklindeki kalorifik değerler, 0.0041868X dönüşümü ile MJ kg⁻¹ birimine dönüştürülmüştür.

3.2.2.2. Biyokütlenin elementel (CHNS) analizi

Dallı darı biyokütlesine ait öğütülmüş materyallerde elementel analiz ThermoFisher CHNS-O elementel analiz cihazı (ThermoFisher Scientific Co., ABD) yardımı ile yapılmıştır. Elementel analiz için 2.5-Bis (5-tert-butyl-2-benzo-oxazol-2-yl) thiophene (BBOT) standardı kullanılmıştır. 2-3mg BBOT standardı tartılmış ve 4 noktalı kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Kalibrasyon eğrileri kullanılarak numunelerin CHNS içerikleri % olarak belirlenmiştir.

Öğütülmüş dallı darı biyokütle örnekleri kalay kapların içerisine 3-4 mg olacak şekilde tartılmış ve üzerlerine 8-10 mg vanadumpentaoksit (V₂O₅) eklenerek cihazda okumaya alınmıştır. Okumalar 3 tekrarlamalı olacak şekilde yürütülmüştür (Şekil 6).

Cihaz kolon sıcaklığı 950 °C, taşıyıcı gaz 140 ml ve referenaz gaz 100 ml akış hızında 720 s süreyle okuma yapılmıştır. Taşıyıcı gaz olarak Helyum kullanılmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Dallı darı kuru biyokütlesinde elementel (CHNS) analiz

Kalibrasyon işlemi için NIRCal kemometrik yazılım programı kullanılmıştır. Yakın kızılötesi ışınım ile taramalar neticesinde elde edilen her bir örneğin/genotipin spektrumlarına karşılık gelen, her bir özelliğe ait (kalorifik ve elementel) referans değerleri kaydedilmiş ve böylece spektrumların rakamsal değerleri işlenmiştir. Kemometrik programda, miktar tayini (Quantification) amaçlı NIRS kalibrasyonlarında yaygın olarak kullanılan PLS (Partial Least Squares) regresyon modeli kullanılmış ve böylece referans değerler ile spektrumlar arasında doğrusal bir ilişki oluşturulmaya çalışılmıştır.

Optimizasyon işleminin başlangıcında toplam spektrumların %66'sı kalibrasyon (Calibration) ve %33'ü doğrulama (Validation) amaçlı kullanılmış ancak kalibrasyonu geliştirici ön muameleler sırasında bazı spektrumlar kalibrasyon-validasyon arasında yer değiştirilmiştir. Bununla birlikte uç değer (outlier) olduğu değerlendirilen bazı örneklere ait spektrumlar silinmiş veya değerlendirme dışı tutulmuştur. Dolayısıyla başlangıçtaki oranlar optimize edilen kalibrasyon modelinde değişebilmiştir.

3.2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Dallı darı genotipleri arasında kalorifik değer ve elementel içerikler açısından oluşan varyans, SPSS V 23 istatistik paket programı kullanılarak, genotiplere ortalama, standart hata, standart sapma ve değişim katsayısı değerleri elde edilmiştir.

Elementel veriler üzerinden kalorifik değerlerin modellenmesi MS Excel ve SPSS V 23 programında, $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \epsilon$ (X : Bağımsız (açıklayıcı) değişken, Y : Bağımlı (açıklanan; etkilenen; cevap) değişken, β_0 : $X=0$ olduğunda bağımlı değişkenin alacağı değer (kesim noktası) β_1 : Regresyon katsayısı, ϵ : Hata terimi) regresyon eşitliği ile kurgulanmıştır. Elementel ve kalorifik veriler ile elde edilen dağılım grafiği ve regresyon tablolarından yararlanarak regresyon denklemleri kurulmuştur. Bu aşamada uç değerler (outlier) SPSS V 23 programında saptanmış ve dağılım grafiğinden atılarak model doğruluğu yükseltilmeye çalışılmıştır.

Nicel (Quantification) NIRS kalibrasyonlarının performansı; kemometrik program NIRCal'dan elde edilen kalibrasyon ve doğrulama arasındaki korelasyon katsayısı $R^2_{CAL/R^2_{VAL}}$, kalibrasyon ve tahminin standart hataları (SEC, SECV-SEP) ve BIASS değerleri ile test edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Dallı darı Biyokütlesi Kalorifik İçeriği/Üst Isıl Değer (HHV) (MJ kg⁻¹)

Dallı darı genotipleri biyokütlelerinin kalorimetrik analizlerinden elde edilen ortalama kalorifik verilere ait analiz sonuçları Ek 2’de verilmiştir.

Dallı darı genotiplerine ait biyokütle örneklerinin kalorifik değerleri 15.73-19.26 MJ kg⁻¹ aralığında değişim göstermiştir. Kalorifik analiz sonuçları ABD Florida orjinli GRIF 16969 genotipinin incelenen biyokütleler arasında en düşük üst ısıl değere sahip genotip olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşılık ABD Mariland orjinli T2099 genotipinin ise en yüksek üst ısıl değere sahip biyokütleyi oluşturduğu saptanmıştır.

Araştırma kapsamında farklı dallı darı genotiplerine ait biyokütlelerden elde edilen kalorifik değerlerin, odun yakıtı için belirlenen 14.23-15.90 MJ kg⁻¹ aralığındaki ısıl değerlerin oldukça üzerinde olduğu görülmektedir. Akın (2015) pirinanın ısıl değerini diğer yakıtlarla karşılaştırdığı çalışmasında kömür için 10.04-17.58 MJ kg⁻¹ arasında, yağlı pirina ısıl değerini 17.96 MJ kg⁻¹ ve yağsız pirina ısıl değerini ise 17.29 MJ kg⁻¹ olarak belirlemiştir. Yin (2010) bazı biyokütle materyallerinin ısıl değerleri üzerine yaptığı çalışmada, meşe odununun (orta) ısıl değerini 19.24 MJ kg⁻¹ bulunduğunu bildirmiştir. Dallı darı biyokütlesi için saptadığımız üst ısıl değerlerin, farklı biyokütle materyallerinin ısıl değerlerine eşdeğer veya bu değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum diğer pek çok katı yakıt kaynağının elde edilmesinin/yetiştirilmesinin zorluğu ve bu hammaddelerin kıymeti düşünüldüğünde, dallı darı biyokütlesinin katı yakıt amaçlı kullanımının daha bir önem kazanmaya başlayacağı muhakkaktır.

4.2. Dallı darı Biyokütlesi Elementel (CHNS) İçeriği (%)

4.2.1. Karbon (C) İçeriği (%)

Dallı darı biyokütlelerine ait elementel karbon (C) içerik değerleri (%) Ek 3’de verilmiştir.

İncelenen dallı darı biyokütlelerinin karbon (C) içerikleri Akdeniz ekolojik koşullarında %39.45-45.26 aralığında değişim göstermiştir. Elementel analiz sonuçları Wisconsin orijinli WS8U popülasyonunun incelenen genotipler içerisinde en düşük

karbon içerikli biyokütleyle sahip olduğunu ortaya koymuştur. Dallı darı koleksiyonu içerisinde bulunan Florida orijinli PMT-785 çeşidinin ise en yüksek karbon içerikli biyokütleyi oluşturduğu belirlenmiştir. Olgun ve ark. (2015), Doğu Karadeniz Bölgesi fındıklarına ait fındık kabuğunda yapmış oldukları çalışmada karbon (C) içeriğini %47.06-47.10 arasında bulurken, Akın (2015) ise yakıt olarak kullanılacak pirininin karbon (C) içeriğini %45.3 olarak belirlemiştir. Araştırma kapsamında elementel kompozisyonunu saptadığımız dallı darı genotiplerine ait biyokütlelerin C değerleri bazı genotipler için belirtilen içerik değerlerine yakın iken bazı genotipler bu bulguların oldukça altında gerçekleşmiştir. Moka (2012), 95 farklı biyokütle için yaptığı çalışmada oldukça değişken ve geniş bir yelpazede dağılım gösteren C içerikleri belirlemiştir. Farklı türler farklı genetik yapıları dolayısıyla değişik metabolizmalara sahip olduklarından, biyokimyasal yapılarında bu tarz farklılaşmaların görülmesi gayet olasıdır. Bu durum aynı türün farklı genotipleri için bile söz konusudur. Nitekim araştırmamızda incelediğimiz farklı dallı darı genotipleri oldukça değişken bir biyokimyasal içerik ortaya koymuşlardır. Öte taraftan toprak, iklim vb. ekolojik koşullar ile yetiştiricilik esnasında ortaya konulan tarımsal faaliyetler de biyokimyasal farklılık üzerinde son derece etkilidir. Biyokütlenin yakıt ve yanma özelliği açısından en önemli özelliklerinden olan karbon içeriğinin, bazı dallı darı genotipleri için kaliteli bir yakıtta bulunması gereken değerlere yakın olması bu türü, biyoenerji amaçlı kullanımda alternatif bir hammadde haline getirmektedir.

4.2.2. Hidrojen (H) İçeriği (%)

Dallı darı biyokütlelerin ait elementel hidrojen (H) içerik değerleri (%) Ek 4'de verilmiştir.

İncelenen genotiplere ait biyokütlenin hidrojen içerikleri Akdeniz ekolojik koşullarında %4.82-6.10 aralığında değişim göstermiştir. Bu özellik bakımından en yüksek ortalama North Dakota orijinli 71 SG 041 çeşidinden elde edilirken, Wisconsin çeşidi olan WS8U en düşük hidrojen birikimine sahip biyokütleyi üretmiştir. Eren (2011), 86 farklı biyokütle üzerinde yürüttüğü çalışmada hidrojen (H) içeriğini %3-11 arasında bulurken, Moka (2012) ise meşe üzerinde yürüttüğü çalışmada hidrojen (H) içeriğini %6.03 olarak belirlemiştir. Bu literatür bildirişleri çalışmamızdan elde

ettiğimiz verilerle uyum içerisindedir. Yüksek hidrojen içeriğinin biyokütle için yüksek ısıl değere işaret ettiği bildirilmektedir. Konu üzerinde yapılan pek çok çalışma %6 civarındaki H içeriğini yüksek bir değer olarak kabul etmektedir. Dolayısıyla incelediğimiz genotipleri bu özellik açısından oldukça kaliteli bir biyokütle olarak değerlendirmek mümkündür.

4.2.3. Azot (N) İçeriği (%)

Dallı darı biyokütlelerine ait elementel azot (N) içerik değerleri (%) Ek 5’de verilmiştir.

Araştırma sonuçları incelenen genotiplere ait biyokütlenin azot (N) içeriklerinin Akdeniz iklim kuşağını temsilen Amik Ovası koşullarında %0.24-0.56 aralığında değişim göstermiştir. Nebraska orijinli Shawnee ticari çeşidinin en yüksek N içeriğine sahip biyokütleye sahip olduğu saptanırken, en düşük N birikiminin ise Arkansas kökenli başka bir ticari çeşit olan AM-314/MS-155 genotipinde olduğu belirlenmiştir. Biyoenerji amaçlı kullanılan biyokütlerde azot, yanma neticesinde azot oksit (NOx) salımlarına yol açar. Salzman ve Nussbaumer (2001), yanma teknolojilerinde NOx salımlarının azaltılması gereken bir faktör olduğuna dikkat çekmişlerdir. Dolayısıyla düşük N içerikleri düşük NOx salımlarının göstergesi olacaktır. Araştırmalar bu açıdan %1’in altındaki N değerlerine sahip biyokütleri ön plana çıkarmaktadır. Araştırma konusu genotiplerimiz bu sınır değerinde oldukça altında N değerlerine sahip olması nedeni ile NOx salımları açısından büyük avantaj sağlayacağı ortadadır. Yin (2010), farklı biyokütle materyallerinin azot içeriği üzerinde yürüttüğü çalışmasında mısır samanı için azot (N) içeriğini %0.60 bulmuş ve aynı araştırmacı küçük meşe odunu için bu miktarı %2.81 olarak belirtmiştir. Dallı darı biyokütlesi için saptadığımız N değerlerinin bu sonuçların oldukça altında olması, bu türü biyoenerji amaçlı kullanım açısından alternatif haline getirmiştir.

4.2.4. Kükürt İçeriği (%)

Dallı darı biyokütlelerine ait elementel kükürt (S) içerik değerleri (%) Ek 6’da verilmiştir.

Yakıt salımları açısından önemli bir parametre olan biyokütlenin kükürt (S) içeriklerinin Akdeniz ekolojik koşullarında %0.03-2.27 aralığında değişim gösterdiği gözlenmiştir. Kükürt içeriği açısından en düşük ortalama ticari bir çeşit olan Alamo genotipinden elde edilmiştir. En yüksek kükürt içerikleri ise North Dakota orijinli 71 SG 038 genotipinde saptanmıştır. Eren (2011), çeşitli biyokütle materyalleri üzerinde yapılan elementel analizlerde kükürt (S) içeriğini %0.01-2.3 arasında bulurken, Moka (2012) farklı biyokütle materyalleri üzerinde yapmış olduğu çalışmalarda kükürt (S) içeriğini %0.00-1.05 arasında belirlemiştir. Briketleme veya peletleme işlemlerinde kullanılacak biyokütle materyallerinde kükürt içeriğinin düşük olması beklenir. Zira biyokütlerde kükürtün yanması ile kükürt oksit (SO_x) salımları meydana gelir. Kükürt içeriği yüksek bazı yakıtların yanması neticesi asit yağmurları oluşur. Bazı kalitesiz kömürlerin kükürt içeriğinin %7.5'lere kadar ulaşabildiği bilinmektedir. Bu tip yakıtların yüksek orandaki SO_x salımları önemli çevre sorunlarına yol açmaktadır. Dallı darı biyokütlesinin kaliteli linyit kömürüne eşdeğer bir kalorifik içeriği sahip iken oldukça düşük SO_x salınımına sahip olması bu türü kıymetli bir biyokütle kaynağı haline getirmektedir.

4.3. Biyokütle Üst Isıl Değerinin (HHV) Elementel İçeriğe Bağlı Modellenmesi

Biyokütle ısı değerlerinin elementel analiz sonuçları üzerinden tahmin edilmesi konusunda geliştirilmiş olan pek çok model söz konusudur. Oluşturulan modeller sayesinde mevcut biyokütleden toplam ne kadarlık bir enerji üretimi gerçekleşebileceği tahmini olarak ortaya konulabilmektedir.

Araştırma sonucu elde ettiğimiz ısı değerleri ile biyokütle elementel kompozisyon değerleri arasındaki ilişki korelasyon analizi ile ortaya konulmuştur. Bahse konu özellikler arası korelasyon tablosu Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Biyokütle HHV değeri ile elementel içerik arası korelasyon değer tablosu

	N	C	H	S	HHV
N	1				
C	-0,20027	1			
H	-0,12948	0,909071	1		
S	-0,05955	-0,12512	-0,12707	1	
HHV	-0,27996	0,495629	0,365721	-0,01861	1

Çizelge 4.1 incelendiğinde biyokütle üst ısıl değeri ile biyokütlenin sahip olduğu azot ve kükürt içerikleri arasında negatif bir korelasyon olduğu görülmektedir. Buna karşın biyokütle karbon ve hidrojen içerikleri ile üst ısıl değerin ise pozitif yönde bir ilişkiye sahip oldukları belirlenmiştir. Nitekim daha önceki bölümlerde değinildiği gibi yüksek C ve H içerikleri yüksek ısıl değere işaret etmekteydi. Bulgularımızın da bu sonucu desteklediği görülmektedir. Öte taraftan biyokütlerde yüksek konsantrasyonu istenmeyen N ve S içerikleri ile HHV arasında negatif ilişki saptanması da bulgularımızın doğruluğunu destekler niteliktedir. Buna karşın Moka (2012) de C-HHV arasında oldukça yüksek bir korelasyon saptarken, diğer elementler ile birlikte, biyokütle H içeriği ile HHV arasında da negatif bir korelasyondan bahsetmiştir. Bu durum araştırma bulgularımızla kısmen uyum içerisinde iken, biyokütle ile alakalı genel bilinen ve kısmen de bulgularımız ile çelişen bir sonuç ortaya koymaktadır.

4.3.1. Karbon (C) İçeriği HHV İlişkisi

Elementel analiz neticesinde saptanan biyokütle karbon içerikleri ile üst ısıl değerler arasında oluşturulan regresyon modelinin önemlilik analiz tablosu Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Biyokütle karbon içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu

Model	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ort.	F	Önemlilik
Regrasyon	17,070	1	17,070	643,375	0,000**
Fark	1,645	62	0,027		
Toplam	18,715	63			
a) Bağımlı değişken (HHV)					
b) Belirleyici (sabit) değer (C)					

** $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli

Daha önce tanımlanan $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$ modeline tablodaki katsayılar yerleştirildiğinde, biyokütle karbon içeriğine bağımlı olarak belirlenecek üst ısıl değer için aşağıdaki doğrusal denklemi ile açıklanabileceği görülmektedir.

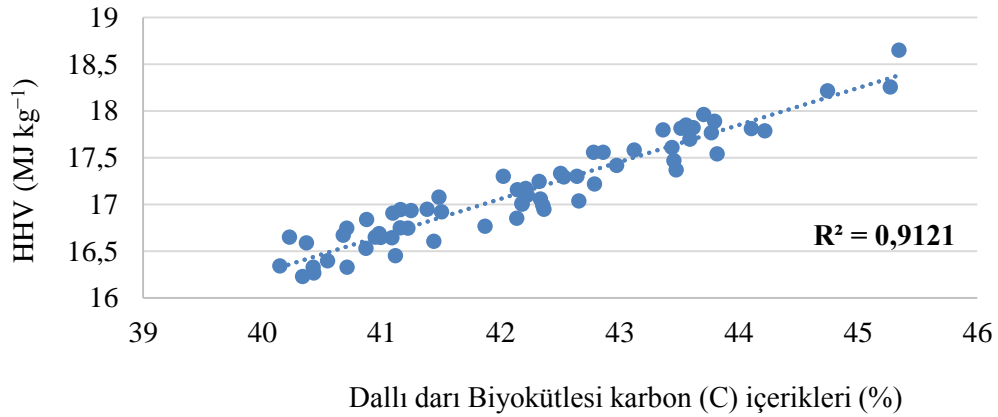
$$Y = 0,396C + 0,4313$$

Tablodan, biyokütle ısı değeri, biyokütle karbon içeriği ile anlatılması amacı ile kurgulanan hipotezin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu iki değişken arasındaki önemli ilişkinin modellenmesi amacıyla yapılan regresyon analizi katsayılar tablosu Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Biyokütle karbon içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu

Model	Standart dışı katsayılar		Standart katsayılar	t	Önemlilik
	B	Std. Hata	Beta		
Kesim noktası	0,431	0,659		0,654	0,515
Karbon (C)	0,396	0,016	0,955	25,365	0,000
a) Bağımlı değişken (HHV)					

Modeli açıklayan regresyon grafiği ise şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4. 1. Dalı darı biyokütlesi karbon içeriği ile HHV değeri arasındaki ilişki

Modelin R² değerinin 1’e oldukça yakın olması modelin yüksek doğruluğa sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu değer istatistiksel kabul edilebilirlik sınırları içerisinde. Jablonsky ve ark. (2013) biyokütle HHV değerlerinin karbon içerikleri üzerinden modellenebileceğini, çünkü biyokütle temel çatısının (hücre duvarının) büyük oranda bu elementten oluştuğunu, dolayısıyla yüksek ısı değeri yüksek karbon içeriğinin bir sonucu olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar HHV=0.40659C şeklinde geliştirdikleri modelin R² değerinin 0.99 olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Yin (2010), HHV=0.2949C+0.8250H denkleminin R² değerini 0.99 olarak bildirmiştir.

Görüldüğü üzere elementel kompozisyon üzerinden üst ısıl değer tahmini, geliştirilebilecek farklı modellerle yüksek doğrulukta gerçekleştirilebilmektedir.

