

**BARTIN'DA YETİŞTİRİLEN SORGUM – SUDAN OTU MELEZİNDEN NaOH  
YÖNTEMİYLE KAĞIT ÜRETİM KOŞULLARININ BELİRLENMESİ**

**2012**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEMDUH ŞAHİN**

**BARTIN'DA YETİŞTİRİLEN SORGUM – SUDAN OTU MELEZİNDEN NaOH  
YÖNTEMİYLE KAĞIT ÜRETİM KOŞULLARININ BELİRLENMESİ**

**MEMDUH ŞAHİN**

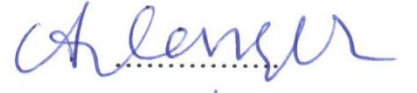
**Bartın Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**BARTIN  
AĞUSTOS 2012**

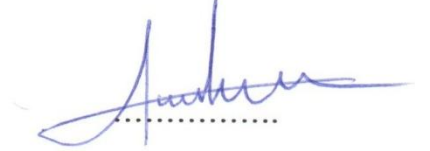
**KABUL:**

Memduh ŞAHİN tarafından hazırlanan “BARTIN’DA YETİŞTİRİLEN SORGUM – SUDAN OTU MELEZİNDEN NaOH YÖNTEMİYLE KAĞIT ÜRETİM KOŞULLARININ BELİRLENMESİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 08/08/2012

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER (BÜ)



Üye : Doç. Dr. İbrahim TÜMEN (BÜ)



Üye : Doç. Dr. Ali DURKAYA (BÜ)



---

**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. ....../...../2012



Prof.Dr. Ali Naci TANKUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Memduh ŞAHİN

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### BARTIN'DA YETİŞTİRİLEN SORGUM – SUDAN OTU MELEZİNDEN NaOH YÖNTEMİYLE KAĞIT ÜRETİM KOŞULLARININ BELİRLENMESİ

Memduh ŞAHİN

Bartın Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER

Ağustos 2012, 133 sayfa

Bu araştırmada, sorgum ( *Sorghum bicolor* x *S. bicolor* var. *sudanense* ) sap ve yapraklarından NaOH yöntemiyle optimum kağıt hamuru ve kağıt üretim koşullarının belirlenmesi için literatür incelemeleri yapılarak NaOH oranı %14-%16-%18-%20, çözelti/sap oranı 5/1, pişirme sıcaklığı 120-130 °C, pişirme süresi 60 dak. sabit alınarak bir dizi pişirme yapılmıştır.

Yukarıda belirtilen şartlarda optimum pişirme parametrelerini belirlemek için 8 adet pişirme yapılmıştır. Yapılan pişirme denemeleri sonunda sıcaklık ile NaOH oranının hamur verimi, kappa numarası ve elde edilen kağıtların fiziksel, mekaniksel ve optik özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Pişirmede kullanılan NaOH oranının artması ile elenmiş hamur veriminin ve kappa numarasının azaldığı tespit edilmiştir. Yine, NaOH oranının artması ile elde edilen kağıtların parlaklık, yüzey düzgünlüğü, kopma uzunluğu, hava geçirgenliği,

## ÖZET (devam ediyor)

yırtılma indisi ve beyazlık değerleri genel olarak artarken baskı opaklığı ve kağıt kalınlığı değerleri azalmıştır.

Ayrıca çalışmada Sorgum saplarının kimyasal bileşimi, çözünürlüğü ve lif morfolojisi de araştırılmıştır.

Sonuç olarak, Sorgum sap ve yapraklarından NaOH yöntemiyle kağıt hamuru üretiminde, 120°C pişirme sıcaklığı, %20 NaOH, 5/1 çözelti sap oranı kullanıldığı ve 60 dk pişirme süresi uygulandığı zaman en uygun pişirme koşullarının gerçekleştiği görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** NaOH, Sorgum, Lif, Kağıt Hamuru, *Sorghum bicolor x S. bicolor var. sudanense*

**Bilim Kodu** : 502.06.01

## **ABSTRACT**

**Master Thesis**

### **DETERMINATION OF PAPER PRODUCTION CONDITIONS BY NaOH METHOD FROM SORGHUM – SUDAN GRASS CROSS-BREED THAT IS GROWN IN BARTIN**

**Memduh ŞAHİN**

**Bartın University**

**Graduate School and Applied Science**

**Department of Forest Industrial Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Asst. Prof. Dr. Ayhan GENÇER**

**August 2012, 133 pages**

In this study, a number of cooking has been made in order to determine the optimum conditions for the pulp and paper production from the straws and leaves of sorghum (*Sorghum bicolor X S. bicolor* var. *sudanense*) by NaOH method after literature review and taking NaOH rate %14 - %16 - %18 - %20, solution / straw ratio 5 / 1, cooking temperature 120-130 °C and cooking time 60 min. as constant.

8 cookings have been carried out to determine the optimum cooking parameters in aforementioned conditions. At the end of the cooking trials, pulp yield of the temperature ratio with NaOH; kappa number and paper obtained from the physical, mechanical and optical properties have been examined. During the cooking, kappa number and sifted pulp yield have been ascertained to decrease when NaOH ratio used for cooking increased. Also, when NaOH ratio has increased, the brightness, smoothness, deletion length, air permeability,

## **ABSTRACT (continued)**

opacity, tear index and whiteness values have generally increased while printing opacity and paper thickness values have decreased.

The chemical composition of sorghum stalks, solubility and fiber morphology have also been investigated in this study.

As a result, optimum cooking method of pulp production conditions by NaOH method from the stems and leaves of Sorghum have been determined that when cooking temperature has been taken 120 °C, NaOH rate %20, solution / straw ratio 5 / 1 and cooking time has been applied 60 min.

**Key Words** : NaOH, sorghum, fiber, paper pulp, paper, *Sorghum bicolor X S. bicolor* var. *sudanense*

**Science Code:** 502.06.01



## TEŞEKKÜR

Tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında, değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. Ayhan GENÇER'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Tez savunmamda jüri üyesi olma nezaketini gösteren sayın hocalarım Doç. Dr. İbrahim TÜMEN ve Doç. Dr. Ali DURKAYA'ya, laboratuvar çalışmalarında hiçbir zaman bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. Ayben KILIÇ ve Yrd. Doç. Dr. Sezgin Koray GÜLSOY'a, lif ölçümlerimdeki değerli katkılarından dolayı sayın Doç. Dr. Barbaros YAMAN'a, tezimin istatistiksel çalışmalarında yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Deniz Aydemir hocama ve yüksek lisans öğrenimim boyunca her zaman bilimsel desteklerinden faydalandığım sayın hocalarım Doç. Dr. Gökhan GÜNDÜZ ve Doç. Dr. Hüseyin SİVRİKAYA'ya teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Deneme kâğıtlarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi aşamasında bizden yardımlarını esirgemeyen OYKA Kağıt Ambalaj Sanayi ve Tic. A.Ş İşletme Müdürü Gülşen CURA hanımefendiye ve tüm laboratuvar çalışanlarına teşekkür ederim.

Tüm öğrenim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz şükranlarımı sunarım.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL .....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
TABLolar DİZİNİ .....	xix
BÖLÜM I GENEL BİLGİLER.....	1
1.1 GİRİŞ.....	1
1.2 KAĞIDIN TANIMI VE TARİHÇESİ.....	5
1.3 KAĞIT ÜRETİMİNDE KULLANILAN LİFSEL MADDELER VE KAĞIDIN ÖZELLİKLERİ.....	8
1.4 KİMYASAL HAMUR ÜRETİMİ.....	10
1.5 NaOH YÖNTEMİYLE KAĞIT HAMURU ÜRETİMİ.....	12
1.6 SORGUM ( <i>Sorghum bicolor x S. bicolor var. sudanense</i> ) HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	15
1.6.1 Bitkinin Botanik Özellikleri.....	16
1.6.2 Bitkinin Bileşimi, Besin Değeri ve Kullanımı.....	17
1.6.3 Dünyada ve Türkiye’de Tatlı Sorgum Üretimi.....	19
1.7 LİTERATÜR ÖZETİ.....	20
1.8 ÇALIŞMANIN AMACI.....	23
BÖLÜM II MATERYAL VE METOD .....	25
2.1 MATERYAL .....	25
2.2 METOD .....	25

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.2.1 SORGUM LİFLERİNİN FİZİKSEL VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ .....	26
2.2.1.1 Liflerin Morfolojik Özelliklerine Ait Ölçme Yöntemleri.....	26
2.2.2 Kimyasal Analizler .....	27
2.2.2.1 Alfa Selüloz Tayini .....	27
2.2.2.2 Holoselüloz Tayini .....	28
2.2.2.3 Lignin Tayini .....	28
2.2.3 Çözünürlük Değerleri.....	29
2.2.3.1 Soğuk Su Çözünürlüğü.....	29
2.2.3.2 Sıcak Su Çözünürlüğü .....	29
2.2.3.3 Alkol Çözünürlüğü .....	29
2.2.3.4 % 1'lik NaOH Çözünürlüğü.....	29
2.2.4 Yongaların Hazırlanması .....	30
2.2.5 Pişirme Çözeltilisinin Hazırlanması ve Pişirme.....	30
2.2.6 Kağıt Hamurunda Yapılan Analizler .....	32
2.2.6.1 Kappa Numarasının Tayini .....	32
2.2.7 Deneme Kağıtlarının Elde Edilmesi Ve Kağıtların Sağlamlık ve Optik Testleri.....	35
2.2.8 Kâğıdın Fiziksel, Mekanik ve Optik Özelliklerini Belirlemede Kullanılan Yöntemler.....	35
<b>BÖLÜM III BULGULAR.....</b>	<b>37</b>
3.1 SORGUM SAPLARININ LİF MORFOLOJİSİNE AİT BULGULAR.....	37
3.2 KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI.....	39
3.3 SORGUM SAPLARINDAN NaOH YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN KAĞIT HAMURLARINA AİT BULGULAR .....	39
3.3.1 NaOH Kağıt Hamurlarının Verimi ve Bazı Kimyasal Özellikleri.....	39
3.3.2 NaOH Kağıt Hamurlarının Fiziksel ve Optik Özellikleri.....	40
<b>BÖLÜM IV İRDELEME VE DEĞERLENDİRME.....</b>	<b>41</b>

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

### Sayfa

4.1	SORGUM LİFLERİNİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN KAĞIDIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ .....	41
4.1.1	Keçeleşme Oranı .....	41
4.1.2	Elastikiyet Katsayısı .....	41
4.1.3	Katılık Katsayısı .....	42
4.1.4	Runkel Sınıflandırması .....	42
4.2	SORGUM SAPLARINDAN NaOH YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN KAĞIT HAMURLARININ VERİM VE BAZI KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE PİŞİRME PARAMETRELERİNİN ETKİSİ.....	43
4.2.1	Piştirme Parametrelerinin Elenmiş Verim Üzerine Etkisi .....	43
4.2.1.1	Piştirme Sıcaklığının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi .....	44
4.2.1.2	NaOH Oranının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi .....	45
4.2.2	Piştirme Parametrelerinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi.....	47
4.2.2.1	Piştirme Sıcaklığının Kappa Numarası Üzerine Etkisi .....	47
4.2.2.2	NaOH Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi .....	48
4.3	SORGUM'DAN NaOH YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN KÂĞITLARININ FİZİKSEL VE OPTİK ÖZELLİKLERİNE PİŞİRME PARAMETRELERİNİN ETKİSİ.....	50
4.3.1	Piştirme Parametrelerinin Kağıdın Parlaklığı Üzerine Etkisi .....	50
4.3.1.1	Dövme Derecesinin Kağıdın Parlaklık Değerleri Üzerine Etkisi.....	50
4.3.1.2	NaOH Oranının Kağıdın Parlaklığı Üzerine Etkisi .....	52
4.3.1.3	Piştirme Sıcaklığının Kağıdın Parlaklığı Üzerine Etkisi .....	55
4.3.2	Piştirme Parametrelerinin Kağıdın Yüzey Düzgünlüğü Değerleri Üzerine Etkisi.....	58
4.3.2.1	Dövülme Derecesinin Kâğıdın Yüzey Düzgünlüğü Üzerine Etkisi .....	58
4.3.2.2	NaOH Oranının Kağıdın Yüzey Düzgünlüğü Üzerine Etkisi .....	60
4.3.2.3	Piştirme Sıcaklığının Yüzey Düzgünlüğü Üzerine Etkisi .....	63
4.3.3	Piştirme Parametrelerinin Kağıdın Hava Geçirgenliği Değerleri Üzerine Etkisi.....	66
4.3.3.1	Dövülme Derecesinin Kâğıdın Hava Geçirgenliği Üzerine Etkisi.....	66
4.3.3.2	NaOH Oranının Kağıdın Hava Geçirgenliği Üzerine Etkisi .....	67
4.3.3.3	Piştirme Sıcaklığının Kağıdın Hava Geçirgenliği Üzerine Etkisi .....	72
4.3.4	Piştirme Parametrelerinin Kağıdın Kalınlık Değerleri Üzerine Etkisi.....	74

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.3.4.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Kalınlığına Etkisi.....	74
4.3.4.2 NaOH Oranının Kâğıdın Kalınlığına Etkisi .....	76
4.3.4.3 Pişirme Sıcaklığının Kâğıdın Kalınlığına Etkisi .....	79
4.3.5 Pişirme Parametrelerinin Kâğıdın Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi .....	82
4.3.5.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Kopma Uzunluğuna Etkisi .....	82
4.3.5.2 NaOH Oranının Kâğıdın Kopma Uzunluğuna Etkisi.....	83
4.3.5.3 Pişirme Sıcaklığının Kâğıdın Kopma Uzunluğuna Etkisi .....	87
4.3.6 Pişirme Parametrelerinin Kâğıdın Patlama İndisi Üzerine Etkisi.....	90
4.3.6.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Patlama İndisine Etkisi .....	90
4.3.6.2 NaOH Oranının Kâğıdın Patlama İndisine Etkisi .....	91
4.3.6.3 Pişirme Sıcaklığının Kâğıdın Patlama İndisine Etkisi.....	94
4.3.7 Pişirme Parametrelerinin Kâğıdın Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi .....	97
4.3.7.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Yırtılma İndisine Etkisi .....	97
4.3.7.2 NaOH Oranının Kâğıdın Yırtılma İndisine Etkisi.....	99
4.3.7.3 Pişirme Sıcaklığının Kâğıdın Yırtılma İndisine Etkisi.....	102
4.3.8 Pişirme Parametrelerinin Kâğıdın Opaklık Değerleri Üzerine Etkisi.....	104
4.3.8.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Baskı Opaklığına Etkisi.....	104
4.3.8.2 NaOH Oranının Kâğıdın Baskı Opaklığına Etkisi .....	106
4.3.8.3 Pişirme Sıcaklığının Kâğıdın Baskı Opaklığına Etkisi .....	110
4.3.9 Pişirme Parametrelerinin Kâğıdın Beyazlığı Üzerine Etkisi .....	113
4.3.9.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Beyazlığına Etkisi.....	113
4.3.9.2 NaOH Oranının Kâğıdın Beyazlığına Etkisi .....	115
4.3.9.3 Pişirme Sıcaklığının Kâğıdın Beyazlığına Etkisi .....	118
BÖLÜMV SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	121
5.1 TUKEY TESTİ SONUÇLARINA GÖRE NAOH YÖNTEMİYLE SORGUM SAPLARINDAN KAĞIT HAMURU ÜRETİMİNDE EN UYGUN PİŞİRME KOŞULLARININ BELİRLENMESİ.....	122
KAYNAKLAR.....	127
ÖZGEÇMİŞ.....	133

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1	Dünyada yıllara göre kağıt karton üretimi ..... 2
1.2	Kağıt ve karton kapasitesinin bölgelerimize göre dağılımı ..... 8
1.3	Odun yongalarının delignifikasyonunda farklı evreler ..... 10
1.4	Ligninin uzaklaştırılma derecesine bağlı olarak toplam ve elenmiş verim oranındaki değişim..... 11
1.5	Ligninin fenolik hidroksil gruplarının reaksiyonu..... 13
1.6	Ligninin asit veya ester grupları ile reaksiyonu..... 14
1.7	Reaksiyonda ilave hidroksil grupların reaksiyonu..... 14
1.8	Tatlı sorgumun sap kesitinden bir görünüm ..... 18
1.9	2005 yılı verilerine göre dünyada sorgum üretiminin ülkelere göre dağılımı ..... 20
2.1	Piştirme kazanı..... 30
2.2	Lif açıcı(a) ve Rapid Köthen kağıt makinası (b) ..... 32
2.3	Somerville tipi lif eleği (a) ve Hollander (b) ..... 32
2.4	Schopper Riegler test cihazı ..... 34
3.1	Bireysel bir sorgum lifinin boydan görünüşü ..... 37
3.2	Örnek bir sorgum lifinin çeper kalınlığı ve lümen boşluğu..... 38
3.3	a-b Lif ölçümleri için hazırlanmış preparatlardan örnek lif kümeleri ..... 38
4.1	Elenmiş verim, elek artığı ve toplam verim değerlerinin sıcaklık ve NaOH oranına bağlı değişimi..... 44
4.2	Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş kağıt hamurlarının elenmiş verimlerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi ..... 45
4.3	Elenmiş verimin pişirmede kullanılan NaOH oranına bağlı olarak değişimi..... 46
4.4	Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş kağıt hamurlarının kappa numaralarının piştirme sıcaklığa bağlı olarak değişimi ..... 48
4.5	Kağıt hamurlarının kappa numaralarının NaOH oranına bağlı olarak değişimi..... 50
4.6	Farklı piştirme koşullarında örnek kağıtların parlaklıklarının dövme derecesi ile değişimi..... 52

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.7 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	54
4.8 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	54
4.9 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	54
4.10 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının sıcaklıkla değişimi .....	56
4.11 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının sıcaklıkla değişimi.....	56
4.12 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının sıcaklıkla değişimi.....	57
4.13 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların yüzey düzgünlüklerinin dövme derecesi ile değişimi.....	59
4.14 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	62
4.15 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	62
4.16 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	63
4.17 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin sıcaklıkla değişimi .....	64
4.18 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin sıcaklıkla değişimi .....	65
4.19 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin sıcaklıkla değişimi .....	65
4.20 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların hava geçirgenliklerinin dövme derecesi ile değişimi.....	67
4.21 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	70
4.22 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	70
4.23 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	71



## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.24 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin sıcaklıkla değişimi .....	73
4.25 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin sıcaklıkla değişimi .....	73
4.26 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin sıcaklıkla değişimi .....	74
4.27 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların kalınlıklarının dövme derecesi ile değişimi.....	75
4.28 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	78
4.29 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	78
4.30 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	78
4.31 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının sıcaklıkla değişimi .....	80
4.32 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının sıcaklıkla değişimi.....	80
4.33 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının sıcaklıkla değişimi.....	81
4.34 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların kopma uzunluğunun dövme derecesi ile değişimi.....	83
4.35 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun NaOH oranına bağlı değişimi.....	86
4.36 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun NaOH oranına bağlı değişimi.....	86
4.37 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun NaOH oranına bağlı değişimi.....	87
4.38 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun sıcaklıkla değişimi .....	88
4.39 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun sıcaklıkla değişimi.....	89
4.40 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun sıcaklıkla değişimi.....	89

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.41 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların patlama indislerinin dövme derecesi ile değişimi.....	91
4.42 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	93
4.43 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	93
4.44 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	94
4.45 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin sıcaklıkla değişimi .....	96
4.46 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin sıcaklıkla değişimi .....	96
4.47 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin sıcaklıkla değişimi .....	97
4.48 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların yırtılma indislerinin dövme derecesi ile değişimi.....	98
4.49 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	100
4.50 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	101
4.51 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.....	102
4.52 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin sıcaklıkla değişimi .....	103
4.53 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin sıcaklıkla değişimi .....	103
4.54 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin sıcaklıkla değişimi .....	104
4.55 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların baskı opaklıklarının dövme derecesi ile değişimi.....	106
4.56 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	109
4.57 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	109

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.58 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	109
4.59 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının sıcaklıkla değişimi .....	111
4.60 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının sıcaklıkla değişimi .....	112
4.61 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının sıcaklıkla değişimi .....	112
4.62 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların beyazlıklarının dövme derecesi ile değişimi.....	114
4.63 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	117
4.64 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	117
4.65 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.....	118
4.66 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının sıcaklıkla değişimi .....	119
4.67 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının sıcaklıkla değişimi .....	120
4.68 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı beyazlıklarının sıcaklıkla değişimi .....	120



## TABLolar DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
1.1	Yıllara göre Türkiye de kağıt – karton sanayii üretim ve tüketimi..... 3
1.2	SEKA'ya ait işletmelerin mevcut mülkiyet durumları ..... 8
1.3	Sorgumun kullanım amaçlarına göre avantajları ..... 19
1.4	Sorgumun kabuk ve öz kısmının şeker içeriği..... 21
1.5	Sorghum vulgare saccharatum'dan soda-AQ yöntemiyle elde edilen hamurlara ait kappa numarası ve elde edilen kağıtlara uygulanan mekaniksel, fiziksel ve optik test sonuçları ..... 22
1.6	Sorghum vulgare saccharatum'a ait çözünürlük ve kimyasal analiz sonuçları ..... 22
2.1	Kılavuz pişirmesinin tayini için uygulanan ön pişirme planı. .... 31
3.1	Sorgum saplarından elde edilen liflerin ölçümlerine ait değerler..... 37
3.2	Sorgum liflerine ait K.O, E.K, K.K ve R.S değerleri ..... 37
3.3	Sorgum saplarının kimyasal analiz sonuçları ..... 39
3.4	Sorgum saplarının elenmiş verim, elek artığı, toplam verim ile kappa numarası değerleri ..... 40
4.1	Sorgum saplarından NaOH metoduyla farklı pişirme koşullarında elde edilen elenmiş verim ve elek artığı sonuçları (%) ..... 43
4.2	Kağıt hamuru verimine %95 güven aralığında pişirme sıcaklığının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları ..... 44
4.3	Kağıt hamuru verimine %95 güven aralığında NaOH oranının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları..... 45
4.4	Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş kağıt hamurlarının elenmiş verimlerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar..... 46
4.5	Kappa numarasının sıcaklığa bağlı ortamlara, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri ..... 47
4.6	Kağıt hamurlarının kappa numaralarına %95 güven aralığında pişirme sıcaklığının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları ..... 47
4.7	Kappa numaralarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri ..... 48

## TABLÖLAR DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.8 Kağıt hamurlarının kappa numaralarına %95 güven aralığında NaOH oranının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları .....	48
4.9 Kağıt hamurlarının kappa numaralarının %95 güven aralığında NaOH oranına bağlı farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar .....	49
4.10 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklık değerlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	50
4.11 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklık değerlerinin varyans analizi sonuçları. ....	51
4.12 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	51
4.13 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	52
4.14 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklık değerlerinin varyans analizi sonuçları. ....	53
4.15 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	53
4.16 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	55
4.17 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklık değerlerinin sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları. ....	56
4.18 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğüne ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	58
4.19 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yüzey düzgünlüklerine ait varyans analizi sonuçları.....	58
4.20 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yüzey düzgünlüklerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	59
4.21 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	60
4.22 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde EDİLEN kâğıtların yüzey düzgünlüklerine ait varyans analizi sonuçları.....	60

## TABLolar DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.23 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yüzey düzgünlüklerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	61
4.24 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yüzey düzgünlüklerinin sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	63
4.25 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların yüzey düzgünlüklerine ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları. ....	64
4.26 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliğine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	66
4.27 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerine ait varyans analizi sonuçları.....	66
4.28 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	66
4.29 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerinin NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	68
4.30 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerine ait varyans analizi sonuçları. ....	68
4.31 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	69
4.32 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerinin sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	72
4.33 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerine ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları. ....	72
4.34 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlığına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	74
4.35 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlığına ait varyans analizi sonuçları.....	74
4.36 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar. ....	75

## TABLÖLAR DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.37 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	76
4.38 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlıklarına ait varyans analizi sonuçları.....	76
4.39 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar. ....	77
4.40 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	79
4.41 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlıklarına ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları. ....	80
4.42 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğuna ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	82
4.43 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kopma uzunluğuna ait varyans analizi sonuçları. ....	82
4.44 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kopma uzunluğunun %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	82
4.45 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	84
4.46 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kopma uzunluğuna ait varyans analizi sonuçları. ....	84
4.47 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kopma uzunluğunun %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	85
4.48 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluklarının sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	87
4.49 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların kopma uzunluğuna ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.....	88
4.50 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indisine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	90
4.51 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indisine ait varyans analizi sonuçları. ....	90



## TABLolar DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.52 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	90
4.53 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerinin NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	91
4.54 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerine ait varyans analizi sonuçları. ....	92
4.55 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	92
4.56 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerinin sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	95
4.57 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerine ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.....	95
4.58 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indisine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	97
4.59 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indisine ait varyans analizi sonuçları.....	97
4.60 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indislerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	98
4.61 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indislerinin NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	99
4.62 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indislerine ait varyans analizi sonuçları. ....	99
4.63 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indislerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	100
4.64 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indislerinin sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	102
4.65 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indislerine ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.....	103

## TABLolar DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.66 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklığına ait ortalama, standart sapma ve Varyasyon Katsayısı değerleri .....	105
4.67 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların baskı opaklığına ait varyans analizi sonuçları.....	105
4.68 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların baskı opaklıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	105
4.69 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	107
4.70 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların baskı opaklıklarına ait varyans analizi sonuçları. ....	107
4.71 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların baskı opaklıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.....	108
4.72 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	110
4.73 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların baskı opaklıklarına ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları. ....	111
4.74 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlığına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri .....	113
4.75 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlığına ait varyans analizi sonuçları.....	113
4.76 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar. ....	114
4.77 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	115
4.78 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlıklarına ait varyans analizi sonuçları. ....	115
4.79 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar. ....	116

## TABLÖLAR DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.80 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.....	118
4.81 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlıklarına ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları. ....	119
5.1 Tukey testi sonuçlarına göre sorgum saplarından NaOH yöntemiyle elde edilen kağıt hamuru ve üretilen kağıtların en uygun koşulları .....	123
5.2 Optimum şartlarda elde edilmiş kağıt hamuru ve kağıda ait özellikler .....	125

## BÖLÜM I

### GENEL BİLGİLER

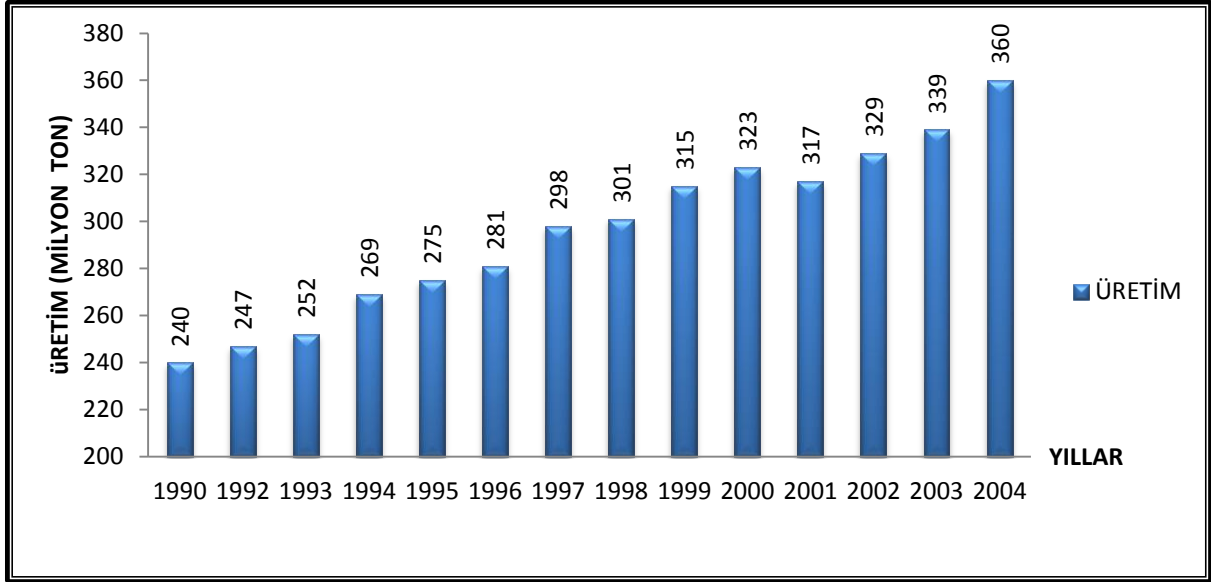
#### 1.1 GİRİŞ

Kağıt üretiminde kullanılan ve bir yarı mamul olan kağıt hamuru, lifsel yapıdaki hücrelerden oluşan odunsu ve otsu bitki materyallerinden değişik yöntemlerle liflerin serbest hale getirilmesiyle üretilir. Teorik olarak tüm lignoselülozik yapıdaki bitki materyallerinden kağıt üretmek mümkündür. Ancak, her bir hammadde farklı bir lifsel karaktere sahiptir. Örneğin, iğne yapraklı ağaç odunları traheid olarak isimlendirilen uzun ve esnek olan lifleri sayesinde direnç özellikleri yüksek kağıt safıhası oluşturdıklarından kağıt hamuru üretiminde aranan bir hammadde konumundadır. Buna karşın, yapraklı ağaç odunları kısa, dar ekseriyetle rijit liflere sahip olduğundan, bu tür hammaddelerden yapılan hamurlar daha ziyade uzun lifli hamurlara katılarak yada oluklu mukavva ve karton yapımında değerlendirilmektedir. Yıllık bitkilerden elde edilen hamurlar ise kullanılan hammadde türüne bağlı olarak çok değişik kullanım yeri bulmuştur.

Hızla artan dünya nüfusunun kağıt tüketimi de orantılı olarak artmaktadır. Türkiye’de kağıdın kişi başına tüketimi 2010 yılında 68,9 kg iken 2011 yılında 69,5 kg’a yükselmiştir (Türkiye Kağıt Sanayi Dergisi 2012). Bu ihtiyacı karşılamak için her yıl dünyada milyonlarca metre küp orman yok edilmektedir. 1994 yılında 153 ülkede dünya kağıt üretimi 268,5 milyon tona ulaştığı belirtilmiştir (Oktay ve Şahiner, 2007). Buğday sapı gibi bilinen lif kaynakları dışında yeni yıllık bitkiler ormanlar üzerindeki baskıyı kaldırmakta önemli bir yer tutacaklardır. Bu nedenle sorgumun kağıt hamuru üretiminde kullanılması alternatif bir lif kaynağı olabilir.

Dünya da kağıt üretim rakamları Şekil 1.1’de verilmiştir. Başta Kuzey Amerika ve Baltık ülkeleri kağıt üretiminde ön plandadır. Son yıllarda Çin üretim kapasitesini aşırı miktarda arttırmıştır. Kağıt talebi hızla artan ülkeler ise Rusya, Çin ve Hindistan’dır. Türkiye’de de üretim ve tüketim rakamları sürekli olarak artmaktadır. Türkiye, yılda ortalama 2 milyon ton

kağıt üretmekte, tüketim ise 4,3 milyon tonu bulmaktadır. Dünya kağıt tüketiminde 18. sırada yer almaktadır. Türkiye'deki kâğıt-karton tüketim miktarı 2008 yılı için 4.3 milyon tondur (Karıncaoğlu 2010).



Şekil 1.1 Dünyada yıllara göre kağıt karton üretimi (URL-1, 2006).

Türkiye'nin yılda ürettiği yaklaşık 2 milyon ton kağıdın çeşitlerine göre dağılımı aşağıda gösterilmektedir.

- Oluklu Mukavva Kâğıtları (%44)
- Kartonlar (%18)
- Yazı ve Tabı Kâğıtları (%18)
- Gazete Kâğıtları (%5)
- Torba Kâğıdı (%5)
- Temizlik Kâğıtları (%6)
- Sargılık (%3)
- Sigara Kâğıdı
- İnce Kâğıtlar (%0,5)

Türkiye'de ormanların kapladığı alan 20.498.000 hektar olup bunun % 54'ü uzun lif veren ibreli ağaçlar, % 46'sı ise kısa lif veren yapraklı ağaçlardan oluşmaktadır. Uzun lif veren ağaçların oranının yüksek olması olumlu bir durumdur. Ancak, verimli orman alanı 8.8 milyon hektar, verimsiz alan ise 11.4 milyon hektardır. Toplam ağaç serveti 813 milyon m<sup>3</sup>,

yıllık üretim kapasitesi 22.2 milyon m<sup>3</sup>, endüstriyel odun üretimi ise 16,8 milyon m<sup>3</sup> dür. Orman kaynaklarımız sınırlı olup son yıllarda üretim tüketimi karşılamamakta, ithalat yoluna gidilmektedir. Türkiye kağıt sektöründe üretimin tüketimi karşılama oranı Tablo 1.1’de verilmiştir. Arz talep dengesizliği yüzünden odun hammaddesi Türkiye’de pahalı olmakta, ithalat halinde ise taşıma masrafları ağır bir yük getirmektedir. Bu nedenle zaman zaman hamur üreten fabrikalar durmaktadır.

Tablo 1.1 Yıllara göre Türkiye de kağıt – karton sanayii üretim ve tüketimi (Kağıt Sanayii Dergisi 2012)

	<b>Üretimin Tüketimi Karşılama Oranı (Üretim / Tüketim x 100)</b>				
	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>
Gazete Kağıdı	0,90	0,00	0,00	0,00	0,00
Yazı – Tabı Kağıdı	33,85	34,33	33,18	27,42	29,17
Oluklu Mukavva Kağıtları	64,03	74,15	68,62	65,94	70,81
Sargılık Kağıtlar	26,66	34,43	33,81	34,88	32,10
Kartonlar	58,45	61,89	56,53	57,74	64,73
Temizlik Kağıtları	114,98	122,46	115,72	116,09	124,67
Diğer Kağıt - Kartonlar	35,17	31,34	30,80	28,74	30,55

Türkiye’nin orman kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle yakın gelecekte üretim ile tüketim arasındaki fark daha da artacaktır. Bu durumda alınabilecek önlemler: yakacak odunun kağıtlık hammadde olarak kullanılması, hızlı büyüyen türlerle ağaçlandırmalara gitmek, kağıtlık hammadde sağlayan ormanlar kurmak, boş alanları ağaçlandırarak orman kalitesini ve verimini arttırmaktır. Tüm bunlardan başka tarım artıkları, kağıtlık hammadde ve kısa lif üretimi için kullanılabilir önemli bir hammadde kaynağı oluşturmaktadır (Eroğlu ve Usta 2004).

Odun dışı lifsel hammaddelerden kâğıt ve kâğıt hamuru üretimi çok eskiye dayanmaktadır. Bu hammaddelerden en yaygın kullanılanlar ekin saplarıdır. Yıllık bitkilerin liflendirilmesi oduna göre daha kolaydır. Bu nedenle ilk yıllarda ekin saplarının kullanılması tamamen mevcut imkânlarla teknik olarak uygun hammadde arayışından kaynaklanmaktaydı. Bu yüzden hammaddenin teknik uygunluğu ön plana çıkmıştır. Teknolojik gelişmeler sonucunda, odun hammaddesinin kullanılması ile yıllık bitkilere olan talep azalmıştır. Bunun başlıca nedeni

orman kaynaklarının bolluğu ve odunun belli alandan daha fazla lifsel hammadde vermesidir. Ancak, odun hammaddesine olan talebin artması, ülkeler arasındaki ekonomik rekabet, ülkelerin orman kaynakları veya coğrafi konumları gibi nedenlerden dolayı yıllık bitkilere olan talep artmıştır (Gençer vd. 2010). Azalan orman varlığı nedeniyle yıllık bitkilere karşı bu talep özellikle ikinci dünya savaşından sonra hızlı bir artış göstermiş ve yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretimine yönelik küçük ve büyük çaplı birçok fabrika kurulmuştur (Akgül 2007).

