



**T.C.**

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SORGUM OTUNUN KRAFT YÖNTEMİYLE KAĞIT HAMURU ÜRETİM  
KOŞULLARININ BELİRLENMESİ**

**HAZIRLAYAN**

**CEYDA HATIL**

**DANIŞMAN**

**DOÇ. DR. AYHAN GENÇER**

**BARTIN-2019**



**T.C.  
BARTIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SORGUM OTUNUN KRAFT YÖNTEMİYLE KAĞIT HAMURU ÜRETİM  
KOŞULLARININ BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAZIRLAYAN  
Ceyda HATIL**

**JÜRİ ÜYELERİ**

|          |                                 |                              |
|----------|---------------------------------|------------------------------|
| Danışman | : Doç. Dr. Ayhan GENCER         | - Bartın Üniversitesi        |
| Üye      | : Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ | - Bartın Üniversitesi        |
| Üye      | : Dr. Öğr. Üyesi Hikmet YAZICI  | - Bülent Ecevit Üniversitesi |

**BARTIN-2019**

## KABUL VE ONAY

Ceyda HATIL tarafından hazırlanan "SORGUM OTUNUN KRAFT YÖNTEMİYLE KAĞIT HAMURU ÜRETİM KOŞULLARININ BELİRLENMESİ" başlıklı bu çalışma, 12.06.2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Ayhan GENÇER (Danışman) .....

Üye : Doç. Dr. Ayben KILIÇ PEKGÖZLÜ .....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Hikmet YAZICI .....

Bu tezin kabulü Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 12/06/2019 tarih ve 20...../.....-..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. H. Selma ÇELİKİYAY  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Ayhan GENÇER danışmanlığında hazırlamış olduğum "SORGUM OTUNUN KRAFT YÖNTEMİYLE KAĞIT HAMURU ÜRETİM KOŞULLARININ BELİRLENMESİ" başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurullara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

12.09.2019

Ceyda HATIL

## ÖNSÖZ

Bu çalışma Bartın Üniversitesi Bartın Orman Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda "Sorgum otunun Kraft yöntemiyle kağıt üretim koşullarının belirlenmesi" konulu olup değerli hocam Doç.Dr. Ayhan GENÇER yönetiminde hazırlanmıştır.

Yüksek Lisans tez danışmanlığımı üstlenerek her aşamasında bilgi ve donanımlarını esirgemeyen hocama teşekkür etmeyi borç bilirim.

Laboratuvar koşullarında yanımda olan ve bilgisini esirgemeye değerli hocalarım Arş. Gör. İsmail ÖZLÜSOYLU ve Esra CEYLAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda yanımda olan değerli arkadaşlarım Sibel AYDIN, Şeyma BAŞYİĞİT ve Ayşe AYDIN teşekkür ederim.

Ayrıca bütün zahmetlerime karşın hiçbir şekilde desteğini esirgemeyen AİLEME sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ceyda HATIL

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **SORGUM OTUNUN KRAFT YÖNTEMİYLE KAĞIT HAMURU ÜRETİM KOŞULLARININ BELİRLENMESİ**

**Ceyda HATIL**

**Bartın Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Ayhan GENÇER**

**BARTIN-2019, Sayfa: 54**

Bu çalışmada, Bartın ilinden temin edilen sorgum bitkisinin saplarından Kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretim koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Sorgum sapları 5 er cm lik boyutlandırılarak kağıt hamuru yapılabilecek aşamaya getirilmiştir. Literatürler ışığında maksimum sıcaklığa ulaşma süresi 60 dakika sabit alınarak aktif alkali oranı %10-14 ve sülfidite oranları,0-4-8-12-16% oranlarında değiştirilerek her bir grup için 5’ er pişirme olmak üzere toplam 10 adet pişirme yapılmıştır.

Yukarıda belirtilen şartlara göre elde edilen hamurlardan dövülmeden  $35 \pm 2$  ve  $50 \pm 2$  SR° değerlerine kadar dövme yapılarak otuz grup kağıt elde edilmiştir. Elenmiş hamur verimi, kappa numarası, vizkozite ve bu hamurlardan elde edilen kağıtların standart testleri yapılarak en uygun alkali ve sülfidite oranlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. En yüksek elenmiş kağıt hamuru verimi, aktif alkali% 14 ve sülfite% 12 koşullarında elde edilmiştir.

Bu hamurlardan elde edilen kağıtların mekanik özellikleri literatürle karşılaştırıldığında memnun edici sonuçlar elde edildiğinden bu oranlar pişirme koşulları olarak alınabileceği kanaatine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Alkali-sülfidite oranı; hamur verimi; kağıt üretimi; Kraft yöntemi, Sorgum.

**Bilim Kodu:** 502.06.02

## **ABSTRACT**

**Master's Thesis**

### **DETERMINATION OF PAPER PRODUCTION CONDITIONS BY KRAFT METHOD**

**Ceyda HATIL**

**Bartın University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Forest Industry Engineering**

**Thesis Advisor: Ayhan GENÇER**

**Bartın-2019, pp: 54**

In this study, it is aimed to determine the conditions of pulp production by Kraft method from stalks of sorghum plant obtained from Bartın province. Sorghum stalks were cut 5 cm in size and prepared to the stage where pulp can be made. According to the literature, the duration of reaching the maximum temperature was fixed for 60 minutes and the active alkaline ratio was changed to 10-14% and the sulphide ratios were changed to 0-4-8-12-16%.

Thirty groups of paper were obtained by beating up to  $35 \pm 2$  and  $50 \pm 2$  SR ° without beating from the pulp obtained according to the above conditions. It is aimed to determine the optimum alkaline and sulfide ratios by the standard tests of the screened pulp yield, kappa number, viscosity and paper obtained from these pulps. The highest screened pulp yield was obtained in the active alkali 14% and sulfide 12% conditions. Since the mechanical properties of the papers obtained from these pulps were compared with the literature, it was concluded that these ratios could be taken as a cooking condition.

**Keywords:** Alkali-sulfide ratio; dough yield; paper production; Kraft method; sorghum

**Science Code:** 502.06.02

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                         | <u>Sayfa</u> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| KABUL VE ONAY .....                                                                     | ii           |
| BEYANNAME.....                                                                          | iii          |
| ÖZET.....                                                                               | ivi          |
| ABSTRACT.. .....                                                                        | vi           |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                        | vi           |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....                                                     | xiii         |
| BÖLÜM 1 GİRİŞ .....                                                                     | 1            |
| 1.2 Kültürel Kağıt ve Kartonlar:.....                                                   | 1            |
| 1.3 Endüstriyel Kağıt ve Kartonlar:.....                                                | 2            |
| 1.4 Kağıdın Tarihçesi .....                                                             | 4            |
| 1.5 Kimyasal Yöntemle Kağıt Hamuru Üretimi.....                                         | 5            |
| 1.5.1 Sülfat (Kraft Yöntemi) .....                                                      | 7            |
| 1.5.2 Kraft Yöntemiyle Üretilen Kağıt Hamurlarının Özellikleri.....                     | 7            |
| 1.5.3 Sülfat Yönteminde Kullanılan Bazı Standart Terimler .....                         | 8            |
| 1.5.4 Sülfat pişirme çözeltisinin lignoselülozik madde bileşenleri ile reaksiyonu ..... | 9            |
| 1.6 Sorgum Otu Hakkında Bilgiler.....                                                   | 10           |
| 1.6.1 Sorgum Bitkisinin Özellikleri: .....                                              | 11           |
| 1.6.2 Sorgum Otu Yetiştirme Şartları: .....                                             | 11           |
| 1.7.1 Dünya’da Sorgum Üretimi Ve Tüketimi.....                                          | 12           |
| 1.7.2 Türkiye’ de Sorgum Üretimi Ve Ticareti.....                                       | 13           |
| 1.7.3 Sorgum Otunun Botanik Özellikleri .....                                           | 14           |
| 1.7.4 Bitkinin Bileşimi Ve Besin Değeri .....                                           | 14           |
| 1.8 Çalışmanın Amacı .....                                                              | 14           |
| BÖLÜM 2 LİTARATÜR ÖZETİ.....                                                            | 16           |



|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| BÖLÜM 3 MATERYAL VE METOT .....                                                                           | 18 |
| 3.1 Materyal .....                                                                                        | 18 |
| 3.2 Metot 18                                                                                              |    |
| 3.2.1 Sorgum Örneklerinin Kimyasal Analizlere Hazırlanması .....                                          | 18 |
| 3.2.2 Rutubet Tayini.....                                                                                 | 19 |
| 3.2.3 Kimyasal Analiz Yöntemleri.....                                                                     | 20 |
| 3.2.3.1 Holoselüloz Tayini .....                                                                          | 20 |
| 3.2.3.2 Lignin Tayini.....                                                                                | 21 |
| 3.2.3.3 Alfa Selüloz Tayini .....                                                                         | 22 |
| 3.2.4 Çözünürlük Değerleri.....                                                                           | 22 |
| 3.2.4.1 Alkol Çözünürlüğü (Ekstraksiyon) .....                                                            | 23 |
| 3.2.4.2 Soğuk Su Çözünürlüğü .....                                                                        | 23 |
| 3.2.4.4 %1' lik NaOH Çözünürlüğü .....                                                                    | 24 |
| 3.3 Sorgum Liflerinin Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi .....                                        | 25 |
| 3.3.1 Lif Morfolojisine Ait Ölçme Yöntemleri .....                                                        | 25 |
| 3.3.2 Liflerin Ebatlarıyla İlgili Hesapların Yapılmasında Kullanılan Yöntemler.....                       | 26 |
| 3.3.3 Kraft (Sülfat) Metodu.....                                                                          | 27 |
| 3.3.4 Deneme Kağıtlarının Yapımında Uygulanan Metodlar .....                                              | 27 |
| 3.3.5 Deneme Kağıtlarına Özelliklerini Belirlemek İçin Uygulanan Fiziksel, Mekanik ve Optik Testler ..... | 28 |
| 3.4 Kağıt Hamuruna Uygulanan Deneyler .....                                                               | 30 |
| 3.4.1 Kappa Numarası Tayini .....                                                                         | 31 |
| 3.4.2 Viskozite Tayini .....                                                                              | 31 |
| BÖLÜM 4 BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                                                        | 32 |

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 Sorgum Otunun Lif Morfolojisine Ait Bulguları.....                                                                                            | 32 |
| 4.2 Sorgum Otunun Kimyasal Analiz Sonuçları .....                                                                                                 | 34 |
| 4.3 Sorgum Otundan Kraft Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamuruna Ait Veriler.....                                                                   | 36 |
| 4.4 Sorgum Otundan Farklı Pişirme Şartlarında Elde Edilen Dövülmemiş Hamurlara Ait Schoper Bulguları .....                                        | 37 |
| 4.5 NaOH Ve Sülfiditeden Elde Edilen Hamurların Fiziksel Ve Optik Özellikleri .....                                                               | 37 |
| 4.5.1 Sorgum Bitkisinden Kraft Yöntemiyle Üretilen Kağıt Hamurlarının Verim Ve Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Pişirme Koşullarına Etkisi ..... | 38 |
| 4.5.2 Pişirme Koşullarının Kappa Numarası Değişimine Etkisi.....                                                                                  | 39 |
| 4.5.3 NaOH Oranının Kappa Numarasına Etkisi .....                                                                                                 | 39 |
| 4.5.4 Sülfidite Oranının Kappa Numarasına Etkisi.....                                                                                             | 39 |
| 4.6 Sorgum Otundan Kraft Yöntemiyle Üretilen Kağıtlarının Fiziksel Ve Optik Özelliklerine Pişirme Koşullarına Etkisi .....                        | 40 |
| 4.6.1 Pişirme Koşullarının Kağıdın Opaklık Değerleri Üzerine Etkisi.....                                                                          | 40 |
| 4.6.2 Pişirme Koşullarının Kağıdın Parlaklık Değeri Üzerine Etkisi .....                                                                          | 41 |
| 4.6.3 Pişirme Koşullarının Kağıdın Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi .....                                                                           | 42 |
| 4.6.4 Pişirme Koşullarının Kağıdın Kalınlığı Üzerinde Etkisi .....                                                                                | 43 |
| 4.6.6 Pişirme Koşullarının Kağıdın Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....                                                                             | 44 |
| 4.6.7 Pişirme Koşullarının Kağıdın Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi .....                                                                            | 45 |
| BÖLÜM 5.....                                                                                                                                      | 47 |
| SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                                                                                                           | 46 |
| KAYNAKLAR.....                                                                                                                                    | 48 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                                                                     | 54 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| Şekil                                                                                                            | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| No                                                                                                               | No    |
| Şekil 1.1: Kağıt ve kağıt ürünleri üretimi (milyon ton, 2013) .....                                              | 3     |
| Şekil 1.2: Sorgum kraft hamuru (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018) .....                                               | 6     |
| Şekil 1.3: Sorgum hamurunun yıkanma aşaması (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018) .....                                  | 6     |
| Şekil 1.4: Laboratuvar şartlarında kurutulmaya bırakılan sorgum otu görüntüsü (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2017)..... | 10    |
| Şekil 3.1: Holoselüloz deneyi (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).....                                                 | 21    |
| Şekil 3.2 Lignin deneyi hazırlama aşamasındaki örnekler (Fotoğraf:Ceyda HATIL, 2018).22                          |       |
| Şekil 3.3: Ekstraksiyon deneyi (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018) .....                                               | 23    |
| Şekil 3.4: Soğuk su çözünürlüğü (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).....                                               | 24    |
| Şekil 3.5: % 1' lik NaOH çözünürlüğü (Ceyda HATIL, 2018).....                                                    | 25    |
| Şekil 3.6: lif ölçümü için örneklerin hazırlanması ( Fotoğraf:Ceyda HATIL) .....                                 | 26    |
| Şekil 3.7: Kalınlık Ölçüm Cihazı (Fotoğraf: Ceyda HATIL) .....                                                   | 28    |
| Şekil 3.8: Hava geçirgenliği test cihazı (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).....                                      | 28    |
| Şekil 3.9: Opaklık, parlaklık test cihazı (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018) .....                                    | 29    |
| Şekil 3.10 Yırtılma test cihazı (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018) .....                                              | 29    |
| Şekil 3.11: Kopma Teat Cihazı (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018) .....                                                | 29    |
| Şekil 3.12: Patlama Test Cihazı (Ceyda HATIL, 2018) .....                                                        | 30    |

## TABLÖLAR DİZİNİ

| Tablo<br>No                                                                                                                                                                                              | Sayfa<br>No |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Tablo 1.1:</b> 2015-2018 Yılları arası büyüme oranı .....                                                                                                                                             | 3           |
| <b>Tablo 3.1:</b> Sorgum saplarına, elde edilen hamura ve kağıtlara uygulanan testler .....                                                                                                              | 19          |
| <b>Tablo 4.1:</b> Sorgum otunun kalın uç kısmından alınan örneklerin lif ölçümlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....                                                 | 32          |
| <b>Tablo 4.2:</b> Sorgum otunun orta kısmından elde edilen örneklerin lif ölçümlerine ait ortalama, sapma ve varyasyon katsayısı değeri .....                                                            | 33          |
| <b>Tablo 4.3:</b> Sorgum otunun ince uç kısmından elde edilen örneklerin lif ölçümlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değeri.....                                                 | 33          |
| <b>Tablo 4.4:</b> Sorgum otunun 3 parçaya bölünerek kalın uç kısmına yapılan kimyasal analiz sonuçları .....                                                                                             | 34          |
| <b>Tablo 4.5:</b> Sorgum otunun orta kısmından alınan örneklerden yapılan kimyasal analiz sonuçları .....                                                                                                | 35          |
| <b>Tablo 4.6:</b> Sorgum otunun ince uç kısmından alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları                                                                                                            | 35          |
| <b>Tablo 4.7:</b> Sorgum otundan elde edilen kağıt hamuruna ait elenmiş verim, elek artığı ve toplan verim değerleri.....                                                                                | 36          |
| <b>Tablo 4.8:</b> Sorgum otundan elde edilen kağıt hamuruna ait dövülmemiş SR° değerleri. ..                                                                                                             | 37          |
| <b>Tablo 4.9:</b> Sorgum otundan NaOH ve Na <sub>2</sub> S metoduyla farklı koşullarda üretilen elenmiş verim, elek artığı, kappa numarası ve viskozite değerleri. ....                                  | 38          |
| <b>Tablo 4.10:</b> Kappa numaralarının NaOH miktarına bağlı olarak, ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değeri.....                                                                          | 39          |
| <b>Tablo 4.11:</b> Farklı değerlerdeki NaOH ve Sülfidite oranlarına bağlı olarak kappa numaraları verilmiştir. ....                                                                                      | 39          |
| <b>Tablo 4.12:</b> NaOH ve Na <sub>2</sub> S oranına bağlı olarak dövülmemiş SR° hamurlardan üretilen kağıtların opaklık değerlerinin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısına ait veriler..... | 40          |
| <b>Tablo 4.13:</b> Dövülmemiş, 35 SR°, SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri. ....                                           | 41          |
| <b>Tablo 4.14:</b> Pişirme şartlarının kağıdın parlaklık değeri üzerine etkisi. ....                                                                                                                     | 42          |
| <b>Tablo 4.15:</b> Dövülmemiş, 35 SR° , 50 ° hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisinin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri. ....                                     | 42          |

|                                                                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 4.16:</b> Pişirme koşullarının kağıdın yırtılma indisi üzerine etkisi.....                                                                                                                           | 43 |
| <b>Tablo 4.17:</b> Dövülmemiş (SR°), 35 SR°, 50 SR° hamurlarından elde edilen kağıtların kalınlık verilerinin ortalamna, standart sapma ve varyasyon katsayı değerleri.....                                   | 43 |
| <b>Tablo 4.18:</b> Dövülmemiş(SR°), 35 SR°, 50 SR° hamurlarından elde edilen kağıtların ortalama, stadndart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri. ....                                                      | 44 |
| <b>Tablo 4.19:</b> Dövülmemiş (SR°), 35 SR°, 50 SR° hamurlarından elde edilen kağıtların NaOH ve Na2S oranlarına bağlı olarak patlama indisinin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayı değerleri. .... | 44 |
| <b>Tablo 4.20:</b> Dövülmemiş(SR°), 35 SR° hamurlarından elde edilen kopma uzunluğunun ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri. ....                                                        | 46 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|     |              |
|-----|--------------|
| a:  | :alfa        |
| cm: | : santimetre |
| g   | : gram       |
| m   | : metre      |
| µm  | : milimikron |
| mm  | : milimetre  |
| %   | : yüzde      |