4.3.2. Hidrojen (H) İçeriği HHV İlişkisi

Elementel analiz neticesinde saptanan biyokütle hidrojen içerikleri ile üst ısıl değerler arasında oluşturulan regresyon modelinin önemlilik analiz tablosu Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Biyokütle hidrojen içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu

Model	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ort.	F	Önemlilik
Regrasyon	13,261	1	13,261	519,741	0,000**
Fark	1,454	57	0,026		
Toplam	14,715	58			
a) Bağımlı değişken (HHV)					
b) Belirleyici (sabit) değer (H)					

** $p \leq 0.01$ düzeyinde önemli

Tablodan, biyokütle ısıl değerinin, biyokütle hidrojen içeriği ile belirlenmesi amacı ile kurgulanan hipotezin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu iki değişken arasındaki önemli ilişkinin modellenmesi amacıyla yapılan regresyon analizi katsayılar tablosu Çizelge 4.5'de verilmiştir.

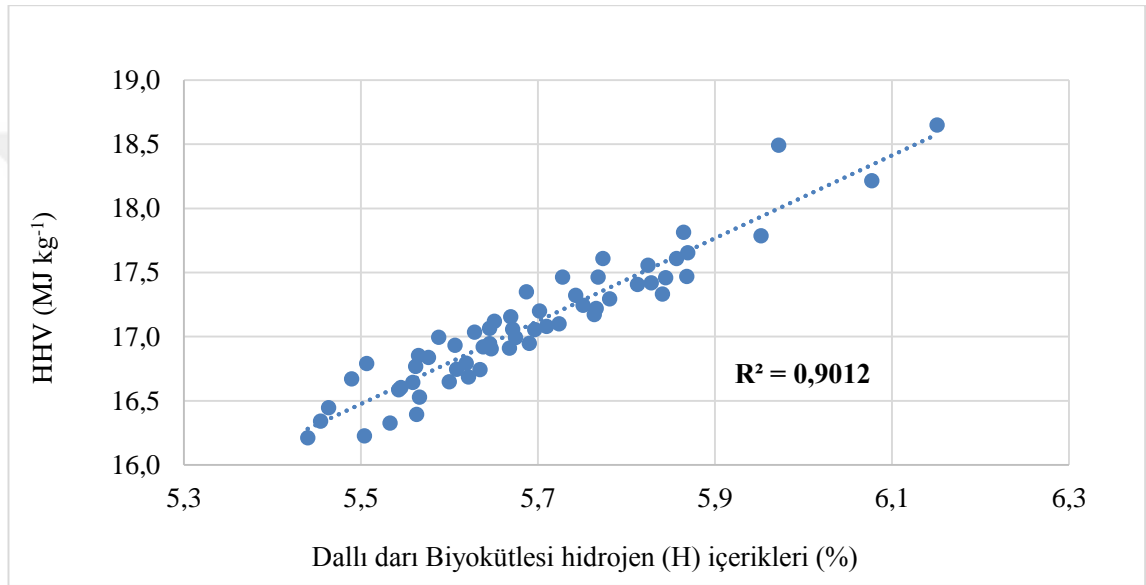
Çizelge 4.5. Biyokütle hidrojen içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu

Model	Standart dışı katsayılar		Standart katsayılar	t	Önemlilik
	B	Std. Hata	Beta		
Kesim noktası	-1,275	0,806		-1,582	0,119
Hidrojen (H)	3,227	0,142	0,949	22,798	0,000
a) Bağımlı değişken (HHV)					

Daha önce tanımlanan $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$ modeline tablodaki katsayılar yerleştirildiğinde, biyokütle hidrojen içeriğine bağımlı olarak belirlenecek üst ısıl değerin aşağıdaki doğrusal denklem ile açıklanabileceği görülmektedir.

$$Y = 3,227H - 1,275$$

Modeli açıklayan regresyon grafiği ise şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4. 2. Dalı darı biyokütlesi hidrojen içeriği ile HHV değeri arasındaki ilişki

Modelin R^2 değerinin 1’e oldukça yakın olması modelin yüksek doğruluğa sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Daha önceki bölümlerde değinildiği gibi biyokütle H içeriği ile HHV arasında doğrusal bir ilişki söz konusudur, yani yüksek H yüksek HHV değerleri demektir. Dolayısıyla H içeriği üzerinden HHV tahmini kurgulamak doğru bir yaklaşım olacaktır. Nitekim Eren ve Öztürk (2011) bu konuda geliştirilmiş çok sayıda modeli derlemiş bulunmaktadır. Bu durum ve modelleme ihtiyacını Friedl (2005) biyokütle elementel analizlerinin artık otomasyona dayalı ve rutin işlemler halini almasına buna karşın HHV analizlerinin biraz daha zahmetli olmasına dayandırmaktadır. Aynı araştırmacı C,H,N içerikleri üzerinden geliştirdiği HHV tahmin modelinin R^2 değerini 0.935 olarak bildirirken, model için kullanılacak verilerin aynı örneği temsil etmesinin doğruluğu artırıcı bir uygulama olacağına dikkat çekmektedir.

4.3.3. Azot (N) İçeriği HHV İlişkisi

Elementel analiz neticesinde saptanan biyokütle azot içerikleri ile üst ısıl değerler arasında oluşturulan regresyon modelinin önemlilik analiz tablosu Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Biyokütle azot içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu

Model	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ort.	F	Önemlilik
Regrasyon	3,419	1	3,419	237,368	0,000**
Fark	0,389	27	0,014		
Toplam	3,807	28			
a) Bağımlı değişken (HHV)					
b) Belirleyici (sabit) değer (N)					

** p≤ 0.01 düzeyinde önemli

Tablodan, biyokütle ısıl değerinin, biyokütle azot içeriği ile belirlenmesi amacı ile kurgulanan hipotezin anlamlı olduğu görülmektedir. Bu iki değişken arasındaki önemli ilişkinin modellenmesi amacıyla yapılan regresyon analizi katsayılar tablosu çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Biyokütle azot içeriği ile HHV arasındaki ilişkinin anlamlılık tablosu

Model	Standart dışı katsayılar		Standart katsayılar	t	Önemlilik
	B	Std. Hata	Beta		
Kesim noktası	14,591	0,164		89,099	0,000
Azot (N)	6,941	0,451	0,948	15,407	0,000
a) Bağımlı değişken (HHV)					

Daha önce tanımlanan $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$ modeline tablodaki katsayılar yerleştirildiğinde, biyokütle azot içeriğine bağımlı olarak belirlenecek üst ısıl değer aşağıdaki doğrusal denklem ile açıklanabileceği görülmektedir.

$$Y = 6,941N + 14,591$$

4.4. Dalı darı Biyokütlesi Kalorifik Değer ve Elementel İçeriklerinin NIRS Kalibrasyonları

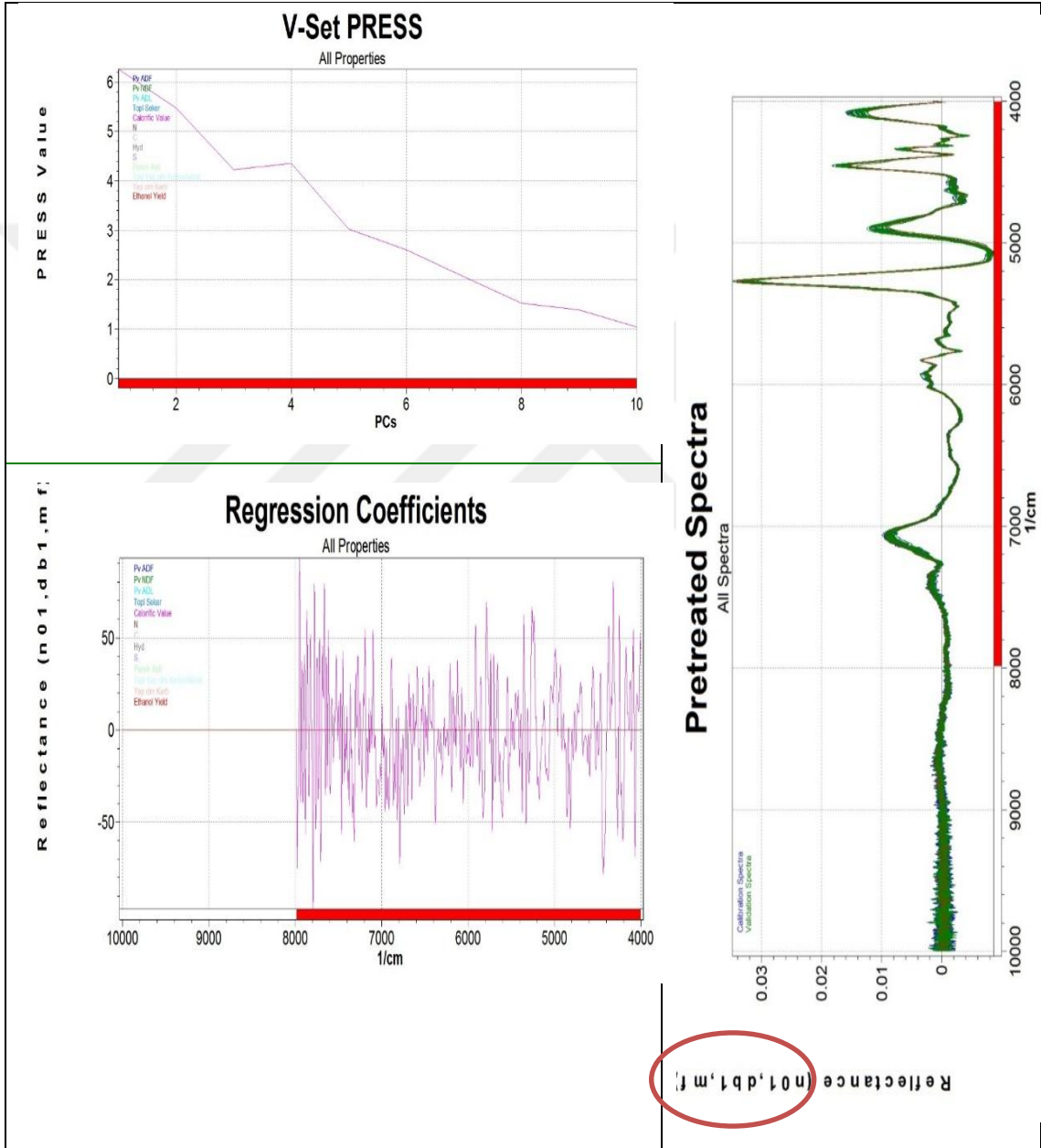
Dalı darı biyokütlesinin kalorifik ve elementel analizinden saptanan veriler, NIRCal programında, ilgili spektrumlara karşılık yazılarak genotiplere ait spektrumların, sayısal değerleri de kaydedilmiştir. Kalibrasyon alt programında çok sayıda elde edilmiş olan bu spektrumlardan, her bir özellik için belli sayıda seçilmiş, bunlar içerisinde de kalibrasyon ve tahmin amaçlı kullanılacak spektrumlar belirlenmiştir. Programın çalıştırılması ile oluşan grafikler yardımı ile kalibrasyon doğruluğu mümkün olduğunca yükseltilmeye çalışılmıştır. “V-Set Press” grafiği ile kaç temel bileşen/veri kümesi (principal component PC) olacağına karar verilmiştir. Kalibrasyon ve tahmin verileri arasındaki ilişkiye bağlı olarak geliştirilen “Regression Coefficient” grafiği ile anlamlı ve anlamlı olmayan bölgeler (noisy part) belirlenerek bazı kalibrasyonlarda anlamsız bölgeler çıkarılmıştır. "Pretreated Spectra" kalibrasyon geliştirici uygulamalar ve ön muameleler neticesinde, orijinal spektrumların değişimini gösteren bir grafik. “Predicted Property vs. Original Property” grafiği ise doğruluğu artırıcı tüm çalışmaların hemen test edilip değerlendirilebildiği, yönlendirici ve kalibrasyonu özetleyicidir.

Bu özet grafik ve “Calibration Protocol” sayfalarında bulunabilecek, kalibrasyon ve validasyonun standart hataları (SEC, SEP), R^2 değerleri ile BIAS değerleri üzerinden kalibrasyon doğruluğu test edilmiştir. İyi bir kalibrasyon için bu değerlerden SEC ve SEP'in 0 (sıfır)'a ve birbirlerine mümkün olduğunca yakın, R^2 değerlerinin 1 (bir)'e çok yakın ve BIAS değerlerinin de 0 (sıfır)'a yakın olması beklenir. Dolayısıyla şimdilik bu 3 özellik için geliştirmiş olduğumuz kalibrasyonun doğruluğunun yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Ancak kalibrasyonun gerçek okumalarla yeniden kıyaslanarak test edilmesi, kalibrasyonun güvenilirliği konusunda daha gerçekçi sonuçlar ortaya koyacaktır.

4.4.1. Kalorifik Değer NIRS Kalibrasyonu

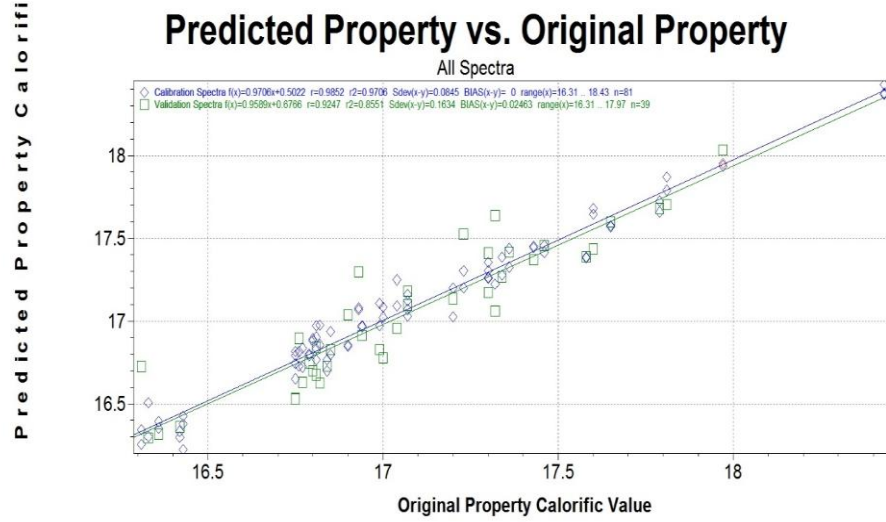
Dalı darı biyokütlesinin kalorifik yapısı üzerinden geliştirilen NIRS kalibrasyonun performansı Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de verilmiştir.

Kalorifik yapının spektral kalibrasyonu için 120 adet spektrum seçilmiştir. Bu spektrumlarda anlamlılık ifade etmeyen 10000-8000 cm^{-1} dalga uzunluğu arasındaki bölge kalibrasyondan çıkarılmıştır. Başlangıçta kalibrasyon ve tahmin amaçlı %66 ve %33 olarak belirlenen 120 spektrumun, kalibrasyon geliştirme sürecinde görevleri değiştirilmiş ve geliştirilen modelde 81'i kalibrasyon ve 39'u tahmin için kullanılmıştır.



Şekil 4.4. Dallı darı biyokütlesi üst ısıl değeri (HHV) için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğruluk geliştirici uygulamalar

Kalibrasyonu iyileştirmek için spektrumlara normalizasyon ön muamelelerinden “n01” ve “mf”, derivatives ön muamelelerinden ise “db1” uygulanmıştır. Tüm bu çalışmalar neticesinde geliştirilen kalibrasyonun doğruluğunu ölçücü veriler şu şekilde oluşmuştur (Çizelge 4.8).



Şekil 4.5. Dallı darı biyokütlesi üst ısıl değeri (HHV) için geliştirilen NIRS kalibrasyonunun performansı

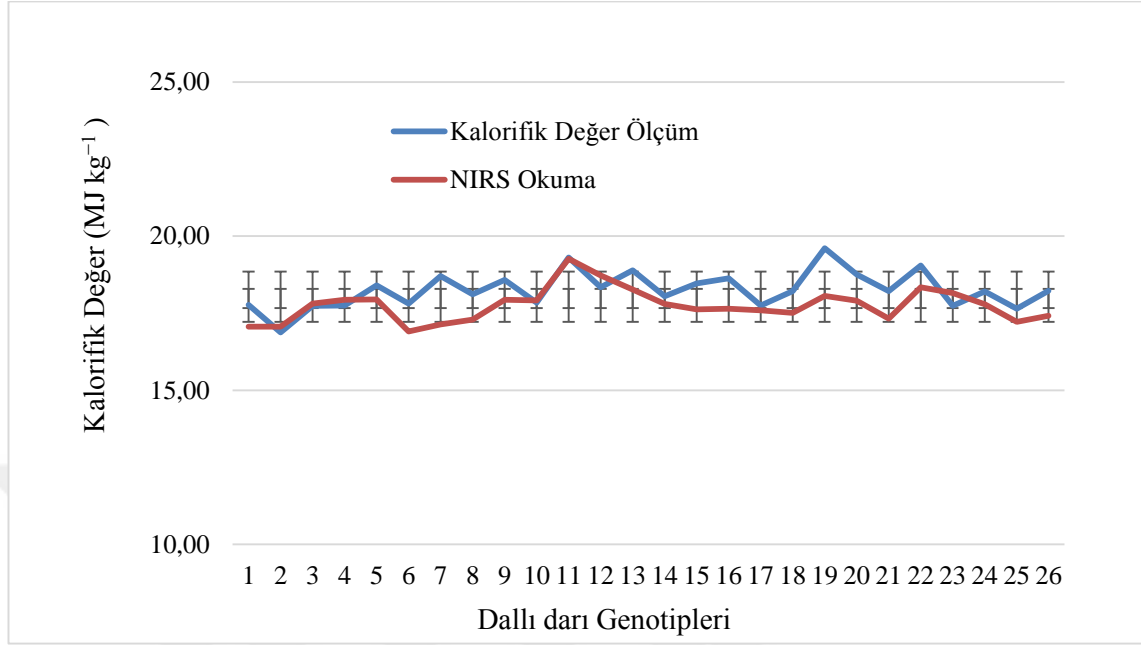
Çizelge 4.8. Dallı darı biyokütlesi kalorifik (üst ısıl-HHV) değeri için geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı

Özellik/Property	SEC	SEP	R ² CAL	R ² VAL	V Set BIAS
HHV (MJ kg ⁻¹)	0,0645	0,1634	0.9706	0.8551	0.02463

Kalibrasyon ve tahminin standart hataları (SEC/SEP) iyi bir kalibrasyonda istenildiği gibi birbirlerine ve 0'a oldukça yaklaştırılmıştır. Bunun yanı sıra kalibrasyon ve doğrulamanın (validation) R² değerlerinin 1'e oldukça yakın oldukları görülmektedir ki bu da doğruluğun yüksekliğinin bir diğer göstergesidir. Oluşturulan ilişki grafiğinde eğim açısının göstergesi olan bias değeri de 0'a çok yaklaşmış durumdadır.

Tüm bu bulgular dallı darı biyokütlesi üst ısıl değerlerinin, geliştirilen NIRS kalibrasyonu ile oldukça yüksek doğrulukta ve hızlı bir şekilde ölçülebileceğini göstermektedir. Nitekim oluşturulan NIRS kalibrasyonunda yapılan doğrulama ölçümlerinden elde edilen veriler ile farklı genotiplere ait biyokütle kalorifik ölçüm

değerleri arasında oluşturulan ilişki grafiği Şekil 4.6'da verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere ölçüm ve tahmini değerler büyük oranda bir örtüşme göstermektedir.