Özellikle tarıma dayalı bir ekonomiye sahip olan ve orman kaynakları sınırlı olan ülkelerde tarımsal artıklar ile kültüre edilmiş veya edilmemiş yıllık bitkilerin kağıt hamuru üretiminde kullanımı üzerine artan oranda bir ilgi uyanmıştır. Bir tarım ülkesi olan ülkemiz tarımsal artıklar yönünden de önemli bir potansiyele sahiptir. Bu nedenle kağıt hamuru üretiminde tarımsal artıkların kullanılması en uygun bir çözüm yolu olarak görülmektedir.

Bunun esas nedeni aşağıdakilerden kaynaklanmaktadır (Atchison 1989).

1. Orman kaynaklarının sınırlı oluşu nedeniyle kağıt sektörüne yeterli hammadde sunulamaması.
2. Tarımsal kaynaklı ve yeterince değerlendirilemeyen önemli miktardaki hammadde potansiyelinin mevcut oluşu.
3. Gelişmekte olan ülkelere hızlı nüfus artışına paralel olarak kültürel ve endüstriyel kağıt talebinin hızlı artışı.

Odunsu olmayan materyallerden hamur hazırlanması birçok yöntemin olduğu bilinmesine karşılık bunlardan sadece çok az bir kısmı ticari olarak kullanılmaktadır. En çok kullanılan metotlar kraft, soda ve sülfite metotlarıdır. Birçok ülkede odunsu olmayan bitkilerden ticari olarak hamur üretiminde en çok kullanılan metot hala soda metodudur.

Yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretimi prensip olarak odununkine benzerdir. Ancak, oduna göre daha ince ve geçirgen olmaları nedeniyle yıllık bitkilerin pişirilmesi daha kolaydır. Yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretimi üzerine literatürde dikkate değer sayıda tanımlamalar ve açıklamalar mevcuttur.

Yıllık bitkilerden ve tarımsal artıklardan kağıt hamuru üretimi amacıyla geliştirilen bazı yöntemlere değinilmiştir, bunlar (Kırcı 2006):

1. Yıllık bitkilerden kesintili üretim sistemi ile kağıt hamuru üretim yöntemleri:

- ✓ Kireç Kaymağı ile Muamele

- ✓ Soda Yöntemi
- ✓ Kraft (Sülfat) Yöntemi
- ✓ Monosülfite (Nötral Sülfite) Yöntemi
- ✓ Soda-Oksijen Yöntemi
- ✓ Sülfite Yöntemi
- ✓ Organosolv Yöntemler
- ✓ Biyolojik Yöntemler

2. Yıllık bitkilerden kesintisiz üretim sistemi ile kağıt hamuru üretim yöntemleri:

- ✓ Pandia Yöntemi
- ✓ Kamyr Pişirme Sistemi
- ✓ Celcedor-Pomilio Yöntemi
- ✓ Esher Wyss CMP Yöntemi
- ✓ HF (HojbygaardFabrik) Yöntemi
- ✓ SAICA Yöntemi
- ✓ NACO Yöntemi

3. Mekanik ve yarı kimyasal kağıt hamuru üretim yöntemleri

## 1.2 KAĞIDIN TANIMI VE TARİHÇESİ

Kağıt, bitkisel liflerin özel aletlerde dövülmesi sonucu liflerin keçeleşmesi, saçaklanması, su emerek şişmesi ve mekanik etkiler sonucu kesilmesinden sonra süzgeç üzerinde oluşturulan safihanın daha sonra kurutulmasıyla hidrojen bağlarının oluşumu sonucu belirli bir sağlamlık kazanan düzgün safihadır (Eroğlu 1990).

Kâğıt, bugünkü uygarlığımızın vazgeçilmez bir gereksinmesidir. Bu nedenle, ulusların gelişme durumunu gösteren bir ölçü olarak sürekli kullanılmaktadır. Dolayısıyla bir ülkenin gelişme durumu ile kişi başına kâğıt tüketimi arasında sıkı bir ilişki vardır.

Bugün çeşitli kullanma amaçlarına göre çok çeşitli kağıtlar üretilmektedir. Öyle ki bunların çeşit sayısını bile saptamak imkânsızdır. Kağıdın önemli özelliklerinden birisi de  $m^2$  ağırlığıdır. Buna göre üç çeşit lifsel ürüne ayrılabilir (Eroğlu ve Usta 2004);

- a. Kağıt 10-150  $g/m^2$
- b. Karton 150-400  $g/m^2$
- c. Mukavva 400-1200  $g/m^2$



Sektörün nihai ürününü oluşturan kağıtlar ve kartonlar literatürde genel olarak aşağıdaki şekilde sınıflandırılırlar;

#### **A) Kültürel Kağıtlar**

**Yazı Tabı Kağıtları:** Üzerine yazı yazılabilir ve baskı yapılabilir nitelikte kağıtlardır. Kompozisyon itibariyle kimyasal selülozdan veya kimyasal selüloz ile mekaniksel odun hamurundan oluşmaktadır. Ayrıca bu kağıtlara kullanım amacına bağlı olarak kaplama (kuşeleme) işlemi uygulanmaktadır.

**Gazete Kağıdı:** Yüksek oranda mekaniksel odun hamuru ile düşük oranlarda kimyasal selüloz ihtiva eden ve özellikle gazete basımı için kullanılan kağıtlardır.

#### **B) Endüstriyel Kağıtlar**

**Sargılık Kağıtlar:** Selüloz, atık kağıt ve odun hamurundan elde edilen ambalaj malzemesi olarak kullanılan kağıtlardır.

**Temizlik Kağıtları:** Selüloz ve atık kağıttan, az miktarda odun hamuru (CTMP, TMP) içeren düşük gramajlı kağıtlardır.

**Kraft Torba Kağıdı:** Beyazlatılmamış yada beyazlatılmış kraft selülozdan yapılan çok dayanıklı ambalaj kağıdıdır.

**Oluklu Mukavva Kağıtları:** Bir veya daha fazla oluklu tabakanın alt ve/veya üst yüzeylerinin düz tabaka (kraft liner) ile kaplanmasıyla meydana gelen bir üründür. Ambalaj kutularının imalinde ve kırılğan eşyanın paketlenmesinde seperatör ve destekleyici olarak kullanılır.

**Kartonlar:** Yüksek gramajlı, kalın, tek veya çok katlı olabilen kağıtlardır. Kullanım amacına bağlı olarak çok çeşitli adlarda ve özelliklerde üretimi yapılmaktadır.

**Sigara ve İnce Özel Kağıtlar:** Genellikle kendir, keten, jüt ve paçavra selülozdan üretilen yüksek mukavemetli ve düşük gramajlı kağıtlardır (Usta 2004).

İnsan sosyal bir varlık olduğundan, iletişim ve ifade ihtiyacı her zaman olmuştur. İlk insanlar mağara duvarlarına ve taşlar üzerine resimler çizmişlerdir. Daha sonraları ise yumuşak taşlar, kil tabletleri, hayvan kemikleri, odun parçaları, ağaç kabukları, metal levhalar ve hayvan derileri üzerine yazı yazma yoluna gitmişlerdir (Eroğlu ve Usta 2004).

Kağıda benzeyen ilk yazı safihası M.Ö 4000’li yıllarda Mısırlılar tarafından “cypruspapyrus” denilen ve kamışa benzeyen bir bitkiden yapılmıştır. İnsanların yıllar boyunca yazma ve çizme için denedikleri taç tabletler, metal yapraklar, tahta levhalar, kabuklar ve derilerden sonra ekonomik olarak daha bol ve kolay işlenebilir bir madde ihtiyacı ile ortaya çıkan kağıt, günümüz koşullarında en önemli endüstri maddelerinden biri haline gelmiştir (Usta 2004).

Parşömen kağıdı; Koyun, keçi, dana, eşek vs. derileri önce iyice tüylerinden ve etlerinden temizlenir, gerilir, süngerlenir ve daha sonra nişasta ile yapıştırılır. Böylece, deri yazı yazılır hale gelir.

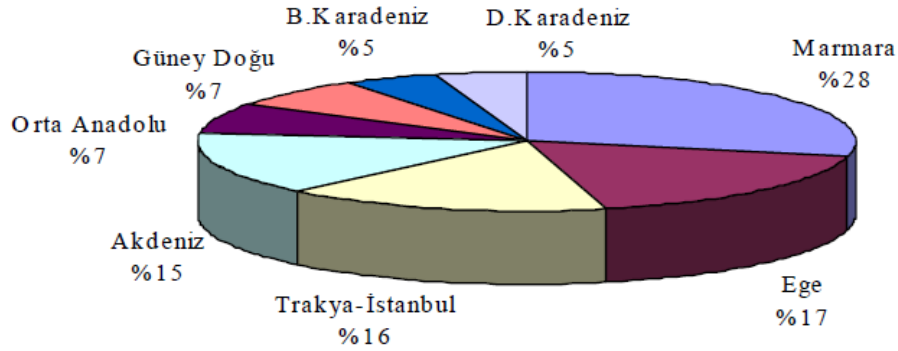
Çin imparatorluk nazırlarından Tsai Lun M.S. 105 yılında Kanton’un kuzeyinde küçük bir yer olan “Lel Yank”da askeri imalathanelerin tesislerinden yararlanarak kağıdı bulmuştur. Tsai Lun kağıt yapımı için ağaç kabuklarını, kendir liflerini ve bambu gövdelerini kullanmıştır. Her ne kadar kağıdın icadı asırlardan beri Tsai Lun’a ithaf edilmiş ise de 20. yüzyılda ve en son olarak da 1978’de Türkistan’da yapılan arkeolojik kazılar kağıt ve karton öncüsü olan benzeri maddelerin M.Ö. 3. yüzyıla kadar gitmekte olduğunu göstermiştir. Bu kağıtlarda rami ve keten lifleri kullanılmıştır (Eroğlu ve Usta 2004).

Ortadoğu ve Arabistan üzerinden 1100’li yıllarda Türkiye ve Avrupa’ya yayılmıştır. Avrupa’da ilk kağıt fabrikası 1150 yılında kurulmuştur. İspanyada, Türkiye’de ise elle imalat yapılan ilk kağıt fabrikası 1453 yılında İstanbul’da Kağıthane’de kurulmuş olup, Çinlilerin üretim tekniği tümüyle uygulanmıştır. Daha sonraki yıllarda İzmir ve Bursa da elle imalat yapılan birkaç imalathane kurulmuş olup, 1846 yılında ilk modern üretim yapan fabrika faaliyete açılmıştır. Ancak o dönemde kapitülasyonlar nedeniyle Avrupa’nın dampingi ile karşı karşıya kalınmış ve yabancılara tanınan çeşitli imtiyazlar nedeniyle rekabet edilememesi sonucu fabrika kısa sürede kapanmıştır.

Cumhuriyet döneminde yeni bir kağıt endüstrisinin kurulmasına yönelik çalışmalar ormanların az, enerjinin kıt olması nedeniyle destek görmemiştir. Bu itirazlara rağmen özellikle Mehmet Ali Kağıtçı’nın kişisel çabaları ile Türkiye’nin bu endüstriye ihtiyaç duyduğu kanıtlanarak modern anlamda ilk fabrika 10 bin ton/yıl kapasiteli olarak 1936 yılında İzmit Kağıt ve Karton fabrikası adı altında kurulmuştur. 1938 yılında 3468 sayılı kanun ile İzmit Kağıt ve Karton fabrikasının adı Sümerbank Selüloz Sanayi Fabrikası olarak değiştirilmiştir.

Fabrika 1955 yılında 6560 sayılı yasa ile Sanayi Bakanlığına bağlı bir KİT'e dönüştürülmüş ve Türkiye Selüloz ve Kağıt Fabrikaları İşletmesi (SEKA) Genel Müdürlüğü adını almıştır (Usta 2004).

Bu gün özelleştirilmiş olan SEKA'nın 7 adet kamu tesisi ile birlikte 38 kağıt ve karton üretim tesisleri bulunmaktadır. Söz konusu fabrikaların % 28'i Marmara, % 33'ü Trakya ve İstanbul ve Ege, % 7'si ise Orta Anadolu'da bulunmaktadır.



Şekil 1.2 Kağıt ve karton kapasitesinin bölgelerimize göre dağılımı (DPT, 2000).

Tablo 1.2 SEKA'ya ait işletmelerin mevcut mülkiyet durumları (Önder vd. 2005).

	Üretime Geçtiği Yıl	Devir Tarihi	Satın Alan Kuruluş
İzmit	1936	27/01/2005	Kapatılmıştır.
Aksu*	1970	24/10/2003	MİLDA Mecmua Gazete Dağ. Paz. San. ve Tic. Ltd. Şt
Çaycuma	1970	30/06/2003	OYKA Kağıt Ambalaj Sanayi Ticaret AŞ.
Dalaman	1971	30/03/2001	MOPAK Kağıt-Karton Sanayi AŞ.
Afyon*	1979	02/06/2003	GAP İnşaat Yatırım ve Dış Ticaret AŞ.
Balıkesir	1981	24/06/2003	ALBAYRAK Turizm Seyahat İnşaat Ticaret AŞ
Akdeniz	1984	22/09/2005	Sümer Holding'e devredildi.
Kastamonu	1984	06/11/2003	MOPAK Kağıt-Karton Sanayi AŞ.

\* İşletmelerde devir işlemlerinden sonra üretim yapılamamıştır.

### 1.3 KAĞIT ÜRETİMİNDE KULLANILAN LİFSEL MADDELER VE KAĞIDIN ÖZELLİKLERİ

Bitkisel kaynaklı hammaddelerden elde edilen kâğıt hamuru, bitkide desteklik görevi yapan; boyları enlerine göre bir hayli büyük olan, içi boş, uçları kapalı ve anatomik açıdan farklı

isimler alabilen lif yapısındaki hücrelerin karışımından başka bir şey değildir. Kağıt hamuru yapımında “otsu yapıdaki” yıllık bitkilerde kullanılmakla birlikte, dünyada üretilen kağıt hamurunun %90 dan fazlası odundan elde edilmektedir (Kırcı 2003).

Lif kaynağı olarak kullanılan her bir odun ve yıllık bitki türü aslında farklı niteliklerde hamur vermektedir.

Kağıt hamuru üretimi için en elverişli olan ve en çok kullanılan hammadde 3-5 mm uzunluğunda ve 30-50 µm genişliğinde lifsel hücreler içeren iğne yapraklı ağaç odunlarıdır. Son zamanlarda iğne yapraklı ve yapraklı ağaç türlerinin aşırı tüketilmesi nedeniyle yıllık bitkilerden kağıt üretimi önem kazanmaya başlamıştır.

Kâğıt endüstrisinde iğne yapraklı ağaç odunlarından elde edilen kağıt hamurları uzun lifli hamurlar, yapraklı ağaç türü odunları ve benzer lif özelliklerine sahip çoğu yıllık bitki saplarından elde edilen hamurlar da kısa lifli hamurlar olarak isimlendirilmektedir. Uzun lifli iğne yapraklı ağaç odunu hamurları kağıt yapımında safiha direncini olumlu yönde arttırırken; kısa ve ince liflere sahip yapraklı ağaç odunu ve yıllık bitki hamurları formasyonu homojen olan fevkalade yüzey düzgünlüğüne sahip kağıtlar verirler. Bu nedenle dünyada olduğu gibi ülkemizde de değişik kâğıt türlerinin üretimi için uzun ve kısa lifli hamurlar harmanlanarak kullanılmaktadır (Kırcı 2003). Kağıt endüstrisinde kullanılan yıllık bitkilere buğday sapı, pamuk sapı, göl kamışı, haşhaş sapı, mısır sapı vs. bitkiler örnek verilebilir.

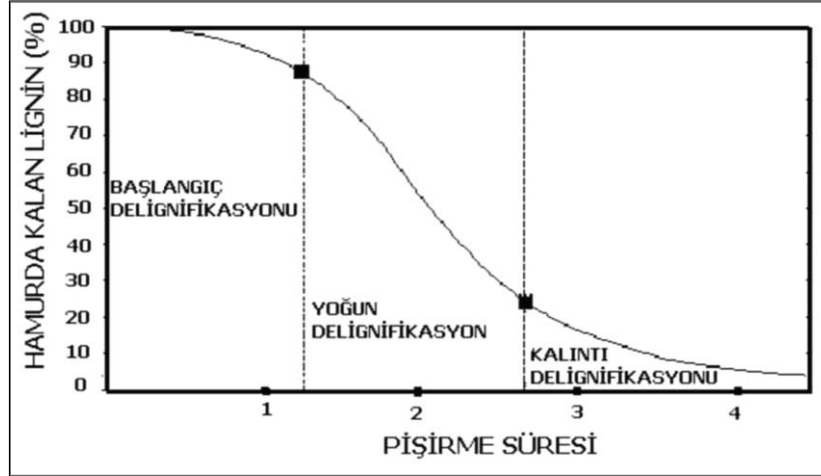
Tüm bu materyallerden kağıt hamuru üretim yöntemlerini üç ana grup altında incelemek geleneksel hale gelmiştir:

- a. Kimyasal yöntemler
- b. Yarıkimyasal yöntemler
- c. Mekanik yöntemler

Kimyasal yöntemlerle kağıt hamuru üretiminde amaç odun bünyesinden lignini çözerek uzaklaştırmaktır. Böylece hem lifler hiçbir mekanik işleme gerek kalmadan serbest hale geçmekte hem de hücreler yumuşayarak kağıt yapımına elverişli duruma gelmektedir. Kimyasal yöntemlerle elde edilen hamurların verimi düşük; kalite özellikleri iyidir (Kırcı 2003).

## 1.4 KİMYASAL HAMUR ÜRETİMİ

Kimyasal hamur üretimde amaç; odundaki veya yıllık bitkilerdeki lifleri bir arada tutan ve çoğunlukla ligninden oluşan orta lameli kimyasal yolla çözerek (delignifikasyon=lignin giderme) lifleri bireysel hale getirmektir. Bu işlem sırasında hücre çeperi içerisindeki lignin ve hemiselülozların büyük bir kısmı da çözüldüğünden bireysel hale geçen liflerin esneklikleri de artar. Lifleri serbest hale getirmek için mekanik enerji kullanılmadığından, lifler üzerinde hasar bulunmaz. Dolayısıyla, mekanik ve yarı kimyasal hamurlara göre, kimyasal hamurdan yapılan kağıtlar daha sağlam lifler arası bağ yapar ve kağıdın direnç özellikleri yüksek olur. Kimyasal yöntemle kağıt hamuru üretiminde odun yongasından ve yıllık bitki sap ve yongalarından ligninin uzaklaştırılması (delignifikasyon) üç aşamada meydana gelir.



Şekil 1.3 Odun yongalarının delignifikasyonunda farklı evreler.

İlk aşama olan başlangıç delignifikasyonu fazında, lignini çözmek için gerekli kimyasal maddeler yonga içersine girerek lignini parçalamaya başlar. Bu evreden lignoselülozik materyalden uzaklaştırılan lignin miktarı oldukça azdır. İkinci aşama olan delignifikasyon reaksiyonlarının arttığı ve lignoselülozik materyalden aşırı ölçüde ligninin ayrıldığı faza yoğun delignifikasyon denilmektedir. Yoğun delignifikasyonun sonuna doğru orta lameldeki lignin tükendiğinden lifler hiçbir mekanik güce ihtiyaç duyulmadan serbest hale gelmeye başlar (Kırcı 2003; Gülsoy 2009).

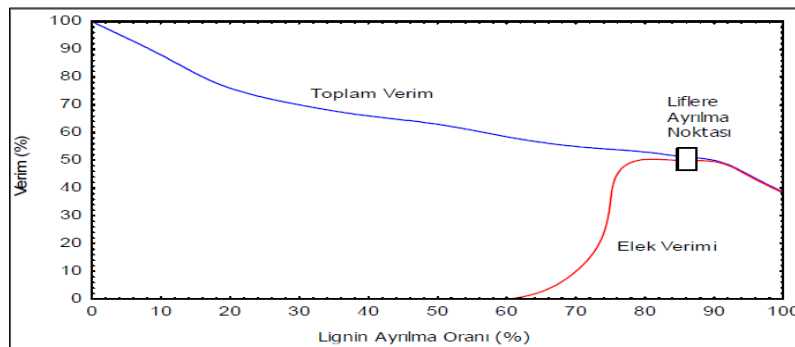
Bir süre sonra odundan lignin uzaklaşmasının hızı giderek azalır ve delignifikasyon eğrisi yatayla paralel yakın bir eğim göstermeye başlar. Bu evrede yalnızca hücre çeperi

içersindeki kalıntı lignin çözeltiye geçmeye başlar. Kalıntı delignifikasyonu denilen bu aşamada karbonhidrat bozunma reaksiyonları da hızlanmaya başlar.

Bir lignoselülozik materyalde, orta lamelden ligninin uzaklaşmasına bağlı olarak liflerin serbest hale gelmesi dış taraftan içe doğru devam eder. Bu nedenle, yongaların çözeltiyle temasta olan dış kısımları daha erken liflere ayrılırken; yonganın merkezine doğru gidildikçe lignin moleküllerinin pişirme çözeltisi içersine doğru taşınmasının (kütle transferi) zorlaşması nedeniyle delignifikasyon yavaşlamaya başlar. Sonuçta pişirme tamamlandığında, özellikle kalın yongaların merkezinde pişerek hamura dönüşmemiş odun kıymıkları kalabilir. Bu kısımlar hamurun elenmesi sırasında hamur içersinden ayrılabilir ve elek artığı olarak adlandırılırlar. Elek artığı pişirmede kullanılan tam kuru yonga ağırlığına oranla % olarak ifade edilir (Kırcı 2006).

Eleme kademesinde kabul gören ve kağıt yapımına uygun hamur kısmına elenmiş hamur denilmektedir. Elenmiş hamur verimi toplam verimden elek artığı oranının çıkarılması ile de hesaplanabilir. Elenmiş hamur verimi Şekil 1.5’de gösterildiği gibi lignin uzaklaşmasına bağlı olarak hızlı bir artış gösterir. Delignifikasyon (lignin ayrılma) oranı %80’e ulaştığında yongaların büyük bir kısmı dağılmaya başlar. İşte orta lameldeki ligninin hemen hemen çözündüğü ve odun yapısından liflerin mekanik bir liflendirme hareketine maruz kalmaksızın kendiliğinden bireysel lif hale geçtiği bu kritik noktaya liflere ayrılma noktası denilir.

Pişirme işleminin uzatılmasıyla hücre çeperinden daha fazla miktarda lignini uzaklaştırmak mümkündür. Ancak, pişirmede kullanılan kimyasallar bir süre sonra karbonhidrat kısmını (selüloz+hemiselüloz) da bozundurmaya başlar. Selüloz molekülleri üzerine olan kimyasal ataklar sonucu molekül zinciri kopmaya ve tahrip olmaya başlar. Bu yüzden hamurun sağlık özelliklerini muhafaza etmek için çok uzun süreli pişirmelerden kaçınılır.



Şekil 1.4 Ligninin uzaklaştırılma derecesine bağlı olarak toplam ve elenmiş verim oranındaki değişim.

Ağartılabilir özellikte ve sağlam bir kimyasal hamur üretmek için kontrol edilmesi gereken iki önemli etken vardır. Bunlardan birisi hamurda kalan lignin oranı (kappa sayısı), diğeri ise selülozun kimyasal bozunmaya uğrama derecesi (selülozun polimerleşme derecesi = DP). Kolay ağartılan ve direnç özellikleri yüksek bir hamur elde etmek için birbiriyle çelişen bu iki değerin titizlikle kontrol edilmesi pişirme işleminin hamur kalitesi açısından bir optimum noktada bitirilmesi gerekir (Kırcı 2006).

### **1.5 NaOH YÖNTEMİYLE KAĞIT HAMURU ÜRETİMİ**

Bu yeni proses İngiltere’de çok az bir ilgi gördüğü için Burgess 1854 yılında bu metodu A.B.D.’ ne götürdüğü ve ilk soda yöntemi ile çalışan kağıt fabrikası 1866 yılında kuruldu. Kraft yönteminin keşfedilmesinden sonra soda yöntemi ile çalışan fabrikaların birçoğu kraft yöntemine dönüştürülmüştür. Soda yöntemi hala yıllık bitkiler ve sert odunlar gibi kolayca kâğıt hamuru haline dönüştürülebilen maddeler için sınırlı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metot da antrakininon karbonhidrat degradasyonunu azaltmak için katkı maddesi olarak kullanılabilir. Soda yönteminde pişirme esnasında oksijenin kullanımı son gelişmelerden biridir.

Soda yönteminde geri kazanma daha basit olmaktadır. Sülfat yönteminde  $Na_2S$  maddesi kullanıldığından pişirme ve geri kazanma sırasında çıkan merkaptanlar ve  $H_2S$  atmosfere bırakıldığından hoş olmayan koku yayılmaktadır. Ayrıca sülfat yönteminde kullanılan kimyasal maddelerin aşındırıcılık özellikleri de vardır. Bu nedenle son yıllarda soda yöntemi kullanılmaya doğru bir meyil vardır. Ayrıca bazı hallerde soda yöntemi ile elde edilen kağıt hamurundan daha az ağartma maddesi kullanılarak yüksek parlaklık derecesi elde edilmektedir ( Eroglu 1980).

Soda yöntemi hava kirlenmesi yapmamakta, fakat kraft yöntemine oranla kağıt kalitesi ve verim daha düşük, aynı delignifikasyon oranına erişmek için pişirme süresi daha uzun olmaktadır (Eroglu 1981).

Soda yönteminde genellikle yapraklı ağaç odunları kullanılır. Bunun nedeni ise iğne yapraklı odunların pişirilmesi yapraklı ağaçlarınkine göre daha uzun süre (6-7 saat) ve daha şiddetli şartlara gerek duyulmaktadır. Soda yöntemi ile iğne yapraklı ağaç odunlarından üretilen hamurlar sülfat ve sülfite yöntemi ile üretilen hamurlara oranla daha zayıftır. Yapraklı

ağaçlardan soda yöntemi ile elde edilen kağıt hamurlarının lif boyu kısa ve mukavemet özellikle düşüktür. Ancak bu hamurlardan matlığı yüksek (opaklık), hava geçirgenliği yüksek, oldukça yumuşak ve düzgün yüzeyli baskı kağıtları elde edilir.

Yıllık bitkilerden kâğıt hamuru üretmek amacıyla kurulan fabrikalarda çoğunlukla soda yöntemi tercih edilmektedir. Bunun nedeni pişirme kimyasallarının ve ısının etkili bir şekilde geri kazanabilmesinde geleneksel doldurulup boşaltılan tip (batch) pişirme kazanlarında ağırtılabilir nitelikte kâğıt hamuru üretimine uygun olmasından kaynaklanmaktadır. Bu yöntemin en önemli sakıncası fabrika atık sularından kaynaklanan çevre kirliliğinin önlenmesi pahalı bir yatırım olan geri kazanma sisteminin kurulma zorunluluğudur. Buna ilaveten yıllık bitki bünyesinde doğal olarak bulunan silis ve silikatlar üretimin her aşamasında ve özellikle geri kazanma sisteminde birikerek bakım masraflarının artmasına neden olmaktadır (Tutuş 2000).

Soda pişirme yöntemi dünya üzerinde yıllık bitkilere uygulanan en yaygın tekniktir. Sabit silindirik kazanlar yanında döner küresel kazanlarla da pişirme yapılmaktadır. Bu yöntemle ağırtılabilir kalitede bir hamur elde etmek için kuru sap ağırlığına oranla % 10-12 NaOH'a ihtiyaç vardır. Uygulanacak sıcaklık süreye bağlı olup 130-140 °C gibi düşük sıcaklık seviyelerinde; 170 °C gibi yüksek sıcaklık seviyelerine göre daha uzun reaksiyon süresi gerekmektedir (Jeyasingam 1987).

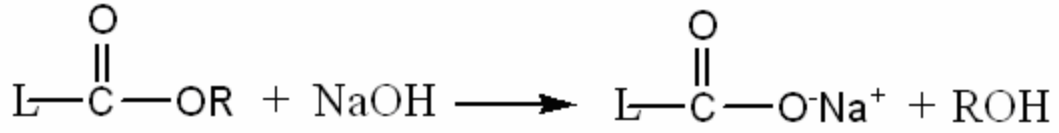
Ligninin soda tarafından çözülme mekanizması iyi bilinmemektedir. Ancak ligninin fenolik hidroksil gruplarının aşağıdaki formüle göre reaksiyona girdiğini düşünmek doğru olacaktır (Şekil 1.5).



Şekil 1.5 Ligninin fenolik hidroksil gruplarının reaksiyonu.

Veya ligninin asit ve ester grupları ile reaksiyona girdiği düşünülebilir (Şekil 1.6).





Şekil 1.6 Ligninin asit veya ester grupları ile reaksiyonu.

İlave hidroksil gruplarda alkali metoksil grubunu açığa çıkarabilir (Şekil 1.7).



Şekil 1.7 Reaksiyonda ilave hidroksil grupların reaksiyonu.

Bu ihtimal artık sularında metil alkol ve  $-\text{OCH}_3$  gruplarının doğal ligninden az olmasıyla da doğrulanmaktadır. Diğer taraftan OH gruplarınca zengin olan alkali çözelti karbonhidratlar ile lignin arasındaki bağla hidrolize olmasına da neden olur (Robert 1969). Soda yönteminde bu ana reaksiyonlara paralel olarak delignifikasyonu geciktiren ve ya tamamen mani olan bir takım parazit reaksiyonlarda vardır.

- Ligninin kendi üzerine çökmesi,
- Ligninin karbonhidratlar ile birlikte çökmesi,
- Artık suyunda çözünen organik bileşikler pişmenin son fazında lifler üzerine absorbe olması.

Bütün bu nedenlerle soda yöntemiyle selülozik lifleri aşındırmadan kuvvetli bir delignifikasyon yapmak mümkün değildir ve bunun sonucu olarak mekanik özellikleri orta derecede olan kâğıt hamuru elde edilir (Robert 1969; Yapıcı 2003).

## 1.6 SORGUM (*Sorghum bicolor x S. bicolor var. sudanense*) HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Tatlı Sorgum- Sudan Otu Melezi bitkisi, bilimsel adı *Sorghum bicolor X S. bicolor var. sudanense* olan, C4 fotosentezine sahip tek yıllık, yaz dönemi bitkisidir (Köppen vd 2009). Sorgum ince saplı, uzun boylu, bol kardeşli ve bol yapraklı olmasının yanında sapsızlarının içerisinde fermente olabilir şeker oranı da yüksektir (Karadaş 2008). Sorgum - sudan otu melezi ısıya ve kuraklığa karşı oldukça dirençlidir. PH'ı 5,5 ile 8,3 arasındaki topraklarda büyüyebilirler. Genellikle alkali toprağı ıslah etmek için kullanılır (Valenzuela ve Smith 2002).

Sorgum, Dünyada insan ve hayvan beslenmesinde en fazla kullanılan beş ana üründen birisidir. Dünyada ekiliş ve üretim bakımından buğday, mısır, çeltik ve arpadan sonra beşinci sırada yer almaktadır (Baytekin 1992; Keskin vd. 2005). Sorgum yaklaşık 5 bin yıldan bu yana tarımı yapılan bir bitkidir. Anavatanı Afrika olan sorgum, buradan tüm dünyaya yayılmıştır. Etiyopya ve Doğu Afrika, sorgum çeşitleri yönünden çok zengin olmaları nedeni ile kültür sorgumlarının kökeni kabul edilmektedir.

1900 yıllarında Sudan'dan ABD'ne getirilen sudan otunda küçük gövde, yapraklılık, hastalıklara dayanıklılık, düşük prüsik asit (HCN) ve tatlı gövde özsuğu üzerinde ıslah çalışmaları yapılmıştır (Açıkgöz 1991). Sorgum türleri birbirleri arasında kolayca melezlenerek verimli döller vermekte olup, sorgum (*Sorghum bicolor* Moench) ile sudan otu (*Sorghum sudanense* Stopf.)'nun melezlenmesi sonucu sorgum-sudan otu melezi elde edilmiştir (Güneş ve Acar 2005).

Sorgumlar toprak üstü aksamının fazla oluşu, üretim maliyetlerinin düşük oluşu, su stresine dayanıklı olmaları ve biçimden sonra hızlı bir şekilde yeniden sürme ve gelişme yeteneğine sahip olmaları gibi üstün özellikleri nedeni ile son yıllarda ekim alanı hızla artan bitkilerdendir ( Balabanlı ve Türk 2005).

Ülkemizde de ekimi giderek yaygınlaşan Sorgum ve Sudan otu tek yıllık buğdaygil yem bitkilerimizdendir. Yurdumuzda ana ürün veya II. ürün olarak ekimi yapılmaktadır. Sulanabilir tarlalarda yüksek verimli olan Sorgum ve Sudan otu uygun yetişme koşullarında 6-7 kez biçilir ve toplam olarak 8-10 ton/da yeşil ot verebilir (Tıknaçoğlu 2006).

Sorgum her türlü toprakta yetişmekle birlikte, zayıf topraklarda yeterli su ve gübre verilirse yüksek verim alınabileceği, tuzluluk ve alkaliliğe orta derecede mukavemetli olduğu belirtilmiştir (Anon. 1970). Ayrıca Sorgum bitkileri kurak ve yarı kurak bölgelerde sulanarak yetiştirildiğinde iyi gelişen ancak kurak dönemlerde su stresine de oldukça dayanıklı bitkilerdir. Sorgumlar kurak dönemler sona erdiğinde, tekrar vejetatif büyümeye dönebilmektedir (Barnes vd. 1995).

### 1.6.1 Bitkinin Botanik Özellikleri

Sorgum, tek sapsız ve yüksekliği 1-5 m'ye ulaşan bir hububat bitkisidir.

**Kök Sistemi:** Tatlı sorgum çok kuvvetli bir kök sistemine sahiptir ve kökün epidermisi ağır disilikat kaplı bir katmandan oluşur. Kök, tam bir silikon sütun formunda olgunlaşarak gelişir ki, bu form kurak bir periyot boyunca kök sistemini çökmeden engelleyen yeterli mekanik yoğunluğu sağlar.

Kök sisteminin etkinliğini belirlemede en önemli faktörlerden biri su alım etkisidir, bir diğeri de kuraklığa dayanıklılıktır. Mısır ve sorgumun embriyonal kökleri eşit miktarda uzarken, sorgumun adventif kökleri mısıra göre iki kat uzar (Guiying vd 2003; Eren 2011).

**Sap (Gövde):** Boğum ve boğum aralarından oluşur. Ana sap, 1.5-3 cm çapındadır ve % 5-15 şeker içerebilir. Saplar (sünger dokunun aralıkları), 0.6-5 m uzunluğundadır. Sap, yaklaşık 10-20 adet boğumdan oluşur. Genelde boğum arası uzunluk, aşağıdan yukarı çıkıldıkça artar. Toprak yüzeyinde boğumlar arası uzunluk oldukça kısadır, fakat en üst boğum arası (sapın en ucundaki yaprağın altında kalan boğumlar arası) uzundur. Toprak yüzeyine yakın olan kısım en üstteki kısımdan daha kalındır. Her iki kısmında da kalınlık tekdüze değildir. Bundan dolayı, sapın orta kısmında iki nokta arasındaki çap ölçülür.

Salkımlarda tohumlar olgunlaştığında hasat, sap kesilerek yapılır. Aynı zamanda da anız sapındaki durgun tomurcuğu, kardeşlenme dönemindeki halini alır. Bu kardeşler iyi bir şekilde gelişerek yeni salkımlar oluşturabilir. Kök sistemi daha önce ki kök sistemi olduğundan yeni bitkilerin gelişme dönemi daha kısa olacaktır.

Sapın dışında çok sıkı kalın zarımsı doku vardır. İçi sünger doku (öz) ile doldurulmuştur. Şekerin çoğu sünger dokuda depolanır. Sapın epidermisi, beyaz balmumu tozu ile kaplıdır.