### KISALTMALAR

|                   |                                                        |
|-------------------|--------------------------------------------------------|
| AB                | : Avrupa Birliği                                       |
| ABD               | : Amerika Birleşik Devleti                             |
| NaOH              | : Sodyum Hidroksit                                     |
| Na <sub>2</sub> S | : Sodyum Sülfür                                        |
| °S                | : Schopper Riegler                                     |
| TAPPI             | : Technical Association of the Pulp and Paper Industry |
| TEA               | : Tensile Energy Absorption                            |
| AA                | : Aktif Alkali                                         |

# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

### 1.1 Kağıt Hamuru Üretimi

Kağıt hamuru, otsu ve odunsu bitkilerin kimyasal ve/veya mekanik işlemlerden geçirilerek bireysel hale gelen lif kümesidir. Kağıt ise bu liflerin su maharetiyle bir elek üzerinde süzülmesinden elde edilen safihanın kurutulmasından elde edilir. Kağıt hamuru üretiminde kullanılan hammaddelerin oransal olarak büyükten küçüğe sıralanması; iğne yapraklı ağaçlar, yapraklı ağaçlar ve yıllık bitkiler şeklindedir. Kağıt üretiminde bu sıralama aynı kalmakla beraber, atık kağıtların geri dönüşümünden elde edilen hamurlarda son sırayı almaktadır. Hamur lifleri kullanılan ağaç türüne göre farklı özelliktedir. İğne yapraklı ağaç odunlarındaki lifler uzun ve esnek oldukları için hamurlarından yırtılma direnci yüksek kağıtlar elde edilebilir. Yapraklı ağaç odunlarında ise lifler kısa olduklarından bu tür hammaddelerden elde edilen hamurların yazı-baskı kağıdı üretiminde kullanılmaları daha uygundur. Yıllık bitkilerden elde edilen kağıt hamurları ise hammadde türüne göre çok farklı kullanım alanları bulmuştur. Kullanım amacına göre çeşitli kağıtlar üretilebilir. Ancak, bir sınıflama yapmak için kağıdın önemli özelliklerinden birisi olan metrekaresine (m<sup>2</sup>) ağırlığı kullanılır. Buna göre kağıt, üç çeşit sınıfa ayrılabilir.

- Kağıt 10- 150 gram/ m<sup>2</sup>
- Karton 150- 400 gram/m<sup>2</sup>
- Mukavva 400- 1200 gram/m<sup>2</sup> (Eroğlu, 1990)

Uluslararası istatistiklerde ise kağıt ve kartonlar kullanma amaçlarına göre iki ana gruba ayrılırlar:

### 1.2 Kültürel Kağıt ve Kartonlar

Kimyasal hamur ve kimyasal hamur yöntemleriyle işlem görerek kullanıma hazır hale getirilen geleneksel kağıtlardır.

Gazete, dergi, kitap, yazı kağıdı vb.

Yazı Tabı Kağıtları: Yazı yazılabilen ve baskı yapılabilen özellikte olan kağıtlardır. Genel olarak mekanik odun hamuru ile kimyasal hamurlarından oluşmaktadır.

Gazete Kağıdı: Düşük miktarda kimyasal hamur ve yüksek miktarda mekanik odun hamuru içeren gazete baskısı için üretilen kağıtlardır.

### 1.3 Endüstriyel Kağıt ve Kartonlar

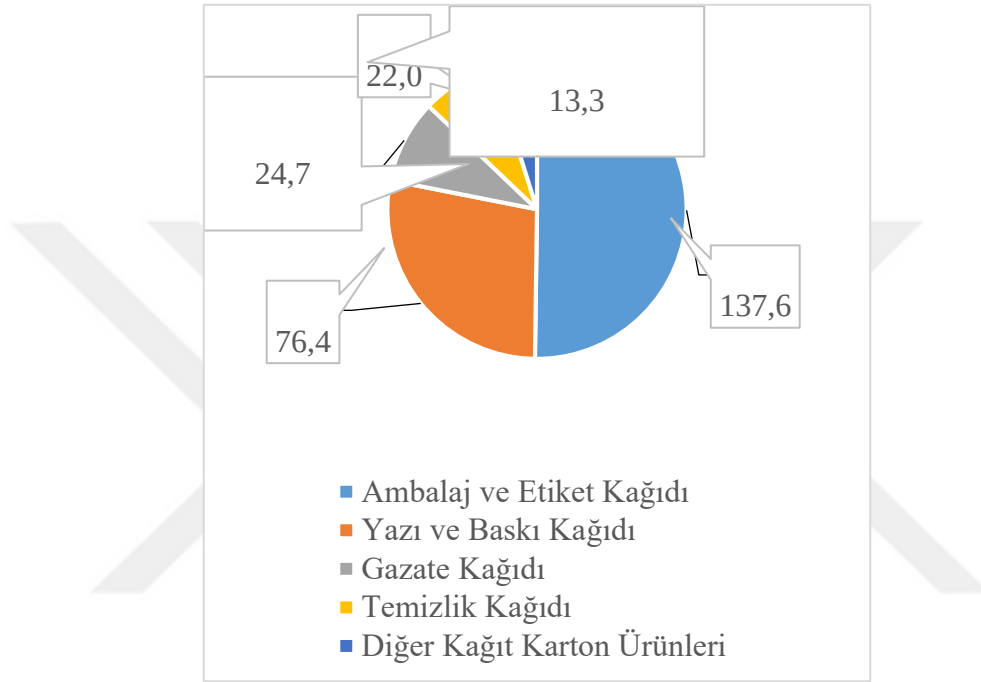
Endüstriyel kağıtlar ise ambalaj, kutu imali, temizlik kağıtları, fotoğraf kağıdı, elektriksel izolasyon kağıtları vs. gibi ticari yaşamda kullanılan kağıt ve kartonlardır (Eroğlu, 1990).

Dünyada ve Türkiye’de kağıt hamuru elde etmek için harcanan hammaddelerin zaman geçtikçe azalması, üreticileri başka kaynak araştırmalarına itmiştir. Kaynakları bulmak amacıyla farklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Odun hammaddesi elde etmek amacıyla boş arazilere ağaç dikilmesi, hızlı büyüyen ağaçların yetiştirilmesinin çoğaltılması, odun dışında ağacın kısımlarının kağıt üretilmesinde harcanması, bu konuyla ilgi araştırmalar artmıştır. Diğer taraftan odun dışında tarımsal atıklar, yıllık bitkiler kağıt hamuru elde etmek için önemli hammaddeler diğer bir seçenek olarak değerlendirilebilir. 19. yy. ilk zamanlarında lignoselülozik hammadde olarak bilinen yıllık bitkilerden üretim elde edilmiştir. Ormana yönelik hammaddelerin azalması sebebiyle ikinci dünya savaşından sonra yıllık bitkilere yöneliş artmıştır ve çok sayıda geniş çaplı fabrikalar yapılmıştır. Artan nüfusa ve gelişmeye paralel olarak tüketimde artmaktadır. Bir ülkede kağıt tüketiminin artması, o ülke için kültür ve endüstri alanlarında gelişmişliğin göstergesidir. Kağıdın yazı yazmada, temizlikte, ambalajda, gazete, kitap ve dergi üretiminde önemli bir yeri vardır. Kağıt, dayanıksız tüketim malı olduğundan azalan hammadde kaynakları, artan çevre kirliliği ve enerji fiyatları kağıt üretim girdilerini önemli ölçüde etkilemiştir. Bundan dolayı, son yıllarda yapılan çalışmalar hammaddeden en yüksek verimi elde etmeyi, üretim sırasında tüketimi en düşük düzeyde tutmayı, çevre kirliliğini mümkün olduğunca azaltmayı ve kaliteyi iyileştirmeyi amaçlamaktadır (Bostancı, 1987).

Dünya genel olarak 2013 verilerine göre kağıt ürünleri ve kağıt elde edilmesi 274 milyon civarında olmaktadır. Üretilen ürünlerin yarısına yakın miktarını etiket ve ambalaj kağıtları kapsamaktadır. İkinci ürün ise 76 milyonluk üretimi ile baskı ve yazı kağıtları olarak bilinmektedir. %9’ luk üretim hacmi ile temizlik ve gazete kağıtları toplam üretimdeki yerini belirtmiştir. Karton ve kağıt ürünleri %5’ lik pay ile son sırada yerini almıştır.



Sektör genelinde üretimin önümüzdeki yıllarda büyümeye devam edeceği tahmin edilmektedir. Dünyada kağıt ve kağıt ürünleri üretiminin 2018 yılında 279 milyon tona ulaşacağı öngörülmektedir. Ürün bazında değerlendirildiğinde, ambalaj ve etiket kağıdı ürünlerinin sektördeki payının artması beklenmektedir. Teknolojik gelişmelerle birlikte dijitalleşmenin hızlandığı günümüz dünyasında yazı ve baskı kağıdı ile gazete kağıdı üretiminin ise gerileyeceği tahmin edilmektedir ( URL-1, 2018). Şekil 1’de 2013 yılı verilerine göre kağıt ve karton üretimi gösterilmiştir.



Şekil 1.1: Kağıt ve kağıt ürünleri üretimi (milyon ton, 2013)

Tablo 1.1.’de 2015-2018 Arası Yıllık Ortalama Büyüme Projeksiyonu gösterilmiştir.

Tablo 1.1: 2015-2018 Yılları arası büyüme oranı.

| 2015-2018 Arası Yıllık Ortalama Büyüme Projeksiyonu |                          |                |                      |                                |               |
|-----------------------------------------------------|--------------------------|----------------|----------------------|--------------------------------|---------------|
| Temizlik Kağıdı                                     | Ambalaj ve Etiket Kağıdı | Sektör Toplamı | Yazı ve Baskı Kağıdı | Diğer Kağıt ve Karton Ürünleri | Gazete Kağıdı |
| 4,5                                                 | 3,5                      | 1,2            | -1,3                 | -1,4                           | -3,2          |

Dünya kağıt ve kağıt ürünleri tüketiminde Çin ilk sırada yer almaktadır. 2013 yılında Çin'in 89 milyon kağıt tükettiği tahmin edilmektedir. Çin'in ardında ikinci sırada olan ABD ' de 2013 yılında toplam kağıt ve kağıt ürünleri tüketimi 68,8 milyon ton düzeyinde olup pazarın son yıllarda daralma eğiliminde olduğu görülmektedir. Almanya, İtalya, İngiltere ve Fransa gibi Avrupa ülkeleri sektörün önemli pazarları arasında yer almaktadır. Tüketimin dalgalı bir seyir izlediği Rusya ve İspanya'da kağıt ürünleri tüketimi 2013 yılında sırasıyla 6,4 milyon ton ve 6,1 milyon ton seviyesinde gerçekleşmiştir. Son yıllarda kağıt tüketimi Türkiye'de de artış eğilimindedir. 2013 yılında Türkiye 5,7 milyon tonluk kağıt tüketimiyle dünyada dokuzuncu büyük pazar olmuştur. Kişi başına düşen kağıt tüketimi gelişmişlik seviyesini yansıtmaması bakımından önem taşımaktadır. 2013 yılında Almanya' da kişi başına kağıt tüketimi 246 kg seviyesinde gerçekleşmiştir. İkinci sırada yer alan ABD tüketim 216 kg iken, gelişmiş Avrupa ülkelerinde bu rakam 130-160 kg civarındadır. Bu dönemde Türkiye'deki kişi başına kağıt tüketimi 75 kg olmuştur. En büyük Pazar Çin' de kişi başına tüketim ise 66 kg'dır (URL-1, 2018).

#### **1.4 Kağıdın Tarihçesi**

M.Ö. 4000 yıllarında bulunan Cyperius (papirüs) denilen bitkinin sapı uygun boyutlarda kesilip bir tahta üzerine dizilip, sulu vaziyette tokmaklanarak bir çeşit kağıt üretilmekteydi. Yapılışı ve özelliği bakımından bugünkü kağıttan farklı olmakla beraber, kağıt ismi papirüs kağıdından kalmıştır (Eroğlu, 1990). Kağıdın kimin tarafından bulunduğu kesin bilinmemektedir. Ancak bugünkü kağıt hamuru ile elde edilen kağıdın ilk modeli milattan sonra 105'te Çin'de Ts' ai Lun adında bir saray görevlisi tarafından yapıldığı kabul edilmektedir. Ts'ai Lun Ağaç kabukları, bez parçaları ve diğer lifli malzemeleri özlü ve yumuşak bir hamur haline gelinceye kadar dövülüp, elde ettiği hamuru geniş bir tekne içinde suyla karıştırılarak ilk mekanik odun hamurunu elde etti. Daha sonra gözenekli bir kalıbı, hamurun içine daldırıp yukarıya kaldırıldığında, su gözeneklerden süzülerek aşağı akıyor, kalıbın yüzeyinde lifli bir tabaka kalıyordu. Bu tabaka kalıp üzerinden alınıp kurutulduğunda ve üzerinden el yapımı silindirlerle ilkel kalenlerdemeden sonra kullanıma hazır hale geliyordu. Kağıt Çin'den, Orta Asya'ya oradan da İran'a geçti. 751 senesinde yapılan Talas Meydan Muharebesinden sonra Çin'den alınan esirlerden kağıt yapımı öğrenildi. Çin'in dışında ilk defa Semerkant'a kağıt yapım merkezi kuruldu (URL-2, 2018).

Kağıt endüstrisi en eski endüstrilerden olup dünyanın en büyük 5 endüstri içerisinde üçüncü sırada yerini almaktadır. Bu endüstri kolları: Demir-çelik, tekstil, kağıt, organik kimyasallar ve petrokimya endüstrileridir.

Kağıt sanayisi iki kısma ayrılır; Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi, Kağıt karton üretim teknolojisi.

Ülkemizde üretimi ve tüketimi yapılan kağıt karton türleri şunlardır:

- Yazı tabı kağıdı
- Gazete kağıdı
- Sargılık kağıtlar
- Kraft torba kağıdı
- Oluklu mukavva kağıtları
- Sigara ve ince özel kağıtlar
- Temizlik kağıtları
- Kartonlar

Ana hatlarıyla kağıt hamuru üretiminde kimyasal ve mekanik yöntemlerle kağıt hamuru üretilmekte olup, prosese göre değişik isimlendirmeler yapılmaktadır. Çalışmamızda Kraft yöntemi kullanıldığından bu yöntem detaylı olarak açıklanmıştır.

### **1.5 Kimyasal Yöntemle Kağıt Hamuru Üretimi**

Kimyasal yöntemle kağıt elde edilmesindeki asıl amaç lifleri toplu olarak bulunmasını sağlayan ve genellikle lignin ile oluşan orta lameli kimyasallarla ayırarak bireyselleştirme işlemidir. Hücre çeperindeki lignin ve hemiselülozlar ayrıştığı için toplu halden dağınık hale gelen lifler esneklik açısından artış gösterir. Mekanik enerji uygulaması söz konusu olmadığı için liflerde mekanik yıpranma yoktur. Kimyasal yöntemle elde edilen kağıtların diğer yarı kimyasal ve mekanik yöntemle göre lifler arası bağları daha dayanıklı ve direnci fazladır.

Şekil 2’de görüldüğü gibi pişirme kazanından çıkan hamur hiçbir mekanik işlem görmeden kimyasal yöntemle liflenmektedir.



Şekil 1.2: Sorgum kraft hamuru (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).

Şekil 1.2’ sinde belirli süre pişirme işlemi sonrası kazandan çıkartılan hamurun yıkanma aşamasındaki görüntüsü verilmektedir.



Şekil 1.3: Sorgum hamurunun yıkanma aşaması (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).

İşleminden sonra mekanik etki olmaksızın mikserde açılan lifler eleme işlemine tabi tutularak liflenmeyen kısımlar ayrılır. Bu kısımlar elek artığı olarak adlandırılır. Elek artığı pişirmede kullanılan tam kuru yonga ağırlığına oranla yüzde olarak ifade edilir. Eleme

kademesinde kabul gören ve kağıt yapımına uygun hamur kısmına elenmiş hamur denilmektedir. Elenmiş hamur verimi toplam verimden elek artığı oranın çıkarılması ile hesaplanabilir (Kırcı, 2000).