Şekil 4.6. Dallı darı biyokütlesi HHV içerik tahmini için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğrulaması

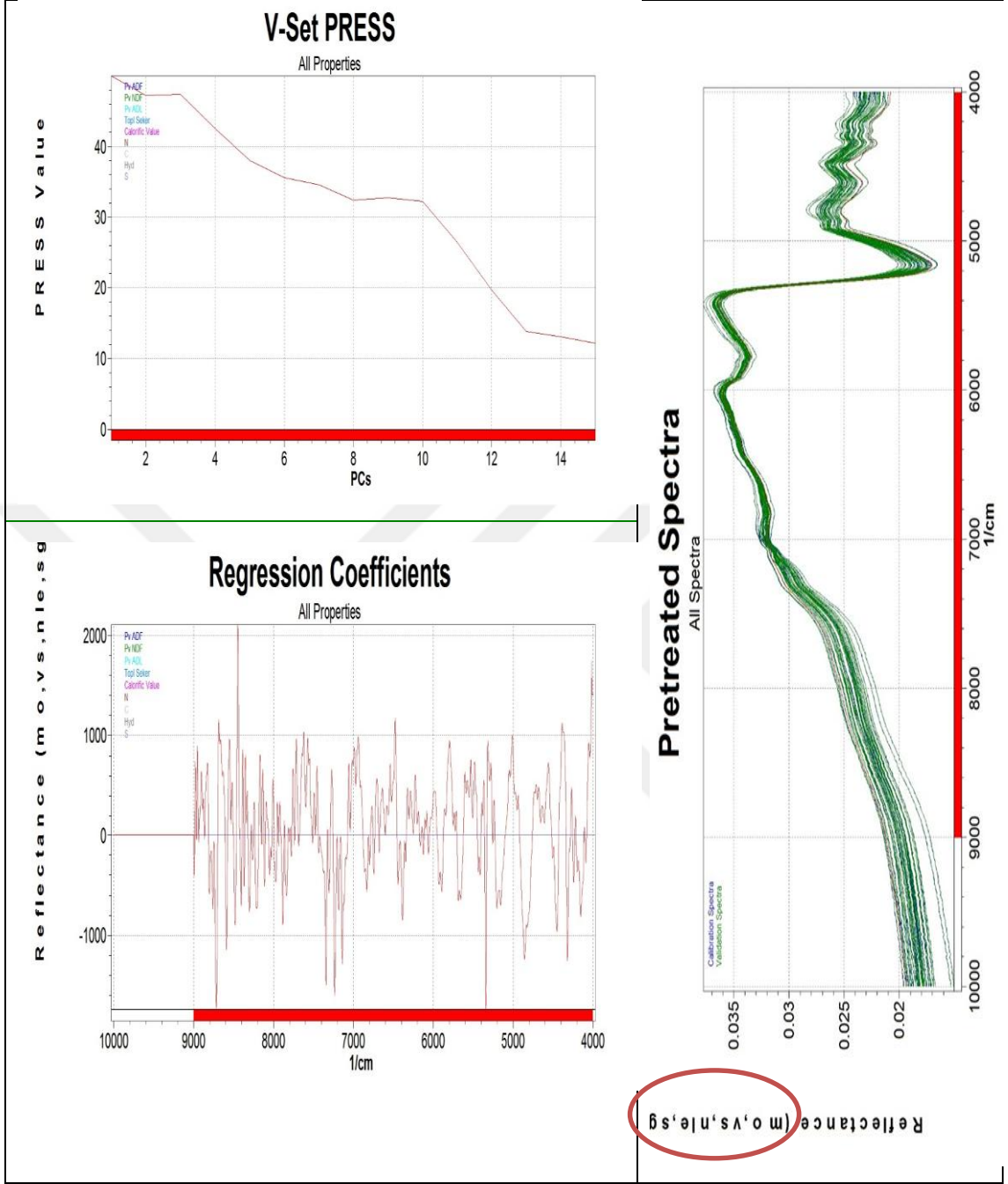
4.4.2. Elementel İçerik NIRS Kalibrasyonu

4.4.2.1. Karbon (C)

Dallı darı biyokütlesinin karbon içeriğini spektral yöntemler ile belirleyebilmek amacıyla geliştirilen NIRS kalibrasyonun performansı Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

Karbon içeriğinin spektral kalibrasyonu amacıyla 119 adet spektrum seçilmiştir. Bu spektrumlarda anlamlılık ifade etmeyen 10000-9000 cm⁻¹ dalga uzunluğu arasındaki bölge kalibrasyondan çıkarılmıştır. Belirlenen 119 spektrumun, 80'i kalibrasyon ve 39'u doğrulama amacıyla kullanılmıştır.

Kalibrasyonu iyileştirmek için spektrumlara normalizasyon ön muamelelerinden vs ve nle , offset ön muamelelerinden mo ve smoothing ön muamelelerinden sg uygulanmıştır. Geliştirilen kalibrasyonun doğruluğunu ölçücü veriler şu şekilde oluşmuştur (Çizelge 4.9).

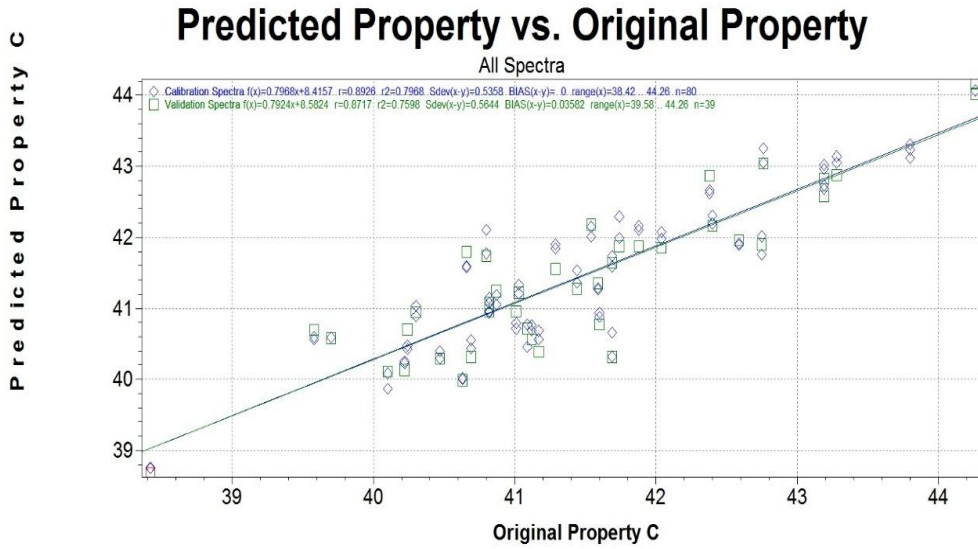


Şekil 4.7. Dallı darı biyokütlesi karbon (C) için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğruluk geliştirici uygulamalar

Çizelge 4.9. Dallı darı biyokütlesi karbon (C) değeri için geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı

Özellik/Property	SEC	SEP	R ² CAL	R ² VAL	V Set BIAS
Karbon (C) %	0.5358	0.5644	0.7968	0.7598	0.03582

Kalibrasyon ve tahminin standart hataları (SEC/SEP) birbirlerine ve 0'a yakınlştırılmıştır. Kalibrasyon ve doğrulamanın (validation) R^2 değerlerinin kabul edilebilir sınırlarda ve 1'e yakın olmakla beraber, bu performansın iyi bir kalibrasyon açısından daha yüksek olması beklenen bir durumdur. Oluşturulan ilişki grafiğinde eğim açısının göstergesi olan bias değeri de 0'a çok yaklaşmış durumdadır ki bu durum kalibrasyonun kabul edilebilirliğini artırıcı bir faktördür.



Şekil 4.8. Dallı darı biyokütlesi karbon (C) içeriği üzerinden geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı

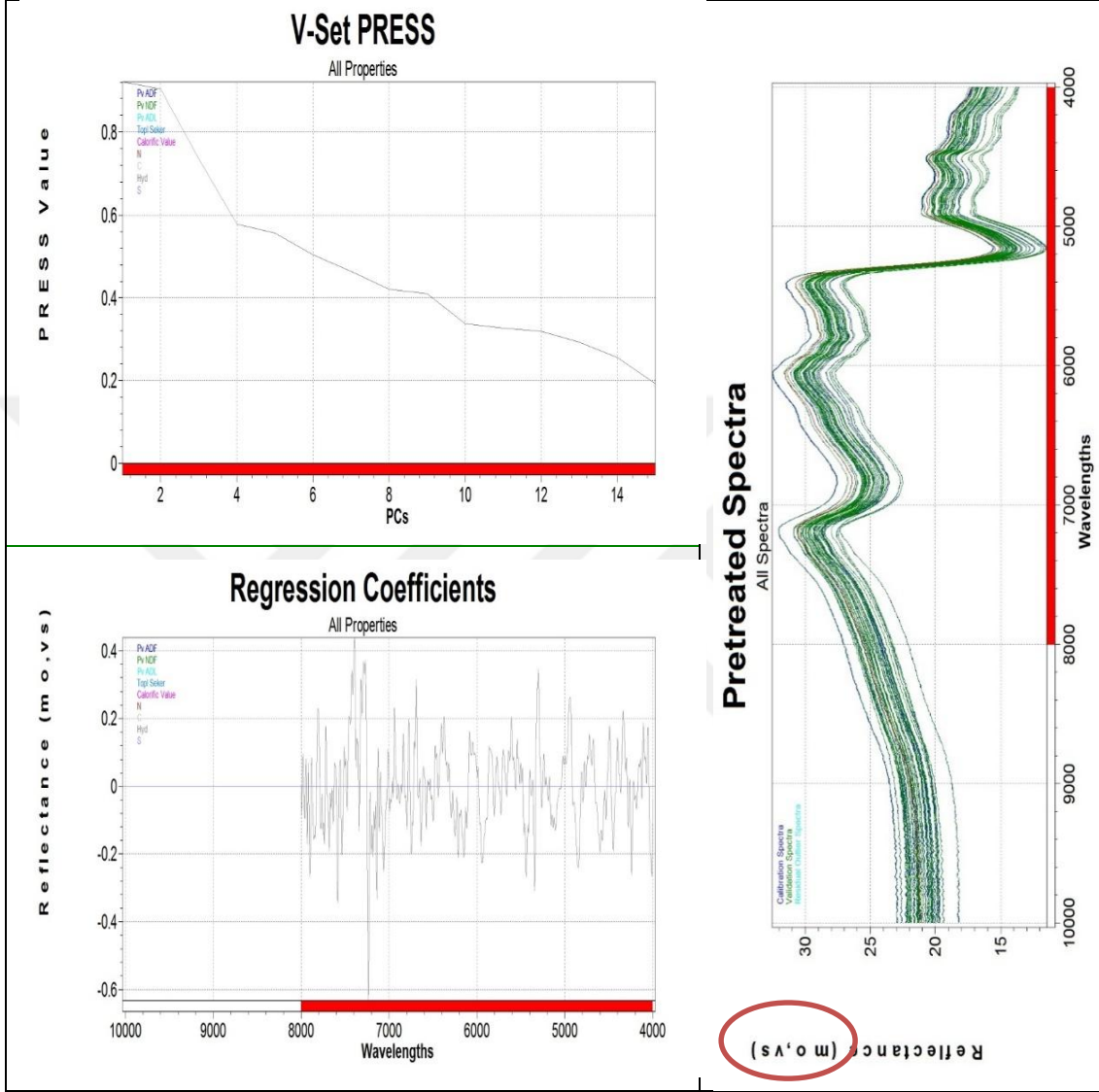
Kalibrasyon protokol verileri dallı darı biyokütlesi karbon içeriklerinin tahmini amacıyla geliştirdiğimiz NIRS kalibrasyonunun, biyokütlenin bu özelliğini kısa bir süreçte ve iyi bir doğrulukta ölçülebileceğini ortaya koymuştur.

4.4.2.2. Hidrojen (H)

Dallı darı biyokütlesinin hidrojen içeriğinin spektral yöntemler ile saptanabilmesi amacıyla geliştirilen NIRS kalibrasyonunun performansı Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir.

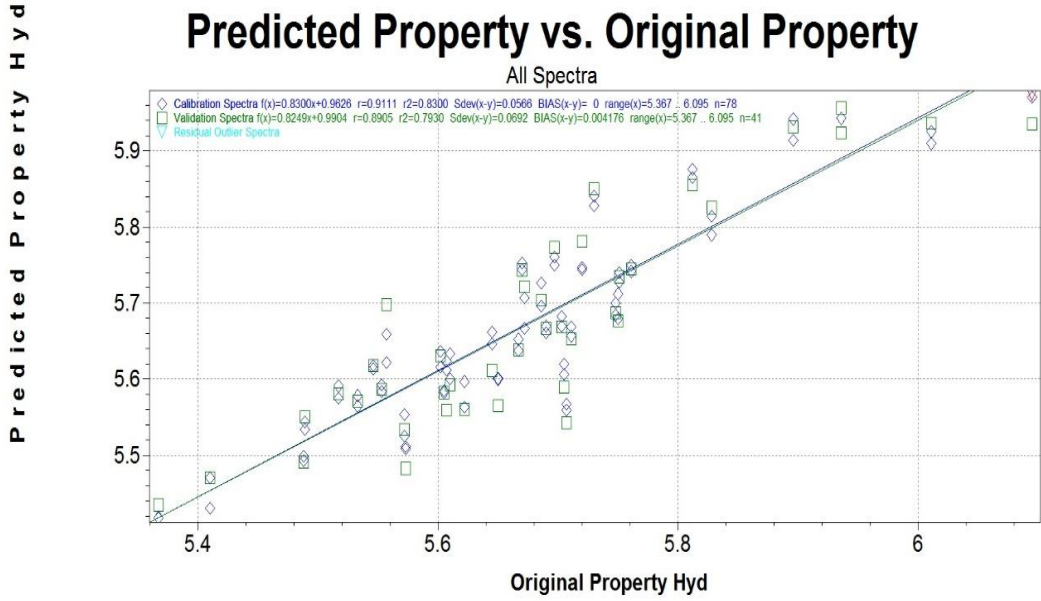
Hidrojen içeriğinin spektral kalibrasyonu amacıyla 119 adet spektrum seçilmiştir. Bu spektrumlarda anlamlılık ifade etmeyen 10000-8000 cm^{-1} dalga uzunluğu arasındaki

bölge kalibrasyondan çıkarılmıştır. Belirlenen 119 spektrumun, 78'i kalibrasyon ve 41'i doğrulama amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 4.9. Dalı darı biyokütlesi hidrojen (H) için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğruluk geliştirici uygulamalar

Kalibrasyonu iyileştirmek için spektrumlara normalizasyon ön muamelelerinden vs ve offset ön muamelelerinden mo uygulanmıştır. Geliştirilen kalibrasyonun doğruluğunu ölçücü veriler şu şekilde oluşmuştur (Çizelge 4.10).



Şekil 4.10. Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) içeriği üzerinden geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı

Çizelge 4.10. Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) değeri için geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı

Özellik/Property	SEC	SEP	R ² CAL	R ² VAL	V Set BIAS
Hidrojen (H) %	0.066	0.0692	0.8300	0.7930	0.004176

Kalibrasyon ve tahminin standart hataları (SEC/SEP) birbirlerine ve 0'a oldukça yakınlaştırılmıştır. Bu durum kalibrasyon doğruluğunun da yüksek olduğunu ortaya koyan önemli bir saptamadır. Ancak kalibrasyon ve doğrulamanın (validation) R² değerleri kabul edilebilir sınırlarda yer almasına rağmen, 1'e daha yakın hale getirebilmek amacıyla daha da iyileştirilmesi gerektiği ortadadır. Oluşturulan ilişki grafiğinde eğim açısının göstergesi olan bias değeri oldukça yüksektir (0'a yakınlık açısından) ki bu durum kalibrasyonun kabul edilebilirliğini artırıcı bir faktördür.

Bu sonuçlar, dallı darı biyokütlesi hidrojen içeriklerinin belirlenmesi amacıyla, geliştirilen NIRS kalibrasyonunun kullanılabilirliğini ve hızlı bir tarama ile iyi bir doğrulukta veri alınabileceğini ortaya koymaktadır.

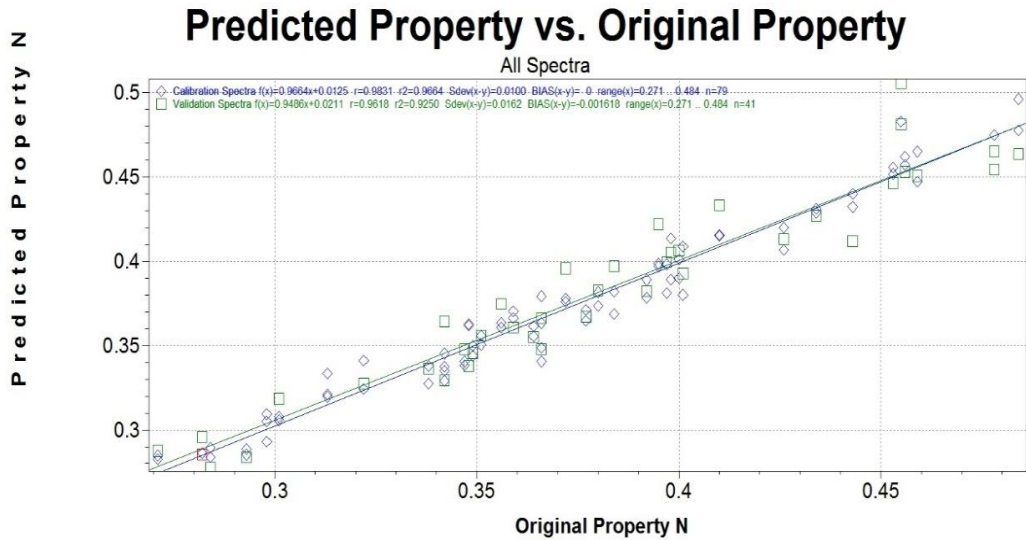
Biyokütle karbon ve hidrojen içerikleri için geliştirilen kalibrasyonun doğrulama verileri bu konuda çalışan bazı araştırmacıların elde ettiği verilerden daha düşük saptanmıştır. Lestander ve ark. (2014) içlerinde dallı darı türünün de bulunduğu

biyoenerji amaçlı kullanılan farklı türlerden geliştirdikleri NIRS kalibrasyonunda, biyokütle C içeriği için R2 değerini 0.986 ve H içeriği için 0.936 gibi yüksek bir doğruluk oranına çekebilmişlerdir. Aynı araştırmada biyokütlenin kül ve oksijen oranlarının da yüksek doğruluk değerlerinde saptanabildiği görülmektedir.

4.4.2.3. Azot (N)

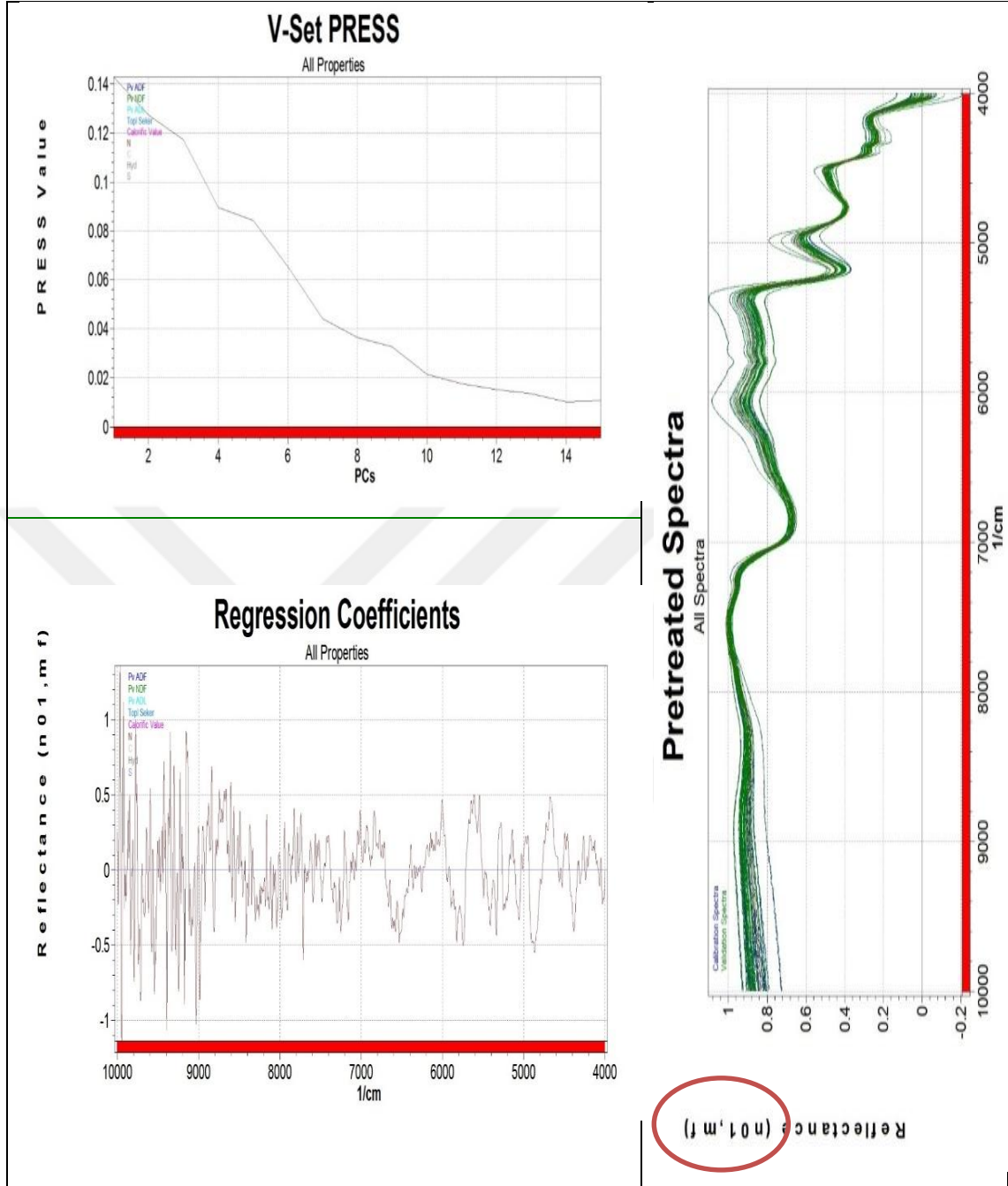
Dallı darı biyokütlesi azot içeriğinin spektral yöntemler ile saptanabilmesi amacıyla geliştirilen NIRS kalibrasyonun performansı Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de verilmiştir.