İklim kuru olduğu zaman, balmumu katmanı bitkiden suyun buharlaşmasını engeller. Sap su ile dolduğu zaman da beyaz balmumu tozu, sapın içine su emilmesini engeller. Bundan dolayı, tatlı sorgum sadece kuraklığa dayanıklı bir bitki değildir, bundan başka su emmeyede dirençlidir. Sap ağırlığı; çeşitlerle, bitki yoğunluğu, çevre ve yetiştirme koşullarıyla ilişkili olarak değişir. Yapraklar soyulduktan sonra kalan sapın miktarı, genellikle toprak yüzeyinin üzerindeki ağırlığının % 60-80'i kadardır (Guiying vd. 2003; Eren 2011).

**Yaprak:** Yapraklar, paralel damarlıdır. Yaprak kını, yaprak ayası ve yakacıktan oluşur. Yapraklar, 30-135 cm uzunluğunda ve 6-13 cm genişliğindedir. Her bir boğumdan bir yaprak üretilir. Bir bitkideki yaprak sayısı saptaki boğum sayısına eşittir. Yaprak sayısı, çeşide ve bitkinin yetiştirildiği enleme bağı olarak değişkenlik gösterir. Yüksek enlemlerde yetiştirilen tatlı sorgum da yaprak sayıları, gün uzunluğu uzun olduğu ve vejetatif gelişme uzadığı için artacaktır. Diğer taraftan, ekvatora yakın olan düşük enlemlerde ise yaprak sayıları azalacaktır.

**Salkım:** Çiçekler, birçok kırmızımsı çiçekten oluşmuş karışık salkım topluluğundadır. Karışık salkım, bayrak yaprak kınından geliştikten sonra hemen çiçeklenme başlar. En tepedeki küçük başaklar ilk çiçeklenir. Onu sırasıyla salkımın ortasındaki çiçekler ardından da en alttaki kısım takip eder.

**Tohum:** Kabuk ve tohumun renkleri çok farklı olabilmekte olup tohumlar kavuzla kaplıdır. Tohum kabuğu, tanen içerir ve biraz asit tadındır. Eğer, tohum alkali topraklarda ekilirse, tanenin baziklikliği etkisizleştirebilme özelliğinden dolayı tohumun çimlenmesinde baziklikliğin olumsuz etkisi lokal olarak azaltılabilir (Guiying vd. 2003; Eren 2011).

### **1.6.2 Bitkinin Bileşimi, Besin Değeri ve Kullanımı**

Tatlı sorgum bitkisinin toplam kütesinin, % 70-75'i saptan, % 10-15'i yapraktan, % 7'si taneden ve % 10'u kökten oluşur (Grassi 2001). Şeker miktarı ve içeriği; tatlı sorgumun bitkisinin şeker içeriği oldukça yüksektir. En fazla şeker saplarda (% 78.7) bulunur. Bunu sırasıyla, salkım (% 2.99) ve yapraklar (% 2.54) takip eder. Sap kısmında 14'ten fazla şeker çeşidi vardır ve hepsi homojen olarak dağılmıştır. Bunlardan en fazla bilineni; sakkaroz, fruktoz ve glikozdur. Sap kesitindeki şeker konsantrasyonu ise Şekil 1.8'de gösterilmiştir (Grassi 2001).



Şekil 1.8 Sorgumun sap kesitinden bir görünüm (Grassi 2001).

Kimyasal bileşimi; tatlı sorgum bitkisi % 52 karbon (C), % 6.7 hidrojen (H), % 0.98 azot (N), % 0.11 kükürt (S), 5400 ppm klorin ve % 65.5 uçucu madde içerir.

Küspesinin bileşimi ve karakteristikleri; % 15-25 selüloz ( $C_6H_{10}O_5$ ), % 35-50 hemiselüloz ( $C_5H_{10}O_5$ ), % 20-30 lignindir. Net ısı değeri 17.259 MJ/kg (külsüz); özgül kütle 150 kg/m<sup>3</sup> (% 20 nemde)'dür (Grassi 2001; Eren 2011).

Tatlı sorgum, aşağıdaki kullanım amaçları doğrultusunda yetiştirilebilmektedir (Chiaramonti ve Agterberg 2002; Eren 2011).

- Taşıma yakıtı (biyoetanol, hidrojen ve metanol kaynağı olarak),
- Enerji (elektrik ve ısı),
- Hayvan besini,
- Kağıt için hamur,
- Mangal kömürü,
- Aktif kömür,
- Bitki besin proteini (DDG) ve
- Şurup.

Tatlı sorgumun kullanım amaçları doğrultusunda avantajları Tablo 1.3'de verilmiştir.

Tablo 1.3 Sorgumun kullanım amaçlarına göre avantajları.

Bitki Olarak	Etanol Olarak	Küspe Olarak	Endüstriyel Üretimde Hammadde Olarak
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Yetiştirme dönemi kısadır (3-4 ay),</li> <li>❖ C4 Kurak bölge bitkisidir,</li> <li>❖ Dayanımı oldukça yüksektir,</li> <li>❖ Çiftçi dostudur,</li> <li>❖ Hem insan gıdası hem de hayvan yemidir,</li> <li>❖ İstilacı bir tür değildir,</li> <li>❖ Toprak N<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub> emisyonu düşüktür,</li> <li>❖ Tohumla çoğalır,</li> <li>❖ Fermentasyon etkinliği yüksektir (% 90-92).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Çevre dostu bir süreçtir,</li> <li>❖ Üstün kalitelidir,</li> <li>❖ Düşük sülfürlüdür,</li> <li>❖ Yüksek oktanlıdır,</li> <li>❖ Motor dostudur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Yüksek biyolojik değerlidir,</li> <li>❖ Mikro besinlerce zengindir, Hem gıda hem de güç kojenrasyonunda kullanılabilir,</li> <li>❖ Silaj için iyidir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Kağıt Hamuru ve kağıt yapımı için uygun maliyetli kaynaktır.</li> <li>❖ Fermentasyon yan ürünleri olarak donmuş CO<sub>2</sub>, asetik asit, fuzel yağı ve metan üretilebilir.</li> <li>❖ Bütanol ve alkollü içkiler üretilebilir.</li> </ul>

Rajvanshi ve Nimbkar (2008) yaptıkları bir çalışmada, 1 ha'lık bir alanda üretimi yapılan tatlı sorgum bitkisi kısımlarından ne kadar ürün elde edilebileceğini belirlemişlerdir.

1 ha'lık bir alanda tatlı sorgum üretimi yapıldığı zaman, 75-100 t/ha yeşil aksam elde edilir. Elde edilen ürünün;

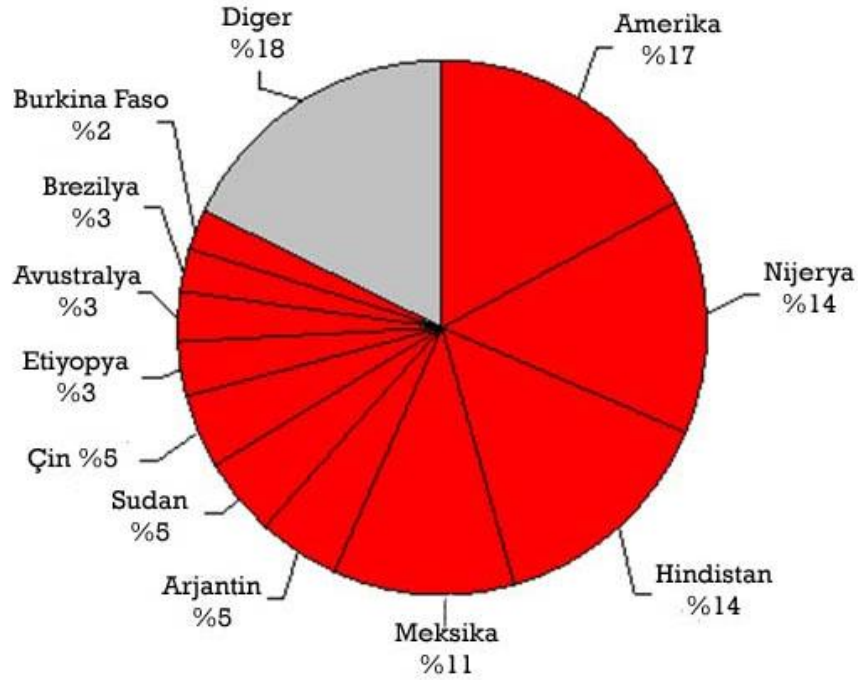
- 2-4 tonu tohumdur. Tohumdan ekmeklik un, toprak için besin maddesi veya briketlenmiş yakıt elde edilebilir.
- 5-7 tonu kuru yapraktır.
- 60-80 tonu soyulmuş saplardan oluşur. Soyulmuş saplardan 15-20 ton kuru madde elde edilir.

Sonuç olarak bakıldığında 1 ha'lık alandan 5-7 tonu kuru yaprak, 15-20 tonu soyulmuş kuru sap olmak üzere yaklaşık 25 ton civarında kağıt hamuru üretmek üzere materyal sağlanabileceği görülmektedir.

### 1.6.3 Dünyada ve Türkiye'de Tatlı Sorgum Üretimi

Dünyadaki tatlı sorguma ait toplam ekiliş, üretim ve verim bakımından net bir veri olmasa da; Şekil 1.10'da görüldüğü üzere ABD, Brezilya, Hindistan, Rusya, Nijerya ve Meksika önemli

yetiştirici ülkeler arasında bulunmaktadır. Yeterli miktarda güneş enerjisi almayan Avrupa iklim şartları, tatlı sorgumu ve şeker kamışı gibi genetik olarak güneş enerjisine daha fazla gereksinim duyan C4 tipi bitkilerin yetiştirilmesine çok elverişli değildir (Woods 2000; Eren 2011). Bu nedenle, 36°-42° kuzey paralellerinde yer alan Türkiye'nin tatlı sorgum yetiştirmek için çok uygun iklim koşullarına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 1.9 2005 yılı verilerine göre dünyada sorgum üretiminin ülkelere göre dağılımı (URL-2, 2012)

Nitekim ülkemizde ana ürün ve II. Ürün olarak ekimi yapılmaktadır. 2006 yılı verilerine göre, ülkemizde yaklaşık 136.000 ha'lık alanda slajlık mısır, 1000 ha'lık alanda ise sorgum üretimi yapılmıştır (Anon. 2006; Geren ve Kavut 2009).

## 1.7 LİTERATÜR ÖZETİ

Grassi (2001), sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ile ilgili yapmış olduğu çalışmada elementel bileşiminin % 52 karbon (C), % 6.7 hidrojen (H), % 0.98 azot (N), % 0.11 kükürt (S), kimyasal bileşiminin ise % 15-25 selüloz (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>), % 35-50 hemiselüloz (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>), % 20-30 lignin olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, net ısı değerinin 17.259 MJ/kg (külsüz) ve özgül kütleinin 150 kg/m<sup>3</sup> (% 20 nemde) olduğunu belirtmiştir.

Billa vd. (1996) Tatlı sorgumun saplarının yapısı ve bileşimi üzerine yapmış oldukları çalışmada sorgum saplarının öz ve kabuklarının kimyasal bileşim olarak önemli farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir. Öz ile Kabuk glukoz ve sukroz içerikleri bakımından karşılaştırıldıkların da özün %71 (kuru madde) oranında, kabuğun ise %34,6 oranında bir içeriğe sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, kabuğun toplam selüloz, hemiselüloz ve lignin içeriğinin yaklaşık %45,5 olduğunu belirtmişlerdir.

Billa vd. (1996) Sorgumun (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) şeker içeriğini Tablo 1.3'de görüldüğü Şekilde olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 1.4 Sorgumun kabuk ve öz kısmının şeker içeriği (%).

	Kabuk	Öz
Arabinoz	2,2±0,1	4,4±0,1
Ksiloz	23,3±0,4	15,1±0,4
Glukoz	49,7±0,4	59,2±1,4
Galaktoz	0,5±0,01	1,2±0,02
Fruktoz	0,4±0,03	0,54±0,07
TOPLAM	76±1,2	80,4±1,8

Billa vd. (1997) Sorgumun öz kısmının yüksek şeker ve düşük lignin içeriğine sahip iken kabuğunun lignoselülozik lifler bakımından zengin olmasının kağıt hamuru üretimi açısından iyi bir materyal olabileceğini belirtmişlerdir.

Kim ve Day (2011) *Sorghum bicolor* (L.) Moench üzerinde yapmış oldukları çalışma da sorgumun kimyasal bileşimini %45 selüloz, %27 hemiselüloz ve %21 lignin olarak belirtmişlerdir.

She vd. (2010) Tatlı sorgum köklerinden ekstrakte edilmiş ligninin fizikokimyasal karakterizasyonu üzerine yapmış oldukları çalışmada tatlı sorgum köklerinin kimyasal bileşimini, selüloz (%25,8-31,7), lignin (%4,7-7,1), hemiselüloz (%20,5-29,9) olarak belirtmişlerdir.



Belayachi ve Delmas (1997) *Sorghum bicolor* (L.) Moench cinsine ait *sorghum vulgare saccharatum* posasından kimyasal hamur üretimi için soda-AQ yöntemiyle 160°C de 20 dak. süre ile pişirme yapmışlardır. Pişirme için 2 tür örnek hazırlamışlardır. Bunlardan ilkinde elle yaprak ve öz kısmını ayıklamışlardır (E<sub>1</sub>).Örneğinden %19 oranında yaprak ve %30 oranında öz kısmını ayırdıklarını ve %51 oranında lifsel madde elde ettiklerini belirtmişlerdir. İkinci örnekte ise herhangi bir ayırma işlemi yapılmamıştır.

Örneklerden elde edilen hamurlara ve kağıtlara ait test sonuçları Tablo 1.4’de verilmiştir.

Tablo 1.5 Sorghum vulgare saccharatum’dan soda-AQ yöntemiyle elde edilen hamurlara ait kapa numarası ve elde edilen kağıtlara uygulanan mekaniksel, fiziksel ve optik test sonuçları.

	<b>E1</b>	<b>E2</b>
<b>Kappa numarası</b>	10,3	9,4
<b>Polimerizasyon derecesi</b>	1795	1674
<b>Parlaklık (ISO)</b>	42,2	33,5
<b>Patlama indeksi (kPa m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)</b>	9,17	8,05
<b>Yırtılma indeksi x 100 (mN m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)</b>	726	625
<b>Kopma Uzunluğu (km)</b>	12,85	12,65
<b>Verim (%)</b>	43	31,7
<b>Çift katlanma (600g)</b>	690	560
<b>Soda Konsantrasyonu (%)</b>	20	24

Pişirme işleminde kullanılan bu iki örnek üzerinde yapılan kimyasal analiz ve çözünürlük deneyleri sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo 1.5’te verilmiştir.

Tablo 1.6 Sorghum vulgare saccharatum’a ait çözünürlük ve kimyasal analiz sonuçları (%).

	<b>E1</b>	<b>E2</b>
<b>Kül</b>	1,5	2,7
<b>Silis</b>	0,6	0,5
<b>Sıcak su çözünürlüğü</b>	25,3	43,8
<b>%1 NaOH</b>	52,1	63,1
<b>Alkol Benzen</b>	11,4	24
<b>Selüloz</b>	48,8	45
<b>Holonselüloz</b>	68	61,6
<b>Lignin</b>	16	14,9

Yine aynı kaynaktan Khristova ve Gabir (1990) Yemlik sorgum bicolor ‘sudan’ ile soda-AQ yöntemiyle yapılan çalışmada Kappa numarasının 14, verimin %42,80, patlama indeksinin

3,23 kPa m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, yırtılma indeksinin 430 mN m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, kopma uzunluğunun 9,05km olarak belirlendiği bildirilmiştir.

Hamilton ve Leopold (1987) Buğday samanının soda-AQ yöntemiyle pişirilmesi sonucunda elde edilen kağıt hamurunun verimini %45-46, hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indeksini 4,10 kPa m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, yırtılma indeksini 423 mN m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, kopma uzunluğunu 7,60km olarak rapor etmişlerdir.

Ateş vd. (2010) “Soda ve Bazı Modifiye Soda Yöntemlerinin Tütün Saplarından Elde Edilen Kâğıt Hamurları Üzerine Etkilerinin Araştırılması” konulu çalışmalarında %20 NaOH oranında 170°C’de ve 90 dak süre ile yaptıkları NaOH pişirmesinde elde edilen hamurun elenmiş verimi %37,18, toplam verimi %48,78, kappa numarasını 53,3 ve hamur viskozitesini 437 cp olarak rapor etmişlerdir. Bu hamurdan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunu 2,49 m, patlama indisini 1,05 Kpa,m/g, yırtılma indisini 2,44 mN,m<sup>2</sup>/g, beyazlığını 30,62, parlaklığını 21,31 ve opaklığını da 99,80 olarak bildirmişlerdir.

## **1.8 ÇALIŞMANIN AMACI**

Bu çalışmada Bartın iklim koşullarında yetiştirilmiş olan sorgum yıllık bitkisinden elde edilen yongaların %14-%16-%18 ve %20’lik NaOH çözeltileri ile 120°C ve 130°C sıcaklık koşullarında yapılan soda pişirmelerinde elde edilen hamurların ve kâğıtların özelliklerini tespit etmektir.



## BÖLÜM II

### MATERYAL VE METOD

#### 2.1 MATERYAL

Bu çalışmada kullanılan sorgum (*Sorghum bicolor X S. bicolor* var. *sudanense*) bitkisi Bartın İli Merkez Dalıca Köyünde 2011 yılı mayıs ayında 1 dekara 5 kg tohum gelecek şekilde ekilmiştir. Ekim yapılan arazinin rakımı 28m, eğimi yaklaşık %5-6 ve bakışı güneybatı istikametindedir. Üç aylık bir yetiştirme döneminden sonra 2011'in Ağustos ayında orakla kesilerek güneşte kurutulmuştur. Örnekler 8 günlük bir kurumadan sonra yağmurdan ve direkt güneş ışığından korunacak şekilde yarı açık bir depo da muhafaza edilmiştir.

Kâğıt hamuru üretiminde kullanılmak üzere bütünüün özelliklerini gösterecek şekilde seçilmiş olan Sorgumların ortalama boyu 212 cm ve ortalama çapı 1,20 cm olarak ölçülmüştür. Pişirme işlemi için sorgumlar 5'er cm'lik parçalar halinde yongalanmıştır. Kimyasal analizler (selüloz tayini, holoselüloz tayini, lignin tayini, soğuk su çözünürlüğü, sıcak su çözünürlüğü, alkol çözünürlüğü, %1'lik NaOH çözünürlüğü) için ise 60 mesh'lik sarsak elekte numuneler hazırlanmıştır.

#### 2.2 METOD

Çalışma için kimyasal kâğıt hamuru üretim yöntemlerinden soda metodu kullanılmıştır. Bu metotla elde edilen hamurların verimleri belirlenmiş ve elde edilen kâğıtlar üzerinde standart kâğıt testleri yapılmıştır.

## 2.2.1 SORGUM LİFLERİNİN FİZİKSEL VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

### 2.2.1.1 Liflerin Morfolojik Özelliklerine Ait Ölçme Yöntemleri

Lifsel hücrelerin bazı morfolojik özelliklerinin önceden bilinmesi ve bu özelliklerin birbiri ile olan ilişkilerinin belirlenmesi ile o lifin, dolayısıyla hammaddenin kağıt yapımında kullanılabilirliği hakkında bir ön fikir elde edilmiş olur. Bu çalışmada sorgum yıllık bitkisinin çeşitli lif analizleri yapılmıştır. Bu analizleri yapabilmek için öncelikle sorgumun lifsel hale getirilmesi gerektiğinden bu işlem için en yaygın olarak kullanılan maserasyon yöntemi olan “klorit yöntemi”nden faydalanılmıştır. Maserasyon işlemi şu şekilde gerçekleştirilmiştir. Kibrit çöpü büyüklüğünde kesilmiş 5 gr. sorgum örneği 250 ml.’lik erlenmayere konarak üzerine 160 ml. su, 1,5 gr. sodyum klorit ( $\text{NaClO}_2$ ) ve 0,5 ml. buzlu asetik asit ilave edilmiştir. Erlenin üzeri ters çevrilmiş daha küçük bir erlenle kapatılıp 70-80 °C’de bir saat ısıtılmıştır. Bir saat sonunda erlenmayere tekrar 1,5 gr. sodyum klorit ve 0,5 ml asetik asit konularak 1 saat daha 70-80°C de ısıtılmıştır. Bu işlem üç kez tekrarlanmıştır. Klorlama işlemi bittiğinde örnek orijinal görünümünde, sadece rengi beyazlamıştır. Reaksiyon süresi bitiminde erlenmayer buz banyosunda soğutulduktan sonra kaba filtre krozesinden süzümüştür. Kroze üzerinde kalan kısım, liflerin kırılmadan birbirlerinden ayrılmaları için polietilen bir kapta suyla karıştırılmıştır. Lifler tamamen bireysel hale geçtiğinde daha önce kullanılan krozeden süzülerek mantar tahribatını önlemek için bir miktar fenol ile karıştırılıp ağzı kapalı kaplarda muhafaza edilmiştir. Bundan sonra bu liflerden az miktar alınıp geçici preparatlar hazırlanmış ve mikroskopta gerekli ölçümlerin yapılmasına geçilmiştir.

Mikroskopta lif boyu, lif genişliği, çeper kalınlığı ve lümen genişliği gibi değerler mikroskop yardımıyla ölçülmüştür. Ölçümler sırasında lif boyunu ölçerken liflerin uçlarının kırık olmamasına, lif genişliğini ölçerken lifin tam orta kısımlarından ölçülmesine dikkat edilmiştir.

Morfolojik özelliklerin belirlenmesinde sırasıyla aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır.

- **Keçeleşme Oranı**

Keçeleşme Oranı = Lif Uzunluğu / Lif Genişliği formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır.

- **Elastiklik Katsayısı**

Elastikiyet Katsayısı = (Lümen Çapı x 100) / Lif Genişliği formülünden faydalanılarak hesaplanmıştır.

- **Katılık Katsayısı (Rijidite)**

Katılık Katsayısı = (Lif Çeper Kalınlığı x 100) / Lif Genişliği formülünden faydalanılarak hesaplanmıştır.

- **Runkel Sınıflaması**

Runkel Sınıflaması = (Lifçeper Kalınlığı x 2) / Lümen Çapı formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır (Gençer 2003).

## 2.2.2 Kimyasal Analizler

Çalışmada kullanılan Sorgum yıllık bitkisi numuneleri  $\alpha$ -selüloz tayini, holoselüloz tayini, lignin tayini, soğuk su çözünürlüğü, sıcak su çözünürlüğü, alkol çözünürlüğü, %1'lik sodyum hidroksit (NaOH) çözünürlüğü deneylerine tabi tutulmuştur. Sorgumdan 5 cm uzunluğunda ve yaklaşık 1cm çapındaki sap örnekleri ile yine 5 cm uzunluğundaki yaprak örneklerinin oluşturduğu temsili bir karışım alınarak TAPPI T 11 os-75 standartlarına göre laboratuvar tipi willey değirmeninde öğütülerek sırayla 100-80-60-40 mesh lik eleklerde elenmiştir. 60 mesh (210µ) elek üzerinde kalan numuneler toplanarak kimyasal analizler için kullanılmıştır.

### 2.2.2.1 Alfa Selüloz Tayini

$\alpha$ -Selüloz oranının belirlenmesinde holoselüloz tayinine uğratılmış 2'şer gramlık örnekler kullanılmış olup TAPPI T 203 os-71 standardı uygulanmıştır. Bu standarda göre,  $\alpha$ -selüloz tayininde kullanılmak üzere %17,5'lük NaOH çözeltisi hazırlanmış ve su banyosunda sıcaklığı 20°C ye getirilmiştir. Holoselüloz tayinine uğratılmış örnek 100 ml'lik behere alınarak üzerine 10 ml %17,5'lük NaOH çözeltisi ilave edilerek homojen bir süspansiyon olacak şekilde karıştırılmıştır. Bu işlemden sonra 3 defaya mahsus olmak üzere her 5 dakikada bir 5 ml %17,5'lük NaOH çözeltisi karışıma ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Son ilaveden sonra karışım 20 °C deki su banyosunda 30 dk bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda karışıma 33 ml destile su ilave edilmiş ve 1 saat süre ile yine 20 °C deki su banyosunda

bekletilmiştir. Daha sonra orta dereceli bir krozeden süzölmüştür. Krozedeki kalıntı ilk önce 100 ml % 8,3'lük NaOH çözeltisi ile yıkanmış sonra da destile su ile yıkanmaya devam edilmiştir. Krozedeki kalıntı üzerine %10'luk asetik asit dökölerek 3 dk bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda asetik asit süzölerek kalıntı 250 ml destile su ile yıkanmış ve  $103\pm 2$  °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak tartılmıştır.

### **2.2.2.2 Holoselüloz Tayini**

Holoselüloz tayini işlemlerinin hiç birisinde tam olarak Holoselüloz miktarı belirlenemediği bilinmektedir. Bunun nedeni ise ligninin tam olarak uzaklaştırılması esnasında karbonhidrat kaybı da gerçekleşmekte ve bu engellenememektedir. Bu çalışmada en kolay ve en yaygın olan Klorit yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde diğler bazı yöntemlere nazaran daha az karbonhidrat uzaklaştırılır. Yöntemde %2-4 miktarında lignin karbonhidrat içinde kalmaktadır.

Holoselüloz miktarını belirlemek için alkol ekstraksiyonuna uğratılmış 5 g'lik hava kurusu örnekler 250 ml'lik erlenmayerlere konulup üzerlerine 160 ml saf su, 1,5 g sodyum klorit ( $\text{NaClO}_2$ ) ve 10 damla (0,5 ml) buzlu asetik asit eklenerek bir saat süreyle 78-80°C'deki su banyosunda tutulmuştur. Erlenmayerler daha küçük erlenmayerlerle kapatılmıştır ve reaksiyon süresince arada bir karıştırılmışlardır. Her bir saatte 1,5 g  $\text{NaClO}_2$  ve 10 damla (0,5 ml) buzlu asetik asit ilave edilip bu işlem üç kez tekrarlanmıştır. Asetik asit ortamın pH'ını 4 dolayında tutmakta ve klorit ( $\text{ClO}_2$ ) lignini oksitleyerek klorolignin halinde çözerek karbonhidratlardan ayırmaktadır. İşlemler sonunda krozeden süzölen karışım yine  $103\pm 2$  °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak tartılmıştır.

### **2.2.2.3 Lignin Tayini**

Lignin kağıt üretiminde kullanılan yıllık bitkiler de veya diğler odunsu hammaddelerde istenmeyen bir maddedir. Lignin oranının tayini için mevcut olan yöntemlerden Klason yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde  $\text{H}_2\text{SO}_4$  karbonhidratları hidrolize eder ve çözer. Krozeden süzme işlemi sonunda lignin kalıntı halinde elde edilir. Lignin tayini için alkol ekstraksiyonuna uğratılmış hava kurusu 1 g'lik örnekler alınarak bir behere konulmuştur. Üzerlerine 15 ml %72'lik  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dökölerek 12-15 °C sıcaklıkta 2 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda beherdeki örnek yıkanarak bir litrelik erlenlere alınmıştır. Asit konsantrasyonunun %3 olması için erlendeki sıvı miktarı 560 ml olana kadar destile su ile

seyreltme işlemi yapılmıştır. Bu karışımlar soğutucu altında 4 saat süreyle kaynatılmıştır. Bu işlemden sonra krozeden süzülerek, sıcak saf su ile yıkama yapılmıştır. Elde edilen kalıntılar  $103\pm 2$  °C’de kurutularak başlangıçta kullanılan örnek ağırlığına oranla hesaplanmıştır. Deney işlemleri Tappi T 222 om-02 standartları uygulanarak yapılmıştır.

### **2.2.3 Çözünürlük Değerleri**

#### **2.2.3.1 Soğuk Su Çözünürlüğü**

Soğuk suda çözünürlüğün belirlenmesi işlemi için  $23\pm 2$  °C’de 300 ml destile su içine konulan 2g’lik hava kurusu örnekler 48 saat süreyle belirli aralıklarla karıştırılarak bekletilmiştir. Bu süre sonunda numuneler krozeden süzülerek destile su ile yıkanmıştır. Örnekler daha sonra  $103\pm 2$  °C’de değişmez ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve tartılmıştır. Bu deney işlemleri Tappi T 207 cm-99 standartları uygulanarak yapılmıştır.

#### **2.2.3.2 Sıcak Su Çözünürlüğü**

Sıcak suda çözünürlüğün belirlenmesi işlemi için de 2 g’lık tam kuru ağırlıktaki örnekler 200 ml’lik erlenmayerlere konularak üzerlerine 100 ml destile su ilave edilmiştir. Erlenmayerler soğutucu altında 3 saat süreyle kaynayan su banyosunda tutulmuştur ve bu sürenin sonunda krozelere süzülüp sıcak su ile yıkanarak  $103\pm 2$  °C’de kurutulmuş ve tartılmıştır. Bu deney işlemleri Tappi T 207 cm-99 standartları uygulanarak yapılmıştır.

#### **2.2.3.3 Alkol Çözünürlüğü**

Tappi T 204 cm-97 standardına göre yapılan bu deneyde örnek içindeki yağ, mumsu maddeler, tanen gibi maddelerin miktarı belirlenmektedir. Sokselet cihazında 300-350 ml alkol ile 6 saat ekstraksiyona tabi tutulan örnekler daha sonra tam kuru hale getirilip çözünürlük miktarı belirlenmiştir.

#### **2.2.3.4 % 1’lik NaOH Çözünürlüğü**

Yöntem sayesinde kullanılan materyalin  $100^{\circ}\text{C}$ ’de seyreltik alkalide çözünmeye karşı dayanıklılığı belirlenebilmektedir. Ayrıca buna bağlı olarak kullanılan materyalin varsa mantar çürüklüğü, ısı, ışık, oksidasyon vb. degradasyon dereceleri hakkında bilgi edinilebilir. %1’lik NaOH çözünürlüğü deneyi için 60 mesh’lik elek üzerinde kalan ve alkol-benzen ekstraksiyonuna uğratılmamış numuneden tam kuru ağırlıkta tartılan 2 g’lık örnekler 200



ml'lik erlenmayerler içerisine konulduktan sonra üzerine %1'lik sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisinden 100 ml eklenmiştir. Erlenmayerlerin ağzı küçük erlenlerle kapatılarak 100 °C'deki su banyosuna konmuş ve bir saat bekletilmiştir. Bu işlemden sonra krozelerle süzme yapılmıştır. Daha sonra %10'luk 25 ml asetik asit ve sıcak su ile yıkama yapılmış ve 103±2 °C'de ağırlığı değişmez hale gelinceye kadar kurutma yapılmış ve ağırlıkları belirlenmiştir. Böylece kuru örnek ağırlığındaki azalmadan yararlanılarak çözünen madde miktarı belirlenmiştir. İşlemler TAPPI T 212 om-02 standardına göre yapılmıştır.

#### **2.2.4 Yongaların Hazırlanması**

Bartın iklim koşullarında yetiştirilmiş ve biçimi yapıldıktan sonra doğal kurutmaya maruz bırakılmış sorgumlardan bütünüün ortak özelliklerini temsil edecek şekilde örnekler alınmıştır. Alınan örneklerin uç kısımlarındaki püsküller pişirme ve sonrasındaki kâğıt üretim aşamalarında heterojen bir yapıya sebebiyet vermemesi için kesilerek uzaklaştırılmıştır. Geriye kalan kısımdan bir bağ makası yardımıyla 5cm'lik yongalar elde edilmiştir.

Denge rutubetine gelen yongaların rutubeti belirlenerek 600 g tam kuru ağırlıkta tartılarak pişirme işlemi için hazır hale getirilmiştir.

#### **2.2.5 Pişirme Çözeltisinin Hazırlanması ve Pişirme**

Rutubet miktarı belirlenen yongalardan tam kuru ağırlığı 600 g olacak şekilde tartım yapılarak muhafaza edilmiştir. Çalışmada Tablo 2.1'de görülen pişirme koşullarında 8 adet pişirme yapılmıştır. Pişirme işlemi 15 lt kapasiteli, elektrikle ısıtılan, 25 kg/cm<sup>2</sup> basınca dayanıklı, dakikada 2 devir yapabilen ve otomatik kontrol tablosuyla sıcaklığı termostatlı olarak kontrol edilebilen laboratuvar tipi döner pişirme kazanında yapılmıştır (Şekil 2.1). Pişirme kazanının doldurulması ve boşaltılması elle yapılmıştır.



Şekil 2.1 Pişirme kazanı.

Tablo 2.1 Kılavuz pişirmesinin tayini için uygulanan ön pişirme planı.

Piştirme No	NaOH (%)	Maks. Sıcaklık (°C)	Max. Sıcaklığa çıkma süresi	Max. Sıcaklıkta piştirme süresi	Yonga/Çöz.
1	%14	120°C	70dk	60dk	1/5
2	%14	130°C	75dk	60dk	1/5
3	%16	120°C	70dk	60dk	1/5
4	%16	130°C	75dk	60dk	1/5
5	%18	120°C	70dk	60dk	1/5
6	%18	130°C	75dk	60dk	1/5
7	%20	120°C	70dk	60dk	1/5
8	%20	130°C	75dk	60dk	1/5

Piştirme sonucunda elde edilen hamurlar önce 150 mesh'lik elek üzerine alınarak yıkama suyu berraklaşınca kadar yıkanmıştır. Temizlenen hamurlar laboratuvar tipi bir karıştırıcıda belli bir konsantrasyonda 5 dakika süreyle açılmıştır (Şekil 2.2). Açılan lifler TAPPI T 275 sp-02 standardına göre yarık açıklığı 0.15 mm olan Somerville tipi sarsıntılı vakum eleğinde elenerek pişmeyen kısımları ayrılmıştır (Şekil 2.3). Ayrılan pişmeyen kısımlar alınarak kurutulup tartılmış ve tam kuru yonga ağırlığına oranlanarak elek artığı miktarı yüzde olarak belirlenmiştir. Elenen kısım suyunu bırakması için elle sıkılmış ve karıştırıldıktan sonra torbalara alınarak rutubetin dengelenmesi için 24 saat ağzı kapalı bir şekilde bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda her piştirme için 4'er adet tesadüfî örnek alınıp, hamurun rutubet oranları belirlenerek elenmiş verim tayini yapılmıştır. Elenmiş verim ve elek artığı oranları laboratuvar ortamında gravimetrik ölçümler ile TAPPI T 210 cm-03 standardına göre belirlenmiştir.



a



b

Şekil 2.2 Lif açıcı(a) ve Rapid Köthen kağıt makinası (b)



a



b

Şekil 2.3 Somerville tipi lif eleği (a) ve Hollander (b)

## 2.2.6 Kağıt Hamurunda Yapılan Analizler

Elenen lifler TAPPI T 200 sp-01 standardına göre Holander'de 35 ve 50 SR°'e kadar dövülmüştür. Hamurların serbestlik derecesi Schopper Riegler cihazında ISO 5267-1 standardına göre belirlenmiştir.

### 2.2.6.1 Kappa Numarasının Tayini

Kappa numarası tayini kâğıt hamurunda kalan lignin miktarını belirlemek için yapılır. Böylece pişirme şartlarının delignifikasyona etkisi belirlenmiş olur. Kappa sayısı sadece

lignini değil, selüloz içindeki tüm oksitlenebilir yapıları da ifade eder. Kappa numarası, 1g tam kuru kağıt hamurunun belli şartlar altında tükettiği 0.1 N  $\text{KMnO}_4$  çözeltisinin ml. olarak miktarıdır. Genel bir kural olarak, Kappa numarası ile 0.13 faktörünün çarpılması sonucu bulunan değer % olarak hamurda kalan lignini verir ve kalıntı lignine 'Klosan Lignini' denir (Gençer vd. 2012). Düşük kappa sayısı selülozda düşük lignin bulunduğunu gösterir. Yüksek sayı ise yüksek ligninli olduğunu gösterir.