### 1.5.1 Sülfat (Kraft Yöntemi)

Kağıt yapımına Avrupa ve Kuzey Amerika'da kireç ve kostik soda (NaOH) kullanılarak keten ve pamuk şeklindeki paçavraların pişirilmesiyle faaliyete başlandı. Soda yöntemiyle kağıt hamuru üretimine ek olarak sülfür katılması ile ortaya çıkan bir yöntemdir. Kraft yönteminde kullanılan kimyasallar sodyum sülfür ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) ve sodyum hidroksit (NaOH)'tir. Sülfür, lignin uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece, yongalar soda yönteminkinden daha kısa bir süre sıcak alkaliye maruz kalırlar. Bu yöntemle ilgili ilk patent 1871 yılında Amerika'da Eaton tarafından alınmıştır (Kocurek, 1989). Daha sonra Alman kimyacı Dahl sülfat yönteminde kaybolan sülfürün sodyum sülfat, alkalinin ise sodyum karbonat ile yer değiştirebileceğini bulmuş ve konuda ilk patenti almıştır. Elde edilen hamurlar o zamana dek uygulanan diğer yöntemlerle oluşarlardan daha güçlü olduğu için Almanca'da ve İsveç dilinde sağlam anlamına gelen kraft adını almıştır (Gullichen ve Paulapuro, 2000). Kraft yöntemiyle kağıt üretimi ilk olarak ibreli ağaçtan İsveç' te üretilmiştir. Fakat bir kaza sonrası yongalar tam muamele görmeden kazan patlamıştır. Tam pişmeyen yongalar atık malzeme olmak yerine fabrikanın talebiyle adi bir kağıt üretmek için Kollergang aletinde işlem görmüştür. Bu kağıt renk bakımından koyu görünse bile o zamana kadarki üretilen kağıtlardan göre sağlamdır. Kraft kağıt üretiminin diğer adı sülfat kağıt üretimi olarak bilinmektedir. Böyle bilinmesinin nedeni sodyum sülfatın sodyum sülfüre indirgenme işlemidir. Kraft kağıt üretimi, sülfat üretimine göre kağıtları sağlam ve koyu renkli özelliğe sahiptir. Verim miktarını artırmak amacıyla örnekler az pişirilerek rafinörde işlem görmüştür.

### 1.5.2 Kraft Yöntemiyle Üretilen Kağıt Hamurlarının Özellikleri

Sülfat Yöntemiyle Üretilen Kağıt Hamurları;

- Kopma sayıları aynı olsa dahi Kraft hamurları daha koyu renklidir.
- Hamurların lifleri daha rijittir, zor hidratlaşır, şişerler, bu nedenle dövülmeleri bisülfid hamurlarına göre çok daha zordur.

- Selüloz zincirinde zayıf noktalar bisülfite hamurlarında belirli yerlere toplanmasına rağmen Kraft hamurlarında tesadüfi bir şekilde dağılmıştır. Bunun için kraft lifleri sağlamdır.

Kraft hamurlarından elde edilen kağıtlar bisülfite hamuruna kıyasla yırtılma direnci yönünden daha iyidir. Tercihen ambalaj kağıdı olarak kullanılır.

### 1.5.3 Sülfat Yönteminde Kullanılan Bazı Standart Terimler

Sülfat pişirme yönteminde kullanılan standart terimlerin bazıları aşağıda belirtilmiştir (Kırcı, 2000).

- Toplam kimyasal madde: Pişirme çözeltisindeki toplam kimyasal madde miktarı olup çözelti içerisindeki bütün sodyum tuzlarını içine alır. Değişik molekül ağırlığına sahip bu tuzların belirli bir değer altında toplanabilmesi için bütün sodyum oksit ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) cinsinden çevrilmesi standart bir uygulama haline gelmiştir.
- Toplam alkali miktarı: Sülfat pişirme çözeltisindeki  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$  ve  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  konsantrasyonları toplamına eşittir. Soda pişirme çözeltisinde  $\text{NaOH}$  ve  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  konsantrasyonları toplamına eşittir. Bütün bu maddeler  $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden hesaba katılır.
- Aktif alkali: Sülfat yönteminde  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$  konsantrasyonları toplamı; soda çözeltisinde ise  $\text{NaOH}$  konsantrasyonudur. Hesaplara  $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden ilave edilir.
- Toplam titre edilebilir alkali: Sülfat pişirme çözeltisinde  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$  konsantrasyonlarının toplamı; soda yöntemi ise  $\text{NaOH}$  ve  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  konsantrasyonları toplamıdır.  $\text{Na}_2\text{O}$  cinsinden hesaplara dahil edilirler.
- Sülfide oranı: Kraft pişirme çözeltisi için kullanılan bu ifade sodyum sülfür konsantrasyonunun toplam titre edilebilir alkali konsantrasyonuna oranının yüzde ifadesidir.
- Sülfidite (%) =  $(\text{Na}_2\text{S}/(\text{NaOH}+\text{Na}_2\text{CO}_3)) \times 100$

Alkali pişirme çözeltisinin odun yongalarına nüfuzu, sodyum hidroksitin hücre çeperlerinden kolaylıkla geçmesiyle yonganın her yönüne doğru aşağı yukarı aynı şekilde olmaktadır. Alkali pişirme çözeltisinde odun, içerisinde şişer ve her iki tarafa eşit olur (Casey, 1960).

#### 1.5.4 Sülfat pişirme çözeltisinin lignoselülozik madde bileşenleri ile reaksiyonu

Bu pişirmede ki asıl amaç lignin çözünerek hamur yapımı için kullanılan örneklerden uzaklaştırmaktır. Fakat karbonhidrat oranından kayıp olmadan kağıt hamuru elde edilememektedir. Pişirmenin ilk aşamalarında düşük molekül ağırlığındaki güçsüz hemiselüloz fraksiyonları pişirme çözeltisine karışır. Selüloz alkali atağına karşı en dayanıklı polimer olmasına karşın kraft pişirmesi sırasında odundaki selülozun yaklaşık olarak %5'i çözünüp pişirme çözeltisine geçmektedir. Selülozun parçalanma reaksiyonları 120-130°C sıcaklıkta başlar ve sıcaklığın yükselmesi ile artar. Maksimum pişirme sıcaklığına (170°C) çıkıldığında selülozdaki bozunma tedrici olarak yavaşlar. Kalıntı delignifikasyon fazında selülozun bozunma reaksiyonu oldukça yüksek bir seviyeye ulaşır. Öyle ki bu evrede selüloz, yüzeyine tutunan ligninle birlikte çözünür'' (Fengel ve wegener, 1989). Kağıdın dayanıklılığını kağıt hamurundaki verim miktarı değiştirir. Verim miktarının yüksek olması çekme miktarı ve yırtılma oranını negatif yönde etkiler. Böyle olmasındaki sebep kağıttaki lif oranındaki düşüş ve selülozun hemiselüloz miktarındaki azalma ve gevrek liflerdir. Hemiselüloz miktarındaki artış kağıt hamurundaki verim artışına neden olur. Bu nedenle selüloz miktarının hemiselüloz miktarına oranı düşmüştür. Verimin yüksek olması hemiselülozun yüksek olmasıyla alakalıdır. Yırtılma direnç özelliğinde düşüş görülmektedir.

Kraft yönteminde odun NaOH ve Na<sub>2</sub>S karışımı ile alkali ortamda 170-180°C sıcaklıklarda 7-10 kg/cm<sup>3</sup> basınç altında pişirilir. Pişirme sırasında odunda bulunan lignin ve ekstraktif maddeler uzaklaştırılarak selüloz lifleri serbest hale getirilmeye çalışılır. Bu sırada odunda bulunan lignin pişirme çözeltisindeki sülfürle etkileşerek tiyolignine dönüşür ayrıca bir kısım karbonhidratlar özellikle polyozlar degradasyona uğrayarak pişirme çözeltisine geçerler (Casey, 1980).

## 1.6 Sorgum Otu Hakkında Bilgiler

Sorgum ve türlerinin anavatanı Afrika'dır. Bu bitkiden dane, silaj, yeşil ve kuru hayvan yemi, ev süpürgesi, şıra, duvar kaplama gibi pek çok alanda faydalanılmaktadır'' (Dayton, 1948). Sorgum türleri birbirleri arasında kolayca melezlenerek verimli döller vermekte olup, sorgum (*Sorgum bicolor Moench*) ile sudan otu (*Sorgum sudanense Stopf.*)'nun melezlenmesi sonucunda sorgum-sudan otu melezi elde edilmiştir(Skerman ve Riveros 1990).

Sorgum bitkileri kurak ve yarı kurak bölgelerde sulanarak yetiştirildiğinde iyi gelişen ancak, kurak dönemlerde su stresine de oldukça dayanıklı bitkiler olup (Barnes ve ark. ,1995), sap, yaprak, kını ve yaprak ayasının genellikle mum tabakasıyla kaplı olmasından dolayı trasprasyonla kaybedilecek su miktarı minimuma indirilmektedir (Kumuk ve Avcioğlu ,1986, Emeklier, 1993, Acar ve ark. ,2001).



Şekil 1.4: Laboratuvar şartlarında kurutulmaya bırakılan sorgum otu görüntüsü (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2017).



Son zamanlarda insan beslenmesinde önemli yere sahip olan sorgum, tarım ve hayvancılıkta gelişmiş ülkelerde hayvan beslemesi için kullanılmaktadır. Tane tipi kısa boylu olanlar tane üretimi için yetiştirilmektedir. Sorgum süt oluşumu başladığı dönemde %16 ya kadar su da eriyebilir. Sert hamur döneminde karbonhidrat oranı % 5' in altındadır. Bunun için yapılacak silajlarda sorgumun süt olum döneminde biçilmesi, iyi bir laktik asit üretilmesinde önerilmektedir. Süt olum zamanında yapılan silajlarda madde ve protein oranı yeterli seviyededir. Lezzetli olması sebebiyle hayvanlar severek yer. Hasat zamanı erken olan sorgum otunda düşük kaliteli ürün elde edilir. Fakat silolama işleminden önce parçalanmalıdır. Silajın hazırlık evresinde havasız verimli döller vermektedir. Bu yüzden sorgum çeşitleri arasında genetik bir varyasyona sahiptir. Sorgum (*Sorgum bicolor* (L.).moench) ve Sudanotu (*S. Sudanense Piper Staf*)'un melezlenmesi ile Sorgum sudanotu melezleri oluşmuştur. Sorgum otu ülkemizde ilk olarak otlatma, yeşil kuru ot üretimi ile silo yemi içinde yetiştirilebilir .

#### **1.6.1 Sorgum Bitkisinin Özellikleri:**

- Yaşam süresi bir yıldır.
- Kötü arazi şartlarında uyumu güçlü olan bir bitkidir.
- Yaklaşık elli üç günde çiçeklenebilir.
- Uzunluğu iki yüz elli cm civarındadır.
- Geniş yapraklı bitkidir.
- Gevrek ve dik bir sapa sahiptir.
- Mevsimsel olarak yazlık ve erkenci bir bitkidir.
- Uygun koşullarda yetişir ise 3-5 biçim yapılabilen bir bitkidir.
- İlk hasadı büyük ihtimalle 50 gün sonra yapılır.
- Yüz cm civarında biçilmesi daha elverişlidir.

#### **1.6.2 Sorgum Otu Yetiştirme Şartları:**

- Ekim Zamanı: Sıcak bölgelerde Mayıs ayının sonu Temmuz ayını ortalarına doğru, soğuk bölgelerde ise Nisan-Mayıs ayları arasında arasın da ekimi yapılması önerilir. En yüksek verimi Haziran ayında verildiği belirtilmiştir.

- Toprak: Bütün topraklarda yetiştirilebilen bir bitkidir. Fakat asit ve nötr karakteri orta derecede olan topraklarda daha iyi gelişim gösterir.
- Gübre: Bir dekara 1 kg fosfor, 10 kg potasyum ve 25 kg azot ilavesi önerilir. Bu oranlar tarlanın organik yapısına, sulama sıklığına ve bünyesine göre çeşitlilik olabilir.,
- Tarla Özelliği: İyi bir ekim gerçekleşmesi için toprağın ufalanarak fiziksel koşullarının elverişli hale getirilmesi gerekir.
- Ekim Özellikleri: Sulama imkanı az olan yerlerde sıraların arsında belli boşluklar bırakılarak yapılır. Sulama imkanı olan yerlerde ekim sıklığı artırılabilir. Ekim aşaması serpme olarak yapılacak ise tohum miktarı %50 artırılarak yapılabilir.
- Bakımı ve Yetiştirilme Özellikleri: Sorgum otunun sulanması verimini yüksek oranda artırır. Biçimden sonra sulanmalıdır. Kuraklığa direnci iyi olmasına rağmen yüksek verim almak için sulanması gerekir. Biçilirken en az beş cm yüksekliğinde anız bırakılmalıdır.

### **1.7 Dünya’da Sorgum Üretimi Ve Tüketimi**

Sorgum yıllardır üretilen bitki olarak dünyada yetiştirilen tahıl ürünleri arasında beşinci sıradadır. Amerika, Güney Amerika ve Avrupa ülkelerinde genel olarak hayvan yemi olarak kullanılır.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü FAO’nun 2003-2013 değerlendirmeleri dahilinde dünyadaki sorgum hasat alanı 33 ve 44 milyon hektar arasındadır. Son 10 yılın en düşük hasat seviyesi 2012 yılında 38 milyon hektar olmuştur. En yüksek hasat alanı ise 46,3 milyon ile 2005 yılıdır. Son on yılın en yüksek hasat zamanıdır. 2013 yılında sorgum hasattı 42,2 milyondur. Dünya sorgum üretiminde Afrika öne çıkan kıtadır. FAO değerlerine göre 2013 yılında 62,2 olan dünya sorgum üretiminin 25,6 milyonu Afrika kıtasında yetiştirilmiştir. Aynı yıl Amerika kıtası 23,5 milyon tonla takip etmektedir. Asya’da 9,5 milyon tonla üçüncü sırada yer alır. Üretim açısından Amerika, Nijerya, Meksika, Hindistan, Sudan, Etiyopya ve Arjantin’dir. Bu ülkelerde ortalama 4-10 ton arasında sorgum üretimi gerçekleşmektedir.

Son 10 yılda dünya genelinde üretilen sorgum oranını 55-65 milyon arasında açıklayan ABD Tarım Bakanlığı Dış Tarım Servisi USDA'nın verilerine göre; 2009-2010 yıllarında 57,2 milyon ton olan dünya sorgum üretimi, 2010-2011 yıllarında 61,1 milyon ton olmuştur. 2011-2012 ile 2012-2013 yıllarında 57 milyon tonla gerileyen sorgum üretimi, 2013-2014 yıllarında 60,4 milyon tona ulaşmıştır. 2014-2015 verilerinde ise 64,5 milyon ton olarak açıklayan USDA, 2015-2016 öngörüsünde ise 65,3 ton olarak belirtmiştir. USDA'nın 2014-2015 yıllarına Amerika 10,9 milyon tonla en büyük sorgum üreticisidir. 2011-2012 yıllarında 6,4 ton üretimle dünya sorgum sezonunda ilk sırada yer alan Meksika, 2013-2014 yıllarında 8,5 ton, 2014-2015 yıllarında 7,3 tonla ABD den sonraki sırada yer alır. 2014-2015 yıllarında Nijerya 6,7 milyon ton, Sudan 6,2 milyon ton, Hindistan 5 milyon ton, Arjantin ve Etiyopya 4'er milyon ton sorgum yetiştiriciliği gerçekleştirmiştir. Yedi ülkenin toplam sorgum üretimi, 2014-2015 yıllarında dünya sorgum yetiştiriciliğinde % 68,5 'ini karşılamaktadır. Dünyanın farklı noktalarında gıda, yem, alkollü içki üretimi, biyoyakıt gibi birçok şekilde kullanılabilmektedir. Çin ve Meksika dünyadaki en büyük sorgum tüketicileri arasında ilk sırada yer almaktadır. 2013-2014 yıllarında sorgum tüketiminde dünyada ilk sırada yerini alan Meksika 2014-2015 yıllarında yerini Çin'e bırakmıştır. USDA değerlerine göre 2014-2015 yıllarında Çin, 11,1 milyonlu tüketimle dünyada ilk sırada bulunmaktadır. 2009-2010 yıllarında 1,9 milyon ton Çin'in sorgum tüketimi, 2012-2013 yıllarında 3,2; 2013-2014 yıllarında ise 6,8 milyon ton 2010 yıllarında 1,9 milyon ton Çin'in sorgum tüketimi, 2012-2013 yıllarında 3,2; 2013-2014 yıllarında ise 6,8 milyon ton civarındadır. Çin son beş yılda sorgum tüketimini artırmıştır, böylece 2014-2015 yıllarında ilk sıradadır. Son zamanlarda sorgum tüketiminde ilk sırada yer alan Meksika, 2009-2010 yıllarında 9,7 milyon ton olan sorgum tüketimini, 2011-2012 yıllarında 8,1 milyon tona, 2014-2015 yıllarında 7,5 milyona düşerek ikinci sıraya gerilemiştir. Dünya sorgum tüketiminde Nijerya, Sudan, Hindistan, Etiyopya ve Arjantin, Çin ve Meksika'yı takip etmektedir. USDA değerlerine göre; 2014-2015 yıllarında Nijerya 6,6 milyon ton, Sudan 6 milyon ton, Hindistan 4,9 milyon ton, Etiyopya 4,1 milyon ton, Arjantin ise 2,9 milyon ton sorgum tüketimi gerçekleştirmiştir.