Azot içeriğinin spektral kalibrasyonu amacıyla 120 adet spektrum seçilmiştir. Bu spektrumlarda anlamlılık ifade etmeyen bölge saptanmadığından tüm dalga uzunlukları değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Belirlenen 120 spektrumun, 79’i kalibrasyon ve 41’i doğrulama amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 4.11. Dallı darı biyokütlesi azot (N) içeriği üzerinden geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı

Kalibrasyonu iyileştirmek için spektrumlara normalizasyon ön muamelelerinden n01 ve mf uygulanmıştır. Geliştirilen kalibrasyonun doğruluğunu ölçücü veriler şu şekilde oluşmuştur (Çizelge 4.11).



Şekil 4.12. Dalılı darı biyokütlesi azot (N) için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğruluk geliştirici uygulamalar

Çizelge 4.11. Dalılı darı biyokütlesi azot (N) değeri için geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı

Özellik/Property	SEC	SEP	R ² CAL	R ² VAL	V Set BIAS
Azot (N) %	0.0100	0.0162	0.9831	0.9250	0.001618

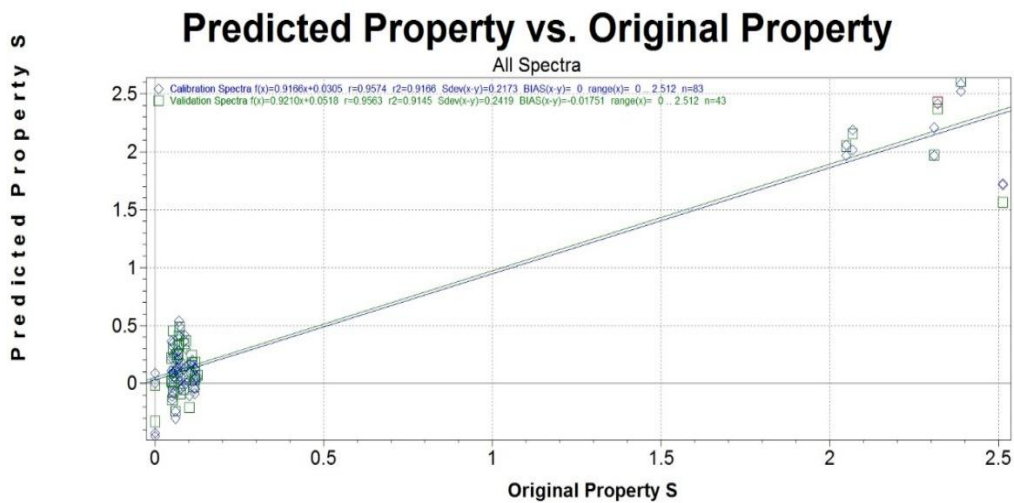
Kalibrasyon ve tahminin standart hatalarının (SEC/SEP) birbirlerine ve 0'a oldukça yakınlaştırılması, kalibrasyon doğruluğunun da yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte kalibrasyon ve doğrulamanın (validation) R^2 değerleri 1'e oldukça yakın bir değerdedirler. Bu durum kalibrasyonun kabul edilebilirliği açısından oldukça önemlidir. Oluşturulan ilişki grafiğinde ise eğim açısının göstergesi olan bias değeri oldukça yüksektir 0 sayılabilecek bir değerdedir. Bu durum da kalibrasyonun kabul edilebilirliğini artırıcı bir faktördür.

Elde edilen bu değerler, dallı darı biyokütlesi azot içeriklerinin belirlenmesi amacıyla, geliştirilen NIRS kalibrasyonunun hızlı bir tarama ve yüksek doğrulukta sonuç alma amacı ile kullanılabileceğini göstermektedirler.

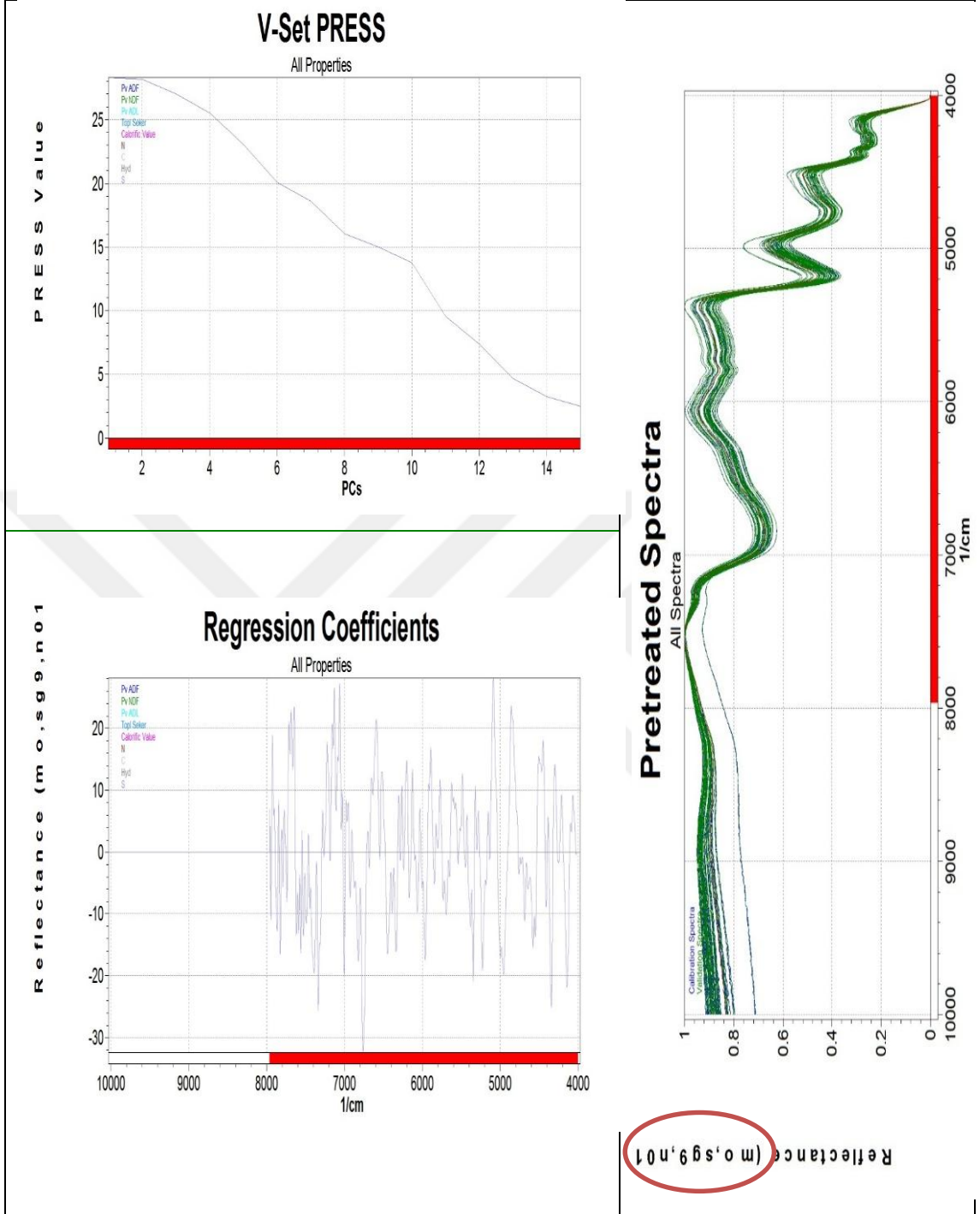
4.4.2.4. Kükürt (S)

Dallı darı biyokütlesi kükürt içeriğinin spektral yöntemler ile saptanabilmesi amacıyla geliştirilen NIRS kalibrasyonunun performansı Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'de verilmiştir.

Kükürt içeriğinin spektral kalibrasyonu amacıyla 126 adet spektrum seçilmiştir. Bu spektrumlarda anlamlılık ifade etmeyen $10000-8000\text{ cm}^{-1}$ dalga uzunluğu arasındaki bölge kalibrasyondan çıkarılmıştır. Belirlenen 126 spektrumun, 83'ü kalibrasyon ve 43'ü doğrulama amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 4.13 Dallı darı biyokütlesi kükürt (S) içeriği üzerinden geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı



Şekil 4.14. Dalı darı biyokütlesi kükürt (S) için geliştirilen NIRS kalibrasyonu doğruluk geliştirici uygulamalar

Kalibrasyonu iyileştirmek için spektrumlara normalizasyon ön muamelelerinden n01, offset ön muamelelerinden mo ve smoothing ön muamelelerinden sg9 uygulanmıştır. Geliştirilen kalibrasyonun doğruluğunu ölçücü veriler şu şekilde oluşmuştur (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Dalı darı biyokütlesi kükürt (S) değeri için geliştirilen NIRS kalibrasyonu performansı

Özellik/Property	SEC	SEP	R ² CAL	R ² VAL	V Set BIAS
Kükürt (S) %	0.2173	0.2419	0.9166	0.9145	0.001751

Kalibrasyon ve tahminin standart hatalarının (SEC/SEP) birbirlerine ve 0'a yakın gerçekleşmiş olması kalibrasyon doğruluğunun da yüksek olduğunu ortaya koymaktadır. Öte taraftan kalibrasyon ve doğrulamanın (validation) R² değerleri 1'e oldukça yakın gerçekleşmiştir. Bu durum kalibrasyonun kabul edilebilirliği açısından oldukça önemlidir. Oluşturulan ilişki grafiğinde ise eğim açısının göstergesi olan bias değeri oldukça yüksek ve 0 sayılabilecek bir değerdedir. Bu durum da kalibrasyonun kabul edilebilirliğini artırıcı bir unsurdur.

Ortaya çıkan istatistiksel sonuçlar dalı darı biyokütlesi kükürt içeriklerinin belirlenmesi amacıyla, geliştirilen NIRS kalibrasyonunun hızlı bir tarama ve yüksek doğrulukta sonuç alma amacı ile kullanılabileceğini göstermektedirler. Aslında biyokütlenin organik çatisını oluşturan C,H,N,S gibi element içeriklerinin NIRS kalibrasyon sonuçlarının yüksek doğrulukta olması, yapılan modelleme çalışmaları yanında beklenen bir durumdur. Zira yakın kızıl ötesi ışınımalar biyokütlerde C-H, C-O, C-N, N-H, S-H gibi bağlar tarafından absorblanmaktadır. Dolayısıyla elde edilen NIRS spektrumları bu bölgeleri kolayca ayırt edici olabilmektedir (Lestander ve ark., 2014).

NIRS kalibrasyonları pek çok biyokimyasal ve fiziksel özellik için geliştirilebilmektedir. Kalibrasyonun doğruluğunu belirleyici çok sayıda parametre varsa da en önemlileri popülasyonu temsil eden örneklerin iyi seçilmesi, NIRS okumalarındaki örnek boyutları, nem koşulları gibi faktörlerin kimyasal analizler sırasındakiler ile benzeşmesi gibi faktörlerdir. Nitekim Dhiman (2014) farklı biyokütle örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri için geliştirdiği NIRS kalibrasyonunda R² değerlerinin 0.798 ile 0.976 aralığında değişim gösterdiğini, düşük performans alınan bazı özelliklerin, örnek büyüklüklerinin NIRS okumaları esnasında toz şeklinde olmasından kaynakladığına vurgu yapmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma; Amerika kıtası orjinli, dallı darı (*Panicum virgatum* L.) çeşit ve doğal popülasyonlarına ait birim biyokütlenin kalorifik/üst ısıl değerler (HHV) ile elementel kompozisyonun (CHNS) belirlenmesi, bu veriler arasında regrasyon denklemleri oluşturularak, HHV'nin elementel içerikler üzerinden modellenmesi ve incelenen tüm parametrelerin spektral/NIRS kalibrasyonlarının geliştirilebilmesi amacıyla yürütülmüştür.

Araştırma sonuçları; dallı darı biyokütlesinin pek çok kaliteli katı yakıtta eşdeğer bir ısıl enerjiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Biyokütle elementel kompozisyonun, iyi ve çevreci bir yakıt için istenilen değerlere sahip olduğu, biyokütlenin yanması neticesi oluşabilecek NO_x ve SO_x salınımlarının dallı darı biyokütlesinde oluşmayacağı belirlenmiştir. Bununla birlikte oluşturulan modeller ile dallı darı biyokütlesi üst ısıl değerlerinin, dallı darı biyokütlesine ait karbon, hidrojen ve azot içerikleri üzerinden yüksek doğrulukta tahmin edilebileceği sonucu ortaya çıkmıştır. Yürütülen bu çalışma ile biyokütleyle ait farklı biyokimyasal özellikler üzerinden geliştirilen NIRS kalibrasyonları ile incelenen özelliklerin, herhangi bir ön muamele ve kimyasal analiz gerektirmeyen, spektral yöntemler sayesinde yüksek doğrulukta ve hızlı bir şekilde okunabileceği ortaya konmuştur.

Araştırmadan elde edilen sonuçları şu şekilde sıralamak mümkündür;

- 1) İncelenen genotiplere ait kuru biyokütlenin üst ısıl değerlerinin 15.7298-19.2592 MJkg⁻¹ aralığında değiştiği gözlenmiştir. ABD Florida orijinli GRIF 16969 genotipi incelenen dallı darı genotipleri arasında en düşük ısıl değere sahip biyokütle olarak saptanmıştır. ABD Maryland orijinli olan T2099 genotipi ise en yüksek ısıl değere sahip biyokütle olarak değerlendirilmiştir. Yüksek biyokütle verimliliğine sahip bu genotip için belirlenen kalorifik değer, iyi kalite linyit kömürüne eşdeğer olması dikkat çekicidir.
- 2) İncelenen dallı darı biyokütlesinin karbon (C) içerikleri %39.28-45.26 aralığında değişim göstermiştir. Wisconsin orijinli WS8U popülasyonunun en düşük karbon içerikli biyokütleyle sahip olduğu belirlenirken, Florida orijinli PMT-785 ticari çeşidinin biyokütlesinin en yüksek karbon içerikli olduğu belirlenmiştir.
- 3) Biyokütle hidrojen (H) içerikleri açısından %4.82-6.10 aralığında bir değişim saptanmıştır. Bu özellik bakımından en yüksek ortalama North Dakota orijinli 71

SG 041 çeşidinden elde edilirken, Wisconsin çeşidi olan WS8U en düşük hidrojen birikimine sahip biyokütleyi üretmiştir.

- 4) Dallı darı kuru biyokütlelerinin azot (N) içerikleri %0.24-0.56 aralığında değişim gösterirken, bu açıdan en yüksek oran Nebraska orijinli Shawnee ticari çeşidinde, en düşük N birikimi ise Arkansas orijinli başka bir ticari çeşit olan AM-314/MS-155 genotipinde belirlenmiştir.
- 5) Çevreye salımlar açısından önemli bir parametre olan biyokütlenin kükürt (S) içerikleri %0.03-2.41 aralığında belirlenmiştir. Biyokütle kükürt içeriği açısından en düşük ortalama ticari bir çeşit olan Alamo genotipinden elde edilmiştir. En yüksek kükürt içerikleri ise North Dakota orijinli 71 SG 038 genotipinde saptanmıştır.
- 6) Biyokütle üst ısıl değeri ile biyokütlenin sahip olduğu azot ve kükürt içerikleri arasında negatif, karbon ve hidrojen içerikleri ile pozitif bir korelasyon saptanmıştır.
- 7) Biyokütle karbon içeriğinden üst ısıl değer belirlenmesi amacı ile $Y=0.396C+0.4313$ şeklinde bir regresyon modeli geliştirilmiştir. Modelin R^2 değeri 0.9121 olarak belirlenmiştir.
- 8) Biyokütle hidrojen içeriğinden üst ısıl değer belirlenmesi amacı ile geliştirilen $Y=3.2275x-1.275$ şeklindeki modelin R^2 değeri 0.9012 olarak belirlenmiştir.
- 9) Biyokütle azot içeriğinden üst ısıl değer belirlenmesi amacı ile geliştirilen $Y=6.9411x+14.591$ şeklindeki modelin R^2 değeri 0.8979 olarak belirlenmiştir.
- 10) Dallı darı biyokütlesi kalorifik değerlerinin NIRS kalibrasyonları ile yüksek doğrulukta tahmin edilebileceği ortaya çıkmıştır. Bu amaçla geliştirilen NIRS kalibrasyonunda SEC, SEP ve R^2 değerleri sırası ile 0.0645, 0.1634 ve 0.9706 olarak belirlenmiştir.
- 11) Biyokütle elementel kompozisyonun tahmini amacı ile geliştirilen NIRS kalibrasyonlarında da yüksek doğruluk değerleri elde edilmiştir. Karbon (C) için geliştirilen modelde SEC, SEP ve R^2 değerleri sırası ile 0.5358, 0.5644, 0.7968, hidrojen (H) NIRS kalibrasyonunda 0.066, 0.0692, 0.8300, azot (N) NIRS kalibrasyonunda 0.0100, 0.0162, 0.9831 ve kükürt (S) NIRS kalibrasyonunda ise 0.2173, 0.2419, 0.9166 olarak belirlenmiştir.

Tamamlanan çalışma ile geliştirilen model ve kalibrasyonların doğrulukları oldukça yüksek saptanmakla birlikte, doğrulukların artırılması ve farklı laboratuvar ortamlarında da kullanılabilmesi yani evrenselleşebilmesi amacıyla popülasyon genişliklerini arttırmak yararlı olacaktır. Zira farklı biyokimyasal içerikleri de tanıyabilen bir model çok farklı koşullarda aynı doğrulukta sonuçlar üretebilecektir.

HHV'nin elementel içerik üzerinden modellenmesi çalışmalarında tek bir element üzerinden gitmek yerine farklı elementlerin de yer aldığı regresyon modellerinin geliştirilmesi, modelin daha geniş bir platformda geçerliliği açısından son derece önemlidir.

NIRS kalibrasyonları geliştirilirken, kimyasal analizi yapılan biyokütle ile spektrumu alınan biyokütlenin mümkün olduğunca aynı karakterde olması sağlanmalıdır. Zira örnek partikül büyüklüğü, nem içeriği, biyokütlenin saklama koşulları gibi faktörler, alınacak sonuçlar üzerinde son derece önemli olacaktır.