Kullanılacak beyazlatıcı maddelerin miktarı kappa sayısına bağlıdır. Lignin ile permanganat arasında yüksek bir tepkime olur. Aynı tepkime oksitlenme özelliği olan diğer unsurlar için de geçerlidir (Karıncaoğlu 2010).

Kappa analizi yapılacak yaş hamur elenmiş ve daha sonra el ile mümkün olan en kuru hale gelecek şekilde sıkılmıştır. 10 gr civarında bir tartım alınıp ve etüv yardımı ile kurutulmuştur. Tam kuru hale gelecek kadar (ort. 4 saat) kurutulup ve etüvden çıkartıp desikatörde soğutulmuştur. Böylece hamur numunesinin rutubeti ve tam kuru hamur miktarı bulunmuştur.

Test numunesi için kullanılan 0,1 N  $\text{KMnO}_4$  miktarına (ml) **P** sayısı denir. Alınan kuru hamur miktarı **P** sayısına bağlıdır. Her kappa sayısı için aynı kuru madde kullanılmaz. Bu nedenle alınacak kuru hamur miktarına p sayısına göre karar verilir. P sayısı 70' in üstünde ise alınan kuru hamur miktarı düşürülmeli, p sayısı 30'un altında ise alınan kuru hamur miktarı arttırılmalıdır. P sayısının 30 ile 70 arasında kalması istenir. Bu yüzden alınacak kuru madde miktarı p sayısına göre değişebilir.

Hesaplanan yaş hamur miktarı terazide tartıldıktan sonra 2 litrelik behere hesaplanan yaş hamur koyulmuştur. Daha sonra 800 ml oluncaya kadar saf su ilave edilir. 2 litrelik beher içindeki hamur su karışımı 5 dakika boyunca karıştırılarak hamurun tamamen açılması sağlanmıştır. 5 dakika sonunda hamur tamamen açılmış olmalıdır. Çünkü potasyum permanganat çözeltisinin bütün liflere bireysel şekilde ulaşması gerekmektedir. Süre bitimine yakın 100 ml'lik mezüre pipetle 100 ml 0,1 N  $\text{KMnO}_4$  ve ayrı bir 100 ml'lik mezüre pipetle 100 ml 4 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  konulmuştur. 5 dakikalık sürenin bitiminde  $\text{KMnO}_4$  ve  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ilave edilip ve kronometre 10 dakikaya kurulmuştur.  $\text{KMnO}_4$  5 dakikalık süre bitiminde konulmuştur çünkü hava ile temas etmemesi gereklidir.

Bu karışımın sıcaklığına 5. dakikada bakılarak not edilmiştir. Kappa analizi 20 °C ile 30°C sıcaklıkları arasında doğrudur. Sıcaklığa bağlı olarak kappa numarasında değişimler meydana gelir. Bu değişim düzeltme faktörü ile giderilir.

Süre bitimine yakın pipetle 20 ml KI 25 ml'lik mezüre koyulmuştur. KI hava ile temas edince çok kolay buharlaşmaktadır. Bu yüzden mümkün olduğunca süre bitimine yakın konulmuştur. 10 dakikalık sürenin bitiminde 20 ml 1 N KI behere konulmuş ve üzerine karışım siyahlaşınca kadar nişasta indikatörü konulmuştur. Ardından 0,2 N sodyum tiyosülfat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) çözeltisi ile karışım siyah renkten tamamen beyaz renk oluncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyon neticesinde harcanan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  miktarı not edilmiştir çünkü bu sayı formülümüzde ki A (ml) sayısını belirlemiştir. Ayrıca formülümüzde kullanacağımız B (ml) yani şahit değeri bulunmuştur. Bunun için aynı işlemler numunesiz saf su ile gerçekleştirilmiştir. Kappa sayısı aşağıda vermiş olduğumuz formül ile bulunmuştur.

**K** = Kappa Sayısı

**P** = Test numunesi için kullanılan 0,1 N  $\text{KMnO}_4$  miktarı (ml)

**B** = Şahit için kullanılan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  sarfiyatı (ml)

**A** = Test numunesi tarafından kullanılan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  sarfiyatı (ml)

**F** = P ve sıcaklık değerine bağlı olarak bulunan düzeltme faktörü

**P** = ( B-A ) \* 2

**K** = ( P\*F ) / Alınan kuru hamur miktarı (g)



Şekil 2.4 Schopper Riegler test cihazı.

### **2.2.7 Deneme Kağıtlarının Elde Edilmesi Ve Kağıtların Sağlamlık ve Optik Testleri**

Dövülmemiş, 35 ve 50 °SR'e kadar dövülmüş hamurlardan ISO 5269-2 standardına göre  $75\pm 2$  g/m<sup>2</sup> gramajlı 10'ar adet deneme kağıtları yapılmıştır. Dövme esnasında hamurların 35 ve 50 °SR'e ulaşma süreleri kaydedilmiştir.

Deneme kağıtları TAPPI T 402 sp-03 standardına göre (23±2 °C sıcaklık ve %50 ±2 bağıl nem) 24 saat kondisyonlandıktan sonra kalınlığı TAPPI T 411 om-97, kopma uzunluğu TAPPI T 494 om-01, patlama indisi TAPPI T 403 om-02, yırtılma indisi ise TAPPI T 414 om-98 standartlarına göre tespit edilmiştir. Kâğıtların opaklığı TAPPI T 519 om-02, parlaklığı TAPPI T 525 om-02, yüzey düzgünlüğü ISO 8791-2, hava geçirgenliği ise ISO 5636-3 standardına göre belirlenmiştir.

### **2.2.8 Kâğıdın Fiziksel, Mekanik ve Optik Özelliklerini Belirlemede Kullanılan Yöntemler**

Çeşitli pişirme koşulları ile elde edilen deneme kâğıtları OYKA Zonguldak Çaycuma Kağıt Fabrikasındaki Kalite Kontrol laboratuvarında 24 saat kondisyonlama işleminden sonra aşağıda belirtilen testlere tabi tutulmuştur. Yapılan testler, kopma uzunluğu, patlama direnci, yırtılma, kalınlık, hava geçirgenliği, yüzey düzgünlüğü, beyazlık, opaklıktır.



## BÖLÜM III

### BULGULAR

#### 3.1 SORGUM SAPLARININ LİF MORFOLOJİSİNE AİT BULGULAR

Sorgum saplarının lif uzunluğu, lif genişliği, lümen çapı ölçülmüştür. Lif genişliği ve lümen çapı değerlerinden faydalanılarak çift çeper kalınlığı hesaplanarak aşağıdaki Tablo 3.1 de verilmiştir.

Tablo 3.1 Sorgum saplarından elde edilen liflerin ölçümlerine ait değerler.

Ölçülen Özellik	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Minimum Değer	Maksimum Değer
Lif uzunluğu ( $\mu\text{m}$ )	484,04	119,87	24,76	300,00	920,00
Lif genişliği ( $\mu\text{m}$ )	13,04	3,32	25,46	8,75	23,75
Lümen Çapı ( $\mu\text{m}$ )	2,05	0,77	37,79	1,25	4,50
Çift Çeper Kalınlığı ( $\mu\text{m}$ )	10,84	2,62	24,19	7,50	21,25

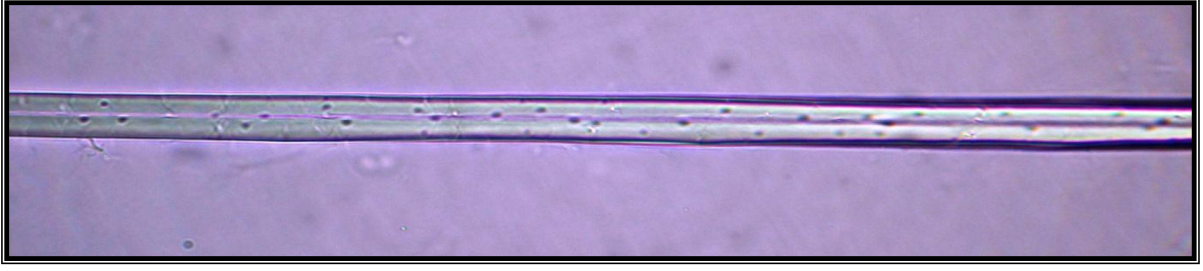
Tablo 3.2 Sorgum liflerine ait K.O, E.K, K.K ve R.S değerleri.

Ölçülen Özellik	Katılık Katsayısı	Keçeleşme Oranı	Elastiklik Katsayısı	Runkel Sınıflaması
Sorgum Lifi	41,57	37,13	15,72	5,29



Şekil 3.1 Bireysel bir sorgum lifinin boydan görünüşü.





Şekil 3.2 Örnek bir Sorgum lifinin çeper kalınlığı ve lümen boşluğu.

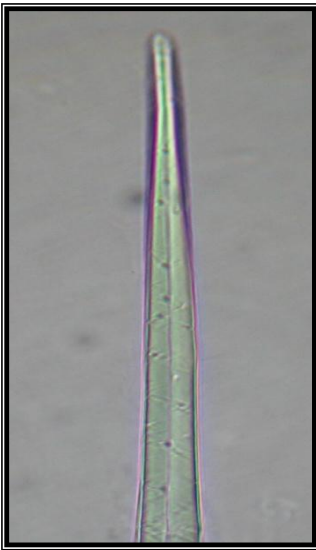


a

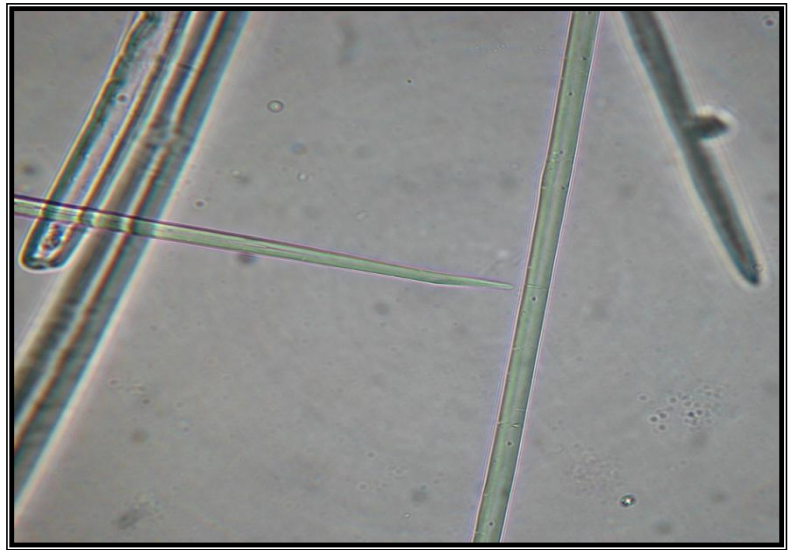


b

Şekil 3.3 Lif Ölçümleri için hazırlanmış preparatlardan örnek lif kümeleri (a-b).



a



b

Şekil 3.4 Sorgum lifinin uç kısımlarına ait görünüm (a-b).

### 3.2 KİMYASAL ANALİZ SONUÇLARI

Sorgum saplarının kimyasal analiz sonuçları Tablo 3.3 de verilmiştir.

Tablo 3.3 Sorgum saplarının kimyasal analiz sonuçları.

Bileşenler	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Minimum Değer	Maksimum Değer
Holoselüloz	71,00	0,64	0,90	70,55	71,45
Alfa-Selüloz	40,25	0,57	1,42	39,73	40,15
Lignin	13,03	0,03	0,22	13,01	13,05
Alkol Çöz.	15,30	0,52	3,40	14,70	15,62
%1 NaOH Çöz.	47,09	0,76	1,62	46,24	47,34
Sıcak Su Çöz.	19,69	0,26	1,34	19,39	19,89
Soğuk Su Çöz.	15,10	-	-	15,10	15,10

Çöz: Çözünürlüğü

Tablo 3.3 de görüldüğü gibi sorgum sapları üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarından alkol çözünürlüğü, sıcak ve soğuk su çözünürlüklerinin yüksek çıkması hammaddenin ekstraktif madde oranının yüksek olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde kimyasal analiz sonucunda holoselüloz ve alfa-selüloz içeriğinin yüksek çıkmış olması hammaddenin şeker içeriğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

### 3.3 SORGUM SAPLARINDAN NaOH YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN KAĞIT HAMURLARINA AİT BULGULAR

#### 3.3.1 NaOH Kağıt Hamurlarının Verimi ve Bazı Kimyasal Özellikleri

Sorgum saplarından NaOH yöntemiyle değişik pişirme şartlarında elde edilen kağıt hamurlarının bazı özellikleri Tablo 3.4 de verilmiştir.

Tablo 3.4 de 8 numaralı pişirme hariç deneylerin tamamında sıcaklığın 120°C'den 130°C'ye çıkarılması ile elenmiş verimde artış gözlenmiştir. En yüksek elenmiş verim 4 numaralı pişirme olan %16 NaOH ve 130°C koşulunda ortaya çıkmıştır.

Tablo 3.4 Sorgum saplarından elde edilen kağıt hamuruna ait elenmiş verim, elek artığı, toplam verim ile kappa numarası değerleri.

Pişirme No	Pişirme Şartları			Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)	Toplam Verim (%)	Kappa No
	NaOH (%)	Sıcaklık (°C)	Süre (dak.)				
1	14	120	130	43,38	4,94	48,32	13,40
2	14	130	130	43,56	2,87	46,43	12,65
3	16	120	130	42,96	2,78	44,44	12,10
4	16	130	130	43,87	1,59	44,36	11,05
5	18	120	130	40,12	2,85	42,97	10,65
6	18	130	130	41,84	0,99	40,83	9,85
7	20	120	130	38,39	1,01	38,90	9,45
8	20	130	130	38,00	0,56	38,56	7,45

### 3.3.2 NaOH Kağıt Hamurlarının Fiziksel ve Optik Özellikleri

Sorgum saplarından NaOH yöntemiyle değişik koşullarda 8 adet pişirme yapılarak kağıt hamurları elde edilmiştir. Bu hamurlar standartlara uygun olarak Hollanderde dövülerek 35 SR° ve 50 SR° serbestlik derecesinde kağıtlar yapılmasının yanında yine Hollander 10 dakika ağırlıksız çalıştırılarak elde edilen başlangıç SR° serbestlik derecesinde de kağıtlar yapılmıştır.

Bu Schopper derecesine ait kağıtların kopma uzunluğu, patlama indisi, yırtılma indisi, beyazlığı, baskı opaklığı, parlaklığı, yüzey düzgünlüğü, hava geçirgenliği ve kağıt kalınlığı değerleri standartlara uygun olarak belirlenmiştir.

Pişirme koşullarının yukarıdaki özelliklere etkisi Bölüm 4'te ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

## BÖLÜM IV

### İRDELEME VE DEĞERLENDİRME

#### 4.1 SORGUM LİFLERİNİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN KAĞIDIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

##### 4.1.1 Keçeleşme Oranı

Keçeleşme oranı kağıdın sağlamlığını etkileyen önemli özelliklerden biridir. Özellikle yırtılma direnci üzerinde üzerin de etkili olmaktadır. Lif uzunluğu keçeleşme oranını olumlu yönde etkilediğinden uzun liflere sahip hammaddelerden elde edilecek olan kağıtların keçeleşmeleri daha iyi olacaktır. Ancak fazla uzun liflerin kağıt yapımında tek başlarına kullanılmaları durumunda hamur süspansiyonunda topaklanmalar oluşarak formasyon bozulmaktadır (Bostancı 1987).

Yapılan çalışmada keçeleşme oranı oldukça düşük çıkmıştır. Bu durum lif uzunluğunun kısa çıkmasından kaynaklanmaktadır. Ancak, kısa lifli hammaddeler düzgün yüzeyli, deliksiz kağıt verirler (Wagberg vd. 1990). Bu nedenle liflerin kısa olması baskı kalitesini artırır.

##### 4.1.2 Elastikiyet Katsayısı

Elastikiyet katsayısı 75'den büyük olan lifler ince çeperli ve geniş lümen boşluklarına sahip liflerdir ve kağıt yapımı sırasında kolay ezilerek kendi aralarında daha sıkı bir bağlantı yaptıklarından dolayı fiziksel nitelikleri yüksek kağıtlar vermektedir.

Elastikiyet katsayısı 50-75 arasında olan lifler 0,50-0,70 g/cm<sup>3</sup> arasında orta yoğunluğa sahip lifsel materyallerden elde edilirler ve bu liflerin çeper kalınlıkları fazla lümen boşlukları az olup ezilmesi zordur. Dolayısıyla fiziksel direnç özellikleri zayıf kağıtlar verirler.

Elastikiyet katsayısı 30'dan küçük olan lifler yoğunluğu  $0,80 \text{ g/cm}^3$  den daha fazla olan lifsel materyallerden elde edilirler ve bu tür lifler kağıt yapımından daha çok liflevha yapımına uygundur (Bostancı 1987).

Elastikiyet katsayısı 15.72 gibi bir değerle esnekliği düşük rijit kağıtlar verir. Ancak, elde edilen kağıtların fiziksel ve mekanik özelliklerinin yeterli çıkması hamurda yüksek oranda bulunan hemiselülozlardan kaynaklanmaktadır.

#### **4.1.3 Katılık Katsayısı**

Katılık katsayısının artması ile kağıdın fiziksel direnç özelliklerinden yırtılma, patlama ve kopma dirençleri düşmektedir. Elastikiyet katsayısının tersi yönde etki yapar (Tank 1980; Yapıcı 2003).

Kağıt özelliklerinin yeterli oluşu hamurda bulunan yüksek hemiselüloz oranının olumlu etkisinin sonucudur.

#### **4.1.4 Runkel Sınıflandırması**

$(\text{Lifçeper Kalınlığı} \times 2) / \text{Lümen Çapı} > 1$  olanlar, kalın çeperli lifler

$(\text{Lifçeper Kalınlığı} \times 2) / \text{Lümen Çapı} = 1$  olanlar, çeperleri orta kalınlıktaki lifler

$(\text{Lifçeper Kalınlığı} \times 2) / \text{Lümen Çapı} < 1$  olanlar, ince çeperli lifler olarak sınıflandırılmaktadır. İnce çeperli liflerden elde edilen kağıtların patlama ve kopma dirençleri yüksekken, kalın çeperli liflerden elde edilen kağıtların yırtılma dirençleri yüksektir.

Runkel sınıflandırmasına göre kalın çeperli lif grubuna ait olup, kağıdın mekanik özelliklerinin beklenenin üzerinde çıkması bireysel lif sağlamlığının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

## 4.2 SORGUM SAPLARINDAN NaOH YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN KAĞIT HAMURLARININ VERİM VE BAZI KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE PİŞİRME PARAMETRELERİNİN ETKİSİ

### 4.2.1 Pişirme Parametrelerinin Elenmiş Verim Üzerine Etkisi

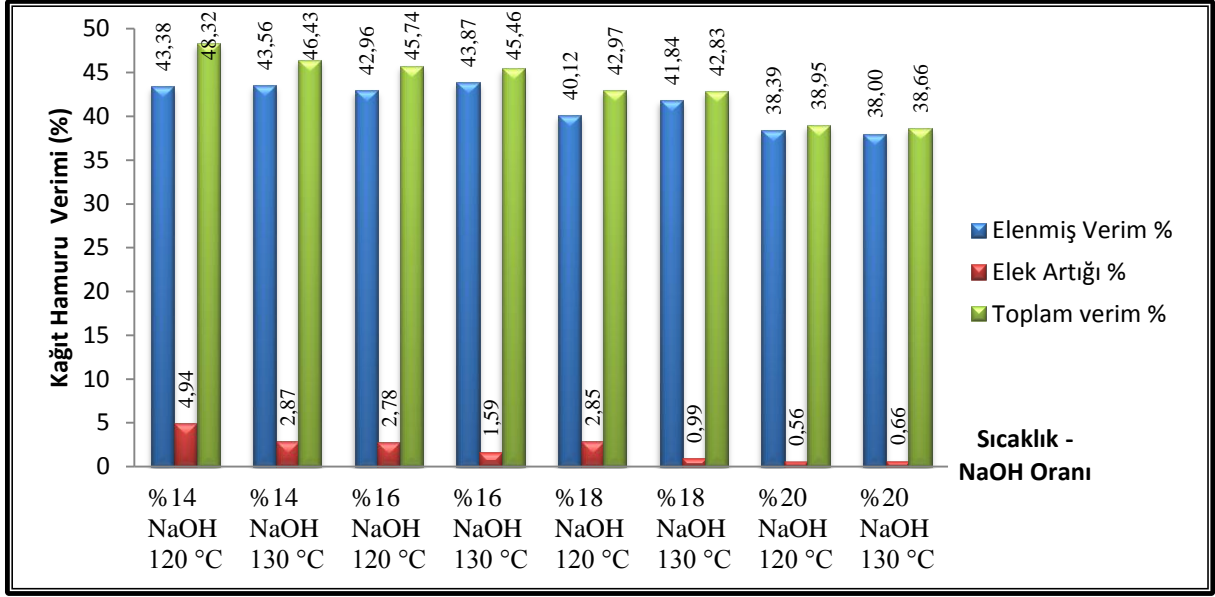
Pişirme sıcaklığı ve NaOH oranı parametrelerinin hamur verimine etkilerini incelemek için elenmiş verim, elek artığı ve toplam verime ait sonuçlar Tablo 4.1 ve Şekil 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Sorgum saplarından NaOH metoduyla farklı pişirme koşullarında elde edilen elenmiş verim ve elek artığı sonuçları (%).

Pişirme No	NaOH Oranı	Sıcaklık (°C)	Elenmiş Verim (%)	Elek Artığı (%)
1	% 14 NaOH	120	43,38	4,94
2	% 14 NaOH	130	43,56	2,87
3	% 16 NaOH	120	42,96	2,78
4	% 16 NaOH	130	43,87	1,59
5	% 18 NaOH	120	40,12	2,85
6	% 18 NaOH	130	41,84	0,99
7	% 20 NaOH	120	38,39	0,56
8	% 20 NaOH	130	38,00	0,66

Tablo 4.1 ve Şekil 4.1 beraber incelendiğinde en yüksek elenmiş verim 4 numaralı pişirme olan %16 NaOH ve 130°C koşulunda % 43,87 olarak bulunurken, en düşük elenmiş verim ise 8 numaralı pişirme olan %20 NaOH oranı ve 130 °C koşulunda % 38,00 olarak bulunmuştur. 1 numaralı pişirme olan %14 NaOH ve 120°C de %4,94 ile en yüksek elek artığı oranı, 7 numaralı pişirme olan %20 NaOH ve 120°C de % 0,56 ile en düşük elek artığı oranı elde edilmiştir.

Şekil 4.1’den en yüksek toplam verimin %48,32 ile %14 NaOH ve 120°C pişirme koşulunda, en düşük toplam verimin ise %38,66 ile %20 NaOH ve 130°C pişirme koşulunda elde edildiği görülmektedir.



Şekil 4.1 Elenmiş verim, elek artığı ve toplam verim değerlerinin sıcaklık ve NaOH oranına bağlı değişimi.

#### 4.2.1.1 Pişirme Sıcaklığının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi

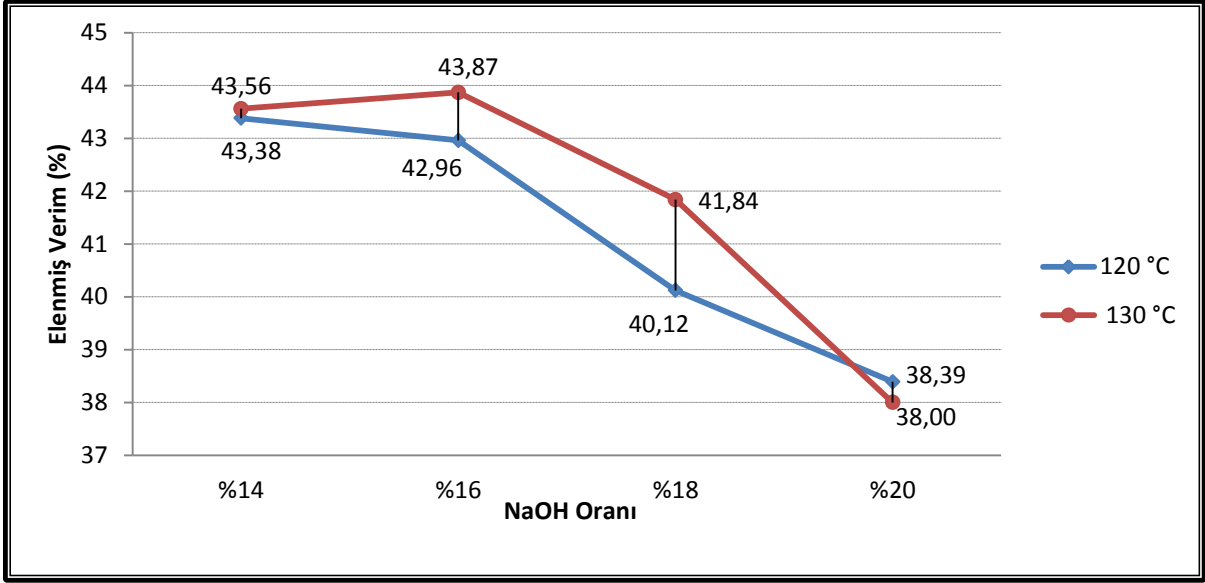
Sorgum saplarından elde edilen kağıt hamuruna %95 güven aralığında, pişirme sıcaklığının kağıt hamuru verimine etkisini gösteren varyans analizine ait sonuçlar Tablo 4.2 ve Şekil 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2 Kağıt hamuru verimine %95 güven aralığında pişirme sıcaklığının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	0,732	1	0,732	0,113	0,748
Gruplar İçi	38,735	6	6,456		
Toplam	39,467	7			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Şekil 4.2'deki sıcaklıkla kağıt hamurunun elenmiş veriminin değişimi incelendiğinde sıcaklığın artması ile elenmiş verimin genel olarak arttığı görülmektedir. Fakat Tablo 4.2'deki varyans analizi sonuçlarına bakıldığında sıcaklık artışı ile elenmiş hamur veriminde gözlenen artışın %95 anlam düzeyinde önemli olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.2 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş kağıt hamurlarının elenmiş verimlerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi.

#### 4.2.1.2 NaOH Oranının Elenmiş Verim Üzerine Etkisi

Sorgum saplarından elde edilen kağıt hamuruna %95 güven aralığında, pişirmede kullanılan NaOH oranının kağıt hamuru verimine etkisini gösteren varyans analizi sonuçları Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3 Kağıt hamuru verimine %95 güven aralığında NaOH oranının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	37,481	3	12,494	25,170	0,005**
Gruplar İçi	1,986	4	0,496		
Toplam	39,467	7			

\*  $P < 0,05$  ; \*\*  $P < 0,01$

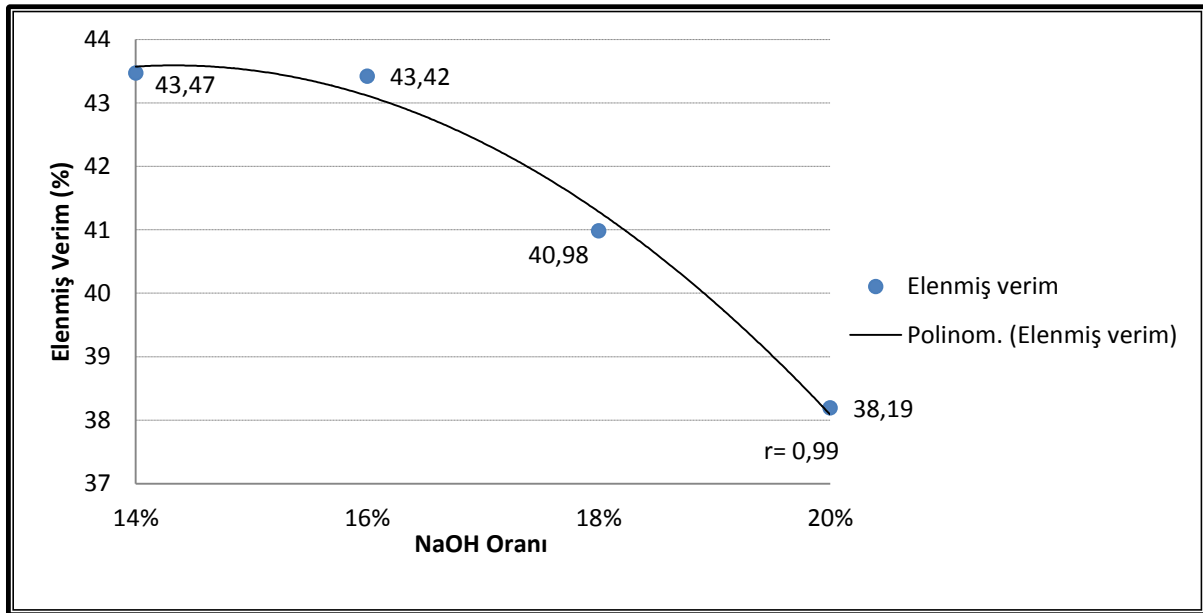
Tablo 4.3’deki varyans analizi sonuçları incelendiğinde NaOH oranına bağlı olarak %95 güven aralığında gruplar arasında anlamlı bir farklılığın olduğu görülmektedir. Hangi gruplar arasında farklılıklar olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.4’de verilmiştir.



Tablo 4.4 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş kağıt hamurlarının elenmiş verimlerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
%14	2	X	
%16	2	X	X
%18	2		X X
%20	2		X X
Etkileşimler		Fark	±Limit
%14 – %16		0,05500	0,768
%14 - %18		3,1400*	0,768
%14 - %20		5,9250*	0,768
%16 - %18		2,43500	0,768
%16 - %20		5,2200*	0,768
%18 - %20		2,78500	0,768

Şekil 4.3'deki grafik incelendiğinde NaOH oranının artması ile elenmiş verimin azaldığı görülmektedir. Tablo 4.4'deki Tukey testi sonuçlarına bakıldığında NaOH oranının %14'den %16'ya, %16'dan %18'e ve %18'den %20'ye arttırılması ile elenmiş verimde gözlenen azalışların %95 anlam düzeyinde önemli olmadığı, %14'den %18 ve %20'ye, %16'dan %20'ye arttırılması ile elenmiş verimde gözlenen azalışların ise önemli olduğu görülmüştür.



Şekil 4.3 Elenmiş verimin pişirmede kullanılan NaOH oranına bağlı olarak değişimi.

## 4.2.2 Pişirme Parametrelerinin Kappa Numarası Üzerine Etkisi

### 4.2.2.1 Pişirme Sıcaklığının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Sorgum saplarından elde edilen kağıt hamurlarındaki kalıntı liginin belirlemek için kappa numaraları belirlenmiştir. Belirlenmiş olan kappa numaralarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.5’de, pişirme sıcaklığının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.5 Kappa numarasının sıcaklığa bağlı ortamla, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

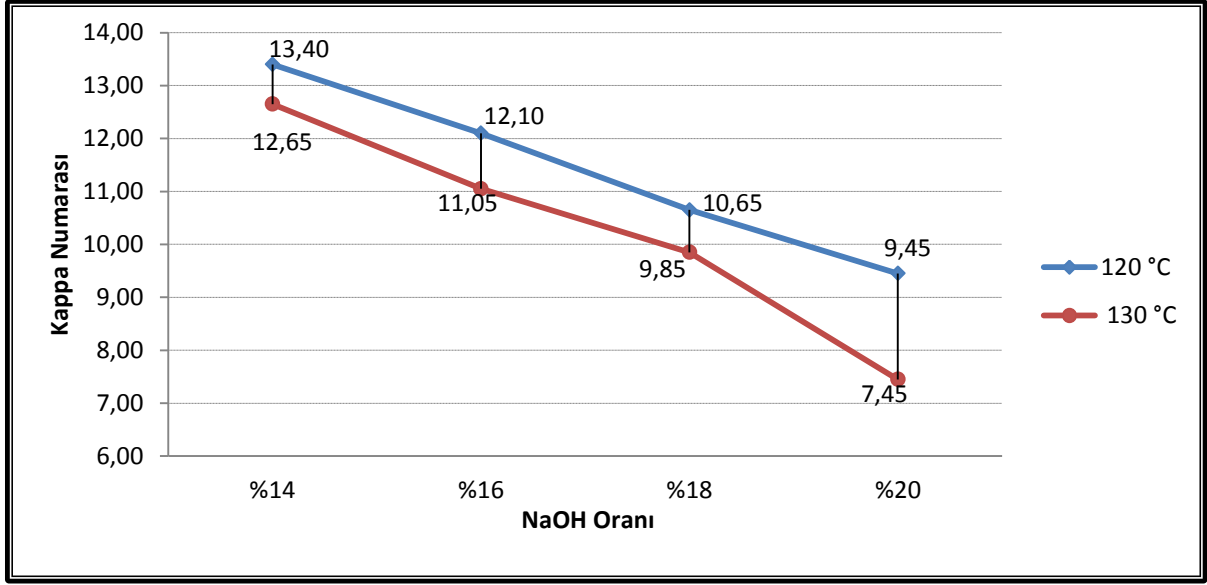
Pişirme Sıcaklığı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
120 °C	8	11,362	1,58	13,9
130 °C	8	10,300	2,05	19,9

Tablo 4.6 Kağıt hamurlarının kappa numaralarına %95 güven aralığında pişirme sıcaklığının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	4,516	1	4,516	1,353	0,264
Gruplar İçi	46,719	14	3,337		
Toplam	51,234	15			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Kappa numaralarının sıcaklıkla değişimini gösteren Şekil 4.4 incelendiğinde sıcaklığın 120°C’den 130°C’ye artırılması ile kappa numaralarının bütün hamurlarda azaldığı görülmektedir. Ancak istatistiksel olarak bakıldığında (Tablo 4.6) sıcaklığa bağlı olarak kappa numaralarında görülen azalışların %95 anlam düzeyinde önemli olmadığı (p=0,264) görülmüştür.



Şekil 4.4 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş kağıt hamurlarının kapa numaralarının pişirme sıcaklığına bağlı olarak değişimi.