### **1.7.2 Türkiye' Sorgum Üretimi Ve Ticareti**

Türkiye'de çok tanınmayan sorgum, genellikle yem amaçlı üretilmektedir ancak üretim miktarı oldukça düşüktür. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2004 yılından bu yana topladığı verilere göre Türkiye, her yıl 100 ile 400 ton arasında sorgum üretimi yapılmaktadır. 2013

yılında 361 ton olan Türkiye'nin sorgum üretimi 2014 yılında 81 ton yetiştirilmiştir. Türkiye'de sorgum ticareti yok sayılacak kadar azdır. İhracata neredeyse hiç rastlanmazken yıllara göre 100-300 ton arasında ithalat bilinmektedir.

### 1.7.3 Sorgum Otunun Botanik Özellikleri

Sorgum otu 1-5 metreye kadar ulaşabilen bir bitkidir.

**Kök Sistemi:** Çok kuvvetli bir kök sistemi bulunmaktadır. Epidermisi ağır disikat kaplı kök sistemi silikon sütun formunda olgunlaşarak büyür. Bu form kurak zamanlarda kök sisteminin çökmesini engelleyen mekanik yoğunluğu sağlar.

**Sap(Gövde):** Boğum ve boğum içerisinde bulunur. Ana sapın çapı 1,5-3 cm civarındadır ve % 5-15 şeker miktarı içerebilir. Sapların uzunluğu 0,6-5 m ye kadar ulaşabilir. Sap, genelde 10-20 adet boğum bulundurmaktadır. Boğum arası uzaklık aşağıdan yukarıya doğru artar.

**Yaprak:** Yapraklar paralel damarlı olmakla birlikte yaprak kını, yaprak ayası ve yakacıktan meydana gelmektedir. 30-135 cm uzunluğunda 6-13 cm genişliğinde yapraklardır. Boğum sayısı yaprak sayısına eşittir. Yaprak sayısı, bitkinin yetiştirildiği şartlara göre değişir.

**Salkım:** Karışık salkımdan oluşan kırmızımsı çiçeklerdir. Çiçeklenme, bayrak yaprak kınından geliştikten sonra oluşur. İlk çiçeklenme tepe ucundaki küçük başaklarda olur.

**Tohum:** Tohumlar kavuzla kaplı olup kabuk ve tohumlar farklı renklerde bulunabilirler. Tohum kabuğu, tanen bulundurur. Tohum ekimi alkali topraklarda yapılırsa, tanenin bazikliği etkisizleştirme özelliğinden dolayı tohumun çimlenmesinde bazikliğin negatif etkisi lokal olarak eksiltilebilir.

### 1.7.4 Bitkinin Bileşimi Ve Besin Değeri

Tatlı sorgumun toplam ağırlığının, % 70-75 sap, % 10-15 'i yaprak, % 7' si tane % 10' kökten meydana gelmektedir. Şeker oranı oldukça yüksektir. En çok şeker miktarı saplardadır (%78.7). Daha sonra sırasıyla salkım (% 2.99) ve yapraklar (% 2,54) yer alır. Sap kısmında 14 ' ten fazla şeker çeşidi bulunur ve hepsi eşit miktarda dağılmıştır. En çok bilinenleri; sakkaroz, früktoz ve glikozdur.

## 1.8 Çalışmanın Amacı

Tüm alanlarda olduğu gibi kağıt endüstrisinde de hammaddeye olan isteğin artmasıyla ikame olacak kaynak araştırmaları devam etmektedir. Orman ağaçlarının uzun süreli idame olması sebebiyle çabuk gelişen türlerle plantasyon ormancılığı çerçevesinde işletme ömrü 10-12 yıl zamanda yeni hammadde kaynakları oluşturulmaktadır. Fakat yine de orman endüstri sanayisinde yapacak olarak kullanılan oduna olan ihtiyacın devamlı artması ile odun kağıt üretimi için yüksek maliyetli olduğundan üreticilerin rekabet gücünde azalma meydana gelmektedir. Arz talep döngüsünde oluşan bu çıkmaz hammaddeye daha kısa sürede ulaşma ihtiyacını oluşturmaktadır. Bu nedenle, yıllık bitkilerin kâğıt hamuru üretiminde kullanılması soruna alternatif bir çözüm getirmektedir. Tarımsal üretimden yan ürün olarak elde edilen sapların esas üretim amaçları tahıl vs. olduğundan tane hasat yöntemlerinde sap kalitesi ve birim alanda alınan sap miktarı ikinci planda kalmaktadır. Bu durum hammaddenin kalitesini azaltmakta ve toplama maliyetini yükseltmektedir. Bu nedenle yüksek biyokütleyle sahip yıllık bitkiler tercih edilebilmektedir. Bu sebeple çalışmada (*Sorgum bicolor* x *S. bicolor* var. *sudanase*) ekilerek hammadde olarak kullanılmıştır.

Genel olarak yıllık bitkilerden kağıt yapımında NaOH yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntemle üretilen hamurlar ağartılabilirliği yüksek yapıda hamurlardır. Kraft yöntemi ile üretilen hamurlar daha esmer ve yüksek sağlamlığa sahip olmaktadır. Bu çalışmada, sorgum saplarının Kraft yöntemi ile kağıt hamuru yapımında aktif alkali, sülfidite oranlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir.

## BÖLÜM 2

### LİTARATÜR ÖZETİ

Kağıdın icat edildiği zamanlarda kolay işlendikleri için yıllık bitkiler daha çok tercih edilmiştir. Bunu takiben, geleneksel kağıt yapımında yıllık bitkiler asırlarca kullanılmıştır. Ancak matbaanın icadından sonra kağıda yoğun ihtiyaç duyulduğundan, kağıt endüstrisinde sanayileşme ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Sanayileşme kimyasal yollarla kağıt hamuru üretim yöntemlerinin Avrupa’da geliştirilmesi ile başlamıştır. Bir çok yöntem denenmiş ve Kraft yöntemi teknik ve ekonomik bakımdan kabul görmüştür. Kraft yöntemi günümüzde de kağıt hamuru üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemle, o yıllarda Avrupa’da bol bulunan odun hammaddesi kullanılmıştır. Kağıt üretiminin dünyaya yayılması ve odun hammaddesine olan talebin artması ile orman kaynakları sınırlı olan bazı ülkelerde yıllık bitkilerden kağıt üretimi tekrar ekonomik yönüyle gündeme gelmiştir. Bu nedenle, kendiliğinden yetişen veya tarımı yapılan yıllık bitkilerden kağıt üretimi geniş coğrafyalara yayılmıştır. Ayrıca, endüstriyel olarak çok yaygınlaşmasa da yıllık bitkilerden çok çeşitli kullanım alanları literatürde mevcuttur. Örneğin, sorgum saplarının şeker üretimine uygun olduğu belirtilmiştir (Herrera, 2003). Benzer şekilde, ihtiyaç duyulması halinde yıllık lif levha üretiminde de kullanılabilir. Örneğin pamuk saplarından elde edilen MDF levhalarının yapraklı ağaçlardan elde edilen levhalarla rekabet edilecek mekanik özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir (Gençer, 2001). Süpürgelik otu saplarından (Gencer, 2015), Türkiye’de yetiştirilen sudan otu melezinden (sorghum) üretilen kağıtların optik, mekanik ve fiziksel özelliklerinin yapraklı ağaçlara benzer olduğu belirtilmiştir. (Gençer ve Şahin 2015). Çivit bitkisinden elde edilen kağıt hamurlarının buğday saplarından elde edilen hamurlara ikame olarak kullanılacağı belirtilmiştir. Eğrelti otu saplarından Kraft yöntemi ile elde edilen kağıt hamurlarının yaygın bitkiler, titrek kavak ve okaliptüs ile rekabet edebilecek seviyede olduğunu belirtmişlerdir (Gülsoy ve Şimşir, 2018). Yıllık bitki olan castor bean(*Ricinus communis*) den elde ettiği kağıt hamurunun veriminin kabul edilebilir ölçüde, viskozitesinin orta seviyede ve ağartılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte, her lifsel madde kağıt üretimine uygun olmayabilir. Örneğin biberiye (rosemary) (*Rosmarinus officinalis L.*) saplarının alfa selüloz değerinin ortalama değerde olduğu halde kağıt üretimine uygun olmadığı belirtilmiştir (Odabaş Serin ve Ateş, 2017). Bir hammaddenin kağıt üretiminde kullanılabilmesi için

kimyasal özelliklerinin yanında morfolojik özelliklerinin de safiha oluşumuna uygun olması gereklidir. Ayrıca, ekonomik şartları yerine getirmesi gerekmektedir. Ekonomik şartlar; ucuzluk, miktar olarak yeterlilik ve toplana bilirlilik gibi kriterleri içermektedir. Tarımı yapılan bitkilerde birim alanda elde edilecek hammadde miktarlarının yüksek ve toplanabilirliğin kolay olması gerekmektedir. Aksi durumda, odun hammaddesi ile ekonomik olarak rekabet edemez.

Sorgum, tarımı yapılan yıllık bitkiler arasında biyokütle (1.40-1,54 tons/ per 1000 square meters) ve enerji verimi yüksek tropikal ve ılıman kuşaklara adapte olabilen bir bitkidir. (Keskin, 2005; Ratnavathi, 2011; Dutra, 2013). Biyokütle veriminin yükdek olması makine yardımı ile hasadının kolay olması nedeniyle sorgum, odun hammaddesine alternatif olabilecek bir lif kaynağı olarak değerlendirilebilir.

## BÖLÜM 3

### METARYAL VE METOT

#### 3.1 Materyal

Sorgum otu Bartın' da 2017 yılında ekilen tohumlardan üretilmiştir. Hasat işlemi ekimden 110 gün sonra yöresel el aleti ile yapılmıştır. Tohumları ayrılan otlar yarı açık bir sundurmada kurutulmuştur. Laboratuvar şartlarında 5 er cm kesilen örneklerin ana bileşenlerinin ve bazı çözünürlük özelliklerinin belirlenmesi, üretilen kağıt hamuru ve bunlardan üretilen kağıtlara standart deneyler yapılmıştır.

#### 3.2 Metot

Bu çalışmada kimyasal kağıt hamuru üretim yöntemlerinden Kraft yöntemi seçilmiştir. İdeal pişirme şartları belirlenirken hamur verimi, kappa numarası ve viskozite değerleri esas alınmıştır. Ayrıca, bu hamurlardan kağıt üretiminden sonra standart kağıt testleri yapılarak sonuçlar irdelenmiştir.

##### 3.2.1 Sorgum Örneklerinin Kimyasal Analizlere Hazırlanması

Sorgum sapları sundurmada 2 hafta bekletilmiştir. İstenilen kuruluğa ulaştıktan sonra tohum kısmı bağ makasıyla kesilmiştir. Daha sonra saplar pişirme ebatlarına uygun olması için yaklaşık 5 cm uzunlukta boyutlandırılmıştır. Bu örneklerden rutubet ölçümü yapılmıştır.

Bu örneklerden kimyasal analizler yapılmak amacıyla, Wiley değirmeninde öğütülerek 40 mesh 60 mesh ve 80 meshlik sarsıntılı elekte elenmiştir. Toplanan bilgiler çerçevesinde odundaki karbonhidrat ve kimyasal bileşenlerine bakabilmek için TAPPI T 11 os-75 standardına göre laboratuvar tipi Wiley değirmeninde öğütülüp 60 meshlik elek üzerinde kalan örnekler kullanılır. Karbonhidrat analizleri, hücre çeperi bileşenleri, çözünürlük



katsayıları, ekstraktif maddeler nitel ve nicel olarak belirlenmiştir. Boyutlandırılan örnekler wiley değirmende öğütölme işleminden sonra hava geçirmez poşette muhafaza edilmiştir.

### 3.2.2 Rutubet Tayini

Deneye başlamadan önce örneklerin rutubetlerine bakılmıştır. 60 meshlik elek üzerinden alınan örneklerden 2 gr örnek hassas terazide tartılıp rutubetli ağırlığı (Mr) belirlenmiştir daha sonra 103±2 C° sıcaklıktaki etüve konan örnekler sabit ağırlığa gelinceye kadar tartılır. Etüvden alınıp desikatöre konularak soğutulup tartılan örnekler sabit değere geldiğinde tam kuru ağırlığı (Mo) belirlenmiştir.

Örneğin rutubetli % de eşitliği;

$$r = (Mr - Mo) / (Mo) \times 100$$

r = Örneğin rutubet yüzdesi.

Mr= Örneğin rutubetli haldeki ağırlığı

Mo= Örneğin tam kuru haldeki ağırlığı

Tablo 3.1: Sorgum saplarına, elde edilen hamura ve kağıtlara uygulanan testler.

| Deney                            | Kullanılan Yöntem          |
|----------------------------------|----------------------------|
| Holoselüloz Tayini               | Klorit(Wise and Karl 1962) |
| Alfa Selüloz Tayini              | Han and Rowell 1997        |
| Lignin Tayini                    | TAPPI 222 om-02            |
| Alkol Çözünürlüğü                | TAPPI 204 cm-97            |
| Sıcak Su ve Soğuk Su Çözünürlüğü | TAPPI 207cm-99             |
| %1 NaOH Çözünürlüğü              | TAPPI 212 om-02            |
| Kalınlık Testi                   | TAPPI 411 om-97            |
| Hava Geçirgenliği Testi          | ISO 5636-3                 |
| Opaklık Testi                    | TAPPI 519 om-02            |
| Parlaklık Testi                  | TAPPI 525 om-02            |
| Yırtılma Testi                   | TAPPI 414 OM-98            |
| Kopma İndisi                     | TAPPI 494 om-01            |
| Patlama İndisi                   | TAPPI 403 om-02            |

### 3.2.3 Kimyasal Analiz Yöntemleri

Sorgum otu bütünü üç eşit parçaya bölünerek sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırılan örnekler 3-5 cm boyutlandıktan sonra öğütülerek rutubetlerine bakılmıştır. Rutubetleri belirlenen örnekler hava geçirmez poşetlere konulmuştur. Bu örnekler kalın uç kısmı, orta kısmı ve yapraklı uç kısmı olarak sınıflandırılıp teknik hatalarla birlikte her birinden ayrı ayrı üçer deney yapılmıştır. Sorgum yıllık bitkisinin örnekleri holoselüloz tayini, a-selüloz tayini, lignin tayini, soğuk su çözünürlüğü, sıcak su çözünürlüğü, alkol çözünürlüğü, %1' lik sodyum hidroksit deneyleri yapılmıştır.

#### 3.2.3.1 Holoselüloz Tayini

Odunun ana bileşenlerinden lignin uzaklaştıktan sonra kalan karbonhidrat kompleksidir. Lignin çözünerek holoselüloz kalır. Holoselüloz miktarının tam olarak belirlenme imkanı yoktur. Wise ve arkadaşlarının ürettiği klorit yöntem diğer selüloz miktarın tam olarak belirlenme imkanı yoktur. Wise ve arkadaşlarının ürettiği klorit yöntem diğer yöntemlerle kıyaslandığında kayıp oranının en az olması ve kolay uygulanmasıyla birlikte, klorlama ve klordioksit ( $\text{ClO}_2$ ) yöntemine göre, ligninle birlikte uzaklaştırılan karbonhidrat miktarının az olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Klorit yöntemde % 2-4 miktarında karbonhidratla birlikte lignin kalmış olabilir. Karbonhidrat miktarında azalma olmadan ligninin tamamen uzaklaşma ihtimali yoktur.

Deney için hazırlanmış her bir 250 ml'lik erlenmayer içerisine ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuş 5 g'lık örnekler konulup üzerine 150 ml saf su, 1,5 gr  $\text{NaClO}_2$  (sodyum klorit) ve 10 damla (0,5 ml) buzlu asetik asit ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ilave edilip üzerleri 50 ml'lik erlenmayerler ters çevrilerek kapatılmıştır. Derecesi 78-80 °C dereceye ulaşan su banyosunda bir saat bekletilmiştir. Reaksiyona uğrayan örnekler çalkalama işlemiyle arada bir karıştırılmıştır. Bir saatlik süre bitiminde 1,5 gr  $\text{NaClO}_2$  ve 10 damla buzlu asetik asit eklenmiştir ve bu işlem yapraklı ağaçlarda 3 tekrar iğne yapraklı ağaçlarda 4 tekrar olacak şekilde yapılmıştır. Soğuyan örnekler krozedden süzülerek önce aseton ile yıkanıp sonra bol destile su ile yıkanmıştır. Etüvde 105±3 °C'de kurutulup belirli bir süre sonra desikatörde soğutulup sabit ağırlığa gelinceye kadar belirli aralıklarla tartılmıştır.



Şekil 3.1: Holoselüloz deneyi (Fotoğraf:Ceyda HATIL, 2018).

### 3.2.3.2 Lignin Tayini

Örnek içerisindeki holoselüloz çözünerek lignin miktarı belirlenmektedir. Lignin kağıt yapımında kullanılan hammaddelerde istenmeyen bir maddedir.

Lignin miktarını belirleyebilmek için yöntemler arasından Klason yöntemi tercih edilmiştir. Tappi T 222 om-02 standartları çerçevesinde yapılmıştır.