Araştırma sonuçları dallı darı biyokütlesinin oldukça yüksek ve kaliteli bir ısıtılma değere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Dolayısıyla bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda, biyokütlenin peletlenmesi veya biriktirilmesi teknolojileri üzerinde durulması bu tarz çalışmaları destekleyici olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akın, S., 2005. Biyokütle olarak pirinanın enerji üretiminde kullanılması. **III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi**, Mersin.
- Balat, M., 2005. Use of biomass sources for energy in Turkey and a view to biomass potential. **Biomass and Bioenergy**, 29: 32–41.
- Brown, R.C. 2003. Biorenewable Resources. Engineering new Products From Agriculture. **Iowa State Press**, 66.
- Channiwala, S.A. and Parikh, P.P., 2002. A unified correlation for estimating HHV of solid, liquid and gaseous fuels. **Fuel**, 81: 1051-1063.
- Debolt, S., Campbell, J.E., Smith, J.R., Montross, M. and Stork, J., 2009. Life cycle assessment of native plants and marginal lands for bioenergy agriculture In Kentucky As a Model For South-Eastern USA. **Global Change Biology-Bioenergy** 1: 308-316.
- DEK-TMK, Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi, Enerji Raporu, (2011).
- Demirbas, A., 2001. Relationships between lignin contents and heating values of biomass. **Energy Conversion and Management**, 42: 183-188.
- Demirbas, A., 2008. Biofuels sources, biofuel policy, biofuel economy and global biofuel projections. **Energy Conversion and Management**, 49: 2106-2116.
- Demirtaş, S., 2010. Avrupa birliği ve Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları ve bunlardan biyokütlenin önemi. Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dhiman J., 2014. Prediction of Heating and Ignition Properties of Biomass Dusts Using Near Infrared Spectroscopy. Msc thesis, Auburn University, Alabama, USA.
- Eren, Ö., 2011. Çukurova bölgesinde tatlı sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) üretiminde yaşam döngüsü enerji ve çevresel etki analizi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Eren, Ö. ve Öztürk, H.H. 2011. Biyokütle Enerjisi. **Doğa Yayıncılık**, 160 s, Adana.
- Erol, M., Haykiri-Acma, H. and Küçükbayrak, S., 2010. Calorific value estimation of biomass from their proximate analyses data. **Renewable Energy**, 35: 170–173.
- EU, Directive 2003/30/EC of The European Parliament and of The Council, of 8 May 2003 on The Promotion of The Use of Biofuels or Other Renewable Fuels For Transport.
- Everard, C.D., McDonnell, K. and Fagan, C.C., 2012. Prediction of biomass gross calorific values using visible and near infrared spectroscopy. **Biomass and Bioenergy**, 45: 203-211.
- Fagan, C.C., Everard, C.D. and McDonnell, K., 2011. Prediction of moisture, calorific value, ash and carbon content of two dedicated bioenergy crops using near-infrared spectroscopy. **Bioresource Technology**, 102: 5200-5206.
- Friedl, A., Padouvas, E., Rotter, H. and Varmuza, K., 2005. Prediction of heating values of biomass fuel from elemental composition. **Analytica Chimica Acta**, 544: 191–198.
- Gravalos, I., Kateris, D., Xyradakis, P., Gialamas, T., Loutridis, S., Augousti, A., Georgiades, A. and Tsiropoulos, Z., 2010. A study on calorific energy values of biomass residue pellets for heating purposes, **Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment**, July 11 – 14, 2010, Padova–Italy.
- Hultguist, S.J., Vogel, D.J., Arumuganathan, K. and Kaeppler, S., 1996. Chloroplast DNA and nuclear DNA content variations among cultivars of switchgrass. *Panicum virgatum* L. **Crop Science**, 36: 1049-1052.

- Hatunoğlu, E.E., 2010. Biyoyakıt politikalarının tarım sektörüne etkileri. DPT Uzmanlık Tezleri, Ankara.
- IEA, International Energy Agency Statistics, <http://www.iea.org/topics/biofuels/>, 2012. Erişim Tarihi: 06.01.2017
- Jablonský, M., Ház, A., Orságová, A., Botková, M., řmatko, L., Kočiř, J., 2013. Relationships between elemental carbon contents and heating values of lignins. **4th International Conference Renewable Energy Sources**, May 21-23, High Tatras, Slovak Republic.
- Karaosmanoğlu, F., 2002. **Ekojenerasyon Dnyasy-Kojenerasyon Dergisi**, ICC1 2002 özel sayısı, (10), 50-56, İstanbul, Nisan
- Kumar, J.V., Pratt, B.C., 1996. Determination of calorific values of some renewable biofuels. **Thermochimica Acta**, 279: 111-120
- Lestander, T.A., Rudolfsson, M., Pommer, L. and Nordin, A., 2014. NIR provides excellent predictions of properties of biocoal from torrefaction and pyrolysis of biomass. **Green Chemistry**, 16, 4906.
- Librenti, E., Ceotto, E. and Candello, M. 2010. Biomass characteristics and energy contents of dedicated lignocellulose crops. **Biomass and Waste**, pp: 7-8.
- McLaughlin, S.B., Samson, R., Bransby, D. and Wiselogle, A. 1996. Evaluating physical. Chemical and energetic properties of perennial grasses as biofuels. Pp. 1-8. In: **Bioenergy'96**. Proceedings of the 7th National Bioenergy Conference. Nashville.
- McLaughlin, S., Bauton, J., Bransby, D., Conger, B., Ocumpaugh, W., Parrish, D., Taliaferro, C., Vogel, K. and Wullschleger, S., 1999. Progress in developing switchgrass as a bioenergy feedstock. P. 282-298J. (Janick, Editors). In: **Perspectives on new crops and new uses**. ASHS Press Alexandria. V. A.
- Melikoğlu, M. ve Albostan, A., 2011. Türkiye'de biyoetanol üretimi ve potansiyeli. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Dergi Cilt 26, (1): 151-160.
- Miles, T. R., Miles. T. R. Jr. 1994. Alkalis in alternative fuels. P. 152-160. (J. Farrel and ark., Editors) In: **Sixth Natl. Bioenergy Conf. Reno**. NV.2-6 Oct. 1994. Western Reg. Biomass Energy Prog. Golden. CO.
- Moka, V.K., 2012. Estimation of calorific value of biomass from its elementary components by regression analysis. Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology Rourkela, Odisha, 29 p.
- Olgun, H., Doğru, M. ve Howarth, C.R. 1999. Katı atıkların enerji dönüşümünde kullanılması ve gazlaştırıcılar. **IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi**, 1: 835-853, İzmir.
- Parikh, J., 2006. A correlation for calculating elemental composition from proximate analysis of biomass materials. **Fuel**, 86: 1710-1719.
- Qiu, Z.Y., Zhao, L.N. and Weather, L., 2010. Process intensification Technologies. In: Continuous Biodiesel Production. **Chemical Engineering and Processing**, 49, (4): 323-330.
- RFA, Renewable Fuel Association, Ethanol Industry Outlook, 2012.
- Salzmann R., Nussbaumer T., 2001. Fuel Staging for NOx Reduction in Biomass Combustion: Experiments and Modeling. **Energy & Fuels**, 15, 575-582.
- Sanderson, M.A., Agblevor, F., Collins, M. and Johnson, D.K., 1996. Compositional analysis of biomass feedstocks by near infrared reflectance spectroscopy. **Biomass and Bioenergy**, 11, 5: 365-370.

- Sharma, N., Piscioneri, I. and Pignatelli V., 2003. An evaluation of biomass yield stability of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) cultivars. **Energy Conversion and Management**, 44: 2953-2958.
- Shen, J., Zhu, S., Liu, X., Zhang, H. and Tan, J., 2010. The prediction of elemental composition of biomass based on proximate analysis. **Energy Conversion and Management**, 51: 983–987
- Sheng, C. and Azevedo, J.L.T., 2005. Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data. **Biomass and Bioenergy**, 28: 499–507.
- Soylu, S., Sade B., Ögüt H., Akınerdem F., Babaoğlu M., Ada R., Eryılmaz T., Öztürk Ö. and Oğuz H. 2010a. Investigation of agronomic potential of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) as an alternative biofuel and biomass crop for Turkey. **18th European Biomass Conference**. Lyon. Fransa.
- Soylu, S., Sade B., Ögüt H., Akınerdem F., Babaoğlu M., Ada R., Eryılmaz T., Öztürk Ö. and Oğuz H. 2010b. Türkiye için alternatif bir erozyonla mücadele ve yem bitkisi olarak dallı darının (*Panicum virgatum* L.) yetiştirilebilme olanaklarının araştırılması. **Çölleşme ile Mücadele Sempozyumu**. 17-18 Haziran 2010. Çorum.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu Temel Tarım İstatistikleri, www.tuik.gov.tr. 2011. Erişim Tarihi: 06.01.2017
- Ünal, Y., 2005. Near infrared reflektans spektroskopisinin hayvan besleme bilimi alanında kullanım imkanları. **Lalahan Hayvan Araştırma Enstitüsü Dergisi**. 45: (1)33-39..
- Vargas-Moreno, J.M., Callejón-Ferre, A.J., Pérez-Alonso, J. and Velázquez-Martí, B., 2012. A review of the mathematical models for predicting the heating value of biomass materials. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 16: 3065–3083.
- Varmuza, K., Liebmann, B. and Friedl, A., 2007. Evaluation of the heating value of biomass fuel from elemental composition and infrared data. **Scientific papers**, 35 (5): 5-10.
- Yaşar, B., 2009. Alternatif enerji kaynağı olarak biyodizel üretim ve kullanım olanaklarının Türkiye tarımı ve AB uyum süreci açısından değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Yin, C.Y., 2011. Prediction of higher heating values of biomass from proximate and ultimate analyses. **Fuel**, 90: 1128–1132.
- Wright, L. and Turhollow, A., 2010. Switchgrass selection as a model bioenergy crop. A history of the process. **Biomass and Bioenergy**, 34, 851–868.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1989 yılında Adana’da doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini Adana Seyhan da tamamladı. 2008 yılında başladığı Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünden 2013 yılında mezun oldu. 2014 Ocak ayında Mustafa Kemal Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü Çayır Mera ve Yembitkileri Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı.



EKLER

Ek 1. Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) genotipleri USDA kayıt ve bitki tanım adları ile orjin merkezleri

No	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Orijin
1	PI 204907		TÜRKİYE ANKARA
2	PI 315723	BN-8358-62	ABD NORTH CAR
3	PI 315724	BN-10860-61	ABD KANSAS
4	PI 315725	BN-14669-92	ABD MISSISSIPPI
5	PI 315727	BN-11357-63	ABD NORTH CAROL
6	PI 337553	196	ARJANTİN
7	PI 414065	BN-14668-65	ABD ARKANSAS
8	PI 414066	GRENVILLE	ABD NEW MEXICO
9	PI 414067	BN-8624-67	ABD NORTH CAROL
10	PI 414068	BN-18758-67	ABD KANSAS
11	PI 414069	BN-309-69	ABD NEW YORK
12	PI 414070	BN-12323-69	ABD KANSAS
13	PI 421138	CARTHAGE	ABD NORTH CAROL
14	PI 421520	BLACKWELL	ABD OKLAHOMA
15	PI 421521	KANLOW	ABD KANSAS
16	PI 421901	MIAMI	ABD FLORIDA
17	PI 421999	AM-314/MS-155	ABD ARKANSAS
18	PI 422000	WABASSO	ABD FLORIDA
19	PI 422001	STUART	ABD FLORIDA
20	PI 422003	PMT-785	ABD FLORIDA
21	PI 422006	ALAMO	ABD TEXAS
22	PI 422016		ABD FLORIDA
23	PI 431575	KY 1625	ABD KENTUCKY
24	PI 442535	156	BELÇİKA
25	PI 469228	CAVE-IN-ROCK	ABD ILLINOIS
26	PI 476290	T 2086	ABD NORTH CAROL
27	PI 476291	T 2099	ABD MARYLAND
28	PI 476292	T2100	ABD ARKANSAS
29	PI 476293	T2101	ABD NEW JERSEY
30	PI 476294	T4613	ABD COLORADO
31	PI 476295	T4614	ABD COLARADO
32	PI 476296	T16971	ABD MARYLAND
33	PI 476297	CADDO	ABD OKLAHOMA
34	PI 477003	NEBRASKA 28	ABD NEBRASKA
35	PI 537588	DACOTAH	ABD OREGON
36	PI 549094	TRAILBLAZER	ABD NEBRASKA
37	PI 591824	SHAWNEE	ABD NEBRASKA
38	PI 598136	SUNBURST	ABD SOUTH AKOTA
39	GRIF 1696901 SD	GRIF 16969	ABD FLORIDA

Ek 1. (Devam) Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) genotipleri USDA kayıt ve bitki tanım adları ile orjin merkezleri

No	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Orijin
40	PI 639191	WS4U	ABD WISCONSIN
41	PI 639192	WS8U	ABD WISCONSIN
42	PI 642190	FALCON	ABD NEW MEXICO
43	PI 642191	SUMMER	ABD SOUTH DAKOTA
44	PI 642192	PATFINDER	ABD NEBRASKA
45	PI 642193	70 SG 001	ABD NORTH DAKOTA
46	PI 642194	70 SG 002	ABD NORTH DAKOTA
47	PI 642195	70 SG 003	ABD NORTH DAKOTA
48	PI 642196	70 SG 004	ABD NORTH DAKOTA
49	PI 642197	70 SG 005	ABD NORTH DAKOTA
50	PI 642198	70 SG 006	ABD NORTH DAKOTA
51	PI 642199	70 SG 007	ABD NORTH DAKOTA
52	PI 642200	70 SG 008	ABD NORTH DAKOTA
53	PI 642201	70 SG 010	ABD NORTH DAKOTA
54	PI 642203	70 SG 012	ABD NORTH DAKOTA
55	PI 642204	70 SG 013	ABD NORTH DAKOTA
56	PI 642207	70 SG 016	ABD NORTH DAKOTA
57	PI 642208	70 SG 017	ABD NORTH DAKOTA
58	PI 642209	70 SG 018	ABD NORTH DAKOTA
59	PI 642210	70 SG 019	ABD NORTH DAKOTA
60	PI 642212	70 SG 021	ABD NORTH DAKOTA
61	PI 642213	70 SG 022	ABD NORTH DAKOTA
62	PI 642214	70 SG 023	ABD NORTH DAKOTA
63	PI 642217	70 SG 026	ABD NORTH DAKOTA
64	PI 6422019	70 SG 029	ABD NORTH DAKOTA
65	PI 642220	70 SG 031	ABD NORTH DAKOTA
66	PI 642222	70 SG 033	ABD NORTH DAKOTA
67	PI 642223	70 SG 034	ABD NORTH DAKOTA
68	PI 642224	70 SG 035	ABD NORTH DAKOTA
69	PI 642225	70 SG 036	ABD NORTH DAKOTA
70	PI 642226	70 SG 038	ABD NORTH DAKOTA
71	PI 642227	70 SG 039	ABD NORTH DAKOTA
72	PI 642228	70 SG 040	ABD NORTH DAKOTA
73	PI 642229	70 SG 041	ABD NORTH DAKOTA
74	PI 642230	70 SG 042	ABD NORTH DAKOTA
75	PI 642232	70 SG 044	ABD NORTH DAKOTA
76	PI 642233	70 SG 045	ABD NORTH DAKOTA
77	PI 642234	70 SG 046	ABD NORTH DAKOTA
78	PI 642235	70 SG 047	ABD NORTH DAKOTA
79	PI 642236	70 SG 048	ABD NORTH DAKOTA
80	PI 642237	70 SG 049	ABD NORTH DAKOTA

Ek 1. (Devam) Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) genotipleri USDA kayıt ve bitki tanım adları ile orjin merkezleri

No	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Orijin
81	PI 642239	70 SG 051	ABD NORTH DAKOTA
82	PI 642240	70 SG 052	ABD NORTH DAKOTA
83	PI 642242	70 SG 055	ABD NORTH DAKOTA
84	PI 642244	70 SG 057	ABD NORTH DAKOTA
85	PI 642245	70 SG 058	ABD NORTH DAKOTA
86	PI 642247	70 SG 060	ABD NORTH DAKOTA
87	PI 642248	70 SG 061	ABD NORTH DAKOTA
88	PI 642249	70 SG 062	ABD NORTH DAKOTA
89	PI 642250	70 SG 063	ABD NORTH DAKOTA
90	PI 642251	70 SG 064	ABD NORTH DAKOTA
91	PI 642252	70 SG 065	ABD NORTH DAKOTA
92	PI 642257	70 SG 071	ABD NORTH DAKOTA
93	PI 642258	70 SG 072	ABD NORTH DAKOTA
94	PI 642259	70 SG 073	ABD NORTH DAKOTA
95	PI 642260	70 SG 074	ABD NORTH DAKOTA
96	PI 642261	70 SG 075	ABD NORTH DAKOTA
97	PI 642262	70 SG 076	ABD NORTH DAKOTA
98	PI 642263	70 SG 077	ABD NORTH DAKOTA
99	PI 642264	70 SG 078	ABD NORTH DAKOTA
100	PI 642265	70 SG 079	ABD NORTH DAKOTA
101	PI 642266	70 SG 080	ABD NORTH DAKOTA
102	PI 642267	70 SG 081	ABD NORTH DAKOTA
103	PI 642268	70 SG 082	ABD NORTH DAKOTA
104	PI 642269	71 SG 001	ABD NORTH DAKOTA
105	PI 642270	71 SG 002	ABD NORTH DAKOTA
106	PI 642271	71 SG 004	ABD NORTH DAKOTA
107	PI 642272	71 SG 005	ABD NORTH DAKOTA
108	PI 642273	71 SG 006	ABD NORTH DAKOTA
109	PI 642274	71 SG 007	ABD NORTH DAKOTA
110	PI 642276	71 SG 009	ABD NORTH DAKOTA
111	PI 642277	71 SG 010	ABD NORTH DAKOTA
112	PI 642280	71 SG 013	ABD NORTH DAKOTA
113	PI 642281	71 SG 014	ABD NORTH DAKOTA
114	PI 642282	71 SG 015	ABD NORTH DAKOTA
115	PI 642283	71 SG 016	ABD NORTH DAKOTA
116	PI 642285	71 SG 018	ABD NORTH DAKOTA
117	PI 642286	71 SG 019	ABD NORTH DAKOTA
118	PI 642287	71 SG 020	ABD NORTH DAKOTA
119	PI 642288	71 SG 021	ABD NORTH DAKOTA
120	PI 642289	71 SG 022	ABD NORTH DAKOTA
121	PI 642290	71 SG 023	ABD NORTH DAKOTA

Ek 1. (Devam) Dallı darı (*Panicum virgatum* L.) genotipleri USDA kayıt ve bitki tanım adları ile orjin merkezleri

No	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Orijin
122	PI 642291	71 SG 024	ABD NORTH DAKOTA
123	PI 642292	71 SG 025	ABD NORTH DAKOTA
124	PI 642293	71 SG 026	ABD NORTH DAKOTA
125	PI 642294	71 SG 027	ABD NORTH DAKOTA
126	PI 642295	71 SG 028	ABD NORTH DAKOTA
127	PI 642296	71 SG 029	ABD NORTH DAKOTA
128	PI 642297	71 SG 030	ABD NORTH DAKOTA
129	PI 642298	71 SG 031	ABD NORTH DAKOTA
130	PI 642299	71 SG 032	ABD NORTH DAKOTA
131	PI 642300	71 SG 033	ABD NORTH DAKOTA
132	PI 642301	71 SG 034	ABD NORTH DAKOTA
133	PI 642302	71 SG 035	ABD NORTH DAKOTA
134	PI 642303	71 SG 036	ABD NORTH DAKOTA
135	PI 642304	71 SG 037	ABD NORTH DAKOTA
136	PI 642305	71 SG 038	ABD NORTH DAKOTA
137	PI 642306	71 SG 039	ABD NORTH DAKOTA
138	PI 642307	71 SG 040	ABD NORTH DAKOTA
139	PI 642308	71 SG 041	ABD NORTH DAKOTA
140	PI 642309	71 SG 041 B	ABD NORTH DAKOTA
141	PI 642310	71 SG 042	ABD NORTH DAKOTA
142	PI 642311	71 SG 043	ABD NORTH DAKOTA
143	PI 642312	71 SG 044	ABD NORTH DAKOTA
144	PI 642313	71 SG 045	ABD NORTH DAKOTA
145	PI 648365	70 SG 037	ABD NORTH DAKOTA
146	PI 648366	70 SG 053	ABD NORTH DAKOTA
147	PI 648367	70 SG 070	ABD NORTH DAKOTA
148	PI 657661	BLACKWELL	ABD KANSAS
149	PI 657662	NEBRASKA 28	ABD NEBRASKA
150	PI 657663	BLACKWELL	ABD KANSAS
151	PI 657664	GRENVILLE	ABD NEW MEXICO
152	PI 659334	2008FL-010	ABD FLORIDA
153	PI 659335	2008FL-011	ABD FLORIDA
154	PI 659336	2008FL012	ABD FLORIDA
155	PI 659340	9064231	ABD NEW YORK
156	PI 659341	9086085	ABD NEW YORK
157	PI 659342	9086087	ABD NEW YORK
158	PI 659343	9086100	ABD NEW YORK
159	PI 659345	9086103	ABD NEW YORK
160	PI 659346	9086104	ABD NEW YORK
161	PI 315728	BN-13645-64	ABD MARYLAND