#### 4.2.2.2 NaOH Oranının Kappa Numarası Üzerine Etkisi

Pişirilmiş olan kağıt hamurlarının kapa numaralarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.7’de, NaOH oranının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.7 Kappa numaralarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
%14	4	13,025	0,43	3,30
%16	4	11,575	0,61	5,26
%18	4	10,250	0,46	4,49
%20	4	8,450	1,16	13,73

Tablo 4.8 Kağıt hamurlarının kapa numaralarına %95 güven aralığında NaOH oranının etkisini gösteren varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	45,495	3	15,165	28,457	0,000**
Gruplar İçi	6,395	12	0,533		
Toplam	51,890	15			

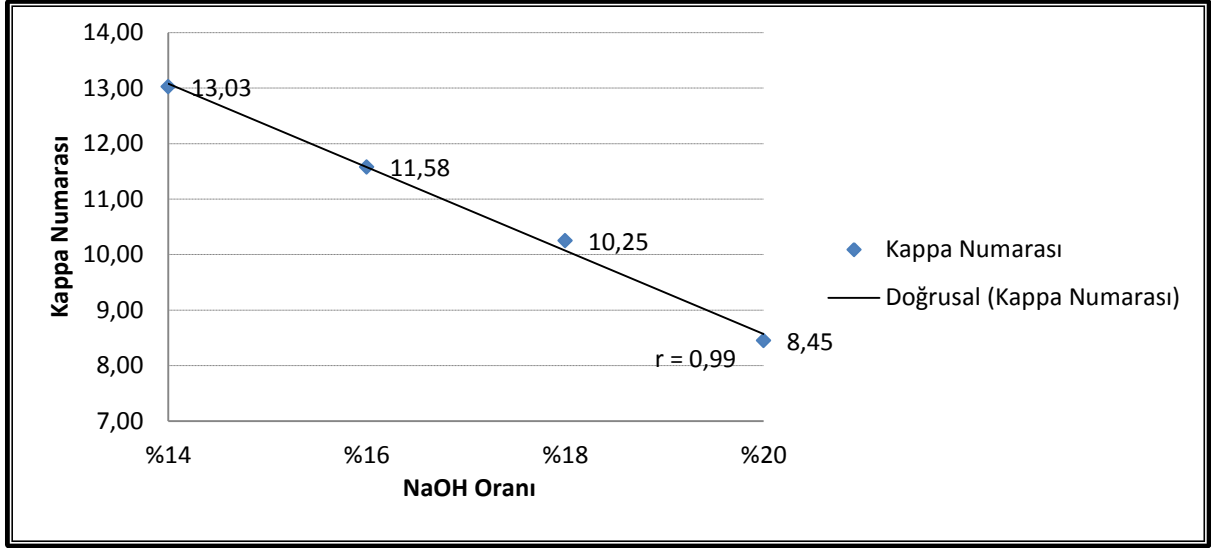
\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Tablo 4.8 incelendiğinde NaOH oranının artması ile kapa numaralarında %95 anlam düzeyinde önemli farklılıkların olduğu ( $p=0,000$ ) görülmüştür. Hangi gruplar arasında farklılıkların olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9 Kağıt hamurlarının kapa numaralarının %95 güven aralığında NaOH oranına bağlı farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
% 14	4	X	
% 16	4	X	
% 18	4	X	
% 20	4	X	
Etkileşimler		Fark	±Limit
% 14 – % 16		1,5250*	0,492
% 14 - % 18		2,7500*	0,492
% 14 - % 20		4,6000*	0,492
% 16 - % 18		1,2250	0,492
% 16 - % 20		3,0750*	0,492
% 18 - % 20		1,8500*	0,492

Şekil 4.5'deki kapa numaralarının NaOH oranına bağlı değişiminin grafiksel gösterimi incelendiğinde NaOH oranı ile kapa numaraları arasında yüksek bir korelasyon olduğu ( $r=0,99$ ) ve NaOH oranının artması ile kapa numarasının azaldığı görülmektedir. Tukey testi sonuçlarına göre NaOH oranının %16'dan %18'e çıkması ile kapa numarasında gözlenen azalışın dışında NaOH oranının artması ile kapa numaralarında gözlenen azalışların %95 anlam düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.



Şekil 4.5 Kağıt hamurlarının kappa numaralarının NaOH oranına bağlı olarak değişimi.

### 4.3 SORGUM'DAN NAOH YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN KÂĞITLARININ FİZİKSEL VE OPTİK ÖZELLİKLERİNE PİŞİRME PARAMETRELERİNİN ETKİSİ

Sorgum yongalarında soda (NaOH) yöntemi kullanılarak elde edilen dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR°'lik kağıtların parlaklık, yırtılma, kalınlık, yüzey düzgünlüğü, hava geçirgenliği, opaklık, kopma uzunluğu ve beyazlık testlerinin sonuçlarına ait bulgular aşağıda verilmiştir.

#### 4.3.1 Pişirme Parametrelerinin Kağıdın Parlaklığı Üzerine Etkisi

##### 4.3.1.1 Dövme Derecesinin Kağıdın Parlaklık Değerleri Üzerine Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı tablo 4.10'da, varyans analizi sonuçları Tablo 4.11'de dövme derecesine göre parlaklığın değişimi Şekil 4.6'da verilmiştir.

Tablo 4.10 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklık değerlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	80	33,7745	2,66	7,88
35 SR°	80	35,7111	2,87	8,04
Dövülmemiş	80	36,6326	2,92	7,97

Tablo 4.11 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklık değerlerinin varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	340,495	2	170,247	21,362	0,000**
Gruplar İçi	1888,800	237	7,970		
Toplam	2229,295	239			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklık değerlerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.12’de verilmiştir.

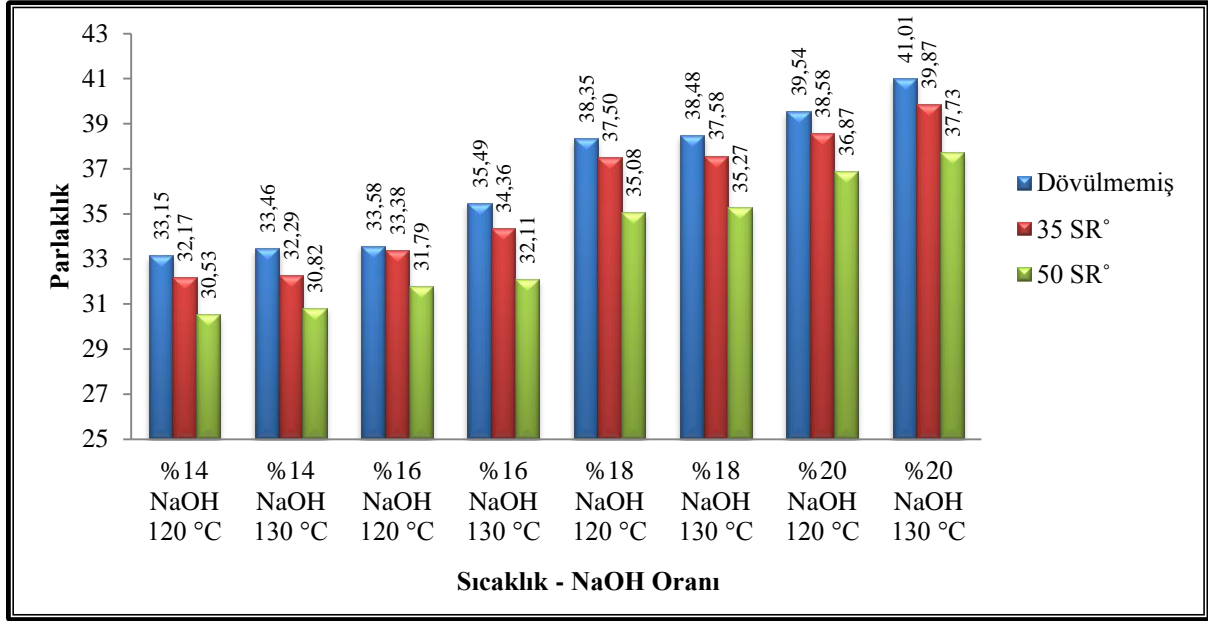
Tablo 4.12 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

SR Derecesi	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
50 SR°	80	X	
35 SR°	80	X	
Dövülmemiş	80	X	
Etkileşimler		Fark	±Limit
Dövülmemiş – 35 SR°		0,922	0,446
Dövülmemiş – 50 SR°		2,858*	0,446
35 SR - 50 SR°		1,937*	0,446

\* P<0,05

Tablo 4.12’deki dövme derecesinin kağıdın parlaklığı üzerine etkisini gösteren Tukey testi ile Şekil 4.6’daki grafik beraber incelendiğinde dövme derecesi arttıkça örnek kağıtların parlaklıklarının azaldığı fakat bu azalmanın %95 güven aralığında dövülmemiş ve 35 SR° hamurların kağıtlarının parlaklık değerleri arasında anlamlı olmadığı görülmektedir. Buna karşın 50 SR° hamurların kağıtları ile 35 SR° ve dövülmemiş hamurların kağıtlarının parlaklık değerleri arasındaki azalmanın %95 güven aralığında anlamlı olduğu görülmüştür. En yüksek

parlaklık değeri %20 NaOH oranı ve 130 °C sıcaklıkta pişirilmiş ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtlarda görülmüştür.



Şekil 4.6 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların parlaklıklarının dövme derecesi ile değişimi

#### 4.3.1.2 NaOH Oranının Kağıdın Parlaklığı Üzerine Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.13’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.14’de verilmiştir.

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

SR° Derecesi	NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	%14	20	30,6735	0,28	%0,91
	%16	20	31,9505	0,42	%1,31
	%18	20	35,1730	0,37	%1,05
	%20	20	37,3010	0,61	%1,64
35 SR°	%14	20	32,2090	0,34	%1,06
	%16	20	33,8705	0,69	%2,04
	%18	20	37,5400	0,36	%0,96
	%20	20	39,2250	0,75	%1,92
Dövülmemiş	%14	20	33,3035	0,32	%0,96
	%16	20	34,5340	1,06	%3,07
	%18	20	38,4170	0,30	%0,78
	%20	20	40,2760	0,81	%2,01

Tablo 4.14 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklık değerlerinin varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	546,704	3	182,235	951,397	0,000**
	Gruplar İçi	14,557	76	0,192		
	Toplam	561,261	79			
35 SR°	Gruplar Arası	626,898	3	208,966	652,440	0,000**
	Gruplar İçi	24,342	76	0,320		
	Toplam	651,239	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	638,910	3	212,970	432,881	0,000**
	Gruplar İçi	37,391	76	0,492		
	Toplam	676,300	79			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Tablo 4.14'deki varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kâğıt hamurlarından elde edilen kâğıtların parlaklıkları arasında NaOH oranına bağlı olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.15'de verilmiştir.

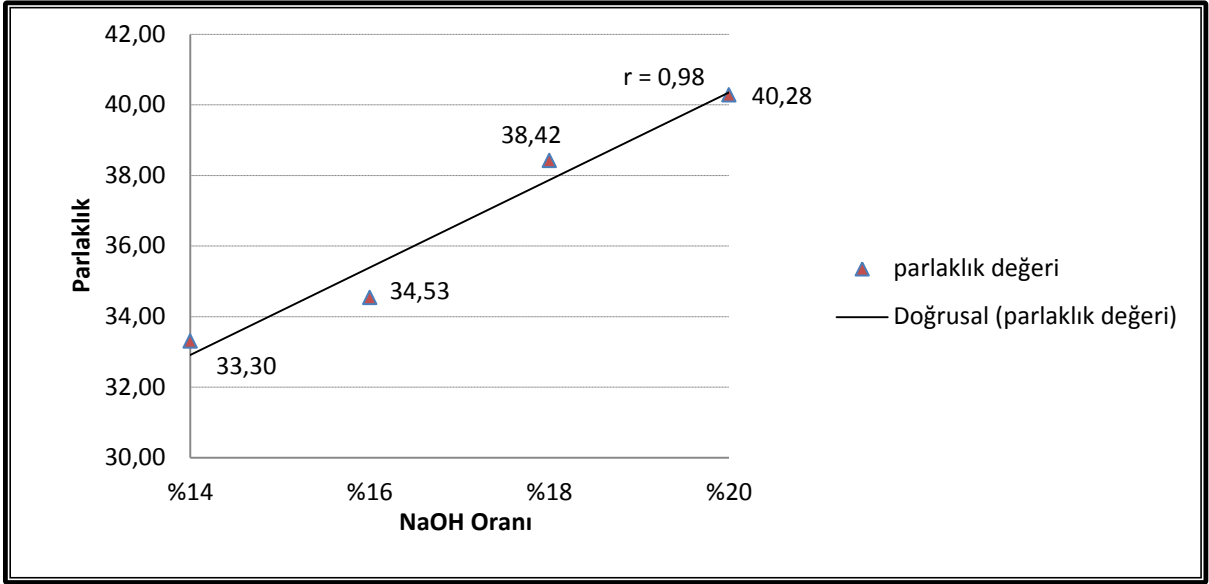
Tablo 4.15 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Dövülme Derecesi					
		50 SR° Eş Gruplar		35 SR° Eş Gruplar		Dövülmemiş Eş Gruplar	
%14	20	X		X		X	
%16	20		X		X		X
%18	20			X			X
%20	20		X		X		X
Etkileşimler		Fark	±Limit	Fark	±Limit	Fark	±Limit
%14 - %16		-1,277*	0,138	-1,662*	0,179	-1,230*	0,222
%14 - %18		-4,499*	0,138	-5,331*	0,179	-5,114*	0,222
%14 - %20		-6,628*	0,138	-7,016*	0,179	-6,972*	0,222
%16 - %18		-3,222*	0,138	-3,669*	0,179	-3,883*	0,222
%16 - %20		-5,350*	0,138	-5,354*	0,179	-5,742*	0,222
%18 - %20		-2,128*	0,138	-1,685*	0,179	-1,859*	0,222

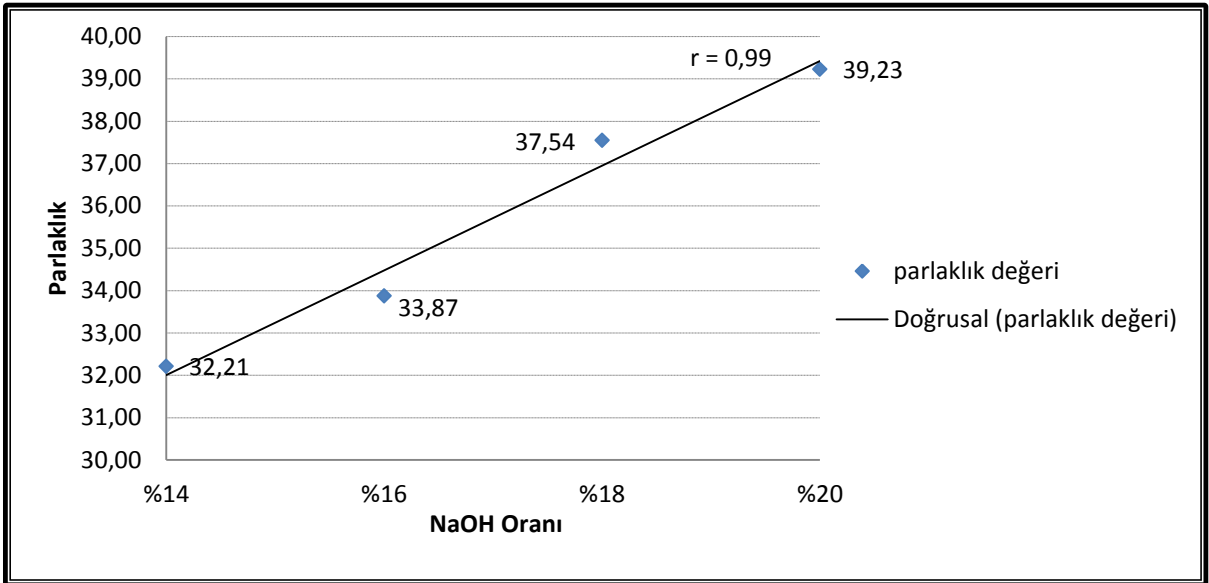
\* P<0,05



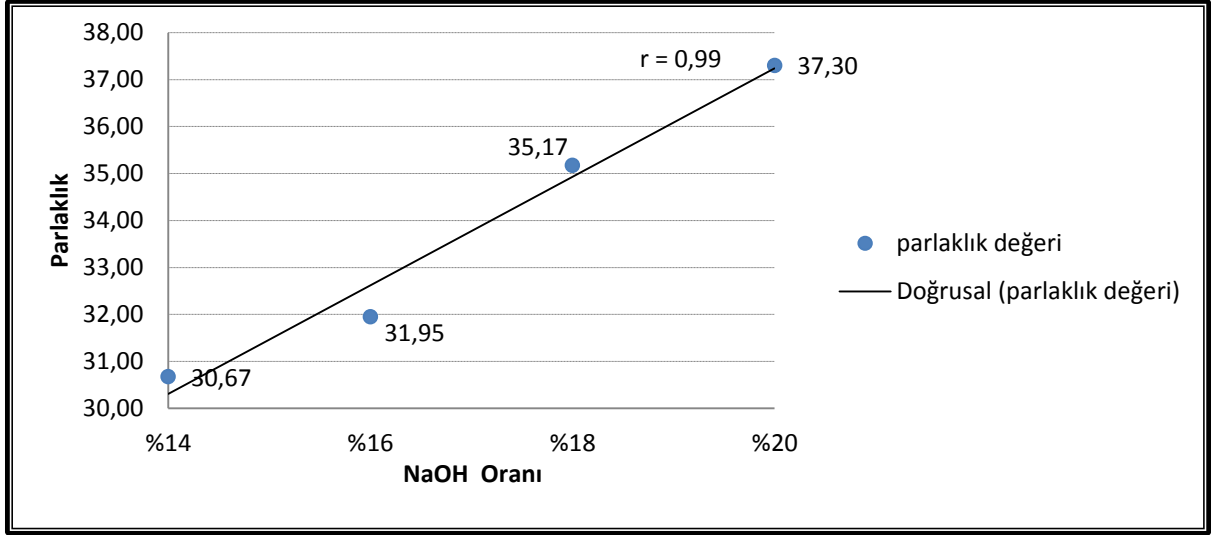
Tukey testi sonuçlarına göre %95 güven aralığında NaOH oranının artması ile her üç dövülme derecesinde de örnek kağıtların parlaklıklarında anlamlı bir artış olduğu görülmüştür. NaOH oranı %20 olarak alındığında her üç dövülme derecesinde parlaklığın en yüksek değerde olduğu görülmektedir. Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da farklı dövülme derecelerindeki kağıtların parlaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.



Şekil 4.8 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.



Şekil 4.9 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.

Kağıdın parlaklığının NaOH oranına bağlı olarak artması, kullanılan NaOH oranı arttıkça ligninin kağıt hamurundan daha fazla uzaklaşmasından dolayıdır. Böylece kağıt üzerine düşen ışık daha az soğurulacak ve geri yansıma artacaktır.

#### 4.3.1.3 Pişirme Sıcaklığının Kağıdın Parlaklığı Üzerine Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının pişirme sıcaklığına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.16’da, varyans analizi sonuçları Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.16 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri

SR° Derecesi	Pişirme Sıcaklığı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	120 °C	40	33,568	2,58	7,68
	130 °C	40	33,981	2,76	8,12
35 SR°	120 °C	40	35,459	2,69	7,59
	130 °C	40	35,963	3,05	8,48
Dövülmemiş	120 °C	40	36,154	2,88	7,97
	130 °C	40	37,111	2,93	7,90

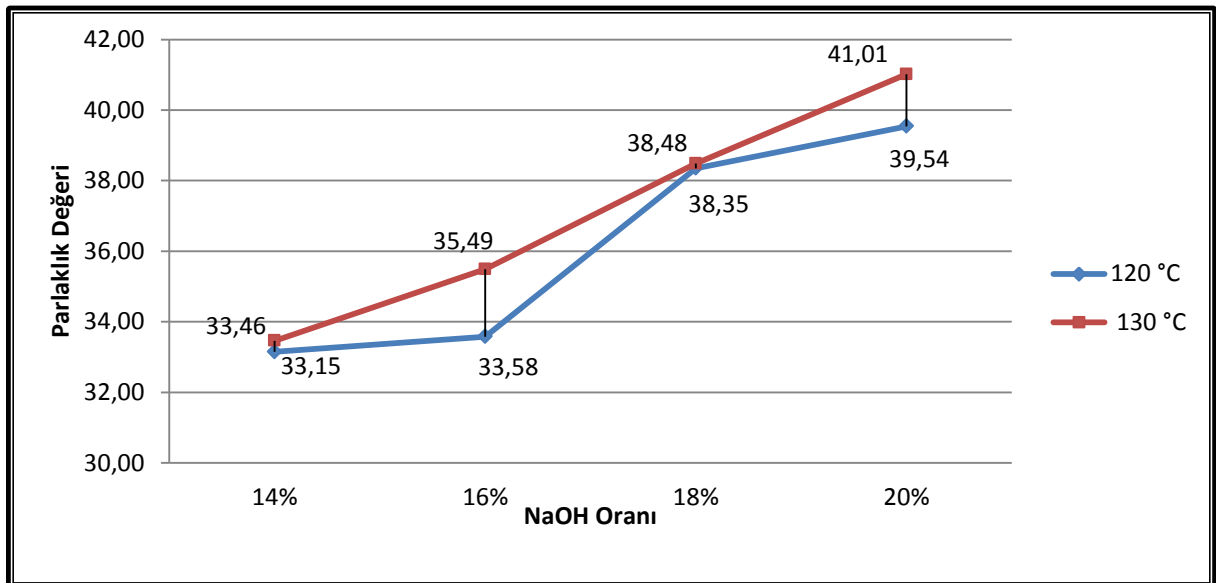
Tablo 4.17 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların parlaklık değerlerinin sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	3,411	1	3,411	0,477	0,492
	Gruplar İçi	557,850	78	7,152		
	Toplam	561,261	79			
35 SR°	Gruplar Arası	5,085	1	5,085	0,614	0,436
	Gruplar İçi	646,154	78	8,284		
	Toplam	651,239	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	18,288	1	18,288	2,168	0,145
	Gruplar İçi	658,012	78	8,436		
	Toplam	676,300	79			

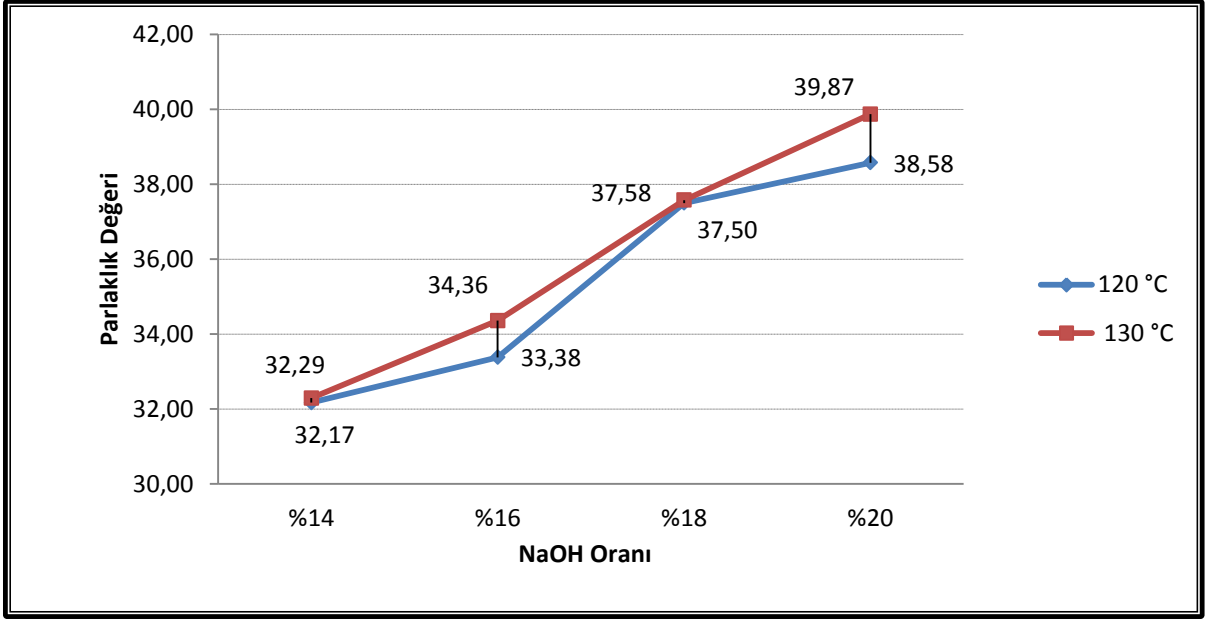
\* P<0,05

Tablo 4.17'deki varyans analizi incelendiğinde %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların parlaklıkları arasında sıcaklık değişimine bağlı olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

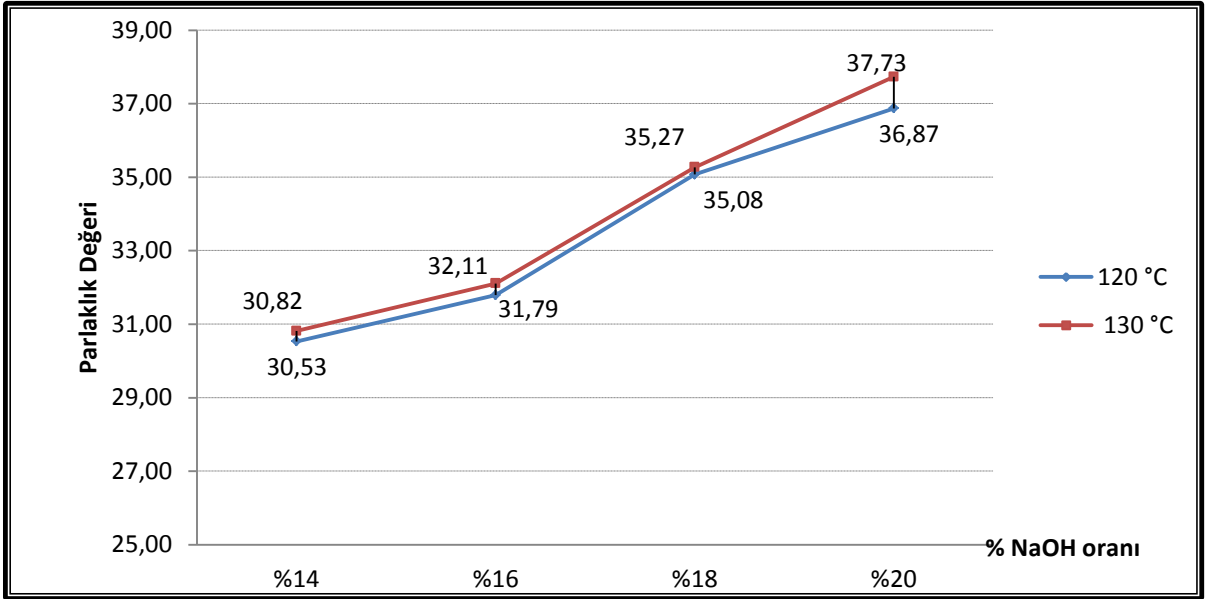
Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de farklı dövülme derecelerindeki kağıtların parlaklıklarının pişirme sıcaklığına bağlı değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.10 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.11 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.12 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların parlaklıklarının sıcaklıkla değişimi

Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12 birlikte incelendiğinde sıcaklığın 120°C'den 130°C'ye çıkarılması ile deneme kağıtlarının parlaklık değerleri çeşitli oranlarda artmış olmasına rağmen bu artış %95 anlam düzeyinde önemli bulunmamıştır. Sıcaklığın artması ile parlaklıkta görülen bu kısmi artış, ligninin sıcaklık arttıkça kağıt hamurundan daha fazla miktarda uzaklaşmasından dolayıdır.

### 4.3.2 Pişirme Parametrelerinin Kağıdın Yüzey Düzgünlüğü Değerleri Üzerine Etkisi

#### 4.3.2.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Yüzey Düzgünlüğü Üzerine Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.18’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.19’da, dövme derecesine göre yüzey düzgünlüğünün değişimi Şekil 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.18 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüğüne ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	80	503,82	51,08	10,14
35 SR°	80	656,37	48,68	7,42
Dövülmemiş	80	670,92	65,93	9,82

Tablo 4.19 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yüzey düzgünlüklerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	1142837,91	2	571418,956	183,822	0,000**
Gruplar İçi	736726,30	237	3108,550		
Toplam	1879564,21	239			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

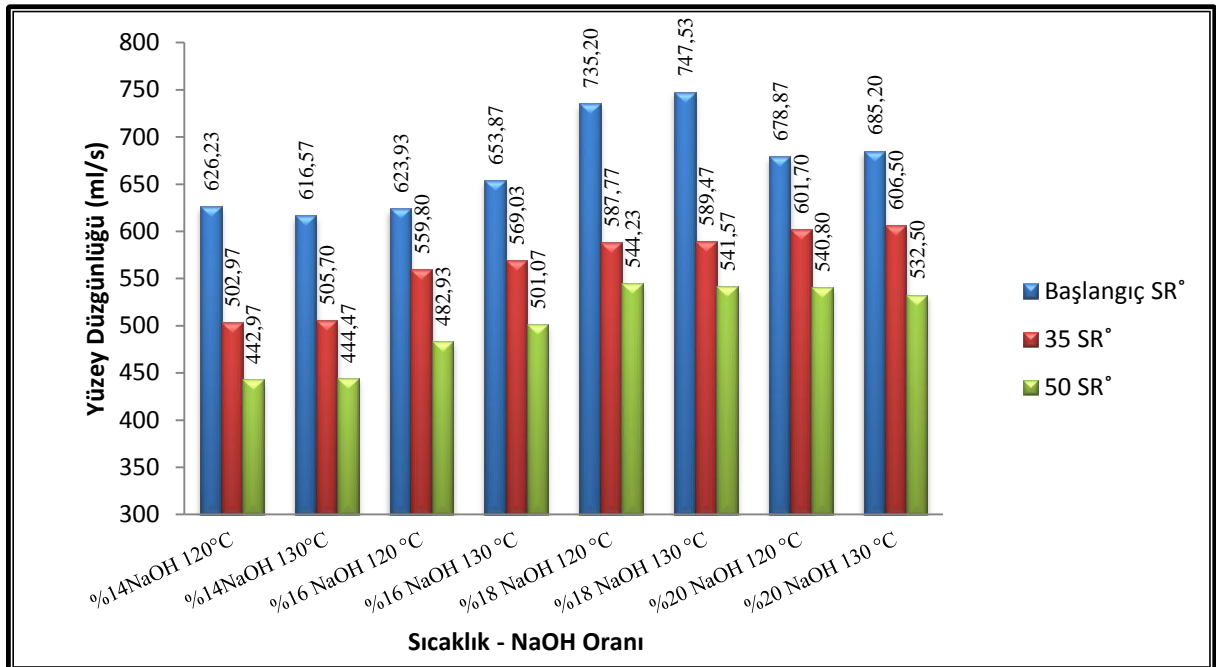
Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yüzey düzgünlüğü değerlerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde gruplar arasında%95 güven aralığının da anlamı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yüzey düzgünlüklerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

SR Derecesi	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
50 SR°	80	X	
35 SR°	80		X
Dövülmemiş	80		X
Etkileşimler		Fark	±Limit
Dövülmemiş – 35 SR°		105,558*	8,815
Dövülmemiş – 50 SR°		167,108*	8,815
35 SR - 50 SR°		61,550*	8,815

\* P<0,05

Tablo 4.20 Dövme derecesinin kağıdın yüzey düzgünlüğü üzerine etkisini gösteren Tukey testi ile Şekil4.13'deki grafik beraber incelendiğinde dövme derecesi arttıkça örnek kağıtların yüzey düzgünlüğünün arttığı ve bu artışın %95 güven aralığında anlamlı olduğu görülmektedir. En iyi yüzey düzgünlüğü değeri %14 NaOH oranı ve 120°C sıcaklıkta pişirilmiş ve 50 SR°'lik hamurlardan elde edilen kağıtlarda görülmüştür.



Şekil 4.13 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların yüzey düzgünlüklerinin dövme derecesi ile değişimi.

Odun hücreleri ligninleri alındıktan sonra sertliklerini kaybeder ve içi boş tüpler haline gelirler. İç boşluk elyaflarda çökme yaratır ve elyaf ezilmiş bir boru gibi şerit şeklini alır. Primer duvarın ortadan kalkması S1 tabakasındaki fibrilleri ortaya çıkartır ve aralarındaki bağ yapısı bozulur. Fibriller şişer ve daha esnek hale gelir. Böylece fibriller birbirlerine daha uyumlu hale gelerek yüzey düzgünlüğünü artırırlar (Karıncaoğlu 2010). Sonuç olarak dövme ile yüzey düzgünlüğü artar.

#### 4.3.2.2 NaOH Oranının Kağıdın Yüzey Düzgünlüğü Üzerine Etkisi

Tablo 4.21 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	%14	20	443,72	18,95	4,27
	%16	20	492,00	27,55	5,59
	%18	20	542,90	48,44	8,92
	%20	20	536,65	26,28	4,89
35 SR°	%14	20	504,33	23,57	4,67
	%16	20	564,42	27,63	4,89
	%18	20	588,62	32,71	5,56
	%20	20	604,10	37,35	6,18
Dövülmemiş	%14	20	621,40	18,93	3,05
	%16	20	638,90	28,53	4,47
	%18	20	741,37	77,53	10,45
	%20	20	682,03	43,30	6,35

Tablo 4.22 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerine ait varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	127142,5	3	42380,84	40,794	0,000**
	Gruplar İçi	78955,8	76	1038,89		
	Toplam	206098,3	79			
35 SR°	Gruplar Arası	115334,3	3	38444,76	40,636	0,000**
	Gruplar İçi	71902,16	76	946,081		
	Toplam	187236,4	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	171272,6	3	57090,87	25,209	0,000**
	Gruplar İçi	172118,8	76	2264,72		
	Toplam	343391,4	79			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Sorgum saplarının farklı NaOH oranlarında pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki yüzey düzgünlüğüne ait varyans analizi değerleri Tablo 4.22’de, ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.21’de verilmiştir. Buna göre %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların yüzey düzgünlükleri arasında NaOH oranına bağlı olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.23’te verilmiştir.

Tablo 4.23 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yüzey düzgünlüklerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Dövülme Derecesi					
		50 SR° Eş Gruplar		35 SR° Eş Gruplar		Dövülmemiş Eş Gruplar	
%14	20	X		X		X	
%16	20		X		X		X
%18	20		X		X		X
%20	20		X		X		X
Etkileşimler		Fark	±Limit	Fark	±Limit	Fark	±Limit
%14 - %16		-48,284*	10,193	-60,082*	9,726	-17,499	15,049
%14 - %18		-99,183*	10,193	-84,282*	9,726	-119,96*	15,049
%14 - %20		-92,933*	10,193	-99,766*	9,726	-60,632*	15,049
%16 - %18		-50,899*	10,193	-24,200	9,726	-102,47*	15,049
%16 - %20		-44,649*	10,193	-39,684*	9,726	-43,133*	15,049
%18 - %20		6,25	10,193	-15,484	9,726	59,333*	15,049

\* P<0,05

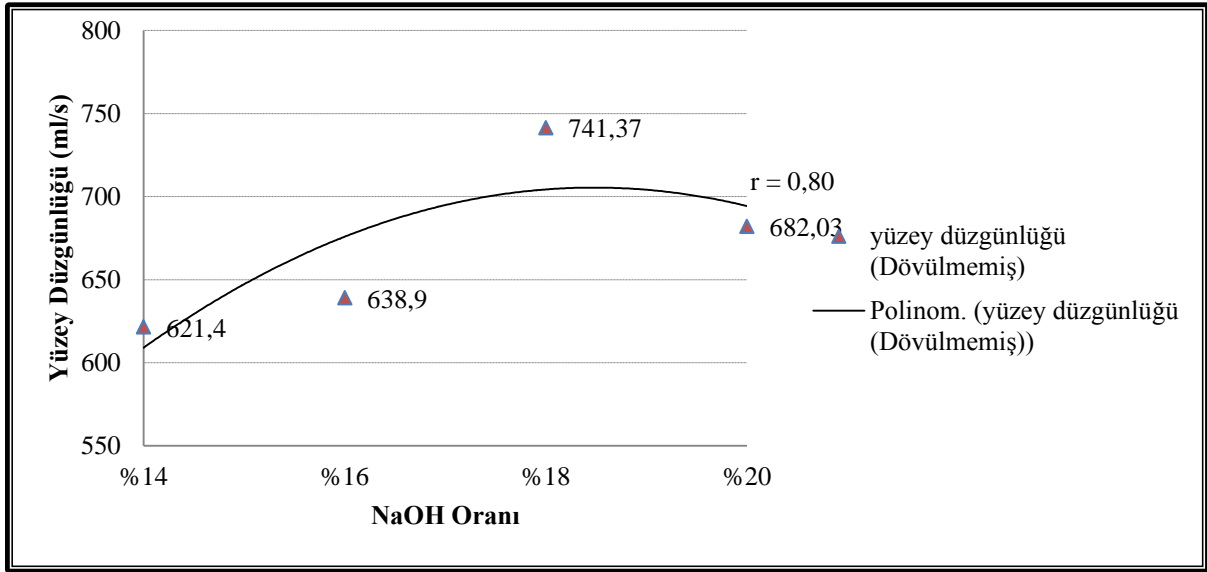
Tablo 4.23’deki farklı dövülme derecelerindeki hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin NaOH oranına bağlı değişimini gösteren Tukey testi sonuçlarına göre 50 SR° de NaOH oranının %14’den %16 ve %18’e, %16’dan %18’e çıkarılması ile yüzey düzgünlüğünde görülen azalmaların %95 anlam düzeyinde önemli olduğu, %18’den %20’ye çıkarılması ile yüzey düzgünlüğünde gözlenen artışın ise önemsiz olduğu görülmüştür.