Bu deneyde alkol ekstraksiyonu işlemine tabi tutulmuş  $1 \pm 0,1$  g örnekler beherlerin içine konulup üzerlerine 15 ml % 72' lik sülfirik asit( $H_2SO_4$ ) ilave edilerek karıştırılıp 2 saat laboratuvar koşullarında bekletilmiştir. Daha sonra 1 lt'lik Gilifli erlenmayere boşaltılmıştır. Üzerine 560 ml destile su ilave edilerek asit konsantrasyonunun % 3 olması için seyretme işlemi gerçekleştirilmiştir. Soğutucu altında 4 saat süreyle kaynatılıp krozeden süzülerek bol sıcak destile su ile yıkanır. Son olarak elde edilen kalıntılar  $103 \pm 2$  C°'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup tartılarak lignin oranı % olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.2 Lignin deneyi hazırlama aşamasındaki örnekler (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).

### 3.2.3.3 Alfa Selüloz Tayini

Holoselüloz tayinine uğratılmış hava kurusu örnekler 2'şer gram tartılarak 100 ml' lik beher içerisine konulmuş olup TAPPI T 11 os-71 standartları dahilinde işleme tabi tutulmuştur. Bu deney için %17,5' luk NaOH (sodyum hidroksit), % 8,3 'lük NaOH ve %10' luk asetik asit hazırlanmıştır. Beherdeki örneklerin üzerine 10 ml % 17,5'luk NaOH çözeltisi eklenerek homojen bir hal alınca kadar baget yardımıyla karıştırılır. Sonraki işlemde ise 5 dakikada bir kere % 17,5 NaOH çözeltisi karışıma eklenerek karıştırılmıştır. Bu aşamalar 3 defa tekrarlanmıştır. Son aşamadan sonra 20 C'lik su banyosunda 30 dakika bekletilip içerisine 33 ml destile su eklenerek aynı derecedeki su banyosunda 1 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda kalıntı ilk olarak krozedden süzülerek % 8,3' lük NaOH çözelti ile yıkanmış daha sonra bol destile su ile yıkama işlemine devam edilmiş olup sonrada 15 ml % 10 ' luk asetik asit dökülerek 3 dk bekletilmiştir. Son olarak asetik asit süzülükten sonra 250 ml destile su ile yıkanarak yine etüvde  $103 \pm 2$  C° de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup desikatörde soğutulup tartılmıştır ve alfa selüloz oranı % olarak hesaplanmıştır.

### 3.2.4 Çözünürlük Değerleri

Odunun asli bileşenleri selüloz, lignin ve hemiselülozlardır. Yan bileşenleri ise değişik miktarlarda mum, yağ, reçine, tanen, boyar maddeler, nişasta, şeker, zambak gibi

maddelerdir. Bu yan bileşenlerin odunun bünyesindeki miktarının bilinmesi için odundan uzaklaştırılması gerekir. Bu miktarları belirlemek için sıcak su çözünürlüğü, soğuk su çözünürlüğü, %1' lik NaOH çözünürlüğü ve alkol çözünürlüğü deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerle her örnek için ayrı ayrı yan bileşen oranlarında % olarak belirlenmiştir.

#### 3.2.4.1 Alkol Çözünürlüğü (Ekstraksiyon)

TAPPI T 204 cm-97 standartları çerçevesinde yapılan bu deneyde örneklerde bulunan yağ, mumsu maddeler, tanen vb. maddelerin oranı bulunmaktadır. Diğer deneyler için kullanılacak ve ayriyeten yukarıdaki maddelerin hesabı için gerekli örnek miktarı hesaplanmıştır. Bu örnekler krozelere konulur ve balonlara 300-350 ml alkol konulup sokselet cihazına yerleştirilmiştir. Alkol ile 6 saatlik bir sürede işlem gören örnekler tam kuru hale getirilerek çözünürlük oranı belirlenmiştir. Örneklerin içerisinde bulunan vakslar, yağ asitleri, yağlar, yüksek hirokarbonlar, alkoller, steroidler, reçineler, düşük molekül ağırlığındaki karbonhidratlar etil alkole karışarak uzaklaştırılır.



Şekil 3.3: Ekstraksiyon deneyi (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).

#### 3.2.4.2 Soğuk Su Çözünürlüğü

TAPPI T 207 CM-99 standardı dahilinde gerçekleştirilen bu deneyde, 400 ml'lik ebatlı bir beher içine 2 g' lık hava kuru örnekler konulup 300 ml destile su eklenir. Baget yardımıyla karıştırılır ve üzeri saat camı ile örtülüp  $23 \pm 2$  C° 'de 48 saat bir zaman

diliminde bekletilir. Arada bir karıştırılır. Süre sonunda örnekler krozelerde süzülüp destile su ile yıkanmıştır. Bu örnekler etüvde kurutulup sabit ağırlığa gelinceye kadar desikatörde soğutulup hassas tartıda tartılmıştır ve % olarak hesaplanmıştır.

#### 3.2.4.3 Sıcak Su Çözünürlüğü

Tanenler, şekerler, sakızlar, renk veren maddeler, nişasta ve inorganik maddeler çözünerek uzaklaştırılır.

TAPPI T 207 CM-99 standartları çerçevesinde yapılan bu deney herbiri 250 ml'lik erlenmayer içerisine 60 meshlik hava kurusu örnekler konulup 100 ml sıcak destile su eklenerek üzeri 50 ml' lik erlenmayerler ters çevrilerek kapatılmıştır. Daha sonra sıcak su banyosuna 3 saat tabi tutulmuştur. Bu zaman diliminin sonunda krozelerden süzülerek 200 ml sıcak suyla yıkanmıştır. Son olarak  $103 \pm 2$  °C' de etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup belirli aralıklarla tartılarak % olarak su çözünürlük oranı belirlenmiştir.



Şekil 3.4: Soğuk su çözünürlüğü (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).

#### 3.2.4.4 %1' lik NaOH Çözünürlüğü

TAPPI T 212 om-02 standartlarına göre yapılan deneyde metaryelin 100 °C seyreltik alkalide çözünmeye karşı direnci tesbit edilmiştir. 250 ml' lik erlenlerin içerisine 2 şer g hava kurusu örnekler konulup % 1' lik sodyum hidroksit eklenip ağzı 50 ml' lik

erlenmayerlerle ters çevirilerek kapatılmıştır. Bu işlemlerden sonra kaynayan su banyosuna yerleştirilip 1 saat süreyle bekletilmiştir. Darası alınmış krozelerden üzülerek 25 ml % 10' luk asetik asit ile yıkanıp sıcak su ile de yıkama işlemine deva edilmiştir. Bu örnekler etüvde  $103 \pm 2$  °C' de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulup hassas tartıda tartılmıştır. Son olarak % 1' lik NaOH oranı belirlenmiştir.



Şekil 3.5: % 1' lik NaOH çözünürlüğü (Ceyda HATIL, 2018).

### 3.3 Liflerinin Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Sorgum otu laboratuvar koşullarında istenilen kuruluğa gelinceye kadar bekletilmiştir. Daha sonra örnekler boyutlandırılıp lif ölçümleri için hazır hale getirilmiştir.

#### 3.3.1 Lif Morfolojisine Ait Ölçme Yöntemleri

Liflerin maserasyonunda klorit metodu yapılmıştır. Maserasyon yönteminde kalın uç, orta uç, ince uç ve yaprak olarak sınıflandırılan 3-5 cm' lik boyutlandırılan örneklerden 5' er g alınarak 250 ml' lik erlenmayere konulup üzerine 160 ml destile su, 1,5 gr Sodyum Klorit ( $\text{NaClO}_2$ ) 10 damla (0,5 ml) buzlu Asetik Asit ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) eklenmiştir. 50 ml' lik erlenmayer ters çevirilerek ağzı kapatılıp 78-80 °C' deki sıcaklığa ulaşmış su banyosuna yerleştirilmiştir. Bir saat bekletilip sürenin sonunda içerisine 1,5 g  $\text{NaClO}_2$  (Sodyum Klorit) ve 10 damla asetik asit konulmuştur ve bu aşama 3 tekrar olacak şekilde yapılmıştır. Bu işlem bitiminde orijinal görünümünde, sadece beyaz bir görünüm almıştır. Örnekler sıcak su banyosunda çıkarıldıktan sonra buz banyosunda soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Soğuyan örnekler yıkanıp mikserde lifler açılarak süspansiyon elde edilmiştir. Buchner hunisinE filtre kağıdı yerleştirilerek süspansiyon süzülüp alkolle dehidrolize edilmiştir. Filtre



kağıdının üzerindeki lifler deney tüpüne alınıp üzerine gliserin koyulup lif ölçümüne hazır hale getirilmiştir. Preparat hazırlanıp Mikroskopta ölçüm işlemine tabi tutulmuştur. Her bir sınıflandırmadan 100 er adet lif boyu, 50 şer adet lümen çapı ve çeper kalınlığı ölçümü yapılmıştır.



Şekil 3.6: Lif ölçümü için örneklerin hazırlanması (Fotoğraf: Ceyda HATIL).

### 3.3.2 Liflerin Ebatlarıyla İlgili Hesapların Yapılmasında Kullanılan Yöntemler

Keçeleşme oranı yöntemi, Elastiklik katsayısı, Katılık katsayısı metodu, Runkel sınıflandırma yöntemi kullanılan yöntemlerdir.

Elastiklik Katsayısı;  $(\text{Lümen Çapı} \times 100) / \text{Lif genişliği}$

Runkel Sınıflandırma Yöntemi;  $(\text{Lif Çeper Kalınlığı} \times 2) / \text{Lümen Çapı}$

Keçeleşme Oranı Yöntemi;  $\text{Lif Uzunluğu} / \text{Lif Genişliği}$

Katılık Katsayısı Metodu;  $(\text{Lif Çeper Kalınlığı} \times 100) / \text{Lif Genişliği}$

Yöntemleri ile hesaplama işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Örneklerin Pişirme Planı

Kraft pişirme yöntemi uygulanmıştır.

Örneklerin Hazırlanması

Üç grup halinde kurutulan örnekler 3-5 cm olarak boyutlandırılmıştır. Uç kısımlarındaki püsküller pişirme işleminde hamuru olumsuz etkilediği için makas yardımı ile uzaklaştırılmıştır.



Sorgum otlarının kalın ucundan 253 g orta ve ince uçlarından 252 şer g alınarak karıştırılmıştır. Rutubetleri denge rutubetine ulaşan örneklerden toplam 757 g olacak şekilde karıştırılıp tam kuru ağırlıkta tartılarak alınmıştır.

Lif ölçümlerinde de aynı şekilde ayrı ayrı üç parçada ölçümler yapılmıştır. Hepsinden yüzer ölçüm yapıp ortalaması alınmıştır.

### **3.3.3 Kraft (Sülfat) Metodu**

Bu çalışma da 10 adet pişirme gerçekleştirilmiştir. Sodyum Hidroksit (NaOH) oranı % 10 alınarak Sülfidite (Na<sub>2</sub>S) % 0, 4, 8, 12, 16, Sodyum Hidroksit (NaOH) oranı % 14 alınarak Sülfidite (Na<sub>2</sub>S) miktarı % 0, 4, 8, 12, 16 olacak şekilde toplam 10 pişirme gerçekleştirilmiştir.

Pişirme aşaması için 15 lt elektrikle ısıtılan, 2 devir/ dk hızla çalışabilen, 25 kg/cm<sup>2</sup> basınca dirençli ve sıcaklığı otomatik kontrol tablosuyla sıcaklığı kontrol edilebilen laboratuvar tipi döner kazanda gerçekleştirilmiştir.

Pişirme işlemi gerçekleştirildikten sonra kazan sıcaklığı 50 °C düşürülüp hava boşaltma vanası ilk olarak 5 dk yarım açılır daha sonra tam açılıp 10 dk bekletilmiştir. Bu işlemten sonra açma aşamasına geçilip sorgum hamurları 150 mesh lik elek üzerine boşaltılıp 15 dk (Siyah çözelti uzaklaşınca kadar) çeşme suyu ile yıkanmıştır. Yıkana hamurlar laboratuvar tarzı açıcıya uygun olacak şekilde ayrılmıştır. Dört parçaya ayrılan hamurların her biri 5 er dakika işleme tabi tutulmuştur. Böylece lifler açılmıştır. Açılan lifler Somerville tipi şartnılı vakum eleğinde TAPPI T 257 sp-02 standardına göre yarık açıklığı 0,15 mm olan elekte elenmiştir. Elek artığı alınarak etüvde kurutulup örnek ağırlığına oranla yüzdesi hesaplanmıştır. Elenen lifler elle sıkılarak hava geçirmez poşetlere konulup denge rutubetine ulaşınca kadar ortalama bir gün bekletilmiştir. Bu hamurlarda dörder örnek alınıp rutubetlerine bakılarak elenmiş verim yüzdesi hesabı yapılmıştır.

### **3.3.4 Deneme Kağıtlarının Yapımında Uygulanan Metodlar**

Dövme aşaması ve test kağıtları, Bartın Üniversitesi Lif ve Kağıt Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen hamurlardan dövülmemiş, 35 schoper, 50 schoper olmak

üzere ISO 5269-2 standardı çerçevesinde  $75 \pm 2$  g/ m<sup>2</sup> gramajlı her birinden 10' ar adet deneme kağıtları elde edilmiştir. Hamurun istenilen schopere gelmesi için hollanderde dövülerek Schoper Riegler cihazında bakılmıştır. Schoperleri istenilen miktara gelen örneklerin zaman süreleri not alınmıştır.

### 3.3.5 Deneme Kağıtlarına İçin Uygulanan Fiziksel, Mekanik ve Optik Testler

Aşağıdaki test cihazları sorgum otunun belirli şartlarda pişirildikten sonra elde edilen kağıtların morfolojik özelliklerinin tespitinde kullanılır.



Şekil 3.7: Kalınlık Ölçüm Cihazı (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).

Şekil 3.7'sinde kalınlık cihazında farklı dövülme derecelerine sahip kağıtların kalınlık testlerine bakılmıştır.



Şekil 3.8: Hava geçirgenliği test cihazı (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).

Şekil 3.8' inde hava geçirgenliği test cihazında dövülmemiş, 35 SR° değerlerine sahip kağıtların test değerleri belirlenmiştir.



Şekil 3.9: Opaklık, parlaklık test cihazı (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).

Şekil 3.9’ unda opaklık, parlaklık test cihazında dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° derecelerine sahip kağıtların testleri yapılmıştır.



Şekil 3.10 Yırtılma test cihazı (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).

Şekil 3.10’ unda yırtılma test cihazında farklı dövülme derecelerine sahip kağıtların testleri yapıp değerlendirilmiştir.



Şekil 3.11: Kopma Test Cihazı (Fotoğraf: Ceyda HATIL, 2018).

Şekil 3.11’ inde kopma test cihazında dövülmemiş SR°,35 SR°, 50 SR° derecelerine sahip kağıtların testleri yapıp değerlendirilmiştir.



Şekil 3.12: Patlama Test Cihazı (Ceyda HATIL, 2018).

Şekil 3.12’ sinde gösterilen patlama test cihazında farklı dövülme derecelerine sahip kağıtlara ait test işlemi gerçekleştirilmiştir.

| Testler                   | Kullanılan Yöntemler |
|---------------------------|----------------------|
| • Kalınlık testi          | TAPPI T 411 om-97    |
| • Hava geçirgenliği testi | Iso 5636-3           |
| • Opaklık Testi           | TAPPI T 519 om-02    |
| • Parlaklık Testi         | TAPPI T 525 om-02    |
| • Yırtılma İndisi         | TAPPI T 414 om-98    |
| • Kopma İndisi            | TAPPI T 494 om-01    |
| • Patlama İndisi          | TAPPI T 403 om-02    |

Elde edilen kağıtlar Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında 24 saat süreyle iklimlendirme işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemde sonra yukarıda belirtilen test işlemleri yapılmıştır.

### 3.4 Kağıt Hamuruna Uygulanan Deneyler

Kağıt hamuru üzerine uygulanan deneylerde uygulanan metotlar.

- Kappa Numarası
- Vizkozide

### 3.4.1 Kappa Numarası Tayini

Kappa tayini işlemi hamurda kalan lignin oranını hesaplamak için yapılır. Kappa numarası tam kuru 1 g kağıt hamurunun tükettiği 0,1 N  $\text{KMnO}_4$  çözeltisinin ml olarak miktarına denilmektedir (Hafızoğlu ve Deniz, 2010).

Önceki zamanlarda denge rutubetine ulaşması için poşetlenen hamurlardan gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra belirlenen miktarda 2 lt' lik beher içerisine konulup üzerine 800 ml destile su ilave edilip lifler bireysel gelinceye kadar titrasyon cihazında karıştırılmıştır. Sonraki aşamada 250 ml' lik behere 100 ml 4N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ve 100 ml 0,1 N  $\text{KMnO}_4$  karıştırılıp bireysel hale gelen liflerin bulunduğu behere boşaltılmıştır. 10 dk süre ile titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sürenin sonunda 20 ml 1 N KI ve bir miktar nişasta eklenerek titrasyona devam edilmiştir. Son olarak 0,2 N sodyum tiyosülfat çözeltisi beyazlaşmaya kadar ilave edilmiştir. Beyaz olan noktadaki değer tüketim sarfıyatı olarak belirlenmiştir ve karışımda sıcaklık ölçme işlemi gerçekleştirilmiştir.