Ek 2. Dallı darı biyokütlelerine ait ortalama kalorifik veriler (MJ kg⁻¹)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle Kalorifik Değerleri (MJ kg ⁻¹)			
			Ort.	±	SH	VK
1	PI 204907		17,04	±	0,2	0,017
2	PI 315723	BN-8358-62	17,61	±	0,03	0,003
3	PI 315724	BN-10860-61	17,56	±	0,08	0,007
4	PI 315725	BN-14669-92	17,43	±	0,3	0,025
5	PI 315727	BN-11357-63	17,96	±	0,08	0,007
6	PI 337553	196	17,52	±	0,07	0,006
7	PI 414065	BN-14668-65	17,81	±	0,12	0,01
8	PI 414066	GRENVILLE	17,16	±	0,12	0,01
9	PI 414067	BN-8624-67	16,75	±	0,21	0,018
10	PI 414068	BN-18758-67	17,3	±	0,03	0,002
11	PI 414069	BN-309-69	17,58	±	0,05	0,004
12	PI 414070	BN-12323-69	18,26	±	0,05	0,004
13	PI 421138	CARTHAGE	17,8	±	0,06	0,005
14	PI 421520	BLACKWELL	18,11	±	0,1	0,008
15	PI 421521	KANLOW	17,96	±	0,05	0,004
16	PI 421901	MIAMI	18,26	±	0,13	0,01
17	PI 421999	AM-314/MS-155	17,42	±	0,13	0,01
18	PI 422000	WABASSO	17,77	±	0	0
19	PI 422001	STUART	17,85	±	0,05	0,004
20	PI 422003	PMT-785	17,66	-	0	0
21	PI 422006	ALAMO	18,11	±	0,02	0,002
22	PI 422016		17,89	±	0,02	0,001
23	PI 431575	KY 1625	17,54	±	0	0
24	PI 442535	156	17,81	±	0,03	0,003
25	PI 469228	CAVE-IN-ROCK	17,31	±	0,09	0,008
26	PI 476290	T 2086	18,08	±	0,08	0,006
27	PI 476291	T 2099	19,26	±	0,19	0,014
28	PI 476292	T2100	17,61	±	0,05	0,004
29	PI 476293	T2101	17,22	±	0,01	0,001
30	PI 476294	T4613	17,94	±	0,03	0,002
31	PI 476295	T4614	17,07	±	0,12	0,01
32	PI 476296	T16971	17,79	±	0,1	0,008
33	PI 476297	CADDO	17,8	±	0,01	0,001
34	PI 477003	NEBRASKA 28	16,85	±	0	0
35	PI 537588	DACOTAH	16,97	±	0,02	0,002
36	PI 549094	TRAILBLAZER	16,97	±	0,09	0,008

Ek 2. (Devam) Dallı darı biyokütellerine ait ortalama kalorifik veriler (MJ kg⁻¹)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle Kalorifik Değerleri (MJ kg ⁻¹)			
			Ort.	±	SH	VK
37	PI 591824	SHAWNEE	17,37	±	0,1	0,008
38	PI 598136	SUNBURST	17	±	0,16	0,014
39	GRIF1696901 SD	GRIF 16969	15,73	±	0,14	0,013
40	PI 639191	WS4U	17,7	±	0	0
41	PI 639192	WS8U	18,15	±	0,02	0,001
42	PI 642190	FALCON	17,01	±	0,05	0,004
43	PI 642191	SUMMER	17,42	±	0,07	0,006
44	PI 642192	PATFINDER	18	±	0,02	0,002
45	PI 642193	70 SG 001	17,1	±	0,09	0,007
46	PI 642194	70 SG 002	17,79	±	0,14	0,011
47	PI 642195	70 SG 003	16,51	±	0,13	0,011
48	PI 642196	70 SG 004	17,33	±	0,01	0,001
49	PI 642197	70 SG 005	17,16	±	0,05	0,004
50	PI 642198	70 SG 006	17,47	±	0,2	0,016
51	PI 642199	70 SG 007	16,85	±	0,08	0,007
52	PI 642200	70 SG 008	16,21	±	0,01	0,001
53	PI 642201	70 SG 010	17,25	±	0,02	0,002
54	PI 642203	70 SG 012	16,14	±	0,03	0,002
55	PI 642204	70 SG 013	16,32	±	0,01	0,001
56	PI 642207	70 SG 016	17,06	±	0,01	0,001
57	PI 642208	70 SG 017	16,29	±	0,04	0,003
58	PI 642209	70 SG 018	16,85	±	0,06	0,005
59	PI 642210	70 SG 019	16,58	±	0,08	0,007
60	PI 642212	70 SG 021	17,3	±	0,01	0,001
61	PI 642213	70 SG 022	16,68	±	0,03	0,002
62	PI 642214	70 SG 023	17	±	0,08	0,007
63	PI 642217	70 SG 026	16,89	±	0,1	0,008
64	PI 6422019	70 SG 029	16,34	-	0,04	0,004
65	PI 642220	70 SG 031	16,45	±	0,03	0,003
66	PI 642222	70 SG 033	16,81	-	0,03	0,003
67	PI 642223	70 SG 034	17,36	±	0,13	0,011
68	PI 642224	70 SG 035	16,6	±	0,02	0,002
69	PI 642225	70 SG 036	16,69	-	0,02	0,002
70	PI 642226	70 SG 038	16,75	±	0,09	0,008
71	PI 642227	70 SG 039	17,21	±	0,02	0,001

Ek 2. (Devam) Dallı darı biyokütellerine ait ortalama kalorifik veriler (MJ kg⁻¹)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle Kalorifik Değerleri (MJ kg ⁻¹)			
			Ort.	±	SH	VK
72	PI 642228	70 SG 040	16,82	±	0,06	0,005
73	PI 642229	70 SG 041	16,79		0,01	0,001
74	PI 642230	70 SG 042	17,44	±	0,02	0,002
75	PI 642232	70 SG 044	16,22	±	0,02	0,001
76	PI 642233	70 SG 045	17,04	±	0,04	0,003
77	PI 642234	70 SG 046	17,41	±	0,09	0,007
78	PI 642235	70 SG 047	17,8	-	0,01	0,001
79	PI 642236	70 SG 048	16,92	±	0,05	0,004
80	PI 642237	70 SG 049	16,77	±	0,05	0,004
81	PI 642239	70 SG 051	16,23	±	0,01	0,001
82	PI 642240	70 SG 052	16,5	±	0,06	0,005
83	PI 642242	70 SG 055	16,45	±	0,09	0,008
84	PI 642244	70 SG 057	16,27	±	0,01	0,001
85	PI 642245	70 SG 058	16,65	±	0,06	0,005
86	PI 642247	70 SG 060	16,91	±	0,01	0,001
87	PI 642248	70 SG 061	17,05	±	0,1	0,009
88	PI 642249	70 SG 062	16,62	±	0,04	0,003
89	PI 642250	70 SG 063	16,65	±	0,08	0,007
90	PI 642251	70 SG 064	16,84	±	0,02	0,002
91	PI 642252	70 SG 065	17,25	±	0,08	0,007
92	PI 642257	70 SG 071	16,93	±	0,04	0,003
93	PI 642258	70 SG 072	16,33	±	0,08	0,007
94	PI 642259	70 SG 073	16,33	±	0,08	0,007
95	PI 642260	70 SG 074	16,99	±	0,07	0,006
96	PI 642261	70 SG 075	16,26	±	0,34	0,03
97	PI 642262	70 SG 076	16,65	±	0,03	0,003
98	PI 642263	70 SG 077	16,62	±	0,03	0,002
99	PI 642264	70 SG 078	16,53	±	0	0
100	PI 642265	70 SG 079	16,77	±	0,08	0,007
101	PI 642266	70 SG 080	16,71	±	0,03	0,003
102	PI 642267	70 SG 081	17,59	±	0,01	0,001
103	PI 642268	70 SG 082	16,67	±	0,08	0,007
104	PI 642269	71 SG 001	16,95	±	0,1	0,009
105	PI 642270	71 SG 002	17,82	±	0,14	0,011
106	PI 642271	71 SG 004	16,95	±	0,21	0,017

Ek 2. (Devam) Dallı darı biyokütellerine ait ortalama kalorifik veriler (MJ kg⁻¹)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle Kalorifik Değerleri (MJ kg ⁻¹)			
			Ort.	±	SH	VK
107	PI 642272	71 SG 005	17,47	±	0,15	0,012
108	PI 642273	71 SG 006	17,33	±	0,13	0,011
109	PI 642274	71 SG 007	17,06	±	0,08	0,006
110	PI 642276	71 SG 009	16,68	-	0,04	0,003
111	PI 642277	71 SG 010	16,4	±	0,04	0,003
112	PI 642280	71 SG 013	16,75		0	0
113	PI 642281	71 SG 014	16,8	±	0,01	0,001
114	PI 642282	71 SG 015	16,83	±	0,02	0,002
115	PI 642283	71 SG 016	16,91	±	0,14	0,012
116	PI 642285	71 SG 018	16,81	±	0,01	0,001
117	PI 642286	71 SG 019	17,2	±	0,04	0,004
118	PI 642287	71 SG 020	17,94	±	0,02	0,001
119	PI 642288	71 SG 021	16,99	±	0,01	0,001
120	PI 642289	71 SG 022	17,47	±	0,03	0,002
121	PI 642290	71 SG 023	17,17	±	0,01	0,001
122	PI 642291	71 SG 024	16,5	±	0,07	0,006
123	PI 642292	71 SG 025	16,77	±	0,05	0,004
124	PI 642293	71 SG 026	17,35	±	0,03	0,002
125	PI 642294	71 SG 027	16,94	-	0,13	0,011
126	PI 642295	71 SG 028	16,95	±	0,02	0,001
127	PI 642296	71 SG 029	18,49	±	0,15	0,012
128	PI 642297	71 SG 030	16,93	±	0,01	0,001
129	PI 642298	71 SG 031	17,32	±	0,01	0,001
130	PI 642299	71 SG 032	17,37	±	0,01	0,001
131	PI 642300	71 SG 033	17,3	±	0,01	0,001
132	PI 642301	71 SG 034	16,94	±	0,02	0,002
133	PI 642302	71 SG 035	17,46	±	0,14	0,012
134	PI 642303	71 SG 036	17,27	±	0,03	0,002
135	PI 642304	71 SG 037	17,61	±	.	0,007
136	PI 642305	71 SG 038	17,08	±	0,07	0,006
137	PI 642306	71 SG 039	16,95	±	0,11	0,009
138	PI 642307	71 SG 040	17,05	±	0,01	0,001
139	PI 642308	71 SG 041	17,12	±	0,18	0,015
140	PI 642309	71 SG 041 B	17,21	±	0,07	0,006
141	PI 642310	71 SG 042	17,06	±	0,02	0,002

Ek 2. (Devam) Dallı darı biyokütellerine ait ortalama kalorifik veriler (MJ kg⁻¹)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle Kalorifik Değerleri (MJ kg ⁻¹)			
			Ort.	±	SH	VK
142	PI 642311	71 SG 043	17	±	0,03	0,003
143	PI 642312	71 SG 044	17,45	-	0,09	0,007
144	PI 642313	71 SG 045	16,87	±	0,01	0,001
145	PI 648365	70 SG 037	16,69	±	0	0
146	PI 648366	70 SG 053	16,83	±	0,01	0,001
147	PI 648367	70 SG 070	18,22	±	0,12	0,009
148	PI 657661	BLACKWELL	17,45	±	0,05	0,004
149	PI 657662	NEBRASKA 28	16,59	±	0,17	0,014
150	PI 657663	BLACKWELL	17,56	±	0,01	0,001
151	PI 657664	GRENVILLE	17,79	±	0,09	0,007
152	PI 659334	2008FL-010	17,72	-	0,01	0,001
153	PI 659335	2008FL-011	16,79	±	0,05	0,004
154	PI 659336	2008FL012	16,64	±	0,29	0,024
155	PI 659340	9064231	18,65		0,19	0,015
156	PI 659341	9086085	17,61	±	0,01	0,001
157	PI 659342	9086087	17,36	-	0,02	0,002
158	PI 659343	9086100	17,37	-	0,01	0,001
159	PI 659345	9086103	18,46	±	0,03	0,002
160	PI 659346	9086104	17,33	±	0,03	0,002
161	PI 315728	BN-13645-64	18,24	±	0,03	0,002

Ek 3. Dallı darı biyokütlesi karbon (C) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle KARBON (C) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
1	PI 204907		43,15	±	0,36	0,018
2	PI 315723	BN-8358-62	44,21	±	0,28	0,017
3	PI 315724	BN-10860-61	42,74	±	0,12	0,019
4	PI 315725	BN-14669-92	44,44	±	0,15	0,015
5	PI 315727	BN-11357-63	43,85	±	0,22	0,012
6	PI 337553	196	41,65	±	0,39	0,011
7	PI 414065	BN-14668-65	44,12	±	0,44	0,026
8	PI 414066	GRENVILLE	42,05	±	0,61	0,024
9	PI 414067	BN-8624-67	41,32	±	0,25	0,019
10	PI 414068	BN-18758-67	42,44	±	0,17	0,023
11	PI 414069	BN-309-69	43,15	±	0,34	0,025
12	PI 414070	BN-12323-69	44,32	±	0,72	0,045
13	PI 421138	CARTHAGE	42,27	±	0,39	0,017
14	PI 421520	BLACKWELL	43,12	±	0,28	0,047
15	PI 421521	KANLOW	43,46	±	0,12	0,017
16	PI 421901	MIAMI	44,97	±	0,14	0,032
17	PI 421999	AM-314/MS-155	43,24	±	0,32	0,047
18	PI 422000	WABASSO	43,97	±	0,03	0,083
19	PI 422001	STUART	43,66	±	0,12	0,019
20	PI 422003	PMT-785	45,26	-	0,76	0,029
21	PI 422006	ALAMO	43,93	±	0,4	0,016
22	PI 422016		42,99	±	0,11	0,027
23	PI 431575	KY 1625	42,92	±	0,29	0,018
24	PI 442535	156	43,5	±	0,16	0,012
25	PI 469228	CAVE-IN-ROCK	42,19	±	0,31	0,015
26	PI 476290	T 2086	43,13	±	0,27	0,029
27	PI 476291	T 2099	44,46	±	0,22	0,019
28	PI 476292	T2100	43,48	±	0,27	0,017
29	PI 476293	T2101	42,39	±	0,12	0,022
30	PI 476294	T4613	43,19	±	0,11	0,017
31	PI 476295	T4614	41,71	±	0,51	0,012
32	PI 476296	T16971	43,2	±	0,11	0,025
33	PI 476297	CADDO	43	±	0,12	0,024
34	PI 477003	NEBRASKA 28	42,19	±	0,24	0,033
35	PI 537588	DACOTAH	39,57	±	0,21	0,11

Ek 3. (Devam) Dallı darı biyokütlesi karbon (C) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle KARBON (C) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
36	PI 549094	TRAILBLAZER	42,82	±	0,25	0,011
37	PI 591824	SHAWNEE	43,47	±	0,12	0,015
38	PI 598136	SUNBURST	41,23	±	0,78	0,031
39	GRIF1696901 SD	GRIF 16969	42,69	±	0,18	0,022
40	PI 639191	WS4U	43,29	±	0,21	0,036
41	PI 639192	WS8U	39,45	±	14,6	0,866
42	PI 642190	FALCON	41,18	±	0,19	0,025
43	PI 642191	SUMMER	42,27	±	0,13	0,02
44	PI 642192	PATFINDER	43,05	±	0,18	0,036
45	PI 642193	70 SG 001	42,43	±	0,33	0,012
46	PI 642194	70 SG 002	41,31	±	0,58	0,087
47	PI 642195	70 SG 003	42,4	±	0,35	0,014
48	PI 642196	70 SG 004	41,39	±	0,83	0,012
49	PI 642197	70 SG 005	42,14	±	0,36	0,015
50	PI 642198	70 SG 006	41,68	±	0,65	0,074
51	PI 642199	70 SG 007	42,25	±	0,52	0,027
52	PI 642200	70 SG 008	40,65	±	0,13	0,032
53	PI 642201	70 SG 010	42,87	±	0,19	0,035
54	PI 642203	70 SG 012	41,85	±	0,36	0,015
55	PI 642204	70 SG 013	41,39	±	0,43	0,052
56	PI 642207	70 SG 016	40,33	±	0,27	0,021
57	PI 642208	70 SG 017	41,43	±	0,21	0,057
58	PI 642209	70 SG 018	42,12	±	0,18	0,017
59	PI 642210	70 SG 019	42,97	±	0,39	0,027
60	PI 642212	70 SG 021	41,21	±	0,48	0,074
61	PI 642213	70 SG 022	41,42	±	0,28	0,033
62	PI 642214	70 SG 023	40,93	±	0,45	0,025
63	PI 642217	70 SG 026	42,72	±	0,38	0,046
64	PI 6422019	70 SG 029	39,77	-	0,12	0,015
65	PI 642220	70 SG 031	42,82	±	0,11	0,042
66	PI 642222	70 SG 033	41,77	-	0,3	0,041
67	PI 642223	70 SG 034	41,44	±	0,59	0,025
68	PI 642224	70 SG 035	41,08	±	0,17	0,013
69	PI 642225	70 SG 036	41,11	-	0,32	0,041
70	PI 642226	70 SG 038	40,92	±	0,36	0,052
71	PI 642227	70 SG 039	41,95	±	0,27	0,013

Ek 3. (Devam) Dallı darı biyokütlesi karbon (C) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle KARBON (C) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
72	PI 642228	70 SG 040	40,91	±	0,23	0,047
73	PI 642229	70 SG 041	41,32		0,21	0,013
74	PI 642230	70 SG 042	41,02	±	0,45	0,015
75	PI 642232	70 SG 044	43,51	±	0,21	0,042
76	PI 642233	70 SG 045	43,58	±	0,37	0,022
77	PI 642234	70 SG 046	42,86	±	0,19	0,054
78	PI 642235	70 SG 047	41,65	-	0,07	0,012
79	PI 642236	70 SG 048	41,47	±	0,25	0,047
80	PI 642237	70 SG 049	41,02	±	0,23	0,021
81	PI 642239	70 SG 051	41,29	±	0,11	0,016
82	PI 642240	70 SG 052	41,34	±	0,22	0,018
83	PI 642242	70 SG 055	41,77	±	0,48	0,088
84	PI 642244	70 SG 057	40,77	±	0,29	0,018
85	PI 642245	70 SG 058	41,27	±	0,32	0,087
86	PI 642247	70 SG 060	40,25	±	0,45	0,065
87	PI 642248	70 SG 061	42	±	0,12	0,052
88	PI 642249	70 SG 062	41	±	0,27	0,026
89	PI 642250	70 SG 063	40,21	±	0,54	0,047
90	PI 642251	70 SG 064	44,12	±	0,19	0,021
91	PI 642252	70 SG 065	41	±	0,49	0,021
92	PI 642257	70 SG 071	42,77	±	0,33	0,074
93	PI 642258	70 SG 072	41,32	±	0,42	0,018
94	PI 642259	70 SG 073	41,78	±	0,42	0,015
95	PI 642260	70 SG 074	41,88	±	0,33	0,021
96	PI 642261	70 SG 075	40,9	±	0,11	0,021
97	PI 642262	70 SG 076	43,8	±	0,98	0,041
98	PI 642263	70 SG 077	40,37	±	0,42	0,008
99	PI 642264	70 SG 078	41,78	±	0,32	0,021
100	PI 642265	70 SG 079	43,12	±	0,54	0,054
101	PI 642266	70 SG 080	42,41	±	0,18	0,037
102	PI 642267	70 SG 081	42,93	±	0,17	0,021
103	PI 642268	70 SG 082	41,7	±	0,11	0,041
104	PI 642269	71 SG 001	41,8	±	0,31	0,013
105	PI 642270	71 SG 002	41,2	±	0,11	0,032
106	PI 642271	71 SG 004	42,6	±	0,32	0,021