Yine Tablo 4.23’e göre 35 SR° de NaOH oranının %14 den %16 ve %18’e, %16’dan %20’ye çıkmasıyla yüzey düzgünlüğünde görülen azalışların %95 anlam düzeyinde önemli olduğu, NaOH oranının %16’dan %18’e, %18’den %20’ye çıkarılmasıyla yüzey düzgünlüğünde gözlenen azalışların ise önemsiz olduğu görülmüştür.

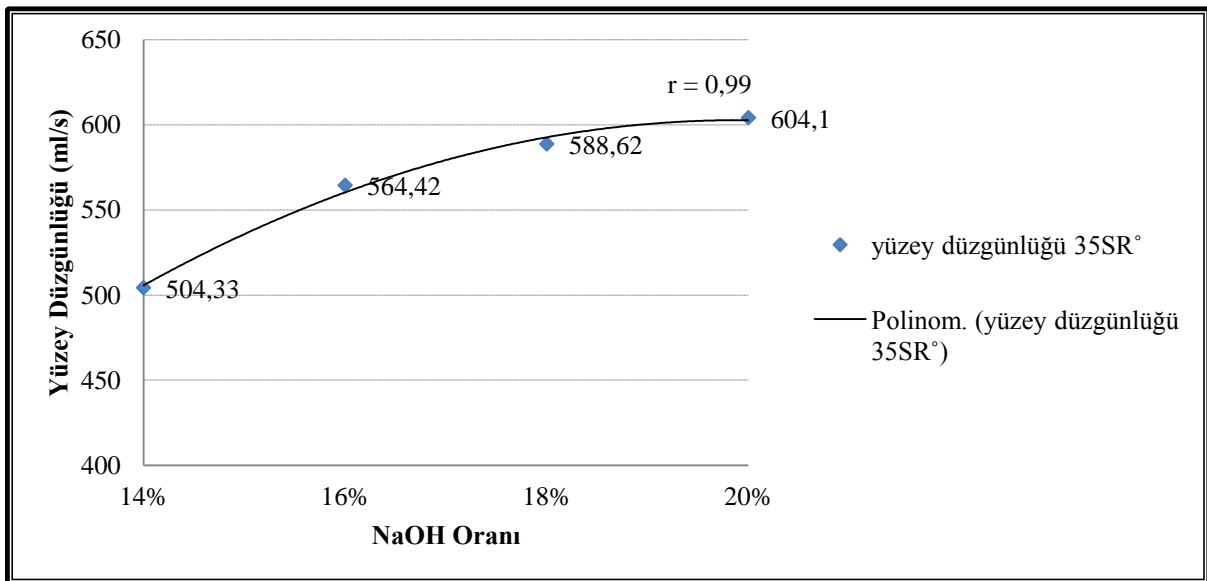


Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtlarda NaOH oranının %14 den %16'ya çıkarılması ile gözlenen azalışın %95 anlam düzeyinde önemsiz olduğu bunun dışındaki yüzey düzgünlüğünde NaOH oranına bağlı olarak gözlenen artış ve azalışların önemli olduğu görülmüştür.

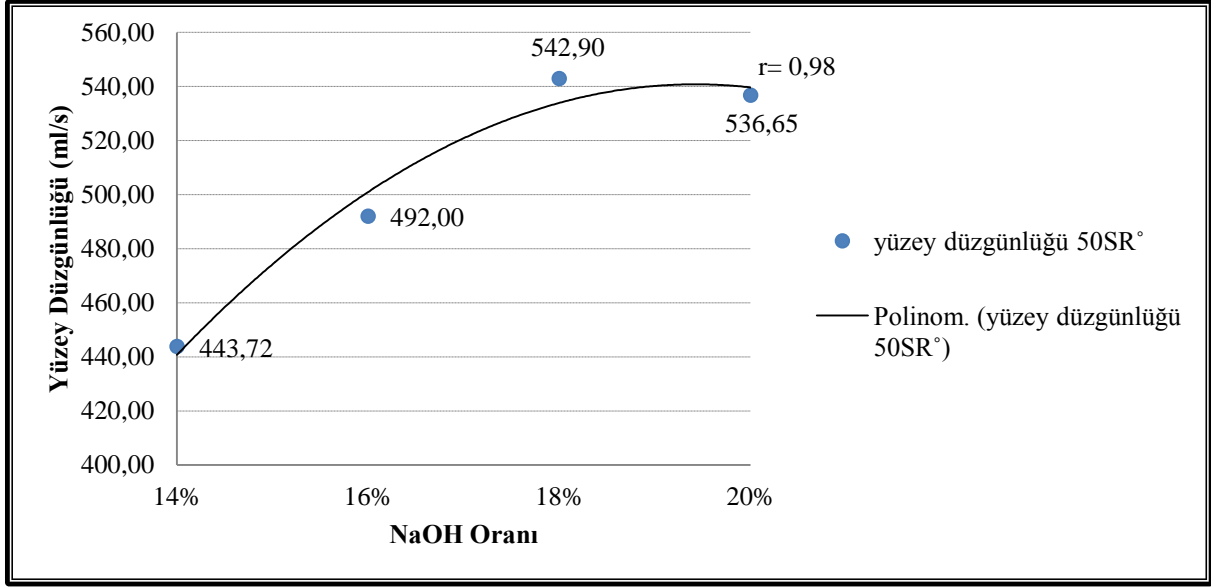
Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da farklı dövülme derecelerindeki kağıtların yüzey düzgünlüklerinin NaOH oranına bağlı değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.14 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.



Şekil 4.15 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.



Şekil 4.16 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.

#### 4.3.2.3 Pişirme Sıcaklığının Yüzey Düzgünlüğü Üzerine Etkisi

Sorgum saplarının 120°C ve 130°C sıcaklık değerlerinde pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki yüzey düzgünlüklerinin varyans analizi değerleri Tablo 4.25'te, yüzey düzgünlüklerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.24'te verilmiştir.

Tablo 4.24 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Pişirme Sıcaklığı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	120 °C	40	502,73	55,07	10,95
	130 °C	40	504,90	47,43	9,39
35 SR°	120 °C	40	563,06	46,62	8,28
	130 °C	40	567,67	51,15	9,01
Dövülmemiş	120 °C	40	666,06	73,43	11,02
	130 °C	40	675,79	65,92	9,75

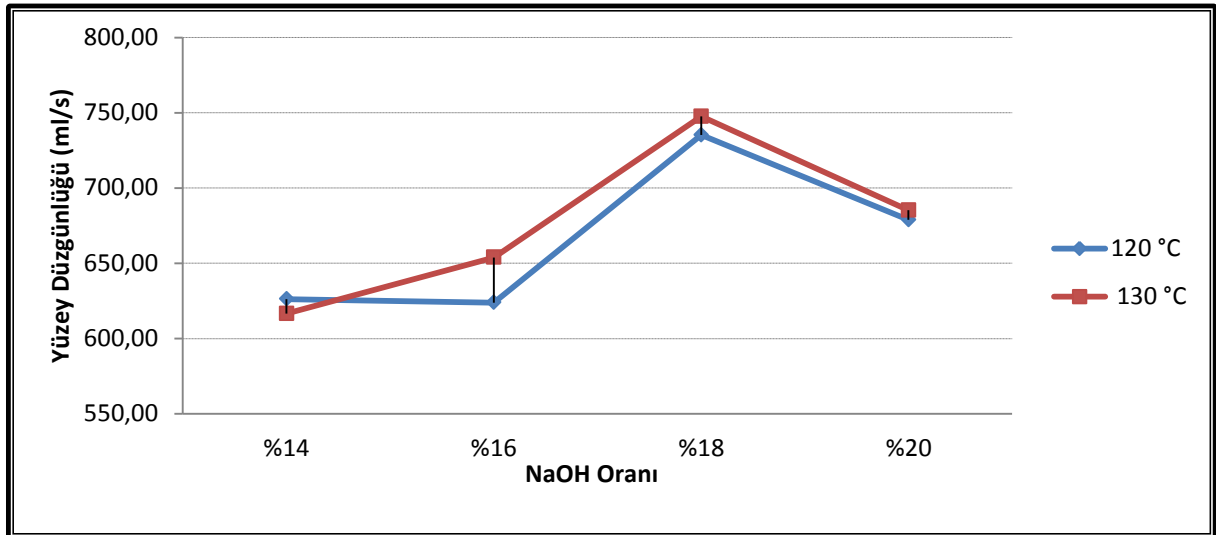
Tablo 4.25 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların yüzey düzgünlüklerine ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	93,809	1	93,809	0,036	<b>0,851</b>
	Gruplar İçi	206004,5	78	2641,084		
	Toplam	206098,3	79			
35 SR°	Gruplar Arası	426,241	1	426,241	0,178	<b>0,674</b>
	Gruplar İçi	186810,2	78	2395,003		
	Toplam	187236,4	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	1894,626	1	1894,626	0,433	<b>0,513</b>
	Gruplar İçi	341496,8	78	4378,165		
	Toplam	343391,4	79			

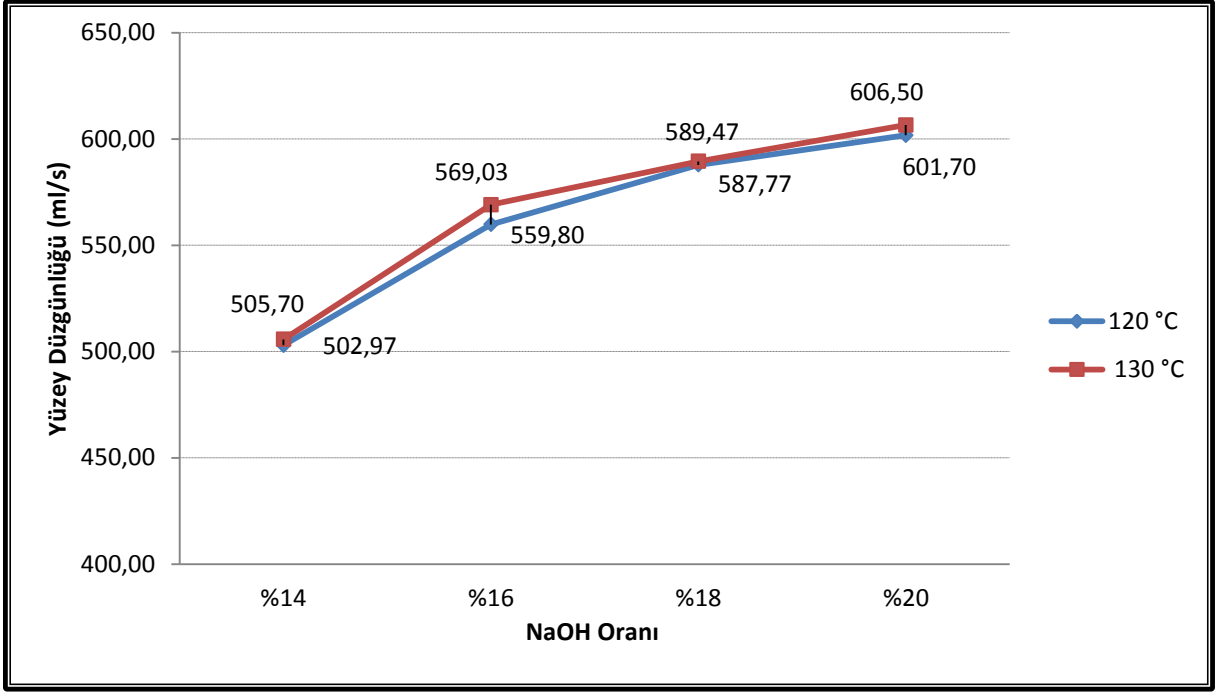
\* P<0,05

Tablo 4.25'teki varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların yüzey düzgünlükleri arasında sıcaklık değişimine bağlı olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

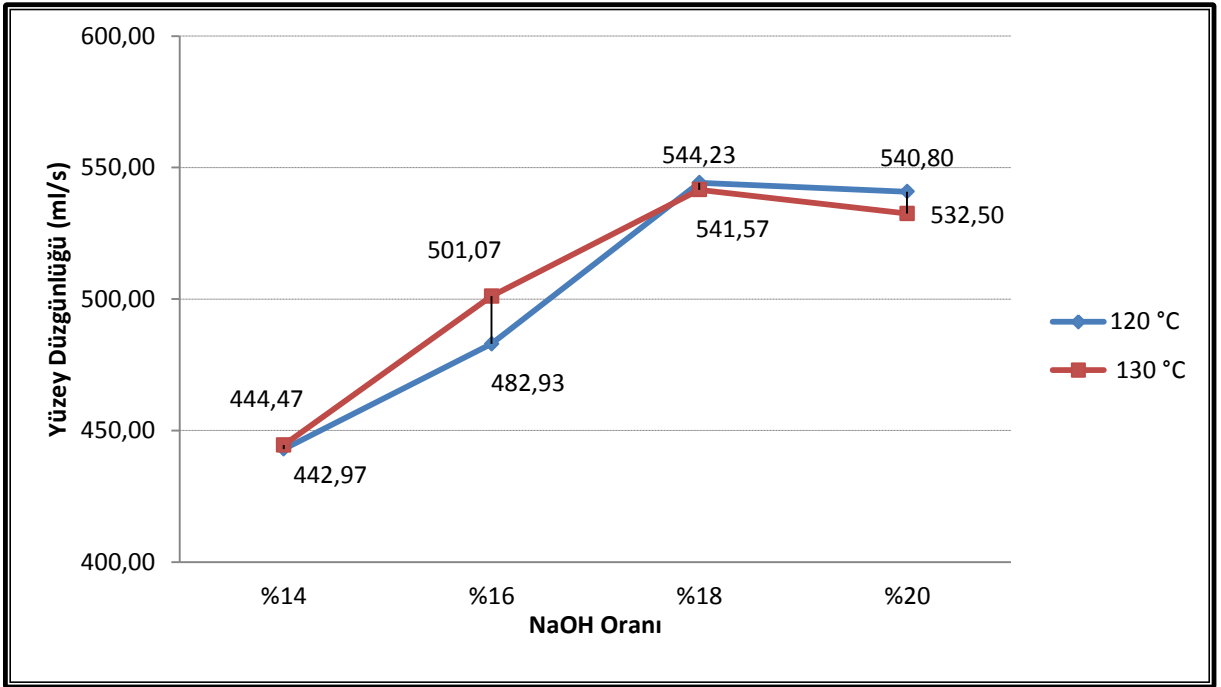
Farklı dövme derecelerindeki hamurlardan elde edilen kağıtların farklı NaOH oranlarındaki yüzey düzgünlüklerinin sıcaklıkla değişimi aşağıdaki Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19'da gösterilmiştir.



Şekil 4.17 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.18 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin sıcaklıkla değişimi



Şekil 4.19 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yüzey düzgünlüklerinin sıcaklıkla değişimi.

### 4.3.3 Pişirme Parametrelerinin Kağıdın Hava Geçirgenliği Değerleri Üzerine Etkisi

#### 4.3.3.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Hava Geçirgenliği Üzerine Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.26’da, varyans analizi sonuçları Tablo 4.27’de, dövme derecesine göre hava geçirgenliğinin değişimi Şekil 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.26 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliğine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	80	62,14	18,36	29,55
35 SR°	80	335,68	127,17	37,88
Dövülmemiş	80	862,05	165,65	19,21

Tablo 4.27 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	2,645E7	2	1,322E7	902,567	0,000**
Gruplar İçi	3472187,1	237	14650,579		
Toplam	2,992E7	239			

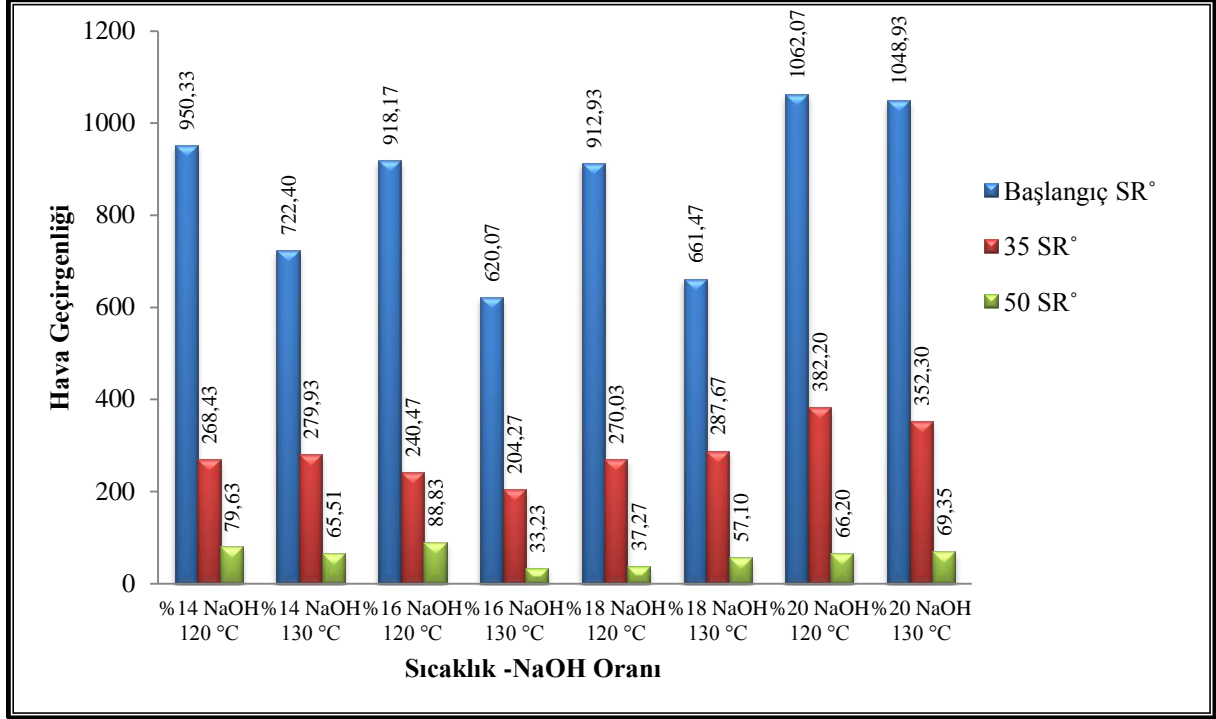
\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Tablo 4.27’deki dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliği değerlerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.28’de verilmiştir.

Tablo 4.28 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

SR Derecesi	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
50 SR°	80	X	
35 SR°	80	X	
Dövülmemiş	80	X	
Etkileşimler		Fark	±Limit
Dövülmemiş – 35 SR°		526,36687*	19,13804
Dövülmemiş – 50 SR°		799,90575*	19,13804
35 SR - 50 SR°		273,53888*	19,13804

Tablo 4.28 teki dövme derecesinin kağıdın hava geçirgenliği üzerine etkisini gösteren Tukey testi ile Şekil 4.20 deki grafik beraber incelendiğinde dövme derecesi arttıkça örnek kağıtların hava geçirgenliklerinin azaldığı ve bu azalmaların %95 güven aralığında anlamlı olduğu görülmektedir. En yüksek hava geçirgenliği değeri %20 NaOH oranı ve 120 °C sıcaklıkta pişirilmiş ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtlarda görülmüştür.



Şekil 4.20 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların hava geçirgenliklerinin dövme derecesi ile değişimi

Lifler arasındaki bağlanma bölgeleri büyüdükçe kağıt sıkılaşır. Sağlıklı elyafların yanında küçük elyaf parçacıkları 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). Tüm bunların sonucunda dövme ile hava geçirgenliği azalmıştır.

#### 4.3.3.2 NaOH Oranının Kağıdın Hava Geçirgenliği Üzerine Etkisi

Sorgum saplarının farklı NaOH oranlarında pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövme derecelerinden elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerine ait ortalama, standart sapma, varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.29'da, varyans analizi değerleri Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.29 Dövlmemeş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin NaOH oranına bağı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	% 14	20	72,57	8,582	11,82
	% 16	20	61,03	28,614	46,88
	% 18	20	47,18	10,482	22,21
	% 20	20	67,77	3,912	5,77
35 SR°	% 14	20	274,18	9,635	3,51
	% 16	20	222,37	21,214	9,53
	% 18	20	278,85	9,933	3,56
	% 20	20	367,25	17,745	4,83
Dövlmemeş	% 14	20	836,37	121,206	14,50
	% 16	20	769,12	163,937	21,31
	% 18	20	787,20	130,711	16,60
	% 20	20	1055,50	19,306	1,83

Tablo 4.30 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövlmemeş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerine ait varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	7309,796	3	2436,599	9,578	0,000**
	Gruplar İçi	19334,467	76	254,401		
	Toplam	26644,263	79			
35 SR°	Gruplar Arası	216815,2	3	72271,76	302,244	0,000**
	Gruplar İçi	18172,89	76	239,117		
	Toplam	234988,1	79			
Dövlmemeş	Gruplar Arası	1046428,73	3	348809,576	23,638	0,000**
	Gruplar İçi	1121483,08	76	14756,356		
	Toplam	2167911,81	79			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Tablo 4.30 incelendiğinde %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenlikleri arasında NaOH oranına bağlı olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.31’de verilmiştir.

Tablo 4.31 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Dövülme Derecesi					
		50 SR° Eş Gruplar		35 SR° Eş Gruplar		Dövülmemiş Eş Gruplar	
% 14	20	X		X		X	
% 16	20	X			X	X	
% 18	20		X	X		X	
% 20	20	X			X		X
Etkileşimler		Fark	±Limit	Fark	±Limit	Fark	±Limit
% 14 - % 16		11,538	5,619	51,814*	4,889	67,248	38,414
% 14 - % 18		25,388*	5,619	-4,666	4,889	49,164	38,414
% 14 - % 20		4,7980	5,619	-93,066*	4,889	-219,13*	38,414
% 16 - % 18		13,850*	5,619	-56,481*	4,889	-18,084	38,414
% 16 - % 20		-6,7405	5,619	-144,88*	4,889	-286,38*	38,414
% 18 - % 20		-20,590*	5,619	-88,400*	4,889	-268,30*	38,414

\* P<0,05

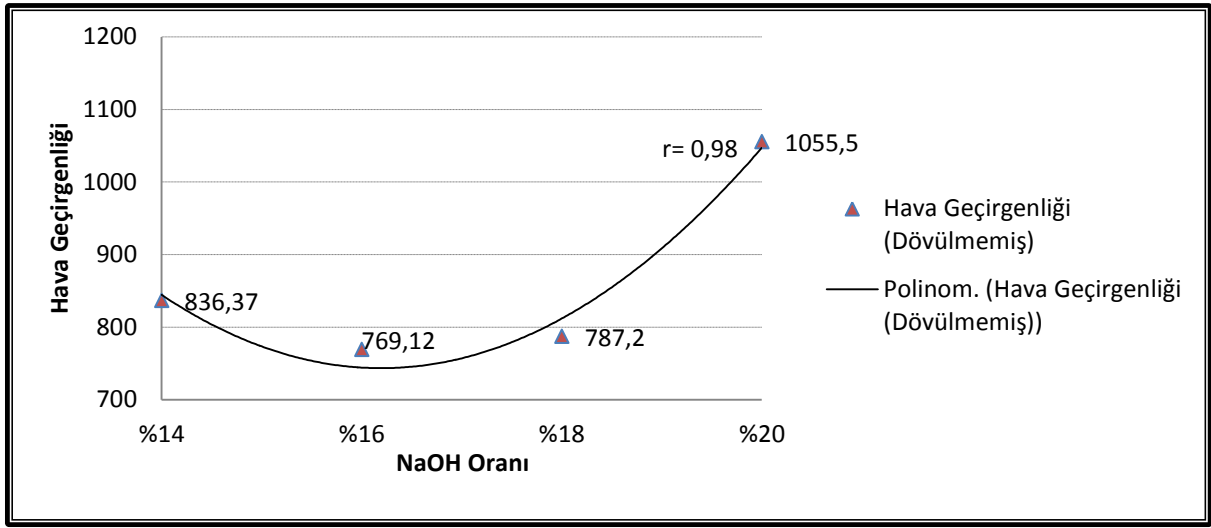
Tablo 4.31’deki farklı dövülme derecelerindeki hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin NaOH oranına bağlı değişimini gösteren Tukey testi sonuçlarına göre 50 SR° de NaOH oranının %14 ve %16’dan %18’e çıkarılması ile hava geçirgenliğinde görülen azalma ile %18’den %20’ye çıkarılması ile hava geçirgenliğinde gözlenen artışın %95 anlam düzeyinde önemli olduğu, diğer NaOH oranlarında elde edilen hava geçirgenlikleri arasındaki artış ve azalışların ise önemli olmadığı görülmektedir.

Yine Tablo 4.31’e göre 35 SR° de NaOH oranının %14 den %18’e çıkmasıyla hava geçirgenliğinde görülen artışın %95 anlam düzeyinde önemli olmadığı, NaOH oranının %14’den %20’ye, %16’dan %20’ye ve %16’dan %20’ye çıkarılması ile hava geçirgenliğinde görülen artışlar ile %14’den %16 ya çıkarılması ile hava geçirgenliğinde görülen azalışın ise %95 anlam düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.

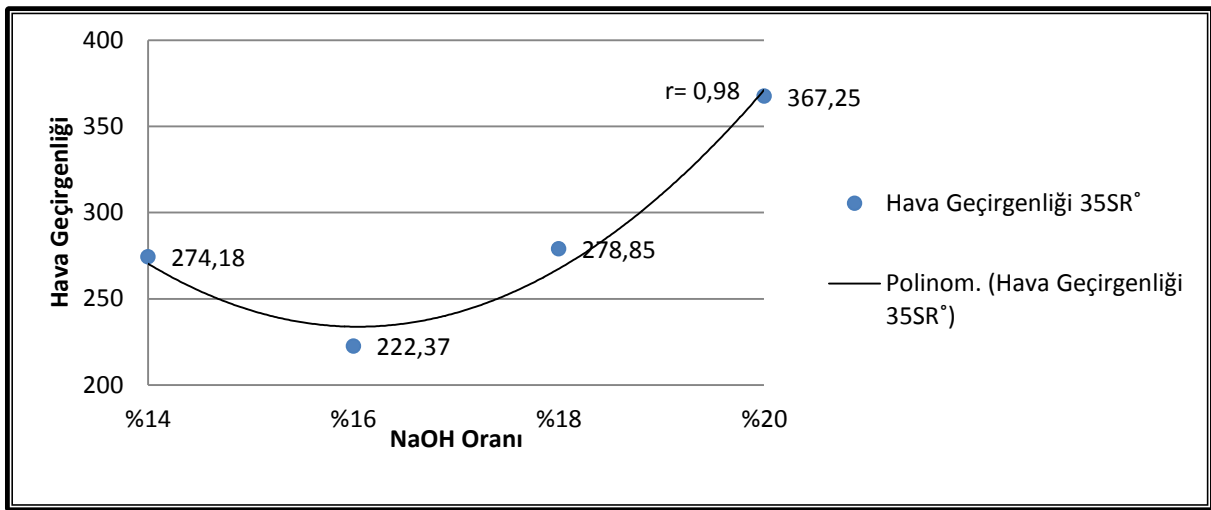


Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtlarda NaOH oranının %14, %16 ve %18'den %20'ye çıkarılması ile hava geçirgenliğinde gözlenen artışın %95 anlam düzeyinde önemli olduğu bunun dışında NaOH oranına bağlı olarak gruplar arasında gözlenen artış ve azalışların ise önemli olmadığı görülmüştür.

Şekil 4.21, Şekil 4.22 ve Şekil 4.23'de farklı dövülme derecelerindeki kağıtların hava geçirgenliklerinin NaOH oranına bağlı değişimi gösterilmiştir.

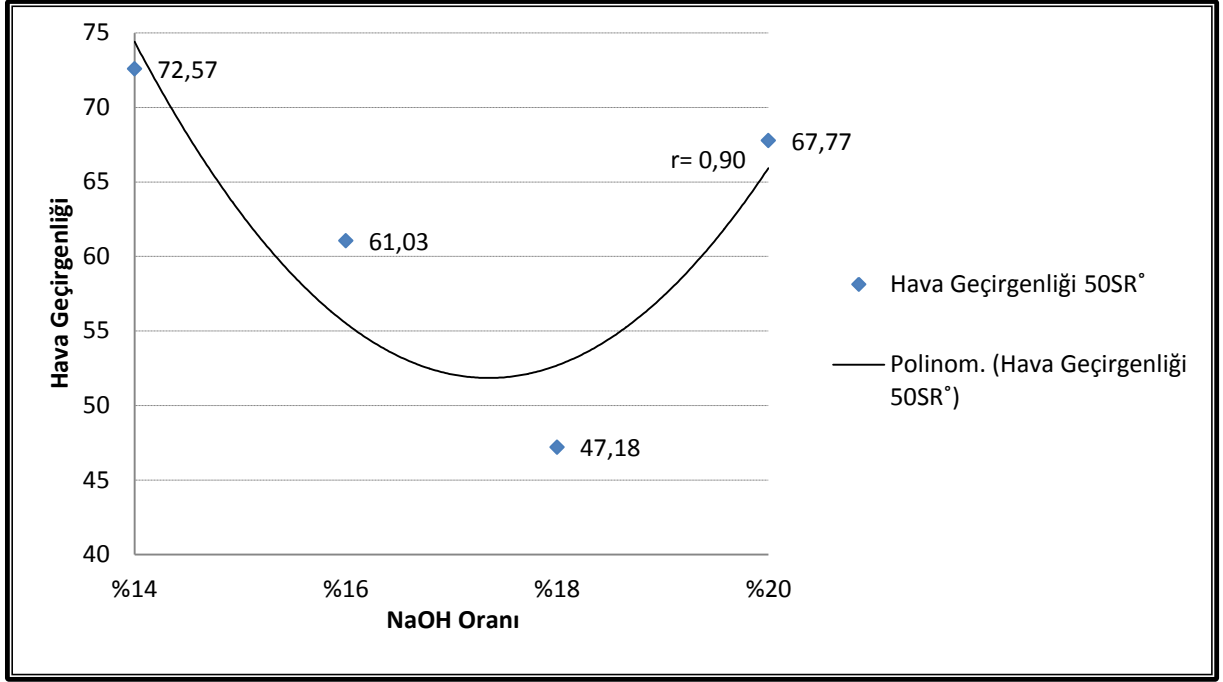


Şekil 4.21 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.



Şekil 4.22 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.

Şekil 4.21 ve Şekil 4.22 birlikte incelendiğinde dövülmemiş ve 35 SR°'lik kağıtlarda NaOH oranının %14'den %16'ya arttırılması ile hava geçirgenliği değeri azalmış, %16'dan %20'ye kadar arttırılması süresince hava geçirgenliği de artmış ve %20 NaOH oranında maksimum değere ulaşmıştır.



Şekil 4.23 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin NaOH oranına bağlı değişimi.

Şekil 4.23 incelendiğinde de 50 SR°'de NaOH oranının %14'den %18'e çıkarılması süresince örnek kağıtları hava geçirgenlikleri azalmış ve %18'den %20 ye çıkarılması ile hava geçirgenliği artmıştır. Maksimum hava geçirgenliği değeri %14 NaOH oranında elde edilmiştir.

NaOH oranının arttırılması ile ligninin uzaklaşmasına bağlı olarak lifler yumuşar ve daha esnek hale gelir. Dolayısıyla elde edilen kağıtlar da daha düzgün yerleşmiş lifler dolayısıyla lifler arası boşluklar az olduğundan hava geçirgenliği azalır. Fakat NaOH oranı belli bir oranı geçtiğinde bu sefer ligninin yanında selüloz ve hemiselülozlarında deforme olmaya başlaması hava geçirgenliğini tekrardan arttırır.

#### 4.3.3.3 Pişirme Sıcaklığının Kağıdın Hava Geçirgenliği Üzerine Etkisi

Sorgum saplarının 120°C ve 130°C sıcaklık değerlerinde pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki hava geçirgenliklerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.32’de, varyans analizi değerleri Tablo 4.33’de verilmiştir.

Tablo 4.32 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

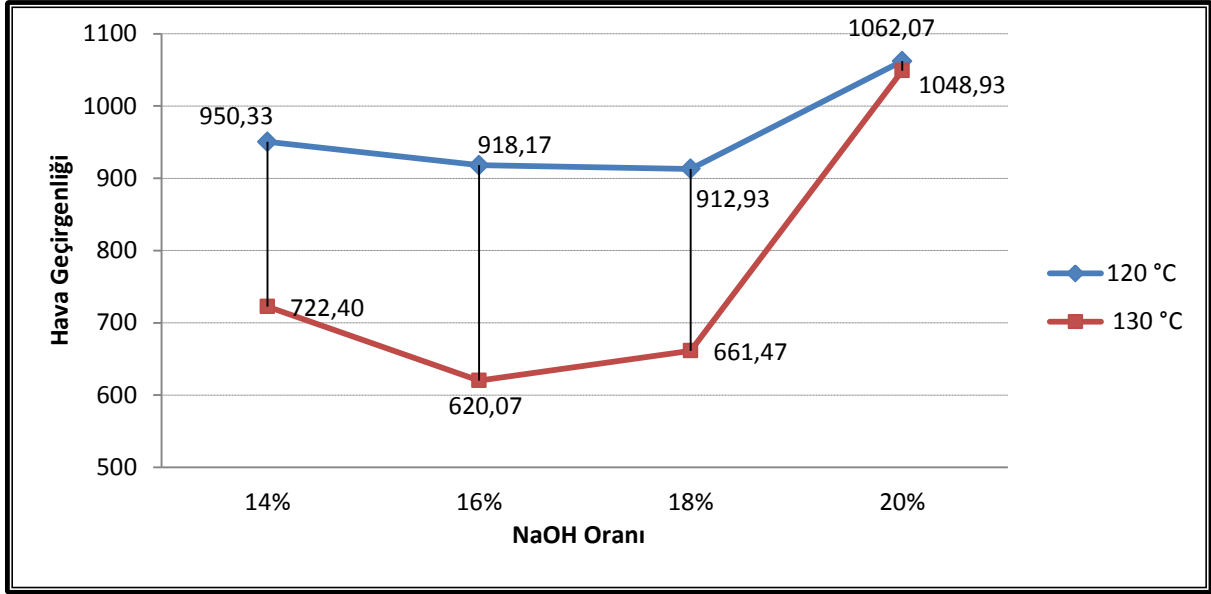
SR° Derecesi	Piştirme Sıcaklığı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	120 °C	40	59,4072	20,343	34,24
	130 °C	40	57,0590	16,815	29,46
35 SR°	120 °C	40	290,28	55,729	19,19
	130 °C	40	281,04	53,626	19,08
Dövülmemiş	120 °C	40	968,24	63,270	6,53
	130 °C	40	892,04	126,360	14,16

Tablo 4.33 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların hava geçirgenliklerine ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.