### 3.4.2 Viskozite Tayini

Viskozite tayini yapabilmek için, 400 ml'lik behere 9 gr tartılmış tam kuru hamur konularak daha sonra 9 g %100'lük sodyum klorit, Sodyum asetat 3 g, asetik asit 6 ml, destile su 200 ml ve Formik asit bir damla eklenerek karıştırılır. Bu karışım 18 saat süreyle oda sıcaklığında bekletilir. Süre sonunda Watman 4 nolu kağıt ile süzülüp bol miktarda destile su ile yıkanmıştır. Beyazlatılma işlemi yapılan hamurlar poşetlere konularak rutubeti dengelenmiştir. Beyazlatılmış hamurların rutubetleri tespit edilerek kuru maddesi belirlenmiştir. SCAN-CM 15-62 standardına dahilinde tam kuru hamur 0,1 g tartılma işlemi yapılmıştır ve 10 ml destile su içerisine eklenerek lifler bireysel olana kadar açılmıştır. Sonra üzerine 10 ml CED çözeltisi eklenerek bir süre karıştırılmıştır. Bu işlemlerde sonra Viskozimetre pipetiyle ölçüm yapılmıştır.

## BÖLÜM 4

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 4.1 Sorgum Otunun Lif Morfolojisine Ait Bulguları

Sorgum sapları 3 eşit parçaya bölünerek kalın uç kısmı, orta kısmı ve ince uç kısım olarak sınıflandırılıp ayrı ayrı lif özellikleri, belirlenmiştir. Sorgum otu saplarından klorit yöntemi ile elde edilen liflerden hazırlanan kalıcı preparatlardan lif uzunluğu, lif genişliği ve lümen çapı gibi morfolojik özellikler ışık mikroskopunda ölçülmüştür. Lümen çapı ve lif genişliğinden yararlanılarak çift çeper kalınlığı hesaplanmıştır.

Tablo 4.1 Sorgum otunun kalın uç kısmından alınan örneklerin lif ölçümlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

| Ölçülen Özellik           | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı | Minimum Değer | Maksimum Değer |
|---------------------------|--------------------|----------------|---------------------|---------------|----------------|
| Lif Uzunluğu (µm)         | 1107               | 311            | 28                  | 730           | 1500           |
| Lif Genişliği (µm)        | 11,5               | 3,118          | 26,9                | 7,5           | 22,5           |
| Lümen Çapı (µm)           | 2,87               | 1,99           | 69,5                | 1,25          | 10             |
| Çift Çeper Kalınlığı (µm) | 8,06               | 3,39           | 42                  | 5             | 16,25          |

Tablo 4.2: Sorgum otunun orta kısmından elde edilen örneklerin lif ölçümlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayı değeri

| Ölçülen Özellik                        | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı | Minimum Değer | Maksimum Değer |
|----------------------------------------|--------------------|----------------|---------------------|---------------|----------------|
| Lif Uzunluğu ( $\mu\text{m}$ )         | 913                | 264            | 28,9                | 610           | 1500           |
| Lif Genişliği ( $\mu\text{m}$ )        | 11,2               | 3,42           | 30,3                | 5             | 20             |
| Lümen Çapı ( $\mu\text{m}$ )           | 2,71               | 1,71           | 72,72               | 1,25          | 10             |
| Çift Çeper Kalınlığı ( $\mu\text{m}$ ) | 9,09               | 3,71           | 40,8                | 5             | 17,5           |

Tablo 4.3 : Sorgum otunun ince uç kısmından elde edilen örneklerin lif ölçümlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayı değeri

| Ölçülen Özellik                        | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı | Minimum Değer | Maksimum Değer |
|----------------------------------------|--------------------|----------------|---------------------|---------------|----------------|
| Lif Uzunluğu ( $\mu\text{m}$ )         | 863                | 258            | 29,9                | 550           | 1309           |
| Lif Genişliği ( $\mu\text{m}$ )        | 10,6               | 3,10           | 29,1                | 7,5           | 17,5           |
| Lümen Çapı ( $\mu\text{m}$ )           | 2,5                | 1,75           | 70,1                | 1,25          | 10             |
| Çift Çeper Kalınlığı ( $\mu\text{m}$ ) | 8,14               | 2,39           | 29,3                | 5             | 13,7           |

Yukarıdaki tabloda verilen verilere göre değerlendirme yaptığımızda lif özelliklerinin sorgum otundan alınan kısımlarına göre farklılık gösterdiğinin tespiti yapılmıştır. Kalın uç kısmında lif uzunluğu, lif genişliği, lümen çapı ve çift çeper kalınlığı değerleri yüksek ikinci olarak orta kısmı en düşük değeri de ince uç kısmı vermiştir.

#### 4.2 Sorgum Otunun Kimyasal Analiz Sonuçları

Sorgum bitkisinin üç eşit parçaya bölünerek yapılan kimyasal analiz sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.4: Sorgum Otunun kalın uç kısmına ait kimyasal analiz sonuçları.

| Bileşenler           | Aritmetik Ortalama (%) | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı | Minimum Değer | Maksimum Değer |
|----------------------|------------------------|----------------|---------------------|---------------|----------------|
| Holoselüloz          | 77,3                   | 0,648          | 0,837               | 77,4          | 78             |
| Alfa-Selüloz         | 39,4                   | 0,788          | 2                   | 38,9          | 40,3           |
| Lignin               | 13,8                   | 0,531          | 3,8                 | 13,2          | 14,2           |
| Alkol Çözünürlüğü    | 25,3                   | 0,450          | 1,7                 | 24,8          | 25,6           |
| %1 NAOH Çözünürlüğü  | 47,3                   | 0,346          | 0,720               | 47,8          | 48,2           |
| Sıcak Su Çözünürlüğü | 29,2                   | 0,265          | 0,906               | 28,9          | 29,5           |
| Soğuk Su Çözünürlüğü | 27,7                   | 0,126          | 0,454               | 27,6          | 27,8           |



Tablo 4.5: Sorgum otunun orta kısmına ait yapılan kimyasal analiz sonuçları.

| Bileşenler           | Aritmetik Ortalama (%) | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı | Minimum Değer | Maksimum Değer |
|----------------------|------------------------|----------------|---------------------|---------------|----------------|
| Holoselüloz          | 77,2                   | 0,254          | 0,328               | 77            | 77,3           |
| Alfa-Selüloz         | 37,5                   | 0,410          | 1                   | 37            | 37,8           |
| Lignin               | 14,5                   | 0,0636         | 0,438               | 14,4          | 14,5           |
| Alkol Çözünürlüğü    | 18                     | 0,320          | 1,7                 | 17,7          | 18,3           |
| %1 NAOH Çözünürlüğü  | 45,2                   | 0,235          | 0,518               | 45,1          | 45,5           |
| Sıcak Su Çözünürlüğü | 21                     | 0,268          | 1,2                 | 20,8          | 21,3           |
| Soğuk Su Çözünürlüğü | 18,1                   | 0,130          | 0,717               | 17,9          | 18,2           |

4.6: Sorgum Otunun ince uç kısmından alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları.

| Bileşenler           | Aritmetik Ortalama (%) | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı | Minimum Değer | Maksimum Değer |
|----------------------|------------------------|----------------|---------------------|---------------|----------------|
| Holoselüloz          | 79                     | 0,375          | 0,474               | 78,6          | 79,4           |
| Alfa-Selüloz         | 45,2                   | 0,0346         | 0,080               | 45,2          | 45,3           |
| Lignin               | 14,9                   | 0,021          | 0,141               | 14,9          | 14,9           |
| Alkol Çözünürlüğü    | 14                     | 0,028          | 0,205               | 14,1          | 14,2           |
| %1 NAOH Çözünürlüğü  | 45,9                   | 0,196          | 0,426               | 45,6          | 46             |
| Sıcak Su Çözünürlüğü | 18,2                   | 0,619          | 3,34                | 17,6          | 18,8           |
| Soğuk Su Çözünürlüğü | 15,9                   | 0,349          | 2,19                | 15,5          | 16,2           |

Yukarıda tablolarda verilen değerlere bakılarak kimyasal analiz sonuçlarında üç ayrı kısma ayrılarak yapılan örneklerde oranların farklılık gösterdiği belirlenmektedir.

#### 4.3 Sorgum Otundan NaOH Yöntemiyle Elde Edilen Kağıt Hamuruna Ait Veriler

Sorgum otundan değişik koşullarda yapılan pişirmelerin değerleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. Pişirme işlemleri NaOH ve Na<sub>2</sub>S oranlarında değişiklik yapılarak on adet pişirme yapılmıştır. Bu oranlara göre en yüksek elenmiş verim %14 NaOH ve sülfidite 12 olan pişirmedir.

Tablo 4.7: Sorgum otundan elde edilen kağıt hamuruna ait elenmiş verim, elek artığı ve toplam verim değerleri.

| AA | Sülfidite | Elenmiş Verim (%) | Elek Artığı | Toplam Verim |
|----|-----------|-------------------|-------------|--------------|
| 10 | 0         | 33,7              | 9,60        | 43,3         |
|    | 4         | 32,6              | 5,27        | 37,9         |
|    | 8         | 36,7              | 6,49        | 43,2         |
|    | 12        | 36,8              | 4,10        | 40,9         |
|    | 16        | 35,5              | 5,43        | 41,9         |
| 14 | 0         | 34,6              | 1,54        | 36,2         |
|    | 4         | 36,1              | 2,20        | 38,3         |
|    | 8         | 36                | 1,67        | 37,6         |
|    | 12        | 38                | 1,34        | 39,4         |
|    | 16        | 37,3              | 1,40        | 38,7         |

#### 4.4 Sorgum Otundan Farklı Pişirme Şartlarında Elde Edilen Dövülmemiş Hamurlara Ait Schoper Bulguları

Alkali ve sülfidite oranında değişiklikler yapılarak elde edilen Kraft yöntemiyle üretilen hamurların schoperleri tespit edilmiştir. Alkali oranı % 10-14, sülfidite oranı % 0-4-8-12-16 olan şartlarında pişirilen hamurlardan elde edilen SR° değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.8: Sorgum otundan elde edilen kağıt hamuruna ait dövülmemiş SR° değerleri.

| Alkali Oranı | Sülfidite Oranı (%) | Dövülmemiş Hamur SR° |
|--------------|---------------------|----------------------|
| 10           | 0                   | 33 SR°               |
|              | 4                   | 30 SR°               |
|              | 8                   | 30 SR°               |
|              | 12                  | 29 SR°               |
|              | 16                  | 30 SR°               |
| 14           | 0                   | 29 SR°               |
|              | 4                   | 28 SR°               |
|              | 8                   | 32 SR°               |
|              | 12                  | 33 SR°               |
|              | 16                  | 32 SR°               |

#### 4.5 NaOH Ve Sülfiditeden Elde Edilen Hamurların Fiziksel Ve Optik Özellikleri

Sorgum otunun sapları NaOH yöntemiyle farklı şartlarda 10 adet pişirme hamuru oluşturulmuştur. Bu hamurlar ilk olarak dövülmeden daha sonra belirli aralıklarla Hollanderde dövme işlemi yapılarak 35 SR' ve 50 SR' serbestlik derecesinde kağıtlar elde edilmiştir. Dövme işlemi görmemiş hamurların viskozite ve kappa numaralarına bakılmıştır.

Bu Schopper değerlerine ait kağıtların opaklık, parlaklık, kopma uzunluğu, patlama indisi, yırtılma indisi, kağıt kalınlığı testleri yapılmıştır.

#### 4.5.1 Sorgum Bitkisinden NaOH Yöntemiyle Üretilen Kağıt Hamurlarının Verim Ve Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Pişirme Parametrelerinin Etkisi

Sülfidite ve NaOH oranı parametrelerinin hamur verimine etkilerini gözlemlemek için elenmiş verim,elek artığı ve toplam verime ait değerler Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9: Sorgum otundan NaOH ve Na<sub>2</sub>S metoduyla farklı koşullarda üretilen elenmiş verim, elek artığı, kappa numarası ve viskozite değerleri.

| AA (%) | Sülfidite (%) | Elenmiş Verim (%) | Elek Artığı (%) | Toplam Verim (%) | Kappa No | Viskozite (ml/g) |
|--------|---------------|-------------------|-----------------|------------------|----------|------------------|
| 10     | 0             | 33,7              | 9,60            | 43,2             | 32,8     | 1060             |
|        | 4             | 33,9              | 8,40            | 43,3             | 32,5     | 1080             |
|        | 8             | 36,7              | 6,49            | 42,3             | 30,6     | 1032             |
|        | 12            | 37,8              | 5,43            | 43,2             | 29,8     | 1010             |
|        | 16            | 36,5              | 4,10            | 40,6             | 27,5     | 996              |
| 14     | 0             | 34,6              | 6,55            | 41,2             | 31,0     | 1034             |
|        | 4             | 36,1              | 4,20            | 40,3             | 28,1     | 1047             |
|        | 8             | 36,0              | 3,67            | 39,6             | 25,9     | 1014             |
|        | 12            | 38,0              | 1,34            | 39,4             | 24,1     | 992              |
|        | 16            | 37,3              | 1,02            | 38,3             | 23,1     | 869              |

Tablo 4.9’da görüldüğü gibi en yüksek elenmiş verim oranı AA (38,9%) ve sülfidite %12 koşullarında belirlenmiştir. Örneklerde pişirme şartlarında kullanılan sodyum sülfür (Na<sub>2</sub>S) ve Aktif alkali oranı arttıkça delignifikasyon miktarı yükselmiştir. Bundan dolayı hamurların kappa numarasında azalma olmuştur. Alkif alkali ve sülfidite miktarının yükselmesi karbonhidrat reaksiyonlarının artması nedeniyle hamurların viskozite değerleri azalmıştır. Viskozite oranının yüksek oluşu hamurun sağlamlık derecesini belirler. Kappa numarasında gerçekleşen düşüş hamurdaki lignin oranının azaldığının göstergesidir. Kappa numarası düşük olan hamurların ağarma işlemi daha kolay gerçekleşir. Bu nedenle, pişirme koşulları belirlenirken bu aşamalar göz önünde bulundurulmalıdır.

#### 4.5.2 Pişirme Koşullarının Kappa Numarası Değişimine Etkisi

Aktif alkali ve sülfidite oranları değiştikçe kappa numarasındaki değişimler aşağıda sıralanmıştır.

#### 4.5.3 NaOH Oranının Kappa Numarasına Etkisi

Gerekli işlemler sonucu elde edilen kağıt hamurlarının kappa numaraları NaOH miktarına göre orta-

lama değerleri, varyasyon katsayıları ve standart sapma değerleri aşağıdaki Tablo 4.10' da belirtilmiştir.

Tablo 4.10: Kappa numaralarının NaOH miktarına bağlı olarak, ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayı değerleri.

| NaOH Oranı (%) | Örnek Sayısı | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı |
|----------------|--------------|--------------------|----------------|---------------------|
| 10             | 5            | 30,6               | 2,16           | 7,0                 |
| 14             | 5            | 26,4               | 3,19           | 12,06               |

Tabloya bakıldığında NaOH oranı arttıkça kappa numarasında düşüş gözlemlenmiştir.

#### 4.5.4 Sülfidite Oranının Kappa Numarasına Etkisi

Hamurlar pişirme aşamasında NaOH: % (10,14) Sülfidite: % (0,4,8,12,16) değerleri çerçevesinde yapılmıştır.

Tablo 4.11: Farklı değerlerdeki NaOH ve Sülfidite oranlarına bağlı olarak kappa numaraları verilmiştir.

| NaOH (%) | Sülfidite | Kappa No |
|----------|-----------|----------|
| 10       | 0         | 32,8     |
|          | 4         | 32,5     |
|          | 8         | 30,6     |
|          | 12        | 29,8     |
|          | 16        | 27,5     |
| 14       | 0         | 31,0     |
|          | 4         | 28,1     |
|          | 8         | 25,9     |
|          | 12        | 24,1     |
|          | 16        | 23,1     |

Yukarıda verilen değerlere bakıldığında alkali ve sülfidite oranlarında artış olduğunda kappa numaları düşmüştür. Bunun sebebi alkali ve sülfidite oranının artmasıyla delignifikasyon oranının artmasıdır.

#### 4.6 Sorgum Otundan Kraft Yöntemiyle Üretilen Kağıtlarının Fiziksel ve Optik Özelliklerine Pişirme Koşullarına Etkisi

Kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde parametrelerin dövülmemiş, 35 SR' ve 50 SR' ye kadar dövülmüş hamurlardan elde edilen kağıtların opaklık, parlaklık, yırtılma, kalınlık, hava geçirgenliği, patlama indisi ve kopma teslerine ait veriler aşağıda verilmiştir.

##### 4.6.1 Pişirme Koşullarının Kağıdın Opaklık Değerleri Üzerine Etkisi

Sorgum otundan farklı NaOH ve sülfidite miktarlarıyla yapılan kağıtlarla ilgili dövülme oranlarına göre ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı verileri Tablo 4.12' de verilmiştir. Herbir pişirme için 10' ar adet örneklere test yapılmıştır.