Ek 3. (Devam) Dallı darı biyokütlesi karbon (C) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle KARBON (C) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
107	PI 642272	71 SG 005	41,5	±	0,33	0,074
108	PI 642273	71 SG 006	40,8	±	0,81	0,073
109	PI 642274	71 SG 007	40,6	±	0,45	0,018
110	PI 642276	71 SG 009	41,7	-	0,33	0,047
111	PI 642277	71 SG 010	42,63	±	0,12	0,077
112	PI 642280	71 SG 013	40,09		0,43	0,023
113	PI 642281	71 SG 014	42,1	±	0,27	0,032
114	PI 642282	71 SG 015	41,6	±	0,21	0,017
115	PI 642283	71 SG 016	42,2	±	0,43	0,017
116	PI 642285	71 SG 018	40,9	±	0,51	0,013
117	PI 642286	71 SG 019	41,2	±	0,77	0,021
118	PI 642287	71 SG 020	40,8	±	0,33	0,048
119	PI 642288	71 SG 021	41,2	±	0,19	0,027
120	PI 642289	71 SG 022	42,3	±	0,42	0,013
121	PI 642290	71 SG 023	43,2	±	0,61	0,023
122	PI 642291	71 SG 024	41,9	±	0,99	0,027
123	PI 642292	71 SG 025	42,8	±	0,84	0,058
124	PI 642293	71 SG 026	42,7	±	0,41	0,045
125	PI 642294	71 SG 027	41,6	-	0,58	0,075
126	PI 642295	71 SG 028	43,9	±	0,84	0,077
127	PI 642296	71 SG 029	42,5	±	0,19	0,041
128	PI 642297	71 SG 030	41,11	±	0,12	0,074
129	PI 642298	71 SG 031	39,7	±	0,21	0,012
130	PI 642299	71 SG 032	43,1	±	0,95	0,054
131	PI 642300	71 SG 033	41,27	±	0,21	0,032
132	PI 642301	71 SG 034	41,1	±	0,11	0,021
133	PI 642302	71 SG 035	42,1	±	0,12	0,01
134	PI 642303	71 SG 036	42,12	±	0,65	0,014
135	PI 642304	71 SG 037	41,4	±	0,57	0,032
136	PI 642305	71 SG 038	41,3	±	0,47	0,021
137	PI 642306	71 SG 039	40,8	±	0,12	0,041
138	PI 642307	71 SG 040	41,9	±	0,23	0,012
139	PI 642308	71 SG 041	43,41	±	0,28	0,012
140	PI 642309	71 SG 041 B	40,1	±	0,17	0,019
141	PI 642310	71 SG 042	41,33	±	0,12	0,012

Ek 3. (Devam) Dallı darı biyokütlesi karbon (C) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle KARBON (C) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
142	PI 642311	71 SG 043	40,8	±	0,45	0,012
143	PI 642312	71 SG 044	42,7	±	0,39	0,018
144	PI 642313	71 SG 045	40,8	±	0,29	0,045
145	PI 648365	70 SG 037	43,8	±	1,25	0,042
146	PI 648366	70 SG 053	42,9	±	0,27	0,012
147	PI 648367	70 SG 070	42,2	±	0,19	0,017
148	PI 657661	BLACKWELL	42,1	±	0,25	0,01
149	PI 657662	NEBRASKA 28	43,06	±	0,43	0,017
150	PI 657663	BLACKWELL	43,12	±	0,42	0,011
151	PI 657664	GRENVILLE	43,74	±	0,25	0,026
152	PI 659334	2008FL-010	42,08	±	0,21	0,012
153	PI 659335	2008FL-011	43,3	±	0,27	0,011
154	PI 659336	2008FL012	42,6	±	0,28	0,04
155	PI 659340	9064231	42,6	±	0,12	0,41
156	PI 659341	9086085	44,4	±	0,74	0,45
157	PI 659342	9086087	43,6	±	0,71	0,12
158	PI 659343	9086100	41,4	±	0,84	0,15
159	PI 659345	9086103	43,5	±	0,32	0,15
160	PI 659346	9086104	41,8	±	0,12	0,84
161	PI 315728	BN-13645-64	42,9	±	0,12	0,07

Ek 4. Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle HİDROJEN (H) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
1	PI 204907		5,83	±	0,02	0,015
2	PI 315723	BN-8358-62	5,86	±	0,05	0,015
3	PI 315724	BN-10860-61	5,57	±	0,02	0,01
4	PI 315725	BN-14669-92	5,89	±	0,12	0,015
5	PI 315727	BN-11357-63	5,82	±	0,1	0,012
6	PI 337553	196	5,73	±	0,08	0,021
7	PI 414065	BN-14668-65	5,77	±	0,04	0,032
8	PI 414066	GRENVILLE	5,63	±	0,09	0,012
9	PI 414067	BN-8624-67	5,63	±	0,04	0,012
10	PI 414068	BN-18758-67	5,69	±	0,15	0,006
11	PI 414069	BN-309-69	5,75	±	0,06	0,008
12	PI 414070	BN-12323-69	5,69	±	0,14	0,009
13	PI 421138	CARTHAGE	5,81	±	0,11	0,021
14	PI 421520	BLACKWELL	5,72	±	0,06	0,012
15	PI 421521	KANLOW	5,98	±	0,07	0,011
16	PI 421901	MIAMI	6,05	±	0,01	0,002
17	PI 421999	AM-314/MS-155	5,43	±	0,12	0,04
18	PI 422000	WABASSO	5,63	±	0,02	0,07
19	PI 422001	STUART	5,72	±	0,14	0,002
20	PI 422003	PMT-785	5,81	-	0,11	0,024
21	PI 422006	ALAMO	5,68	±	0,09	0,038
22	PI 422016		5,79	±	0,04	0,007
23	PI 431575	KY 1625	5,92	±	0,17	0,023
24	PI 442535	156	5,79	±	0,08	0,021
25	PI 469228	CAVE-IN-ROCK	5,72	±	0,08	0,01
26	PI 476290	T 2086	5,85	±	0,12	0,011
27	PI 476291	T 2099	5,87	±	0,09	0,021
28	PI 476292	T2100	5,75	±	0,02	0,015
29	PI 476293	T2101	5,87	±	0,16	0,01
30	PI 476294	T4613	5,78	±	0,13	0,012
31	PI 476295	T4614	5,78	±	0,09	0,011
32	PI 476296	T16971	5,92	±	0,07	0,015
33	PI 476297	CADDO	5,76	±	0,13	0,018
34	PI 477003	NEBRASKA 28	5,67	±	0,13	0,031
35	PI 537588	DACOTAH	5,49	±	0,13	0,019

Ek 4. (Devam) Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle HİDROJEN (H) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
36	PI 549094	TRAILBLAZER	5,77	±	0,09	0,011
37	PI 591824	SHAWNEE	5,83	±	0,09	0,007
38	PI 598136	SUNBURST	5,48	±	0,14	0,033
39	GRIF1696901SD	GRIF 16969	5,61	±	0,1	0,031
40	PI 639191	WS4U	5,77	±	0,17	0,021
41	PI 639192	WS8U	4,82	±	0,87	0,052
42	PI 642190	FALCON	5,6	±	0,12	0,012
43	PI 642191	SUMMER	5,87	±	0,11	0,011
44	PI 642192	PATFINDER	5,72	±	0,12	0,007
45	PI 642193	70 SG 001	5,72	±	0,04	0,013
46	PI 642194	70 SG 002	5,65	±	0,12	0,009
47	PI 642195	70 SG 003	5,81	±	0,15	0,012
48	PI 642196	70 SG 004	5,68	±	0,14	0,015
49	PI 642197	70 SG 005	5,69	±	0,13	0,011
50	PI 642198	70 SG 006	5,79	±	0,08	0,011
51	PI 642199	70 SG 007	5,77	±	0,09	0,027
52	PI 642200	70 SG 008	5,46	±	0,07	0,011
53	PI 642201	70 SG 010	5,72	±	0,06	0,014
54	PI 642203	70 SG 012	5,67	±	0,12	0,016
55	PI 642204	70 SG 013	5,65	±	0,12	0,011
56	PI 642207	70 SG 016	5,62	±	0,08	0,018
57	PI 642208	70 SG 017	5,59	±	0,11	0,012
58	PI 642209	70 SG 018	5,87	±	0,04	0,014
59	PI 642210	70 SG 019	5,89	±	0,15	0,019
60	PI 642212	70 SG 021	5,77	±	0,11	0,002
61	PI 642213	70 SG 022	5,75	±	0,13	0,012
62	PI 642214	70 SG 023	5,69	±	0,12	0,03
63	PI 642217	70 SG 026	5,73	±	0,11	0,022
64	PI 6422019	70 SG 029	5,48	-	0,07	0,017
65	PI 642220	70 SG 031	5,75	±	0,04	0,016
66	PI 642222	70 SG 033	5,62	-	0,11	0,014
67	PI 642223	70 SG 034	5,65	±	0,14	0,031
68	PI 642224	70 SG 035	5,73	±	0,15	0,005
69	PI 642225	70 SG 036	5,39	-	0,15	0,025
70	PI 642226	70 SG 038	5,53	±	0,17	0,02

Ek 4. (Devam) Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle HİDROJEN (H) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
71	PI 642227	70 SG 039	5,81	±	0,22	0,015
72	PI 642228	70 SG 040	5,54	±	0,14	0,014
73	PI 642229	70 SG 041	5,75		0,14	0,016
74	PI 642230	70 SG 042	5,66	±	0,16	0,017
75	PI 642232	70 SG 044	5,9	±	0,11	0,018
76	PI 642233	70 SG 045	5,8	±	0,13	0,028
77	PI 642234	70 SG 046	5,75	±	0,15	0,013
78	PI 642235	70 SG 047	5,74	-	0,14	0,011
79	PI 642236	70 SG 048	5,73	±	0,13	0,019
80	PI 642237	70 SG 049	5,54	±	0,18	0,021
81	PI 642239	70 SG 051	5,71	±	0,16	0,017
82	PI 642240	70 SG 052	5,69	±	0,11	0,014
83	PI 642242	70 SG 055	5,75	±	0,12	0,014
84	PI 642244	70 SG 057	5,59	±	0,11	0,013
85	PI 642245	70 SG 058	5,62	±	0,13	0,015
86	PI 642247	70 SG 060	5,77	±	0,06	0,01
87	PI 642248	70 SG 061	5,74	±	0,14	0,011
88	PI 642249	70 SG 062	5,76	±	0,11	0,041
89	PI 642250	70 SG 063	5,53	±	0,19	0,022
90	PI 642251	70 SG 064	5,84	±	0,12	0,017
91	PI 642252	70 SG 065	5,59	±	0,18	0,022
92	PI 642257	70 SG 071	5,7	±	0,16	0,023
93	PI 642258	70 SG 072	5,69	±	0,12	0,021
94	PI 642259	70 SG 073	5,61	±	0,09	0,012
95	PI 642260	70 SG 074	5,77	±	0,16	0,017
96	PI 642261	70 SG 075	5,55	±	0,13	0,019
97	PI 642262	70 SG 076	5,9	±	0,11	0,014
98	PI 642263	70 SG 077	5,41	±	0,16	0,017
99	PI 642264	70 SG 078	5,63	±	0,13	0,019
100	PI 642265	70 SG 079	5,77	±	0,09	0,012
101	PI 642266	70 SG 080	5,68	±	0,12	0,017
102	PI 642267	70 SG 081	5,81	±	0,11	0,013
103	PI 642268	70 SG 082	5,67	±	0,16	0,007
104	PI 642269	71 SG 001	5,66	±	0,03	0,013
105	PI 642270	71 SG 002	5,75	±	0,15	0,011

Ek 4. (Devam) Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle HİDROJEN (H) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
106	PI 642271	71 SG 004	5,87	±	0,16	0,007
107	PI 642272	71 SG 005	5,5	±	0,12	0,006
108	PI 642273	71 SG 006	5,65	±	0,07	0,021
109	PI 642274	71 SG 007	5,69	±	0,15	0,012
110	PI 642276	71 SG 009	5,67	-	0,13	0,018
111	PI 642277	71 SG 010	5,77	±	0,17	0,022
112	PI 642280	71 SG 013	5,56		0,12	0,03
113	PI 642281	71 SG 014	5,77	±	0,13	0,015
114	PI 642282	71 SG 015	5,63	±	0,14	0,014
115	PI 642283	71 SG 016	5,72	±	0,08	0,024
116	PI 642285	71 SG 018	5,53	±	0,15	0,021
117	PI 642286	71 SG 019	5,71	±	0,14	0,028
118	PI 642287	71 SG 020	5,59	±	0,16	0,024
119	PI 642288	71 SG 021	5,79	±	0,22	0,017
120	PI 642289	71 SG 022	5,92	±	0,18	0,021
121	PI 642290	71 SG 023	5,84	±	0,15	0,022
122	PI 642291	71 SG 024	5,77	±	0,19	0,052
123	PI 642292	71 SG 025	5,88	±	0,04	0,01
124	PI 642293	71 SG 026	5,9	±	0,12	0,014
125	PI 642294	71 SG 027	5,88	-	0,25	0,014
126	PI 642295	71 SG 028	5,78	±	0,11	0,034
127	PI 642296	71 SG 029	5,77	±	0,08	0,02
128	PI 642297	71 SG 030	5,69	±	0,12	0,023
129	PI 642298	71 SG 031	5,62	±	0,12	0,016
130	PI 642299	71 SG 032	5,87	±	0,16	0,012
131	PI 642300	71 SG 033	5,6	±	0,05	0,011
132	PI 642301	71 SG 034	5,63	±	0,12	0,017
133	PI 642302	71 SG 035	5,77	±	0,13	0,021
134	PI 642303	71 SG 036	5,81	±	0,15	0,016
135	PI 642304	71 SG 037	5,66	±	0,16	0,017
136	PI 642305	71 SG 038	5,75	±	0,18	0,015
137	PI 642306	71 SG 039	5,68	±	0,09	0,009
138	PI 642307	71 SG 040	5,69	±	0,11	0,011
139	PI 642308	71 SG 041	6,1	±	0,11	0,012

Ek 4. (Devam) Dallı darı biyokütlesi hidrojen (H) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle HİDROJEN (H) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
140	PI 642309	71 SG 041 B	5,59	±	0,15	0,017
141	PI 642310	71 SG 042	5,87	±	0,17	0,013
142	PI 642311	71 SG 043	5,59	±	0,13	0,011
143	PI 642312	71 SG 044	5,88	-	0,12	0,017
144	PI 642313	71 SG 045	5,71	±	0,03	0,009
145	PI 648365	70 SG 037	6,03	±	0,31	0,028
146	PI 648366	70 SG 053	5,93	±	0,12	0,011
147	PI 648367	70 SG 070	5,66	±	0,16	0,012
148	PI 657661	BLACKWELL	5,88	±	0,08	0,011
149	PI 657662	NEBRASKA 28	5,98	±	0,12	0,013
150	PI 657663	BLACKWELL	5,81	±	0,14	0,017
151	PI 657664	GRENVILLE	5,77	±	0,17	0,028
152	PI 659334	2008FL-010	5,94	-	0,13	0,019
153	PI 659335	2008FL-011	5,86	±	0,11	0,014
154	PI 659336	2008FL012	5,59	±	13	0,012
155	PI 659340	9064231	6,04		0,16	0,09
156	PI 659341	9086085	5,80	±	0,18	0,19
157	PI 659342	9086087	5,81	-	0,12	0,13
158	PI 659343	9086100	5,81	-	0,15	0,18
159	PI 659345	9086103	5,80	±	0,11	0,09
160	PI 659346	9086104	5,88	±	0,15	0,08
161	PI 315728	BN-13645-64	5,90	±	0,12	0,17

Ek 5. Dallı darı biyokütlesi azot (N) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle AZOT (N) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
1	PI 204907		0,33	±	0,02	0,04
2	PI 315723	BN-8358-62	0,34	±	0,04	0,08
3	PI 315724	BN-10860-61	0,29	±	0,04	0,07
4	PI 315725	BN-14669-92	0,32	±	0,03	0,08
5	PI 315727	BN-11357-63	0,29	±	0,03	0,04
6	PI 337553	196	0,41	±	0,08	0,05
7	PI 414065	BN-14668-65	0,34	±	0,02	0,01
8	PI 414066	GRENVILLE	0,44	±	0,04	0,07
9	PI 414067	BN-8624-67	0,44	±	0,05	0,1
10	PI 414068	BN-18758-67	0,35	±	0,01	0,04
11	PI 414069	BN-309-69	0,33	±	0,03	0,07
12	PI 414070	BN-12323-69	0,31	±	0,04	0,15
13	PI 421138	CARTHAGE	0,37	±	0,03	0,21
14	PI 421520	BLACKWELL	0,28	±	0,06	0,25
15	PI 421521	KANLOW	0,28	±	0,07	0,12
16	PI 421901	MIAMI	0,27	±	0,06	0,12
17	PI 421999	AM-314/MS-155	0,24	±	0,12	0,43
18	PI 422000	WABASSO	0,37	±	0,1	0,17
19	PI 422001	STUART	0,38	±	0,08	0,08
20	PI 422003	PMT-785	0,42	-	0,08	0,13
21	PI 422006	ALAMO	0,37	±	0,08	0,12
22	PI 422016		0,42	±	0,12	0,14
23	PI 431575	KY 1625	0,41	±	0,01	0,09
24	PI 442535	156	0,34	±	0,07	0,09
25	PI 469228	CAVE-IN-ROCK	0,38	±	0,07	0,08
26	PI 476290	T 2086	0,36	±	0,08	0,08
27	PI 476291	T 2099	0,33	±	0,09	0,08
28	PI 476292	T2100	0,38	±	0,02	0,09
29	PI 476293	T2101	0,38	±	0,04	0,11
30	PI 476294	T4613	0,39	±	0,08	0,06
31	PI 476295	T4614	0,45	±	0,09	0,13
32	PI 476296	T16971	0,34	±	0,07	0,08
33	PI 476297	CADDO	0,52	±	0,12	0,14
34	PI 477003	NEBRASKA 28	0,37	±	0,11	0,14
35	PI 537588	DACOTAH	0,44	±	0,11	0,14