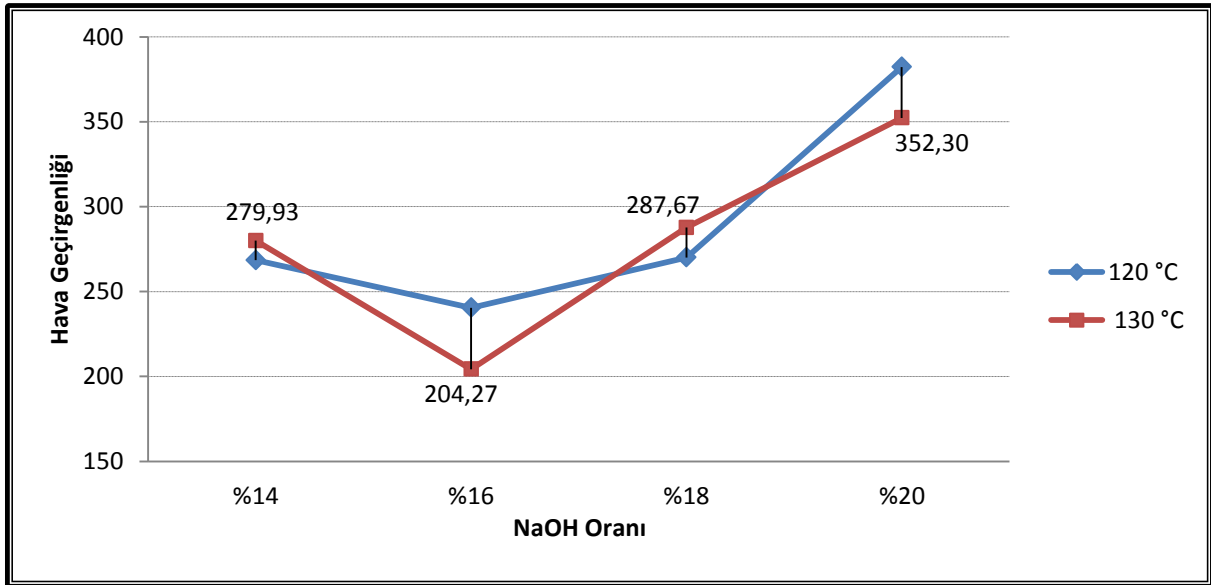
SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	110,286	1	110,286	0,317	0,575
	Gruplar İçi	27168,9	78	343,320		
	Toplam	27279,2	79			
35 SR°	Gruplar Arası	1708,75	1	1708,753	0,571	0,452
	Gruplar İçi	233279,4	78	2990,762		
	Toplam	234988,1	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	116130,3	1	116130,32	3,143	0,080
	Gruplar İçi	2881686,1	78	36944,69		
	Toplam	2997816,4	79			

\* P<0,05

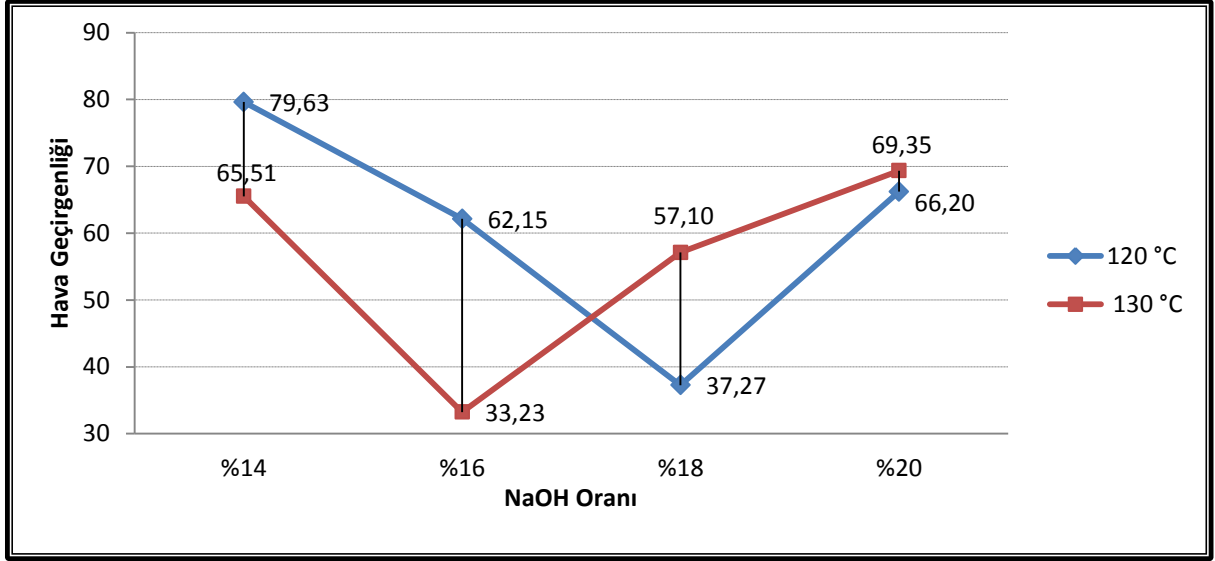
Tablo 4.33'deki varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların hava geçirgenlikleri arasında sıcaklık değişimine bağlı olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Farklı dövülme derecelerindeki hamurlardan elde edilen örnek kağıtların farklı NaOH oranlarında hava geçirgenliklerinin sıcaklıkla değişimi Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.31'de verilmiştir.



Şekil 4.24 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.25 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.26 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların hava geçirgenliklerinin sıcaklıkla değişimi.

#### 4.3.4 Pişirme Parametrelerinin Kağıdın Kalınlık Değerleri Üzerine Etkisi

##### 4.3.4.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Kalınlığına Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.34’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.35’de, dövme derecesine göre kağıt kalınlığının değişimi Şekil 4.27’de verilmiştir.

Tablo 4.34 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlığına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	80	112,44	2,07	1,84
35 SR°	80	120,75	2,65	2,19
Dövülmemiş	80	130,62	2,29	1,75

Tablo 4.35 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlığına ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	13263,231	2	6631,615	1203,00	0,000**
Gruplar İçi	1306,581	237	5,513		
Toplam	14569,812	239			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

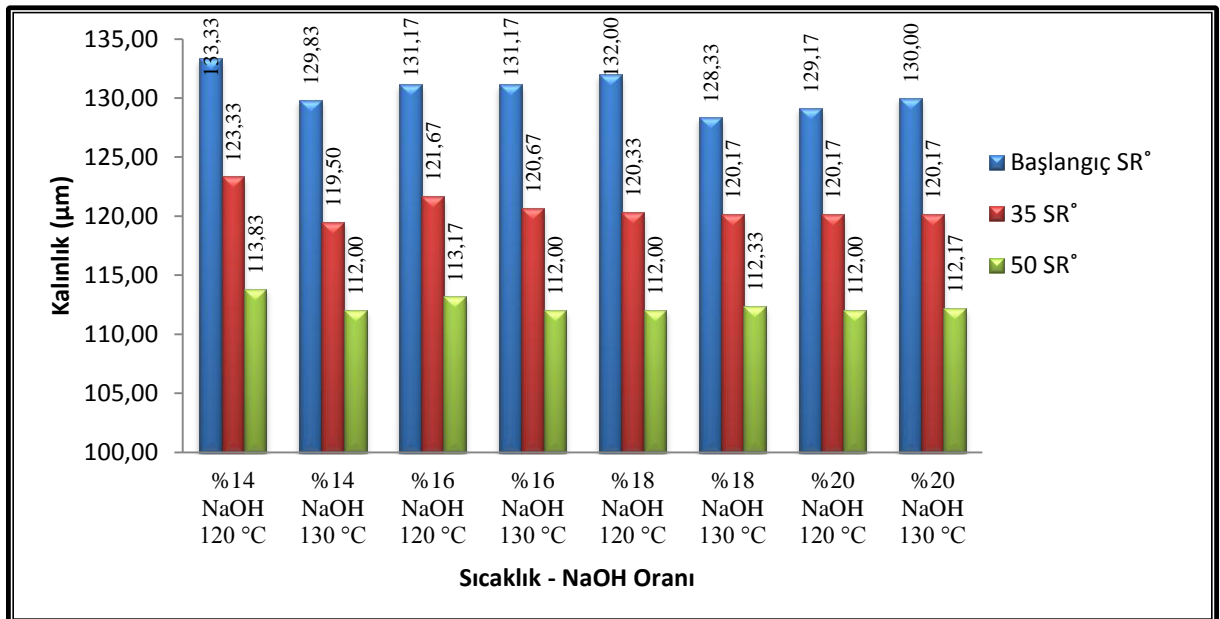
Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların %95 güven aralığında kalınlık değerlerine ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmıştır. Tukey testi sonuçları Tablo 4.36’da verilmiştir.

Tablo 4.36 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

SR Derecesi	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
50 SR°	80	X	
35 SR°	80	X	
Dövülmemiş	80	X	
Etkileşimler		Fark	±Limit
Dövülmemiş – 35 SR°		9,874*	0,371
Dövülmemiş – 50 SR°		18,187*	0,371
35 SR - 50 SR°		8,312*	0,371

\* P<0,05

Tablo 4.36’deki dövme derecesinin kağıdın kalınlığı üzerine etkisini gösteren Tukey testi ile Şekil4.27’deki grafik beraber incelendiğinde dövme derecesi arttıkça örnek kağıtların kalınlıklarının azaldığı ve bu azalmanın %95 güven aralığında anlamlı olduğu görülmektedir. En yüksek kalınlık değeri %14 NaOH oranı ve 120°C sıcaklıkta pişirilmiş ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtlarda görülmüştür.



Şekil 4.27 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların kalınlıklarının dövme derecesi ile değişimi.

Yüzey düzgünlüğü kağıt kalınlığı için önemli bir kriterdir ve yüzey düzgünlüğünün az olması kağıt kalınlığını önemli ölçüde değiştirir. Dövmeyle birlikte liflerin esnekliği artar ve liflerin birbirleri arasına yerleşimleri kolay olur. Dolayısıyla kağıt kalınlığı dövme ile azalır.

#### 4.3.4.2 NaOH Oranının Kağıdın Kalınlığına Etkisi

Sorgum saplarının farklı NaOH oranlarında pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerinden elde edilmiş kağıtların kalınlıklarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.37’de, varyans analizi değerleri Tablo 4.38’de verilmiştir.

Tablo 4.37 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	%14	20	112,92	3,46	3,06
	%16	20	112,58	1,66	1,47
	%18	20	112,17	1,33	1,18
	%20	20	112,08	0,91	0,81
35 SR°	%14	20	121,42	4,20	3,46
	%16	20	121,17	3,11	2,57
	%18	20	120,25	0,61	0,51
	%20	20	120,17	0,51	0,42
Dövülmemiş	%14	20	131,58	2,50	1,89
	%16	20	131,17	1,44	1,09
	%18	20	130,17	2,47	1,90
	%20	20	129,58	2,15	1,66

Tablo 4.38 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarına ait varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	8,980	3	2,993	0,691	0,560
	Gruplar İçi	329,324	76	4,333		
	Toplam	338,304	79			
35 SR°	Gruplar Arası	24,160	3	8,053	1,153	0,333
	Gruplar İçi	530,877	76	6,985		
	Toplam	555,037	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	50,158	3	16,719	3,500	0,019*
	Gruplar İçi	363,082	76	4,777		
	Toplam	413,239	79			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Tablo 4.38’de verilmiş olan varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların kalınlıkları arasında NaOH oranına bağlı olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. Buna karşın dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların kalınlık değerleri arasında %95 güven aralığında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu anlamlı farklılıkların hangi NaOH oranları arasında ortaya çıktığını belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.39’da verilmiştir.

Tablo 4.39 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

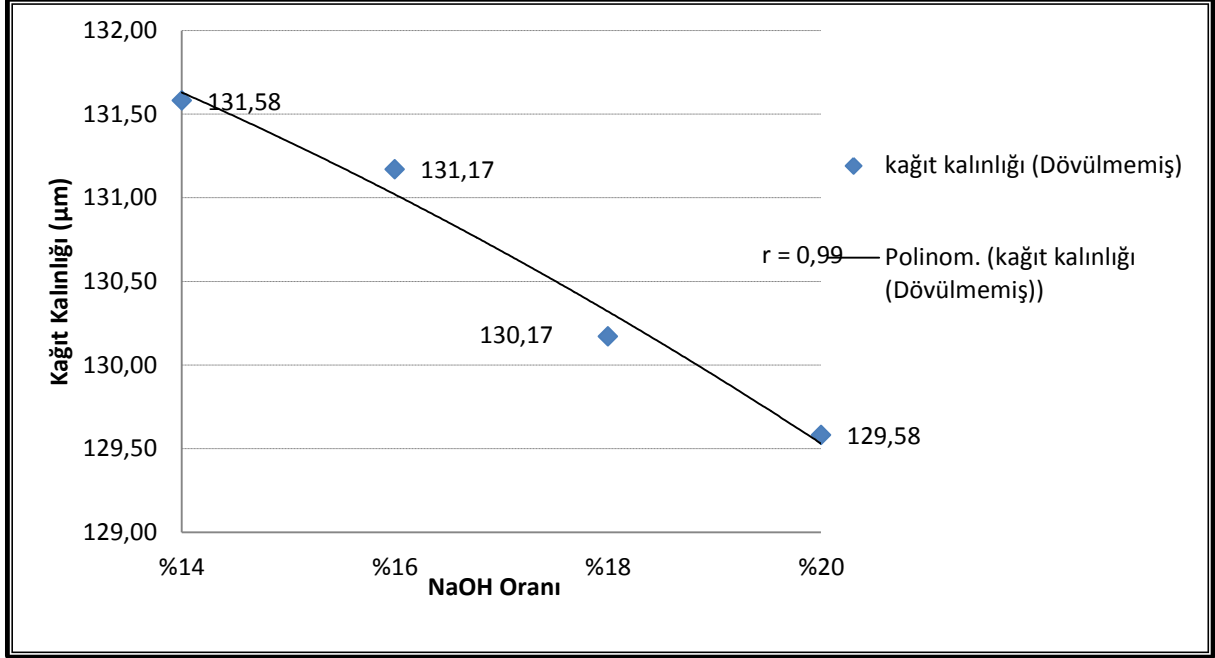
NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Dövülme Derecesi					
		50 SR° Eş Gruplar		35 SR° Eş Gruplar		Dövülmemiş Eş Gruplar	
%14	20	X		X		X	
%16	20	X		X		X	X
%18	20	X		X		X	X
%20	20	X		X			X
Etkileşimler		Fark	±Limit	Fark	±Limit	Fark	±Limit
%14 - %16		0,33350	0,658	0,2515	0,836	0,4165	0,691
%14 - %18		0,75000	0,658	1,1670	0,836	1,4175	0,691
%14 - %20		0,83250	0,658	1,2505	0,836	2,0000*	0,691
%16 - %18		0,41650	0,658	0,9155	0,836	1,0010	0,691
%16 - %20		0,49900	0,658	0,9990	0,836	1,5835	0,691
%18 - %20		0,08250	0,658	0,0835	0,836	0,5825	0,691

\* P<0,05

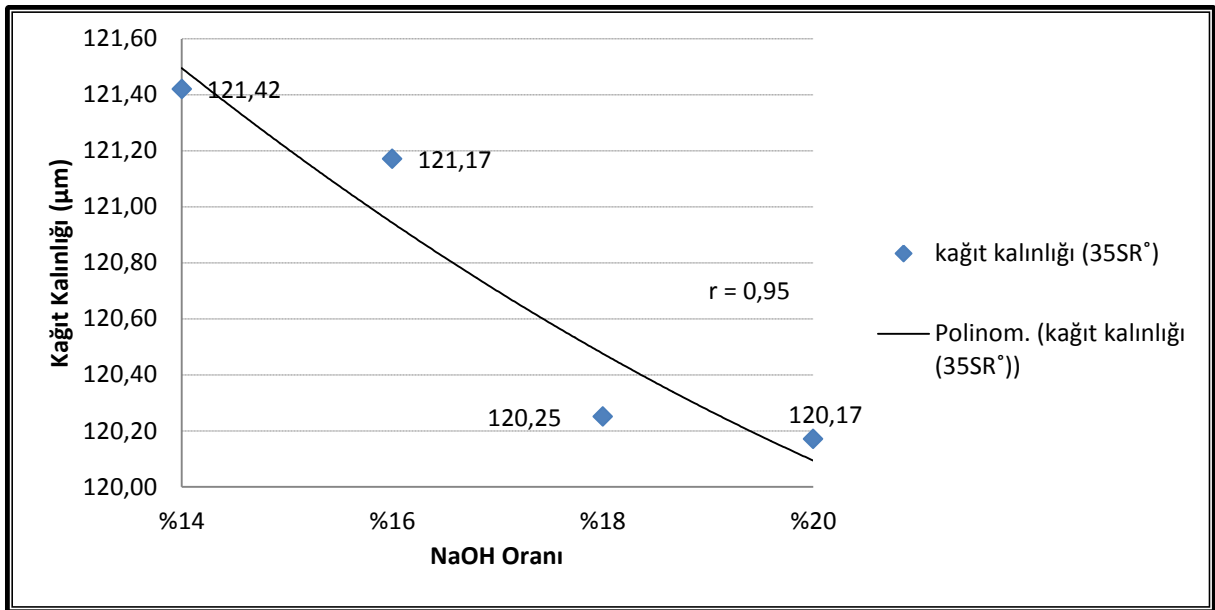
Tukey testi sonuçlarına göre %95 güven aralığında NaOH oranının artması ile 50 SR° ve 35 SR° hamurdan üretilen kağıtların kalınlıkları azalmış olmasına rağmen bu azalmaların %95 güven aralığında anlamlı olmadığı görülmüştür. Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların NaOH oranının %14’den %20’ye çıkarılması ile kalınlık azalmış ve bu azalmanın %95 anlam düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30’da farklı dövülme derecelerindeki kağıtların parlaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi grafiksel olarak gösterilmiştir.



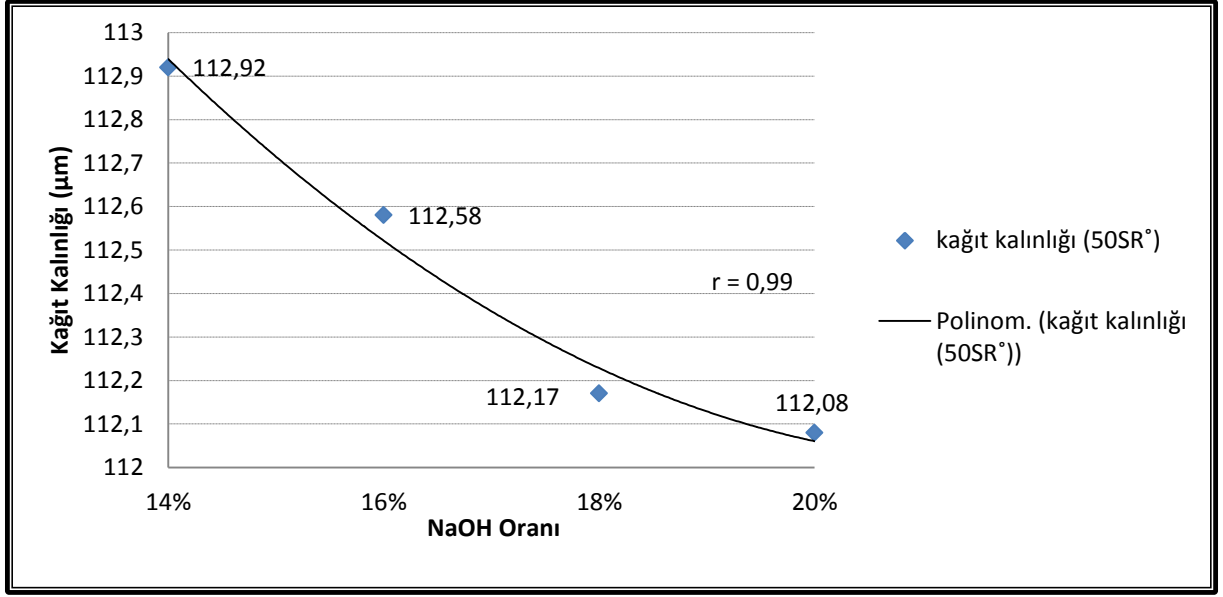
Her üç Şekilde incelendiğinde örnek kağıtların %14 NaOH oranında en yüksek kalınlık değerlerine sahip olduğu, dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının NaOH oranının artması ile azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.28 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi



Şekil 4.29 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi



Şekil 4.30 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi

Genel olarak NaOH oranının artmasıyla örnek kağıtların kalınlıklarının azaldığı fakat bu azalmaların %95 güven aralığında önemli olmadığı görülmüştür. Kağıt kalınlıklarında gözlenen bu kısmi azalma ligninin uzaklaşmasına bağlı olarak liflerin esnekliklerinin artması ve yerleşimlerinin daha düzgün olması ile açıklanabilir.

#### 4.3.4.3 Pişirme Sıcaklığının Kağıdın Kalınlığına Etkisi

Sorgum saplarının 120°C ve 130°C sıcaklık değerlerinde pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerinden elde edilen kağıtların kalınlıklarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerler Ş Tablo 4.40'ta, varyans analizi değerleri Tablo 4.41 de verilmiştir.

Tablo 4.40 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Pişirme Sıcaklığı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	120 °C	40	112,75	1,58	1,40
	130 °C	40	112,13	2,44	2,17
35 SR°	120 °C	40	121,38	2,58	2,12
	130 °C	40	120,13	2,60	2,16
Dövülmemiş	120 °C	40	131,42	2,55	1,94
	130 °C	40	129,83	1,68	1,29

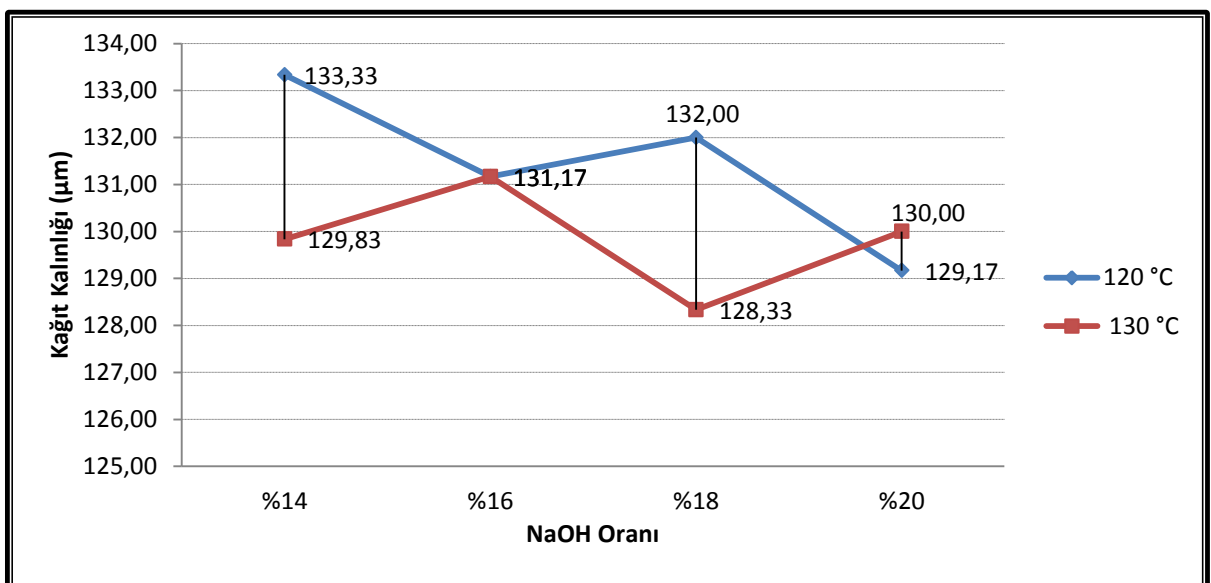
Tablo 4.41 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlıklarına ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	7,812	1	7,812	1,844	0,178
	Gruplar İçi	330,492	78	4,237		
	Toplam	338,304	79			
35 SR°	Gruplar Arası	31,225	1	31,225	4,650	0,034*
	Gruplar İçi	523,812	78	6,716		
	Toplam	555,037	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	50,118	1	50,118	10,766	0,002**
	Gruplar İçi	363,122	78	4,655		
	Toplam	413,239	79			

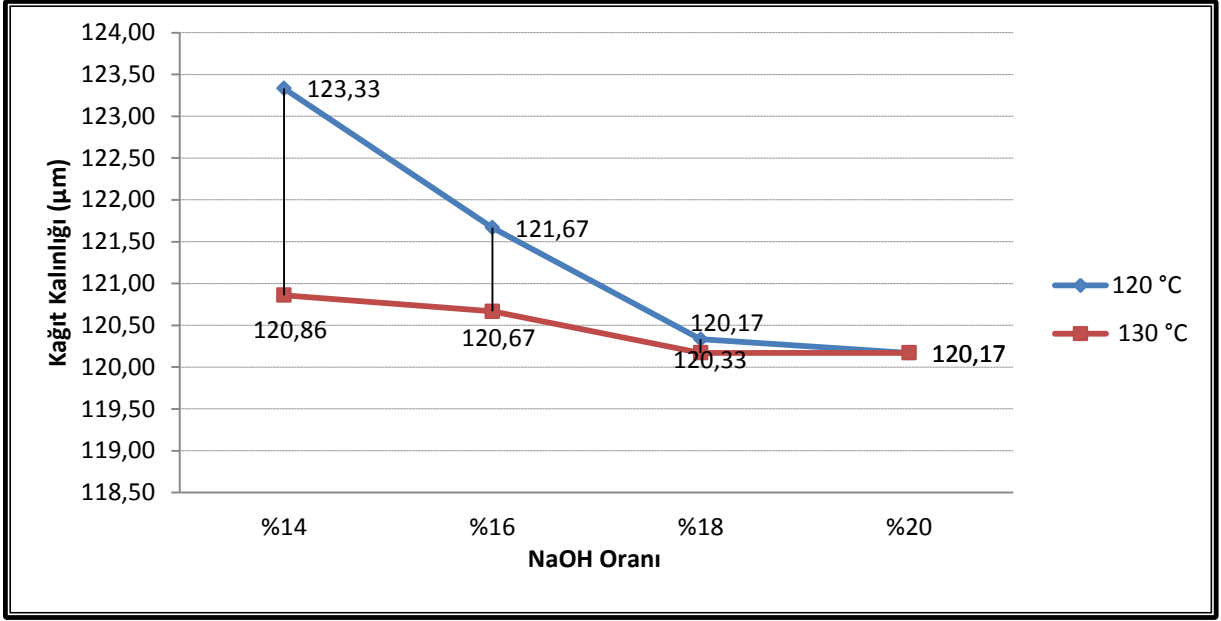
\* P<0,05, \*\*P<0,01

Tablo 4.41'deki varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR°'lik kâğıtların kalınlıkları arasında sıcaklık değişimine bağlı olarak anlamlı bir fark görülmezken, dövülmemiş ve 35 SR°'lik hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlıkları arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

Şekil 4.31, 4.32 ve 4.33'de farklı dövme derecelerindeki kâğıtların farklı NaOH oranlarında sıcaklığa bağlı kâğıt kalınlıklarının değişimi gösterilmiştir.

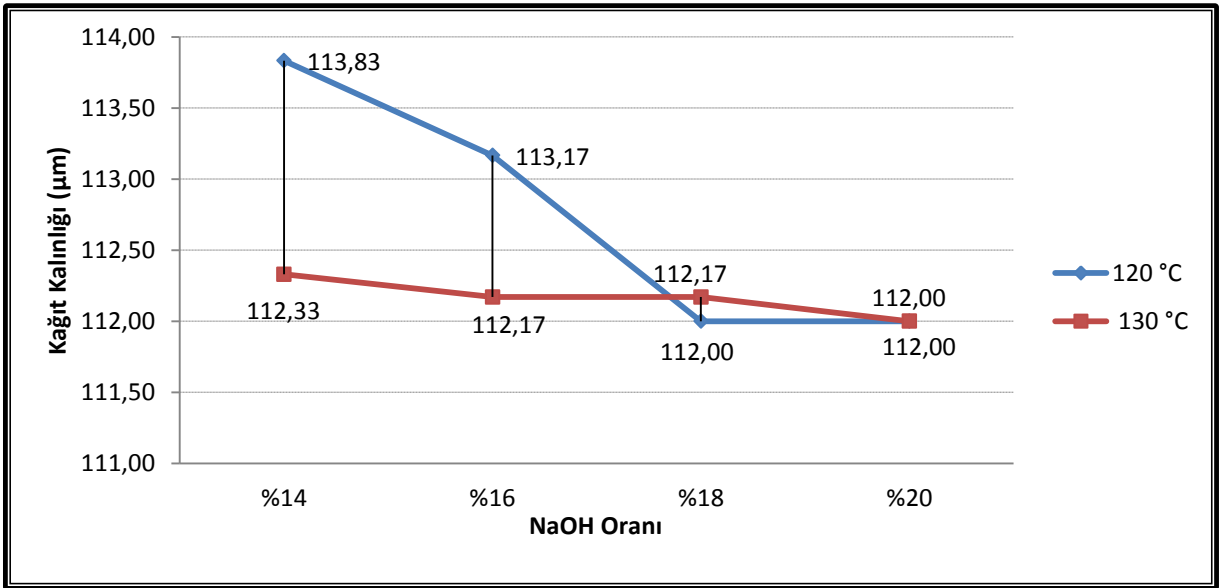


Şekil 4.31 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların kalınlıklarının sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.32 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının sıcaklıkla değişimi.

Yukarıdaki Şekiller incelendiğinde sıcaklığın artması ile örnek kağıtların kalınlıklarının genel olarak azaldığı söylenebilir. Özellikle Şekil 4.31’de %14 ve %18 oranlarında, Şekil 4.32’de ise sadece %14 NaOH oranında sıcaklığın 120°C’den 130°C’ye yükseltilmesi ile kağıt kalınlıklarının önemli derece de azaldığı görülmektedir. İstatiksel olarak bakıldığında bu azalmaların %95 anlam düzeyinde önemli olduğu (Tablo 4.41) görülmektedir.



Şekil 4.33 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kalınlıklarının sıcaklıkla değişimi.

### 4.3.5 Pişirme Parametrelerinin Kağıdın Kopma Uzunluğu Üzerine Etkisi

#### 4.3.5.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Kopma Uzunluğuna Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğuna ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.42’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.43’de, dövme derecesine göre kopma uzunluğunun değişimi Şekil 4.34’de verilmiştir.

Tablo 4.42 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğuna ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	64	2,0858	0,223	10,69
35 SR°	64	2,1331	0,178	8,34
Dövülmemiş	64	2,0906	0,164	7,84

Tablo 4.43 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kopma uzunluğuna ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	0,087	2	0,043	1,198	0,304
Gruplar İçi	6,849	189	0,036		
Toplam	6,936	191			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

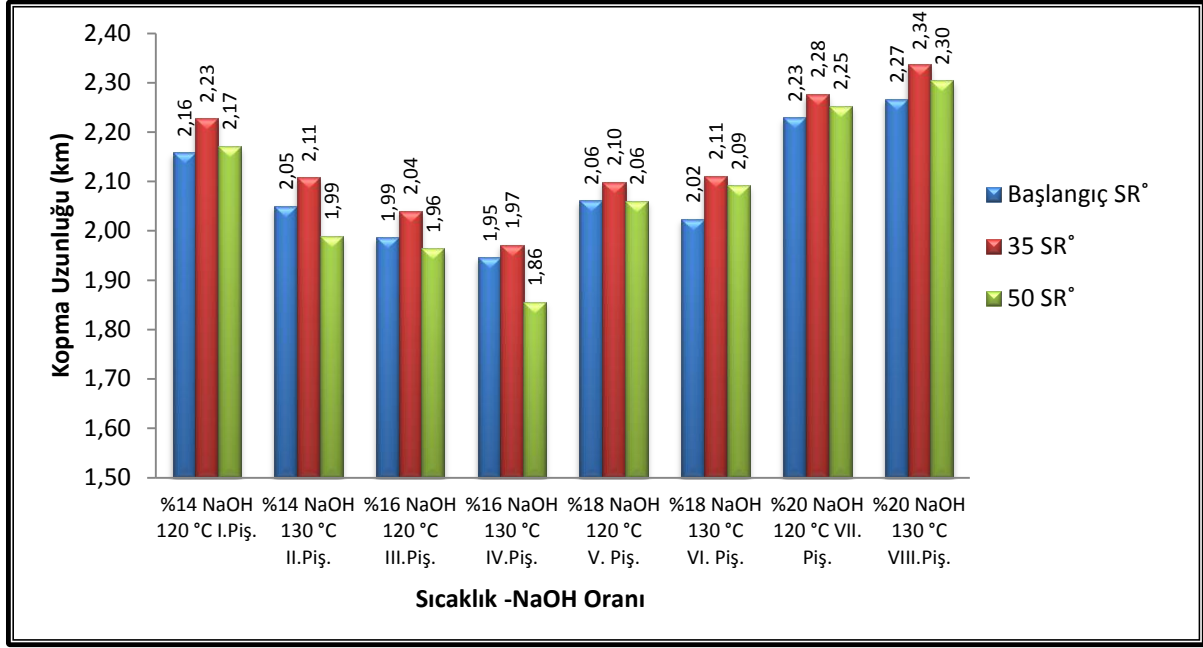
Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kopma uzunluğu değerlerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde gruplar arasında %95 güven aralığında anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir.

Tablo 4.44 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kopma uzunluğunun %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

SR Derecesi	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
50 SR°	64	X	
35 SR°	64	X	
Dövülmemiş	64	X	
Etkileşimler		Fark	±Limit
Dövülmemiş – 35 SR°		-0,04250	0,03365
Dövülmemiş – 50 SR°		0,00484	0,03365
35 SR - 50 SR°		0,04734	0,03365

\* P<0,05

Tablo 4.44'deki dövme derecesinin kağıdın kopma uzunluğu üzerine etkisini gösteren Tukey testi ile Şekil 4.34'deki grafik beraber incelendiğinde tüm pişirmelerden elde edilen hamurlarda başlangıç SR°'den 35 SR°'ye çıkılmasıyla örnek kağıtların kopma uzunluklarının arttığı, 35 SR°'den 50 SR°'e çıktığında ise kopma uzunluklarının azaldığı gözlenmiştir. En yüksek kopma uzunluğu değeri %20 NaOH oranı ve 130 °C sıcaklıkta pişirilmiş ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtlarda görülmüştür.



Şekil 4.34 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların kopma uzunluğunun dövme derecesi ile değişimi.

35SR°'e kadar yapılan dövme ile liflerin saçaklanmasının artması sonucunda kopma uzunluğunda bir artış gözlenmiş fakat dövme devam edilerek 50 SR°'e ulaşıldığında liflerde kesilmelerin olmasından dolayı kopma uzunluğunda bir azalma gözlenmiştir.

#### 4.3.5.2 NaOH Oranının Kağıdın Kopma Uzunluğuna Etkisi

Sorgum saplarının farklı NaOH oranlarında pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki kopma uzunluğuna ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.45'te, varyans analizi değerleri Tablo 4.46'da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların kopma uzunlukları arasında NaOH oranına bağlı olarak

anlamli bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış, sonuçları Tablo 4.47’de verilmiştir.