Tablo 4.12: NaOH ve Na<sub>2</sub>S oranına bağlı olarak dövülmemiş SR°, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan üretilen kağıtların opaklık değerlerinin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısına ait veriler.

| SR °<br>Derecesi    | NaOH<br>Oranı | Sülfidite<br>Oranı | Aritmetik<br>Ortalama | Standart<br>Sapma | Varyasyon<br>Katsayısı(%) |
|---------------------|---------------|--------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|
| Dövülmemiş<br>(SR°) | %10           | 0                  | 99,54                 | 0                 | -                         |
|                     |               | 4                  | 99,67                 | 0                 | -                         |
|                     |               | 8                  | 99,85                 | 0                 | -                         |
|                     |               | 12                 | 99,88                 | 1.003             | 1,04                      |
|                     |               | 16                 | 99,92                 | 0.212             | 0,212                     |
|                     | %14           | 0                  | 99,36                 | 0.164             | 0,165                     |
|                     |               | 4                  | 98,65                 | 1.518             | 1,538                     |
|                     |               | 8                  | 99,19                 | 0.253             | 0,255                     |
|                     |               | 12                 | 99,43                 | 0.131             | 0,131                     |
|                     |               | 16                 | 99,84                 | 0.140             | 0,140                     |
| 35 SR'± 2           | %10           | 0                  | 99,50                 | 0                 | -                         |
|                     |               | 4                  | 99,59                 | 0                 | -                         |
|                     |               | 8                  | 99,69                 | 0                 | -                         |
|                     |               | 12                 | 99,62                 | 0.0902            | 0,090                     |

|          |     |    |       |        |       |
|----------|-----|----|-------|--------|-------|
|          | %14 | 16 | 99,78 | 0.127  | 0,127 |
|          |     | 0  | 98,62 | 1.139  | 1,154 |
|          |     | 4  | 98,70 | 0.784  | 0,794 |
|          |     | 8  | 99,23 | 0.235  | 0,236 |
|          |     | 12 | 99,50 | 0.112  | 0,112 |
|          |     | 16 | 99,15 | 1.524  | 1,537 |
| 50 SR'±2 | %10 | 0  | 99,27 | 0      | -     |
|          |     | 4  | 99,43 | 0      | -     |
|          |     | 8  | 99,65 | 0      | -     |
|          |     | 12 | 99,57 | 0.7652 | 0,768 |
|          |     | 16 | 99,73 | 0.241  | 0,241 |
|          | %14 | 0  | 98,70 | 0.3007 | 0,303 |
|          |     | 4  | 98,88 | 0.307  | 0,310 |
|          |     | 8  | 99,23 | 0.307  | 0,309 |
|          |     | 12 | 99,52 | 0.206  | 0,206 |
|          |     | 16 | 99,04 | 0.160  | 0,161 |

Piştirme sırasında delignifikasyon ile orta lamelde ve lif yüzeylerindeki ligninin çözeltiye geçmesinden sonra lif yüzeylerinde bir miktar ağarma meydana gelmektedir. Dövme işlemi ile opaklık ve parlaklık değerleri de kağıt gruplarının tümünde düşmüştür. (Deniz, 2017)

Dövme işleminden sonra incilen lifler opaklık değerinde azalma meydana getirmektedir. En yüksek opaklık değeri %10 NaOH ve %16 140 C' sıcaklıkta pişirilmiş ve dövülmeiş hamurlardan üretilen kağıtlarda görülmüştür.

#### 4.6.2 Piştirme Koşullarının Kağıdın Parlaklık Değeri Üzerine Etkisi

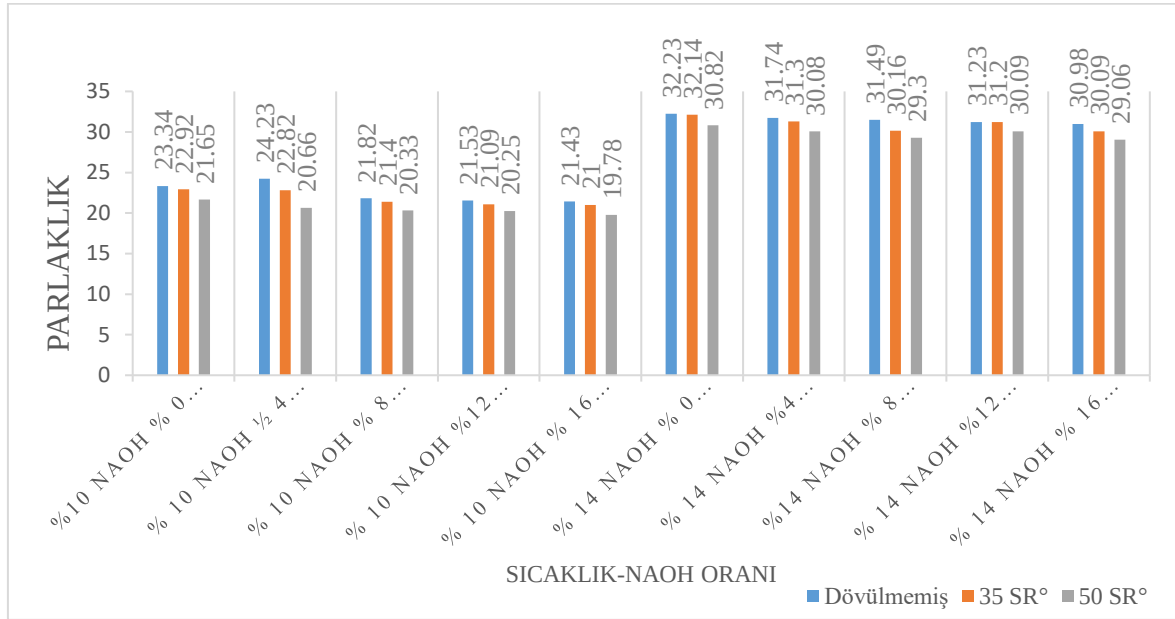
Dövülmemiş, 35 SR' ve 50 SR' hamurlardan üretilen kağıtların parlaklık testine ait ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı verileri Tablo 4.13' de verilmiştir.

Tablo 4.13: Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

| SR° Derecesi | Örnek Sayısı | Ortalama | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı(%) |
|--------------|--------------|----------|----------------|------------------------|
| Dövülmemiş   | 100          | 27,0     | 4.93           | 18,2                   |
| 35 SR°± 2    | 100          | 26,4     | 4.88           | 18,5                   |
| 50 SR°± 2    | 100          | 25,1     | 4.93           | 18,2                   |

Ligninin esmer yapısından dolayı, kağıdın parlaklığında düşüş görülmektedir. Opaklık ve parlaklık değerlerinin yüksek olması için dövülmemiş hamur işleme tabi tutulmalıdır.

Tablo 4.14: Pişirme şartlarının kağıdın parlaklık değeri üzerine etkisi.



#### 4.6.3 Pişirme Koşullarının Kağıdın Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi

Sorgum otundan farklı NaOH ve sülfidite oranları ile üretilen kağıt hamurlarının farklı dövme derecelerindeki yırtılma idislerine göre ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.15’ de verilmiştir.

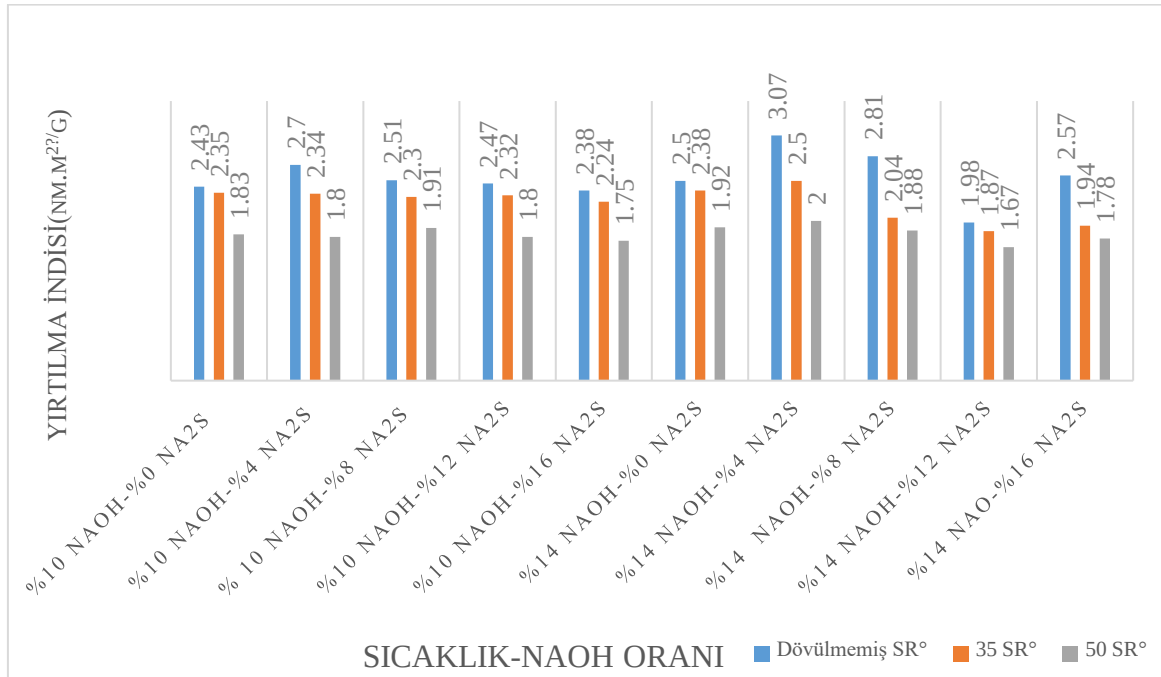
Tablo 4.15: Dövülmemiş, 35 SR° , 50 ° hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisinin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

| SR°        | Örnek Sayısı | Ortalama (birim) | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı |
|------------|--------------|------------------|----------------|---------------------|
| Dövülmemiş | 100          | 2,542            | 0.286          | 11,25               |
| 35± 2      | 100          | 2,225            | 0,205          | 9,21                |
| 50 ±2      | 100          | 1,824            | 0,091          | 4,98                |

Dövülmemiş hamurlardan üretilen kağıtların hepsinde ortalama yırtılma indisi dövülmüş hamurlara göre daha yüksektir. Bu nedenle yırtılma indisi yüksek kağıt üretimi amaçlanıyorsa bütün hamurlar için başlangıç serbestlik derecesi yeterli olabilir.



Tablo 4.16: Pişirme koşullarının kağıdın yırtılma indisi üzerine etkisi.



#### 4.6.4 Pişirme Koşullarının Kağıdın Kalınlığı Üzerinde Etkisi

Sorgum otundan elde edilen farklı miktardaki NaOH ve Na<sub>2</sub>S oranlarıyla elde edilen kağıt hamurlarının dövülme derecelerine göre ortalamaları, standart sapma değerleri ve varyasyon katsayıları Tablo 4.17’ de verilmiştir. Her SR° değerinden yüz örnek işleme tabi tutulmuştur.

Tablo 4.17: Dövülmemiş (SR°), 35 SR°, 50 SR° hamurlarından elde edilen kağıtların kalınlık verilerinin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayı değerleri.

| SR°        | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı |
|------------|--------------------|----------------|---------------------|
| Dövülmemiş | 117,6              | 4,27           | 3,63                |
| 35± 2SR°   | 110,9              | 4,62           | 4,17                |
| 50± 2SR°   | 100                | 2,86           | 2,86                |

Dövülme derecelerine göre bakıldığında en düşük kalınlık 50 SR° olan kağıtların olduğu kanısına varılmıştır. Dövülme derecesi arttıkça kağıdın kalınlığında düşüş görülmüştür.

#### 4.6.5. Pişirme Koşullarının Kağıdın Hava Geçirgenliği Değerlerine Etkisi

Farklı koşullarda elde edilen hamurların dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° derecelerine ait kağıtların ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.18’ de verilmiştir. Her SR° değerinden yüz adet örneğe test yapılmıştır.

Tablo 4.18: Dövülmemiş (SR°), 35 SR°, 50 SR° hamurlarından elde edilen kağıtların ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

| SR°        | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı |
|------------|--------------------|----------------|---------------------|
| Dövülmemiş | 857                | 476            | 55,5                |
| 35± SR°    | 419                | 239            | 57                  |
| 50± SR°    | 50,3               | 19             | 37                  |

Lifler arasındaki bağlanma bölgeleri büyüdükçe kağıt sıkılaşır. Sağlıklı elyafların yanında küçük elyaf parçaları da bulunur. Bunlar lifler arasındaki boşluklara yerleşerek hava geçirgenliğini azaltırlar. Ayrıca dövme ile lif yüzeyindeki fibriller tüylü bir hal alır ve yüzey alanı genişler (Karıncaoğlu, 2010). Bunun sonucunda dövme işlemi artırıldığında hava geçirgenliği miktarında azalma görülmüştür.

#### 4.6.6 Pişirme Koşullarının Kağıdın Patlama İndisi Üzerine Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan üretilen kağıtların NaOH, Na<sub>2</sub>S oranlarıyla birlikte patlama indisine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.19 ‘ de verilmiştir. Her SR° pişirme için 10’ar adet pişirme yapılmıştır.

Tablo 4.19: Dövülmemiş (SR°), 35 SR°, 50 SR° hamurlarından elde edilen kağıtların NaOH ve Na<sub>2</sub>S oranlarına bağlı olarak patlama indisinin ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

| SR° Derecesi | NaOH Oranı | Sülfidite Oranı | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı |
|--------------|------------|-----------------|--------------------|----------------|---------------------|
|              | %10        | 0               | 2,40               | 0              | -                   |
|              |            | 4               | 2,53               | 0              | -                   |
|              |            | 8               | 2,65               | 0              | -                   |

|                     |     |    |      |       |       |
|---------------------|-----|----|------|-------|-------|
| Dövülmemiş<br>(SR°) |     | 12 | 2,50 | 0     | -     |
|                     |     | 16 | 2,49 | 0     | -     |
|                     | %14 | 0  | 2,35 | 0.151 | 6,42  |
|                     |     | 4  | 2,50 | 0.164 | 6,56  |
|                     |     | 8  | 2,60 | 0.151 | 5,80  |
|                     |     | 12 | 2,53 | 0.103 | 6,04  |
|                     |     | 16 | 2,55 | 0.186 | 7,29  |
| 35 SR°±2            | %10 | 0  | 3,23 | 0     | -     |
|                     |     | 4  | 3,26 | 0     | -     |
|                     |     | 8  | 3,20 | 0     | -     |
|                     |     | 12 | 3,18 | 0     | -     |
|                     |     | 16 | 3,05 | 0     | -     |
|                     | %14 | 0  | 3,50 | 0     | -     |
|                     |     | 4  | 2,70 | 0     | -     |
|                     |     | 8  | 2,78 | 0     | -     |
|                     |     | 12 | 2,68 | 0.117 | 4,365 |
|                     |     | 16 | 2,71 | 0.143 | 5,296 |
| 50 SR°±2            | %10 | 0  | 3,32 | 0     | -     |
|                     |     | 4  | 3,33 | 0     | -     |
|                     |     | 8  | 3,28 | 0     | -     |
|                     |     | 12 | 3,18 | 0     | -     |
|                     |     | 16 | 3,23 | 0     | -     |
|                     | %14 | 0  | 3,11 | 0     | -     |
|                     |     | 4  | 3,24 | 0     | -     |
|                     |     | 8  | 3,05 | 0     | -     |
|                     |     | 12 | 2,98 | 0.133 | 4,46  |
|                     |     | 16 | 3,00 | 0.138 | 4,6   |

Elde edilen kâğıtlardan patlama indisi yüksek olan kâğıt üretimi yapmak için başlangıç serbestlik derecesinin yeterli olduğu tespit edilip dövme işlemine gerek görülmeyebilir.

#### 4.6.7 Pişirme Koşullarının Kağıdın Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi

Sorgum otundan farklı NaOH ve sülfidite miktarlarıyla üretilen kâğıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki kopma indilerine göre ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.20’ de verilmiştir. Her SR° değeri için yüz adet örnek test yapılmıştır.

Tablo 4.20: Dövlmemiş(SR°), 35 SR°,50 SR° hamurlarından elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

| SR°             | Aritmetik Ortalama | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı |
|-----------------|--------------------|----------------|---------------------|
| Dövlmemiş (SR°) | 66,895             | 4.448          | 6,649               |
| 35 SR°±2        | 72,67              | 5,023          | 6,912               |
| 50 SR°±2        | 81,511             | 1.596          | 1,95                |

Kopma indisi değeri yüksek kağıt üretimi yapılabilmesi için hamurlar 50SR° derecesine kadar dövülebilir.

## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Bartın yöresinden temin edilen Sorgum otu kullanılmıştır. Sorgum otunun tümü üç parçaya ayrılarak ayrı ayrı kimyasal analiz işlemlerine tabi tutulmuştur. Üç farklı noktadan alınan örneklerden holoselüloz oranı en fazla %79 ile ince uç kısmında, en az miktar ise %77,2 ile orta kısmı bulunmuştur. Alfa selüloz % 45,2 ile en fazla ince uç kısmında, en az %37,5 oran ile orta kısmında tesbit edilmiştir. Lignin miktarı en fazla %14,9 ile ince uç kısmında %13,86 ile de kalın uç kısmında belirlenmiştir. Ayrıca, sorgum saplarının çözünürlük deneylerinde alkol çözünürlüğü en fazla %25,3 en az ince uç %13,86 olarak belirlenmiştir. %1' lik NaOH çözeltisinde kalın uç kısmında %47,3 ile en fazla, % 45,2 ile en az değer olarak tesbit edilmiştir. Sıcak su deneyinde % 29,2 ile kalın uç en fazla, % 28,2 ile ince uç en az değere sahip olmuştur. Soğuk su çözünürlüğünde kalın uç %27,7 ile en fazla, %15,9 ile ince uç en az değer olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre üç kısımdan belirli oranlarda örnek alınarak yapılması kanısına varılmıştır.