Ek 5. (Devam) Dallı darı biyokütlesi azot (N) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle AZOT (N) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
36	PI 549094	TRAILBLAZER	0,49	±	0,11	0,22
37	PI 591824	SHAWNEE	0,56	±	0,11	0,04
38	PI 598136	SUNBURST	0,48	±	0,18	0,23
39	GRIF1696901SD	GRIF 16969	0,43	±	0,12	0,07
40	PI 639191	WS4U	0,36	±	0,04	0,12
41	PI 639192	WS8U	0,28	±	0,14	0,81
42	PI 642190	FALCON	0,37	±	0,12	0,27
43	PI 642191	SUMMER	0,36	±	0,15	0,23
44	PI 642192	PATFINDER	0,42	±	0,11	0,09
45	PI 642193	70 SG 001	0,39	±	0,09	0,22
46	PI 642194	70 SG 002	0,37	±	0,11	0,33
47	PI 642195	70 SG 003	0,51	±	0,12	0,17
48	PI 642196	70 SG 004	0,39	±	0,11	0,27
49	PI 642197	70 SG 005	0,31	±	0,12	0,14
50	PI 642198	70 SG 006	0,33	±	0,11	0,15
51	PI 642199	70 SG 007	0,38	±	0,21	0,15
52	PI 642200	70 SG 008	0,45	±	0,11	0,14
53	PI 642201	70 SG 010	0,37	±	0,02	0,07
54	PI 642203	70 SG 012	0,46	±	0,11	0,13
55	PI 642204	70 SG 013	0,44	±	0,21	0,05
56	PI 642207	70 SG 016	0,48	±	0,06	0,04
57	PI 642208	70 SG 017	0,39	±	0,11	0,07
58	PI 642209	70 SG 018	0,36	±	0,04	0,07
59	PI 642210	70 SG 019	0,44	±	0,21	0,06
60	PI 642212	70 SG 021	0,36	±	0,07	0,08
61	PI 642213	70 SG 022	0,51	±	0,12	0,09
62	PI 642214	70 SG 023	0,4	±	0,12	0,02
63	PI 642217	70 SG 026	0,39	±	0,11	0,56
64	PI 6422019	70 SG 029	0,39	-	0,11	0,15
65	PI 642220	70 SG 031	0,39	±	0,21	0,14
66	PI 642222	70 SG 033	0,44	-	0,07	0,09
67	PI 642223	70 SG 034	0,41	±	0,08	0,04
68	PI 642224	70 SG 035	0,34	±	0,02	0,09
69	PI 642225	70 SG 036	0,35	-	0,08	0,07
70	PI 642226	70 SG 038	0,37	±	0,43	0,02

Ek 5. (Devam) Dallı darı biyokütlesi azot (N) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle AZOT (N) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
71	PI 642227	70 SG 039	0,44	±	0,08	0,09
72	PI 642228	70 SG 040	0,39	±	0,08	0,14
73	PI 642229	70 SG 041	0,34		0,02	0,08
74	PI 642230	70 SG 042	0,41	±	0,02	0,07
75	PI 642232	70 SG 044	0,36	±	0,04	0,07
76	PI 642233	70 SG 045	0,3	±	0,07	0,04
77	PI 642234	70 SG 046	0,44	±	0,02	0,07
78	PI 642235	70 SG 047	0,36	-	0,07	0,09
79	PI 642236	70 SG 048	0,38	±	0,09	0,03
80	PI 642237	70 SG 049	0,35	±	0,12	0,12
81	PI 642239	70 SG 051	0,36	±	0,11	0,09
82	PI 642240	70 SG 052	0,31	±	0,05	0,1
83	PI 642242	70 SG 055	0,39	±	0,07	0,08
84	PI 642244	70 SG 057	0,37	±	0,13	0,12
85	PI 642245	70 SG 058	0,45	±	0,11	0,13
86	PI 642247	70 SG 060	0,44	±	0,11	0,13
87	PI 642248	70 SG 061	0,49	±	0,12	0,16
88	PI 642249	70 SG 062	0,36	±	0,11	0,15
89	PI 642250	70 SG 063	0,42	±	0,11	0,16
90	PI 642251	70 SG 064	0,38	±	0,11	0,17
91	PI 642252	70 SG 065	0,3	±	0,03	0,15
92	PI 642257	70 SG 071	0,48	±	0,08	0,15
93	PI 642258	70 SG 072	0,33	±	0,12	0,08
94	PI 642259	70 SG 073	0,35	±	0,07	0,02
95	PI 642260	70 SG 074	0,36	±	0,08	0,07
96	PI 642261	70 SG 075	0,38	±	0,07	0,09
97	PI 642262	70 SG 076	0,42	±	0,08	0,06
98	PI 642263	70 SG 077	0,46	±	0,07	0,08
99	PI 642264	70 SG 078	0,42	±	0,08	0,09
100	PI 642265	70 SG 079	0,44	±	0,08	0,07
101	PI 642266	70 SG 080	0,4	±	0,07	0,08
102	PI 642267	70 SG 081	0,3	±	0,01	0,07
103	PI 642268	70 SG 082	0,41	±	0,21	0,02
104	PI 642269	71 SG 001	0,32	±	0,04	0,13
105	PI 642270	71 SG 002	0,38	±	0,03	0,14

Ek 5. (Devam) Dallı darı biyokütlesi azot (N) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle AZOT (N) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
106	PI 642271	71 SG 004	0,33	±	0,07	0,08
107	PI 642272	71 SG 005	0,38	±	0,04	0,16
108	PI 642273	71 SG 006	0,36	±	0,08	0,13
109	PI 642274	71 SG 007	0,37	±	0,09	0,12
110	PI 642276	71 SG 009	0,35	-	0,11	0,15
111	PI 642277	71 SG 010	0,38	±	0,1	0,18
112	PI 642280	71 SG 013	0,4		0,07	0,12
113	PI 642281	71 SG 014	0,29	±	0,11	0,19
114	PI 642282	71 SG 015	0,34	±	0,1	0,12
115	PI 642283	71 SG 016	0,38	±	0,11	0,13
116	PI 642285	71 SG 018	0,37	±	0,07	0,08
117	PI 642286	71 SG 019	0,45	±	0,06	0,09
118	PI 642287	71 SG 020	0,4	±	0,03	0,04
119	PI 642288	71 SG 021	0,34	±	0,12	0,19
120	PI 642289	71 SG 022	0,41	±	0,11	0,14
121	PI 642290	71 SG 023	0,37	±	0,08	0,09
122	PI 642291	71 SG 024	0,36	±	0,07	0,08
123	PI 642292	71 SG 025	0,33	±	0,07	0,08
124	PI 642293	71 SG 026	0,36	±	0,05	0,08
125	PI 642294	71 SG 027	0,38	-	0,12	0,02
126	PI 642295	71 SG 028	0,37	±	0,02	0,05
127	PI 642296	71 SG 029	0,37	±	0,02	0,05
128	PI 642297	71 SG 030	0,46	±	0,07	0,08
129	PI 642298	71 SG 031	0,41	±	0,09	0,07
130	PI 642299	71 SG 032	0,33	±	0,09	0,05
131	PI 642300	71 SG 033	0,34	±	0,11	0,48
132	PI 642301	71 SG 034	0,38	±	0,08	0,07
133	PI 642302	71 SG 035	0,44	±	0,11	0,04
134	PI 642303	71 SG 036	0,39	±	0,01	0,08
135	PI 642304	71 SG 037	0,39	±	0,41	0,07
136	PI 642305	71 SG 038	0,39	±	0,09	0,11
137	PI 642306	71 SG 039	0,32	±	0,21	0,07
138	PI 642307	71 SG 040	0,37	±	0,11	0,16
139	PI 642308	71 SG 041	0,31	±	0,12	0,11
140	PI 642309	71 SG 041 B	0,31	±	0,11	0,06

Ek 5. (Devam) Dallı darı biyokütlesi azot (N) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle AZOT (N) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
141	PI 642310	71 SG 042	0,32	±	0,21	0,04
142	PI 642311	71 SG 043	0,38	±	0,2	0,01
143	PI 642312	71 SG 044	0,45	-	0,21	0,15
144	PI 642313	71 SG 045	0,47	±	0,08	0,09
145	PI 648365	70 SG 037	0,3	±	0,15	0,8
146	PI 648366	70 SG 053	0,28	±	0,06	0,02
147	PI 648367	70 SG 070	0,37	±	0,11	0,07
148	PI 657661	BLACKWELL	0,44	±	0,07	0,08
149	PI 657662	NEBRASKA 28	0,35	±	0,11	0,08
150	PI 657663	BLACKWELL	0,39	±	0,11	0,08
151	PI 657664	GRENVILLE	0,42	±	0,13	0,09
152	PI 659334	2008FL-010	0,39	-	0,11	0,13
153	PI 659335	2008FL-011	0,51	±	0,1	0,11
154	PI 659336	2008FL012	0,42	±	0,1	0,16
155	PI 659340	9064231	0,44		0,12	0,07
156	PI 659341	9086085	0,41	±	0,22	0,11
157	PI 659342	9086087	0,31	-	0,11	0,13
158	PI 659343	9086100	0,4	-	0,12	0,11
159	PI 659345	9086103	0,38	±	0,21	0,15
160	PI 659346	9086104	0,4	±	0,2	0,18
161	PI 315728	BN-13645-64	0,44	±	0,23	0,14

Ek 6. Dallı darı biyokütlesi kükürt (S) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle KÜKÜRT (S) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
1	PI 204907		0,08	±	0	0,085
2	PI 315723	BN-8358-62	0,07	±	0	0,022
3	PI 315724	BN-10860-61	0,06	±	0,01	0,051
4	PI 315725	BN-14669-92	0,08	±	0,03	0,071
5	PI 315727	BN-11357-63	0,06	±	0,01	0,042
6	PI 337553	196	0,12	±	0,03	0,043
7	PI 414065	BN-14668-65	0,05	±	0,01	0,023
8	PI 414066	GRENVILLE	0,09	±	0,07	0,071
9	PI 414067	BN-8624-67	0,11	±	0,12	0,005
10	PI 414068	BN-18758-67	0,09	±	0	0,001
11	PI 414069	BN-309-69	0,09	±	0,02	0,003
12	PI 414070	BN-12323-69	0,08	±	0,03	0,005
13	PI 421138	CARTHAGE	0,08	±	0,05	0,022
14	PI 421520	BLACKWELL	0,07	±	0,05	0,023
15	PI 421521	KANLOW	0,08	±	0,05	0,021
16	PI 421901	MIAMI	0,05	±	0,02	0,004
17	PI 421999	AM-314/MS-155	0,09	±	0,08	0,008
18	PI 422000	WABASSO	0,06	±	0,07	0,007
19	PI 422001	STUART	0,06	±	0,08	0,012
20	PI 422003	PMT-785	0,04	-	0,01	0,85
21	PI 422006	ALAMO	0,03	±	0,07	0,012
22	PI 422016		0,1	±	0,04	0,016
23	PI 431575	KY 1625	0,07	±	0,08	0,023
24	PI 442535	156	0,09	±	0,11	0,017
25	PI 469228	CAVE-IN-ROCK	0,09	±	0,01	0,012
26	PI 476290	T 2086	0,11	±	0,01	0,006
27	PI 476291	T 2099	0,08	±	0,08	0,016
28	PI 476292	T2100	0,06	±	0,08	0,012
29	PI 476293	T2101	0,07	±	0,01	0,01
30	PI 476294	T4613	0,08	±	0,06	0,012
31	PI 476295	T4614	0,07	±	0,11	0,031
32	PI 476296	T16971	0,06	±	0,13	0,036
33	PI 476297	CADDO	0,07	±	0,01	0,012
34	PI 477003	NEBRASKA 28	0,08	±	0,01	0,04
35	PI 537588	DACOTAH	0,1	±	0,03	0,013

Ek 6. (Devam) Dallı darı biyokütlesi kükürt (S) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle KÜKÜRT (S) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
36	PI 549094	TRAILBLAZER	0,08	±	0,01	0,023
37	PI 591824	SHAWNEE	0,09	±	0,21	0,023
38	PI 598136	SUNBURST	0,1	±	0,11	0,021
39	GRIF 1696901 SD	GRIF 16969	0,06	±	0,09	0,042
40	PI 639191	WS4U	0,07	±	0,06	0,023
41	PI 639192	WS8U	0,06	±	0,07	0,021
42	PI 642190	FALCON	0,08	±	0,04	0,008
43	PI 642191	SUMMER	0,07	±	0	0,019
44	PI 642192	PATFINDER	0,08	±	0,04	0,032
45	PI 642193	70 SG 001	0,05	±	0,02	0,002
46	PI 642194	70 SG 002	0,08	±	0,02	0,004
47	PI 642195	70 SG 003	0,07	±	0,04	0,045
48	PI 642196	70 SG 004	0,06	±	0,08	0,047
49	PI 642197	70 SG 005	0,05	±	0,02	0,042
50	PI 642198	70 SG 006	0,05	±	0,01	0,452
51	PI 642199	70 SG 007	0,09	±	0,06	0,042
52	PI 642200	70 SG 008	0,08	±	0,01	0,047
53	PI 642201	70 SG 010	0,07	±	0,05	0,013
54	PI 642203	70 SG 012	0,06	±	0,05	0,014
55	PI 642204	70 SG 013	0,11	±	0,05	0,047
56	PI 642207	70 SG 016	0,08	±	0,01	0,014
57	PI 642208	70 SG 017	0,08	±	0,03	0,045
58	PI 642209	70 SG 018	0,09	±	0,05	0,061
59	PI 642210	70 SG 019	0,1	±	0,02	0,047
60	PI 642212	70 SG 021	0,08	±	0,05	0,045
61	PI 642213	70 SG 022	0,09	±	0,05	0,065
62	PI 642214	70 SG 023	0,09	±	0,12	0,325
63	PI 642217	70 SG 026	0,09	±	0,01	0,01
64	PI 6422019	70 SG 029	0,09	-	0,08	0,02
65	PI 642220	70 SG 031	0,07	±	0,04	0,021
66	PI 642222	70 SG 033	0,06	-	0,01	0,05
67	PI 642223	70 SG 034	0,08	±	0,07	0,08
68	PI 642224	70 SG 035	0,08	±	0,04	0,056
69	PI 642225	70 SG 036	0,09	-	0,06	0,012
70	PI 642226	70 SG 038	0,11	±	0,06	0,789

Ek 6. (Devam) Dallı darı biyokütlesi kükürt (S) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle KÜKÜRT (S) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
71	PI 642227	70 SG 039	0,1	±	0,06	0,012
72	PI 642228	70 SG 040	0,09	±	0,02	0,023
73	PI 642229	70 SG 041	0,11		0,12	0,09
74	PI 642230	70 SG 042	0,09	±	0,04	0,31
75	PI 642232	70 SG 044	0,08	±	0,08	0,041
76	PI 642233	70 SG 045	0,1	±	0,12	0,045
77	PI 642234	70 SG 046	0,06	±	0,06	0,04
78	PI 642235	70 SG 047	0,08	-	0,04	0,06
79	PI 642236	70 SG 048	0,08	±	0,05	0,07
80	PI 642237	70 SG 049	0,09	±	0,02	0,025
81	PI 642239	70 SG 051	0,08	±	0,12	0,13
82	PI 642240	70 SG 052	0,06	±	0,04	0,021
83	PI 642242	70 SG 055	0,09	±	0,07	0,014
84	PI 642244	70 SG 057	0,09	±	0,04	0,052
85	PI 642245	70 SG 058	0,06	±	0,04	0,005
86	PI 642247	70 SG 060	0,11	±	0,03	0,014
87	PI 642248	70 SG 061	0,08	±	0,04	0,08
88	PI 642249	70 SG 062	0,07	±	0,09	0,09
89	PI 642250	70 SG 063	0,12	±	0,06	0,104
90	PI 642251	70 SG 064	1,26	±	0,01	0,016
91	PI 642252	70 SG 065	0,09	±	0,04	0,06
92	PI 642257	70 SG 071	0,11	±	0,08	0,04
93	PI 642258	70 SG 072	0,09	±	0,09	0,014
94	PI 642259	70 SG 073	0,09	±	0,07	0,053
95	PI 642260	70 SG 074	0,07	±	0,04	0,041
96	PI 642261	70 SG 075	0,06	±	0,07	0,012
97	PI 642262	70 SG 076	0,09	±	0,04	0,01
98	PI 642263	70 SG 077	0,09	±	0,08	0,012
99	PI 642264	70 SG 078	0,1	±	0,01	0,014
100	PI 642265	70 SG 079	0,08	±	0,02	
101	PI 642266	70 SG 080	0,08	±	0,01	0,14
102	PI 642267	70 SG 081	0,07	±	0,04	0,06
103	PI 642268	70 SG 082	0,83	±	0,01	0,05
104	PI 642269	71 SG 001	0,09	±	0,01	0,042
105	PI 642270	71 SG 002	0,08	±	0,04	0,012

Ek 6. (Devam) Dallı darı biyokütlesi kükürt (S) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle KÜKÜRT (S) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
106	PI 642271	71 SG 004	0,1	±	0,01	0,025
107	PI 642272	71 SG 005	0,1	±	0,12	0,012
108	PI 642273	71 SG 006	1,56	±	0,06	0,014
109	PI 642274	71 SG 007	0,04	±	0,01	0,012
110	PI 642276	71 SG 009	0,06	-	0,02	0,056
111	PI 642277	71 SG 010	0,08	±	0,05	0,014
112	PI 642280	71 SG 013	0,08		0	0,045
113	PI 642281	71 SG 014	0,12	±	0,01	0,045
114	PI 642282	71 SG 015	0,07	±	0,01	0,014
115	PI 642283	71 SG 016	0,09	±	0,04	0,052
116	PI 642285	71 SG 018	0,07	±	0	0,04
117	PI 642286	71 SG 019	0,08	±	0,04	0,51
118	PI 642287	71 SG 020	0,1	±	0	0,012
119	PI 642288	71 SG 021	0,08	±	0	0,014
120	PI 642289	71 SG 022	0,08	±	0,07	0,015
121	PI 642290	71 SG 023	0,09	±	0,12	0,32
122	PI 642291	71 SG 024	0,07	±	0,01	0,014
123	PI 642292	71 SG 025	0,08	±	0,01	0,044
124	PI 642293	71 SG 026	0,06	±	0,04	0,015
125	PI 642294	71 SG 027	0,08	-	0,01	0,019
126	PI 642295	71 SG 028	0,06	±	0,04	0,017
127	PI 642296	71 SG 029	0,06	±	0,01	0,015
128	PI 642297	71 SG 030	0,07	±	0	0,045
129	PI 642298	71 SG 031	0,07	±	0,04	0,018
130	PI 642299	71 SG 032	0,09	±	0,14	0,25
131	PI 642300	71 SG 033	0,07	±	0	0,07
132	PI 642301	71 SG 034	0,05	±	0	0,12
133	PI 642302	71 SG 035	0,08	±	0	0,01
134	PI 642303	71 SG 036	0,1	±	0,01	0,01
135	PI 642304	71 SG 037	0,1	±	0,02	0,08
136	PI 642305	71 SG 038	2,27	±	0,23	0,62
137	PI 642306	71 SG 039	0,07	±	0	0,01
138	PI 642307	71 SG 040	0,06	±	0,01	0,02
139	PI 642308	71 SG 041	0,05	±	0,02	0,014
140	PI 642309	71 SG 041 B	2,22	±	0,08	0,045

Ek 6. (Devam) Dallı darı biyokütlesi kükürt (S) içerikleri (%)

NO	USDA /ARS Kayıt Adı	USDA /ARS BİTKİ ID	Kuru Biyokütle KÜKÜRT (S) Değerleri %			
			Ort.	±	SH	VK
141	PI 642310	71 SG 042	1,89	±	0,04	0,014
142	PI 642311	71 SG 043	0,09	±	0	0,041
143	PI 642312	71 SG 044	2,1	-	0,09	0,04
144	PI 642313	71 SG 045	0,06	±	0	0
145	PI 648365	70 SG 037	0,07	±	0	0,08
146	PI 648366	70 SG 053	0,09	±	0,01	0,07
147	PI 648367	70 SG 070	0,06	±	0,06	0,08
148	PI 657661	BLACKWELL	0,05	±	0	0,02
149	PI 657662	NEBRASKA 28	0,09	±	0	0,07
150	PI 657663	BLACKWELL	0,09	±	0	0,01
151	PI 657664	GRENVILLE	2,1	±	0,04	0
152	PI 659334	2008FL-010	0,1	-	0,01	0,08
153	PI 659335	2008FL-011	0,08	±	0,04	0,01
154	PI 659336	2008FL012	2,25	±	0,04	0,012
155	PI 659340	9064231	0,14		0	0,01
156	PI 659341	9086085	0,09	±	0	0,06
157	PI 659342	9086087	0,08	-	0	0
158	PI 659343	9086100	0,07	-	0	0,03
159	PI 659345	9086103	0,1	±	0,01	0,09
160	PI 659346	9086104	0,09	±	0,02	0,08
161	PI 315728	BN-13645-64	0,09	±	0,01	0,02