Çalışmamızda en yüksek verim (%38,9) AA %14 ve sülfidite %12 şartlarında üretilen hamurlarda elde edilmiştir. Bu hamurlardan elde edilen kağıtların optik, fiziksel ve mekanik özellikleri de benzer hammaddelerle Kraft yöntemi ile elde edilen kağıtlarla rekabet edecek seviyede olduğu için bu şartlar ideal pişirme koşulları olarak kabul edilebilir.

- Sudan otu melezi (*Sorgum bicolor* x *S. bicolor* var. *Sudanase*) Kraft yöntemi ile üretilen kağıt hamuru veriminin memnun edici olması nedeniyle bu yöntemle kağıt hamuru üretimine uygundur.
- Kağıt hamuru pişirme sıcaklığı  $155 \pm 2$  C°, maksimum sıcaklığa ulaşma süresi 120 dak. şartlarında Aktif alkali %14 ve Sülfidite %12 alınarak en yüksek verim belirlenmiştir. Bu sebeple bu oranlar ideal pişirme koşulu olarak kabul edilebilir.
- Hamur ve kağıtların standart testlerinde Sudan otu melezinin Kraft yöntemi ile kağıt hamuru üretiminde diğer lifsel kaynaklarla rekabet edebilecek bir hammaddedir.

## KAYNAKLAR

- Acar, R. ve Yıldırım, A.I. (2001). Farklı Bitki Sıklıklarının Süpürge Darısında Ot Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 15(27)Ç 128-133.
- Açıkgöz, E. (1991). Yem bitkileri. *Uludağ Üniversitesi Yayınları* No:633-2, s. 456. Bursa.
- Akyıldız, A.R. 1984. Yemler Bilgisi Laboratuvar Klavuzu. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları* No:895.
- Agnihotri, S., Dutt D., Tyagi CH., (2010). Complete characterization of baggase of early species of *saccharum officinerum*- CO 89003 for pılp and paper making. *Bio Resources*, 5(2), 1197-1214.
- Akgül, M. (2007). Pamuk (*Gossypium Hirsutum* L.) Saplarından Soda-Alkol, Soda-AQ, Soda Alkol- AQ Yöntemleriyle Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretim Koşullarının Belirlenmesi. Düzce Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeler Başkanlığı, BAP Proje Kod No: 2005. 05.03.221, Düzce.
- Anon. (2006). Çayır Mera Yem Bitkileri Danışma Kurulu Ön Çalışma Raporu. 6-7 Nisan 2006, Denizli.
- Anon. (1970). Sorgum Yetiştirilmesi. Toprak Su Bölge Müdürlüğü. Broşür No:5, Ankara.
- Anon. (1993). Kağıt VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Özel İhtisas Komisyonu Raporu 5-6, 1993.
- Anon. (1994). Türkiye Selüloz ve Kağıt Endüstrisinin 1994 Yılı Genel Durumu, SEKA Genel Müdürlüğü, A.P.K. Dairesi Başkanlığı Plan ve Koordinasyon Müdürlüğü 1994, İzmit.
- Aribert, M. (1954). LA Fabrication Du Papier Et Des Pates a Papier, EFP, Grenoble, 34 pp.
- A. J. IANSON, A. KARADEMİR and W.W. SAMPSON, Specific contact area and the tensile strength of paper, *APPITA*, vol: 59, no: 4, pp: 297-301, July 2006.
- BACK, E. And
- Ateş, S., Akgül, M., Deniz, İ., Tutuş, A., Okan, O. ve Tozoğlu, A. (2010). Soda ve Bazı Modifiye Soda Yöntemlerinin Tütün Saplarından Elde Edilen Kağıt Hamurları Üzerine Etkilerinin Araştırılması. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Cilt: V, 1976-1984 s.
- Ateş, S., Deniz, İ., Kırcı, H., Atik, C., (2015). Comparision of Pulping and Bleaching Bhavio of Some Agricultural Residedues, *Turk J Agric For.* 144-153 s.

- Balabanlı, C. ve Türk, M. (2005). Sorgum, Sudan Otu Melez ve Çeşitlerinin Isparta Koşullarında Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9-3 s.
- Barnes, R.F., Miller, D.A. ve Nelson, C.J. (1995). Forages An Introduction To Grassland Agriculture. Fifth Ed. Iowa State University Press. Ames. Iowa. USA.
- Belayachi, L. ve Delmas, M. (1997). Sweet Sorghum Bagasse: A Raw Material For The Production Of Chemical Paper Pulp. Effect Of Depithing. Industrial Crops and Products, 6: 229-232 s.
- Bostancı, Ş. (1987). Kağıt Hamuru Üretimi ve Ağartma Teknolojisi. KTÜ, Orman Fakültesi, No:14, 245-258 s.
- Casey, J.P. (1960). Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology, Interscience Publisher Co., New York.
- Dayton, A. (1948). Grass: Green, Grain, Grow Grass The Yearbook of Agriculture Government Printing Office. Washington. U.S.A.
- Deniz, I., Okan, O.T., Serdar, B., Şahin, H. İ. (2017). Kraft and Modified Kraft Pulping of Bamboo (*Phyllostachys bambusoides*) Drenno, Vol. 60, No 200,
- DPT. (2000). Kağıt Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara, DPT: 2525 ÖİK: 541.
- Menezes, R.S. (2013). Ethanol Production From The Steam Juice of Different Sweet Sorghum Cultivars in the State of Pernambuco, Northeast of Brazil, Sugar Technology. 15(3), 316-321.
- Edition, C. (1966). Pulp and Paper, Interscience Publishers Inc. Vol.:1, pp.409, New York., Atlanta, USA, pp. 637.
- Emekliler, H.Y. (1993). Sıcak İklim Tahılları (Tahıllar II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1296, Yardımcı Ders Kitabı:372, Ankara.
- Eren, Ö. (2011). Çukurova Bölgesinde Tatlı Sorgum (*Sorghum Bicolor (L.) MOENCH*) Üretiminde Yaşam Döngüsü Enerji ve Çevresel Etki Analizi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Adana, 220 s.
- Eroğlu, H. (1980). O<sub>2</sub>- NaOH Yöntemiyle Buğday ( *Triticum aestivum L.*) Saplarından Kağıt Hamuru Elde Etme Olanaklarının Araştırılması. Doçentlik Tezi, Trabzon.
- Eroğlu, H. (1990). Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi. K.T.Ü. Orman Fakültesi, 593 s.
- Eroğlu, H. ve Usta, M. (2000). Lif Levha Üretim Teknolojisi, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 30, Trabzon.

- Fengel, D. ve Wegener, G. (1989). Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions, Walter De Gruiter Co. New York.
- Gencer, A., Ekici, B. ve Eroğlu, H. (2010). Buğday Saplarından Maserasyon Yöntemi ile Elde Edilen Liflerin NaOH Yöntemi ile Üretilen Kağıdın Lifleri ile Morfolojik Açıdan Karşılaştırılması. Bartın Orman Fakültesi Dergisi.
- Gencer A., Eroğlu, H. and Ozen, R. (2001). Medium Density Fibrbosrd Manufacturing From Cotton Stalks, Inpaper International, (2),26-28.
- Gencer, A. (2015). Research on the Suitability of Broomcorn Stalks for Paper Production and the Effects of Hotwater Pre- Treatment on Paper's Properties. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology. 2089-2092 s.
- Gencer, A. ve Şahin, M. (2015). Identifying Conditions Required Fort He NaOH Method for Productin Pulp and Paper from Sorghum Grown in Turkey. BioResources, 10(2).
- Giray, E. (1992). Kağıt ve Kartona Olan Talep Kuvvetli Biçimde Artıyor. SEKA Dergisi, Sayı: 41, 20-21 s.
- Grassi, G. (2001). Sweet Sorghum: One of the Best World Food-Feed-Energy Crop. Gullichen, J. ve Paulapuro, H. (2000). Forest Products Chemistry. Gummerus Printing, 952 s.
- Gulsoy, S.K. ve Tufek, S. (2013). Effect of Mixing Ratio of Pinus Pinaster and Populus Tremula on Kraft Pulp and Paper Properties, Industrial & Engineering Chemistry Research 52(6): 2304- 2308 s.
- Gülsoy, S.K. (2009). Beyaz Çürüklük Mantarı (*Ceriporiopsis Subvermispora*) ile Muamele Edilen *Pinus Nigra* Arnold' dan NaBH<sub>4</sub> İlaveli Biyolojik- Kraft Kağıt Hamuru Üretimi. Doktora Tezi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 143 s.
- Gülsoy S.K. ve Şimşir, S. (2018). Chemical Composition, Fiber Morphology, and Kraft Pulping of Bracken Stalks (*Pteridium aquilinum* (L) Kuhn) Drvna Industrija: 69 (1). 23-33 s.
- Hafizoğlu, H. ve Deniz, G. (2010). Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Trabzon.
- Hamilton, F. ve Leopold, B. (1987). Sekondary Fibers and Non-wood Pulping.Pulp and Paper Manufacture. Vol. 3 Tappi Press, Atalanta, USA.
- Han, J.S. Ve Rowell, J.S. (1997). Chemical Composition of Agrobased Fibers, Chapter 5. In:Rowell, RM, Young RA,Rowell JK (eds), Paper and Composites from Agrobased Reources, CRS Press Inc., New York, 83-134 pp.



- Herrera, A., Téllez-Luis, S.J., Ramírez, J.A., Vázquez, M. (2003). Production of Xylose from Sorghum Straw Using Hydrochloric Acid. Journal of Cereal Science, 37,267-274, doi: 10.1006/jcrs.2002.0510.
- Keskin, B., Yılmaz, İ.H., Akdeniz, H. (2005). Yield and Yield Component of Forage Sorghum Hybrid (Sorghum bicolor X Sorghum sudanense Mtapf.) as Influenced by Variates and Maturity. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 145-150 s.
- Karadaş, S. (2008). Farklı Ekim Sıklıklarında İkinci Ürün Olarak Ekilen Sorghum X Sudan Otu Melezinin Verim ve Bazı Verim Unsurlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 49 s.
- Karıncaoğlu, M. (2010). Kağıt ve Karton Üretimi. II. Cilt 2-A Selüloza Giriş, Kağıt Fabrikaları Serisi 7, 101 s.
- Keskin, B., Yılmaz, İ.H. ve Akdeniz, H. (2005). Sorghum X Sudanotu Melezi (*Sorghum bicolor x sorghum sudanense* Mtapf.) Çeşitlerinde Hasat Zamanının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 36(2): 145-150 s.
- Keskin, B., Yılmaz, İ. H., Akdeniz, H. (2005). Yield and Yield Component of Forage Sorghum Hybrid (Sorghum bicolor x Sorghum sudanense Mtapf.) as Influenced by Variates and Maturity. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 36(2).
- Khristova, P. ve Gabir, S. (1990). Soda- AQ Pulping of Sorghum Stalks. Biological Wastes. 33: 243-250 pp.
- Kırcı, H. (2003). Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yayın No: 72, Trabzon, 276 s.
- Kırcı, H. (2006). Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:86, Trabzon.
- Kırcı, H. (2000). Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 269 s.
- Kim, M. ve Day, D. F. (2011). Composition of Sugar Cane, Energy Cane and Sweet Sorghum Suitable for Ethanol Production at Louisiana Sugar Mills. J. Ind Microbiol, Biotechnol 38: 803-807.
- Kocurek, M.A.,1989. Pulp and paper manufacture Alkaline Pulping. Vol.5, Tappi Press, Atlanta, USA.
- Koppen, S., Reinhardt, G. ve Gartner, S. (2009). Assessment of Energy and Greenhouse Gas Inventories of Sweet Sorghum for First and Second Generation Bioethanol. Environment and Natural Resources Management Series, 30, FAO, Rome.
- Kumuk, T. ve Avcıoğlu, R. (1986). Sorghum Yetiştiriciliği ve Hayvan Beslemedeki Yeri ve Önemi. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 485, İzmir.
- Lindholm, C.A. (1993). Pulping Technology Lecture Notes Helsinki University, Otoniemi, Finland, 15-17 pp.
- Memduh, Ş. (2012). Bartın'da Yetişen Sorghum-Sudan Otu Melezinden NaOH Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın

Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, 133 s.

- Odabaş Serin, Z., Ateş, N. ve Cavunt, A. (2017). Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) Saplarının Kağıt Hamuru ve Kağıt Üretimine Uygunluğunun Değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry, 18(2): 155-159.
- Oktay, Y. ve Şahiner, E. B. (2007). Kağıt Endüstrisinde Oluşabilecek Çevre Soruları ve Çözüm Önerileri. Fatih Üniversitesi, 2. Çevre sorunları Kongresi Bildiri Kitabı, 1-9 s.
- Önder, İ., Ongan, H., Demiröz, D., Tunçcan Ongan, N., Hatman, Ü., Güngör, M. ve Eğilmez, E. (2005). Kağıt Sektörü ve SEKA Analizi.
- Rajvanshi, A.K. ve Nimbkar, N. (2008). Sweet Sorghum R&D at The Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI). Nimbkar Agricultural Research Institute (NARI), India.
- Rathnavathi, C.V. Kalyana Chakravarthy, S., Komala V.V., Chavan U.D., Patil J.V. (2011) Sweet Sorghum as Feedstock for Biofuel Production: A Review, Sugar Technology, 13(4), 399-407.
- Roberts, L.W. (1969). The Initiation of Xylem Differentiation. Botanical Review Vol.35.
- Rowell, R.M., Young R.A., Rowell. J.K. (EDS), Paper ad Composites from Agrobased Reources, CRS, Pree Inc. New York, 83-134 pp.
- She, D., Xu, F., Geng, Z., Sun, R., Jones, G.L. ve Baird, M.S. (2010). Physicochemical Characterization of Extracted Lignin From Sweet Sorghum Stem. Industrial Crops and Products 32:21-28.
- Skerman, P.J. ve Riveros, F. (1990). Tropical Grasses. FAO Plant Production and Protection. Series No:23. 695-697.
- Şahin, H.T. ve Üner, B. (2004). Alkali Katalizörlü Organik Delignifikasyon Sistemleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, Isparta, 141- 159 s.
- Tıknazoğlu, B. (2006). Sorghum & Sudanotu Tarımı. T.C. Samsun Valiliği, İl Tarım Müdürlüğü Broşürü No: T/24.
- Tutuş, A. (2000). Buğday Saplarından Kağıt Hamuru Üretiminde Kullanılan Soda Oksijen, Soda Antrakinon ve Soda Yöntemlerinin Silis Problemi ve Diğer Yönlerden Karşılaştırılması. Doktora Tezi, ZKU, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği, ABD, Zonguldak, 287 s.
- URL-1(2018). [https://ekonomi.isbank.com.tr/ContentManagement/Documents/sr201607\\_kagitsektoru.pdf](https://ekonomi.isbank.com.tr/ContentManagement/Documents/sr201607_kagitsektoru.pdf)
- URL-2(2018).([http://www.ESFAPAPER.COM/KAGIDIN\\_TARIHÇESİ/\(25/](http://www.ESFAPAPER.COM/KAGIDIN_TARIHÇESİ/(25/)
- URL-3(2018).([http://www.bahce.biz/bitki/tarla/yembitkileri/silo\\_yemleri.htm](http://www.bahce.biz/bitki/tarla/yembitkileri/silo_yemleri.htm))
- URL-4(2018).(<https://www.organikgunler.com/sorgum-bitkisi> nedir-sudan otu- yetiştiriciliği/http:

URL-5(2018). <http://www.millermagazine.com/dunya-sorgum-ve-dari-pazari-2/.html>

Usta, H. (2004). Kağıt Sektörü Profil Araştırması. İstanbul Ticaret Odası.

Valenzuela, H. ve Smith. J. (2002). Sorghum- sudagrass hybrids. Sustainable Agriculture Green Manure Crops. Aug., Sa-GM-10.

Wagberg, L.. Zhao, X.P., Fineman, I. ve Li, F.N. (1990). Effects of Retention Aids On Retention and Dewatering of Wheat Straw Pulp. Tappi Journal, 73(4): 177-182.

Wise, L., Karl, H.L. (1962). Cellulose and Hemicellulose in Pulp and Paper Science and Technology. New York. McGraw Hill Book Co.

Woods, J. (2000). Integrating Sweet Sorghum and Sugarcane for Bioenergy: Modelling the Potential for Electricity and Ethanol Production in SE Zimbabwe. PhD Thesis, Division of Life Sciences King's College London University of London University of London.

Yapıcı, F. (2003). Oksit İlaveli Soda-Oksijen Yöntemiyle Amerikan Çavdarı (Triticale) Saplarından Kağıt Hamur Üretim Koşullarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. ZKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ceyda Hatıl  
Doğum Yeri ve Tarihi : Karabük/Yenice 04.03.1992

### Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Bartın Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği  
Yüksek Lisan Öğrenimi : Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,  
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce  
Bilimsel Faaliyet/Yayınlar : Determination of Alkali and Sulfite Ratios in Paper Pulp Produced from Sorghum Stalks via the Kraft Method

### İş Deneyimi

Stajlar : 2013/Karabük Yenice Orman İşletme Müdürlüğü  
2015/Kastamonu Entegre  
Projeler ve Kurs Belgeleri : Autocad:2015 Autocad Programı Başarı Belgesi  
Pugem: 2014 Kitlesel Dönüşüm Semineri Eğitim Belgesi  
Çalıştığı Kurumlar : 2017-Demod Ahşap,2018-Rüzgar Ormancılık  
2019-Ünel Ormancılık  
E-Posta Adresi : Ceyda-hatil@hotmail.com

Tarih : 12/06/2019 (Tez Savunma Tarihi)