Tablo 4.45 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	NaOH Oranı	rnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	% 14	16	2,0800	0,203	9,76
	% 16	16	1,9094	0,212	11,10
	% 18	16	2,0756	0,199	9,59
	% 20	16	2,2781	0,104	4,56
35 SR°	% 14	16	2,1675	0,134	6,18
	% 16	16	1,9538	0,114	5,83
	% 18	16	2,1050	0,140	6,65
	% 20	16	2,3063	0,123	5,33
Dövülmemiş	% 14	16	2,1038	0,155	7,37
	% 16	16	1,9688	0,133	5,74
	% 18	16	2,0425	0,134	6,56
	% 20	16	2,2475	0,092	4,09

Tablo 4.46 Farklı NaOH oranlarında pişirilmış dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğuna ait varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değerı
50 SR°	Gruplar Arası	1,092	3	0,364	10,673	0,000**
	Gruplar İçi	2,046	60	0,034		
	Toplam	3,138	63			
35 SR°	Gruplar Arası	1,026	3	0,342	20,788	0,000**
	Gruplar İçi	0,987	60	0,016		
	Toplam	2,013	63			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	0,671	3	0,224	13,075	0,000**
	Gruplar İçi	1,027	60	0,017		
	Toplam	1,698	63			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Tablo 4.47 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların kopma uzunluğunun %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Dövülme Derecesi					
		50 SR° Eş Gruplar		35 SR° Eş Gruplar		Dövülmemiş Eş Gruplar	
%14	20	X		X		X	
%16	20	X			X		X
%18	20	X		X		X	X
%20	20		X		X		X
Etkileşimler		Fark	±Limit	Fark	±Limit	Fark	±Limit
%14 - %16		0,17063	0,0652	0,2137*	0,0453	0,1350*	0,0462
%14 - %18		0,00438	0,0652	0,0625	0,0453	0,0612	0,0462
%14 - %20		-0,1981*	0,0652	-0,1387*	0,0453	-0,1437*	0,0462
%16 - %18		-0,16625	0,0652	-0,1512*	0,0453	-0,0737	0,0462
%16 - %20		-0,3687*	0,0652	-0,3525*	0,0453	-0,2787*	0,0462
%18 - %20		-0,2025*	0,0652	-0,2012*	0,0453	-0,2050*	0,0462

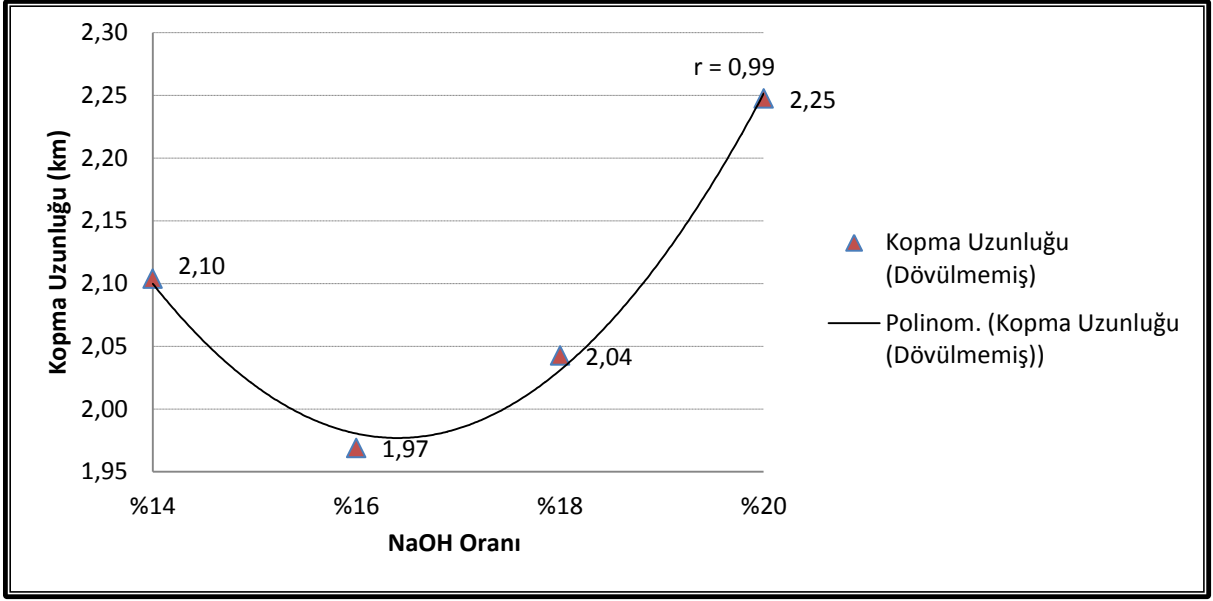
\* P<0,05

Tablo 4.47'deki farklı dövülme derecelerinden elde edilmiş örnek kağıtların NaOH oranına bağlı Tukey testi sonuçları incelendiğinde 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtlarda NaOH oranının %14, %16 ve %18'den %20'ye çıkarılmasıyla kağıtların kopma uzunluklarında gözlenen artışların %95 anlam düzeyinde önemli olduğu, bunların haricinde NaOH oranına bağlı olarak gözlenen artış ve azalışların ise önemli olmadığı görülmüştür.

Şekil 4.35, 4.36 ve 4.37'de farklı dövülme derecelerindeki hamurlardan elde edile kağıtların kopma uzunluklarının NaOH oranına bağlı değişimi gösterilmiştir. Buna göre her üç Şekilde de NaOH oranının %14'den %16'ya arttırılmasıyla örnek kağıtların kopma uzunlukları azalmış ve %16'da minimum değere ulaşmıştır. %16'dan %20'ye arttırılması süresince kopma uzunluğu da artmış ve %20NaOH oranında maksimum değere ulaşmıştır.

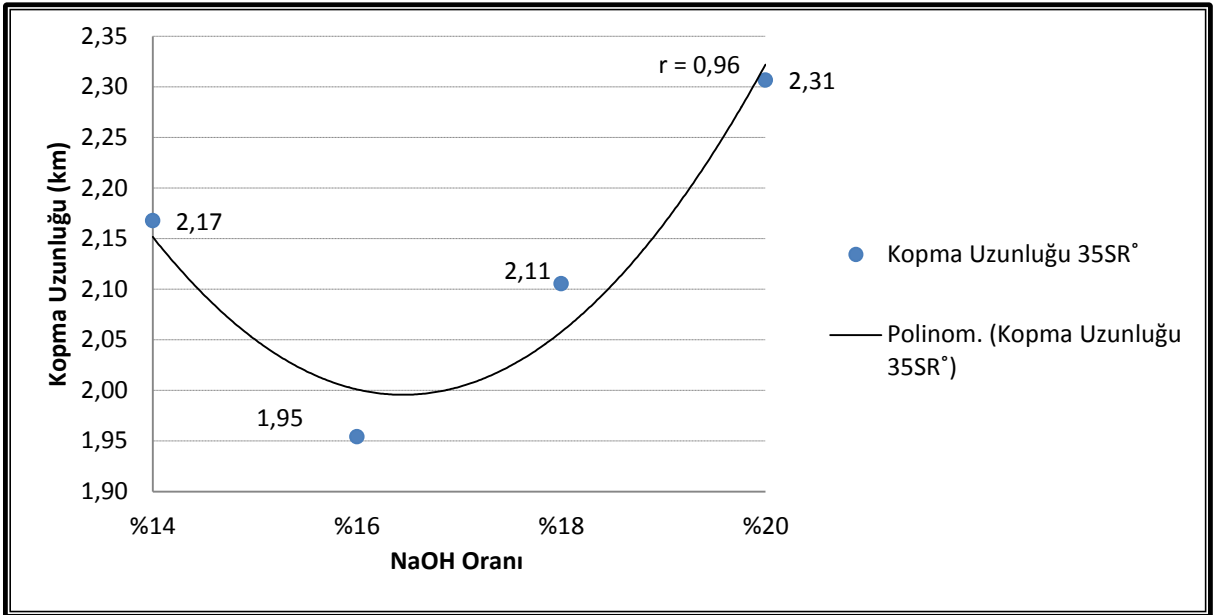
Aşağıdaki Şekiller incelendiğinde delignifikasyon aşamasında ligninin tekrardan lifler üzerine çökmesi nedeniyle hidrojen bağlarının oluşması engellenmiş ve kopma uzunluğu düşmüştür. NaOH oranının artması ile hamur safsızlaşmış ve liflerin birbirlerine bağlanma yüzeyi artmış ve buna bağlı olarak kopma uzunluğu da artmıştır.





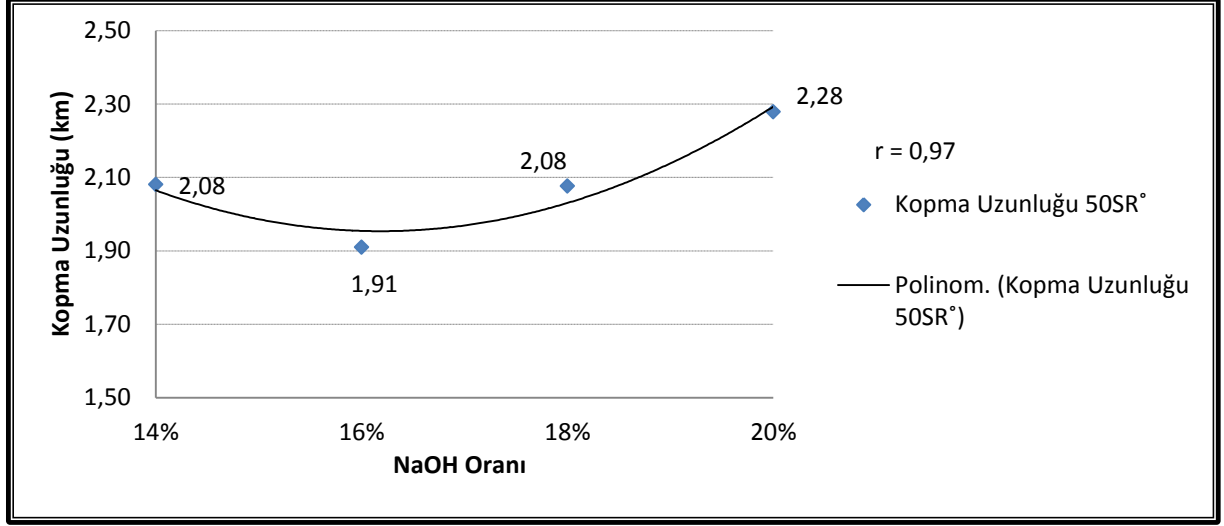
Şekil 4.35 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun NaOH oranına bağlı değişimi.

Tablo 4.47'ye göre dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtlarda NaOH oranının %14, %16 ve %18'den %20'ye çıkmasıyla örnek kağıtların kopma uzunluklarında gözlenen artışların ve %14'den %16'ya çıkmasıyla gözlenen azalışın %95 anlam düzeyinde önemli olduğu, %14 ve %16'dan %18'e çıkmasıyla kopma uzunluklarında gözlenen artışların ise önemsiz olduğu görülmüştür.



Şekil 4.36 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun NaOH oranına bağlı değişimi.

Yine Tablo 4.47 incelendiğinde 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtlarda NaOH oranının %14'den %20'ye, %16'dan %18 ve %20'ye, %18'den %20'ye çıkarılması ile kopma uzunluğunda gözlenen artışların ve %14'den %16'ya çıkmasıyla gözlenen azalışın %95 anlam düzeyinde önemli olduğu, %14'den %18'e çıkmasıyla gözlenen artışın ise önemli olmadığı görülmüştür.



Şekil 4.37 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun NaOH oranına bağlı değişimi

#### 4.3.5.3 Pişirme Sıcaklığının Kağıdın Kopma Uzunluğuna Etkisi

Sorgum saplarının 120°C ve 130°C sıcaklık değerlerinde pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki kopma uzunluklarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.48'de, varyans analizi değerleri Tablo 4.49 de verilmiştir.

Tablo 4.48 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluklarının sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Pişirme Sıcaklığı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	120 °C	32	2,1119	0,198	9,37
	130 °C	32	2,0597	0,246	11,94
35 SR°	120 °C	32	2,1347	0,172	8,06
	130 °C	32	2,1316	0,188	8,82
Dövülmemiş	120 °C	32	2,1084	0,155	7,35
	130 °C	32	2,0728	0,174	8,39

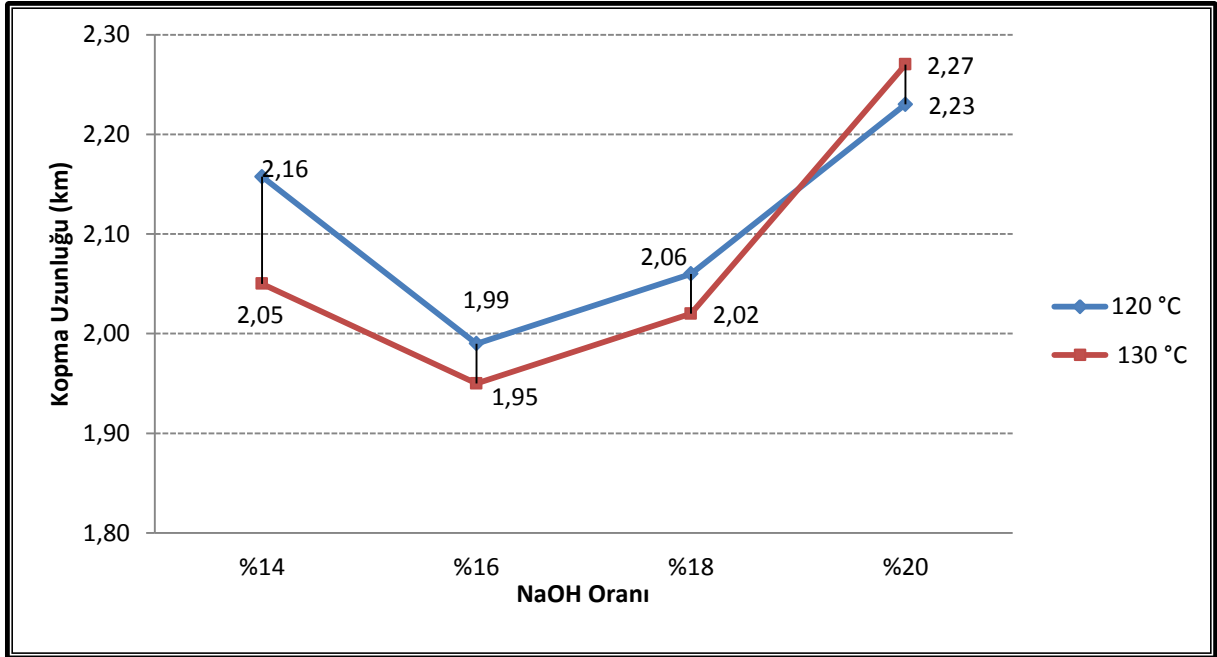
Tablo 4.49 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların kopma uzunluğuna ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	0,044	1	0,044	0,873	0,354
	Gruplar İçi	3,095	62	0,050		
	Toplam	3,138	63			
35 SR°	Gruplar Arası	0,000	1	0,000	0,005	0,945
	Gruplar İçi	2,013	62	0,32		
	Toplam	2,013	63			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	0,020	1	0,020	0,750	0,390
	Gruplar İçi	1,678	62	0,027		
	Toplam	1,698	63			

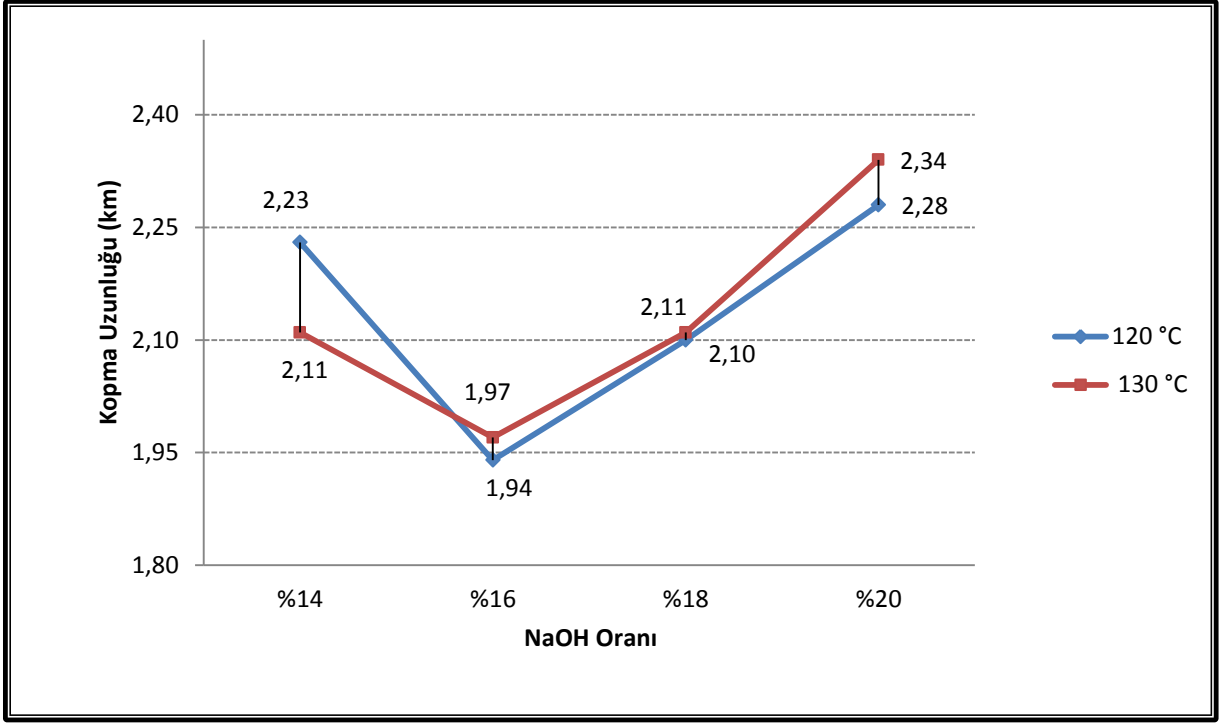
\* P<0,05, \*\*P<0,01

Tablo 4.49'daki varyans analizi sonuçları incelendiğinde %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların kopma uzunlukları arasında sıcaklık değişimine bağlı olarak anlamlı bir fark görülmemiştir.

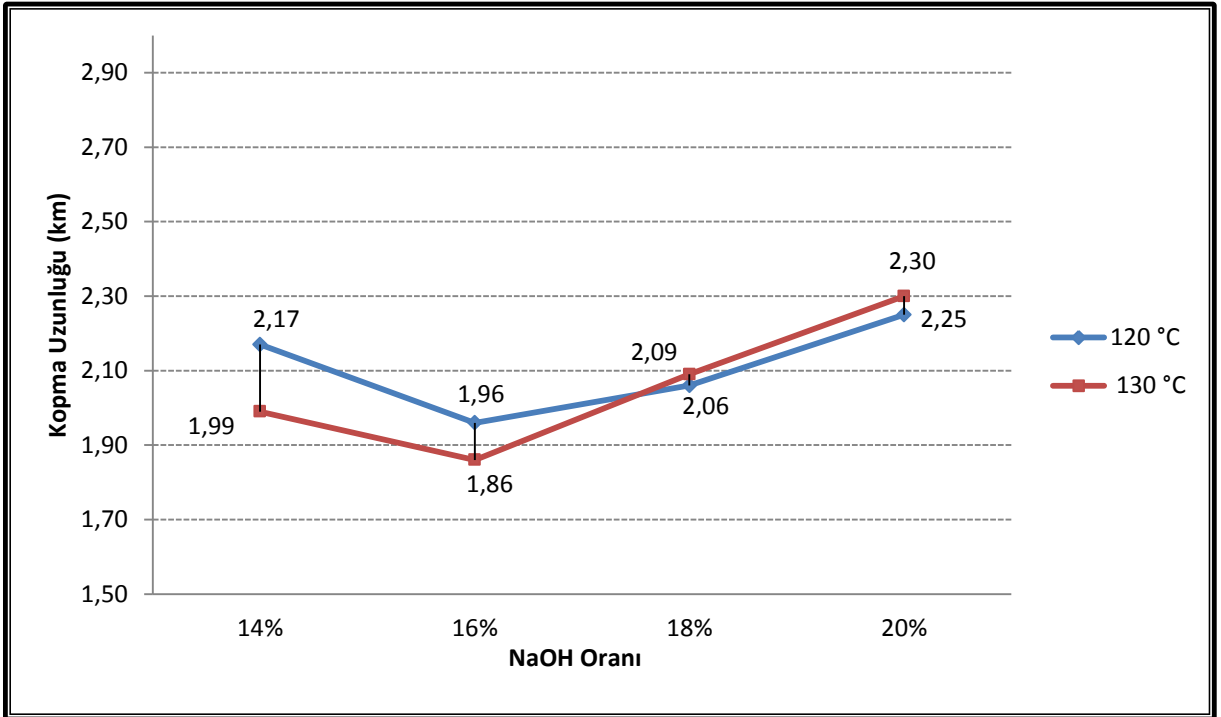
Şekil 4.38, Şekil 4.39 ve Şekil 4.40'da farklı dövme derecelerinde ve NaOH oranlarında örnek kağıtların sıcaklığa bağlı olarak kopma uzunluklarının değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.38 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.39 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.40 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların kopma uzunluğunun sıcaklıkla değişimi.

### 4.3.6 Pişirme Parametrelerinin Kağıdın Patlama İndisi Üzerine Etkisi

#### 4.3.6.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Patlama İndisine Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.50’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.51’de, dövme derecesine göre patlama indisinin değişimi Şekil 4.41’de verilmiştir.

Tablo 4.50 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indisine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	80	3,5829	0,156	4,35
35 SR°	80	3,3821	0,267	7,89
Dövülmemiş	80	2,9176	0,322	11,04

Tablo 4.51 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indisine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	23,612	2	11,806	177,291	0,000**
Gruplar İçi	15,782	237	0,067		
Toplam	39,394	239			

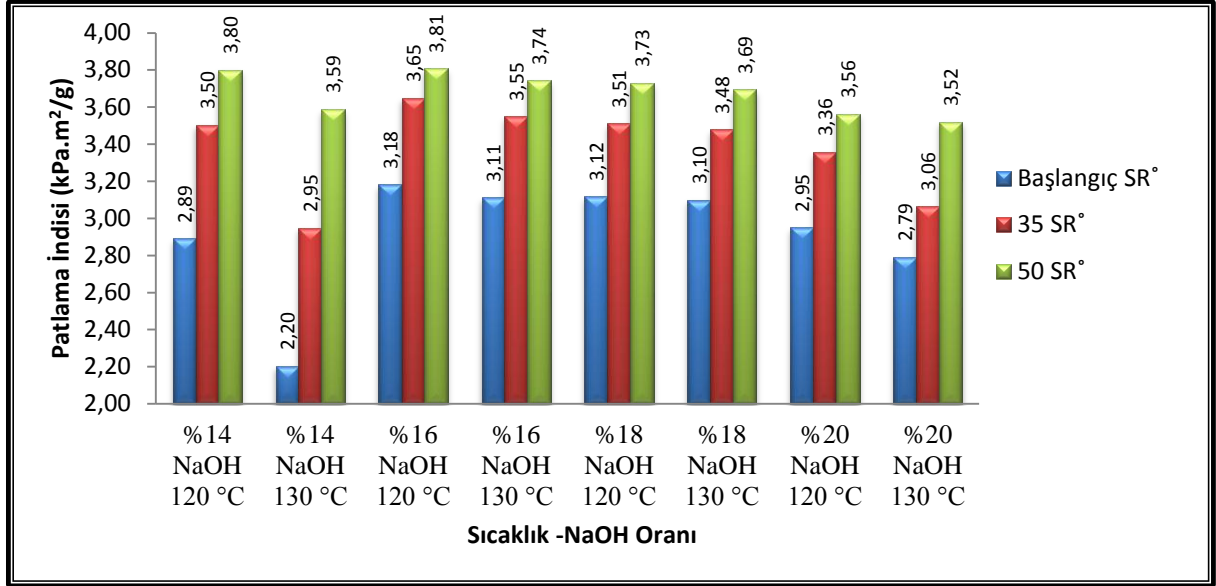
\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Tablo 4.51’deki dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerine ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde gruplar arasında % 95 güven aralığında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.52 de verilmiştir.

Tablo 4.52 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

SR Derecesi	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
50 SR°	64	X	
35 SR°	64	X	
Dövülmemiş	64	X	
Etkileşimler		Fark	±Limit
Dövülmemiş – 35 SR°		-0,46450*	0,0408
Dövülmemiş – 50 SR°		-0,76225*	0,0408
35 SR - 50 SR°		-0,29775*	0,0408

Tablo 4.52 teki dövme derecesinin kağıdın patlama indisi üzerine etkisini gösteren Tukey testi ile Şekil 4.41'deki grafik beraber incelendiğinde dövme derecesi arttıkça örnek kağıtların patlama indislerinin arttığı ve bu artışların %95 güven aralığında anlamlı olduğu görülmektedir. En yüksek patlama indisi değeri %16 NaOH oranı ve 120 °C sıcaklıkta pişirilmiş ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtlarda görülmüştür.



Şekil 4.41 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların patlama indislerinin dövme derecesi ile değişimi.

#### 4.3.6.2 NaOH Oranının Kâğıdın Patlama İndisine Etkisi

Tablo 4.53 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	%14	20	3,6935	0,151	4,09
	%16	20	3,7745	0,115	3,05
	%18	20	3,7120	0,119	3,20
	%20	20	3,5395	0,140	3,96
35 SR°	%14	20	3,2250	0,292	9,05
	%16	20	3,5995	0,172	4,78
	%18	20	3,4940	0,120	3,43
	%20	20	3,2100	0,219	6,82
Dövülmemiş	%14	20	2,5460	0,392	15,40
	%16	20	3,1465	0,129	4,10
	%18	20	3,1080	0,099	3,18
	%20	20	2,8700	0,100	3,48

Tablo 4.54 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerine ait varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	0,598	3	0,199	11,416	0,000**
	Gruplar İçi	1,326	76	0,017		
	Toplam	1,923	79			
35 SR°	Gruplar Arası	2,282	3	0,761	17,130	0,000**
	Gruplar İçi	3,374	76	0,044		
	Toplam	5,656	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	4,580	3	1,527	32,030	0,000**
	Gruplar İçi	3,622	76	0,048		
	Toplam	8,202	79			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

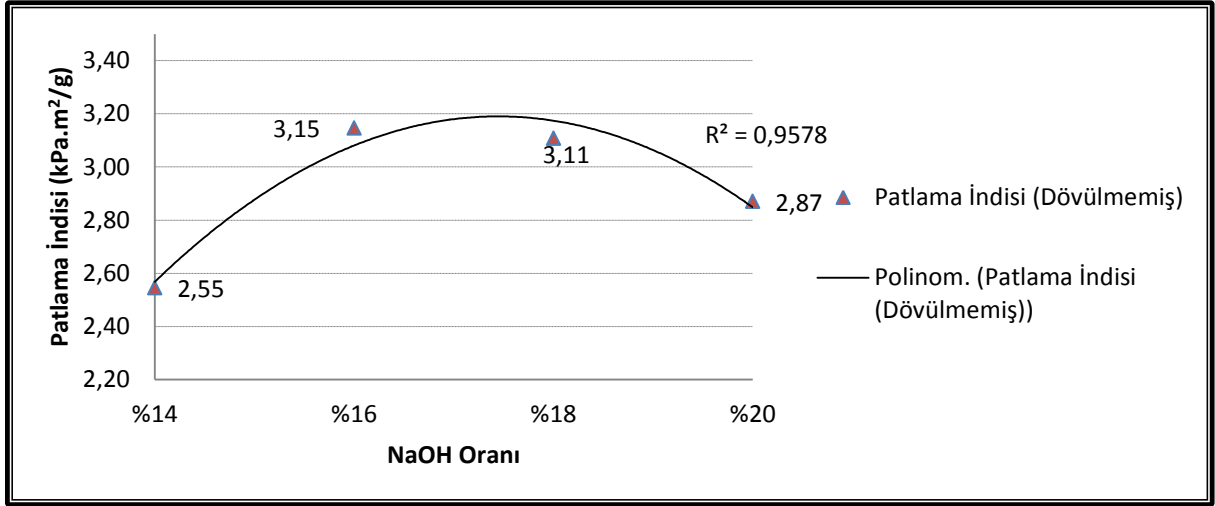
Sorgum saplarının farklı NaOH oranlarında pişirilmesiyle elde edilen kâğıt hamurlarının farklı dövülme derecelerinden elde edilen kâğıtların patlama indislerine ait varyans analizi değerleri Tablo 4.54’de verilmiştir. Buna göre %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kâğıt hamurlarından elde edilen kâğıtların patlama indisleri arasında NaOH oranına bağlı olarak anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Patlama indislerindeki farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testleri yapılmış ve sonuçları Tablo 4.55’te verilmiştir.

Tablo 4.55 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Dövülme Derecesi					
		50 SR° Eş Gruplar		35 SR° Eş Gruplar		Dövülmemiş Eş Gruplar	
%14	20	X		X		X	
%16	20	X			X		X
%18	20	X			X		X
%20	20		X		X		X
Etkileşimler		Fark	±Limit	Fark	±Limit	Fark	±Limit
%14 - %16		-0,0810	0,0417	-0,374*	0,0666	-0,6005*	0,0962
%14 - %18		-0,1850	0,0417	-0,269*	0,0666	-0,5620*	0,0962
%14 - %20		-0,1540*	0,0417	0,0150	0,0666	-0,3240*	0,0962
%16 - %18		0,0625	0,0417	0,1055	0,0666	0,0385	0,0962
%16 - %20		0,2350*	0,0417	0,389*	0,0666	0,2765*	0,0962
%18 - %20		0,1725*	0,0417	0,284*	0,0666	0,2380*	0,0962

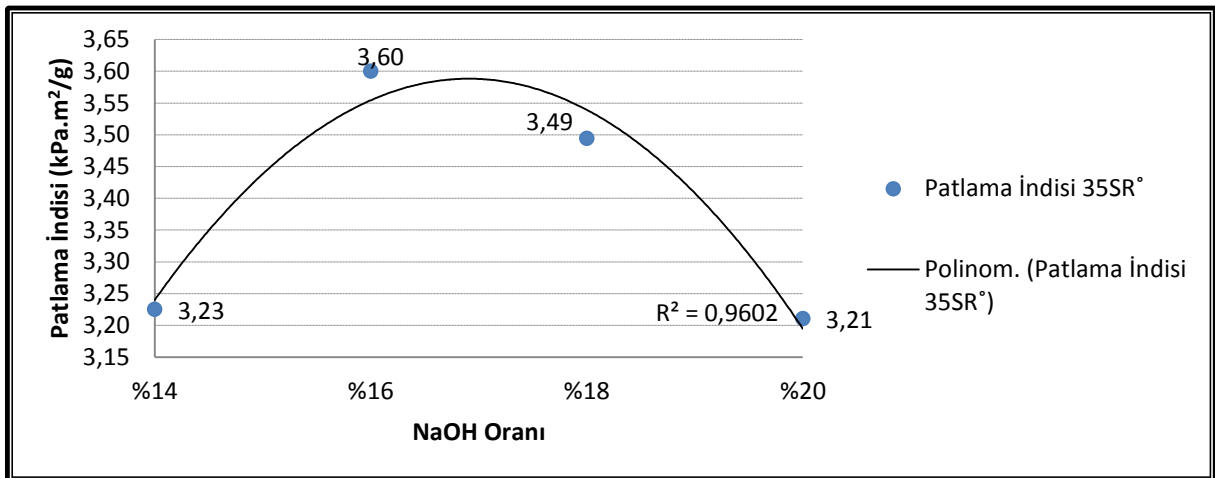
\* P<0,05

Şekil 4.42, Şekil 4.43 ve Şekil 4.44’de farklı dövülme derecelerindeki kağıtların patlama indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi gösterilmiştir. Buna göre her üçünde de NaOH oranının %14 den % 16’ya artırılması ile örnek kağıtların patlama indisleri artmış ve %16 de maksimum değere ulaşmıştır. NaOH oranının %16’dan % 20’ye çıkarılması ile örnek kağıtların patlama indisleri azalmıştır.



Şekil 4.42 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.

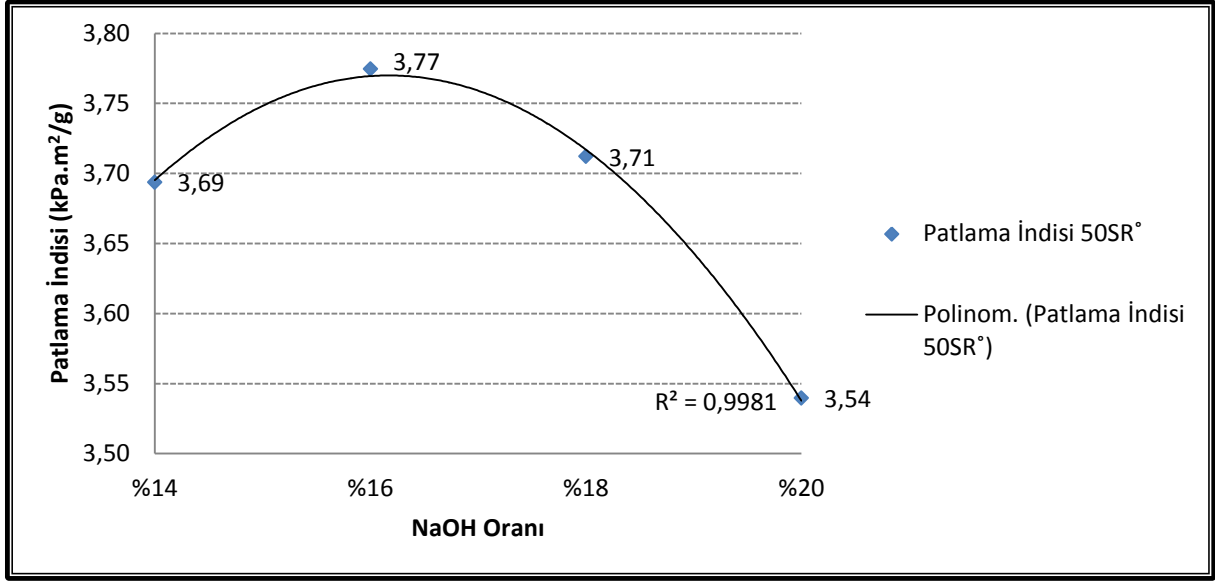
Dövülmemiş hamurların kağıtlarına ait Tukey testi incelendiğinde NaOH oranının %16’dan %18’e artırılması ile patlama indisinde görülen azalışın %95 anlam düzeyinde önemli olmadığı görülmüştür. Buna karşın NaOH oranının %14’den %16, %18 ve %20’ye çıkarılması ile patlama indislerinde görülen artışlar ile %16 ve %18’den %20’ye çıkarılması ile patlama indisinde görülen azalışların %95 anlam düzeyine önemli olduğu görülmüştür.



Şekil 4.43 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi



Tablo 4.55'deki örnek kağıtların patlama indislerine ait Tukey testi incelendiğinde 35 SR° de NaOH oranının %14'den %20'ye ve %16'dan %18'e arttırılması ile kağıtların patlama indislerindeki artış ve azalışların %95 anlam düzeyinde önemli olmadığı görülmüştür. Buna karşın NaOH oranının %14'den %16 ve %18'e çıkarılmasıyla patlama indisinde görülen artışların ve %16 ve %18'den %20'ye çıkarılması ile görülen azalışların %95 anlam düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.



Şekil 4.44 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.

Tablo 4.55'deki 50 SR° hamurların kağıtlarına ait Tukey testi incelendiğinde NaOH oranının %14, %16 ve %18'den %20'ye çıkarılması örnek kağıtların patlama indislerinde gözlenen azalışların %95 anlam düzeyinde önemli olduğu buna karşın %14'den %16 ve %18'e çıkarılması ile patlama indisinde gözlenen artışlar ile %16'dan %18'e çıkarılması ile patlama indisinde gözlenen azalışın ise önemsiz olduğu görüşmüştür.

NaOH oranına bağlı olarak patlama direncinin %16 NaOH oranına kadar artıp sonra azalması bu noktadan sonra NaOH'ın artmasının liflerde deformasyona neden olması ve liflerin bireysel sağlamlığının azalmasına neden olmasındandır.

#### 4.3.6.3 Pişirme Sıcaklığının Kağıdın Patlama İndisine Etkisi

Sorgum saplarının 120°C ve 130°C sıcaklık değerlerinde pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki patlama indisine ait ortalama, standart sapma,

varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.56’da, varyans analizi sonuçları Tablo 4.57 de verilmiştir.

Tablo 4.56 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Piştirme Sıcaklığı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	120 °C	40	3,7242	0,149	4,00
	130 °C	40	3,6355	0,152	4,18
35 SR°	120 °C	40	3,5048	0,159	4,54
	130 °C	40	3,2595	0,298	9,14
Dövülmemiş	120 °C	40	3,0348	0,164	5,40
	130 °C	40	2,8005	0,394	14,07

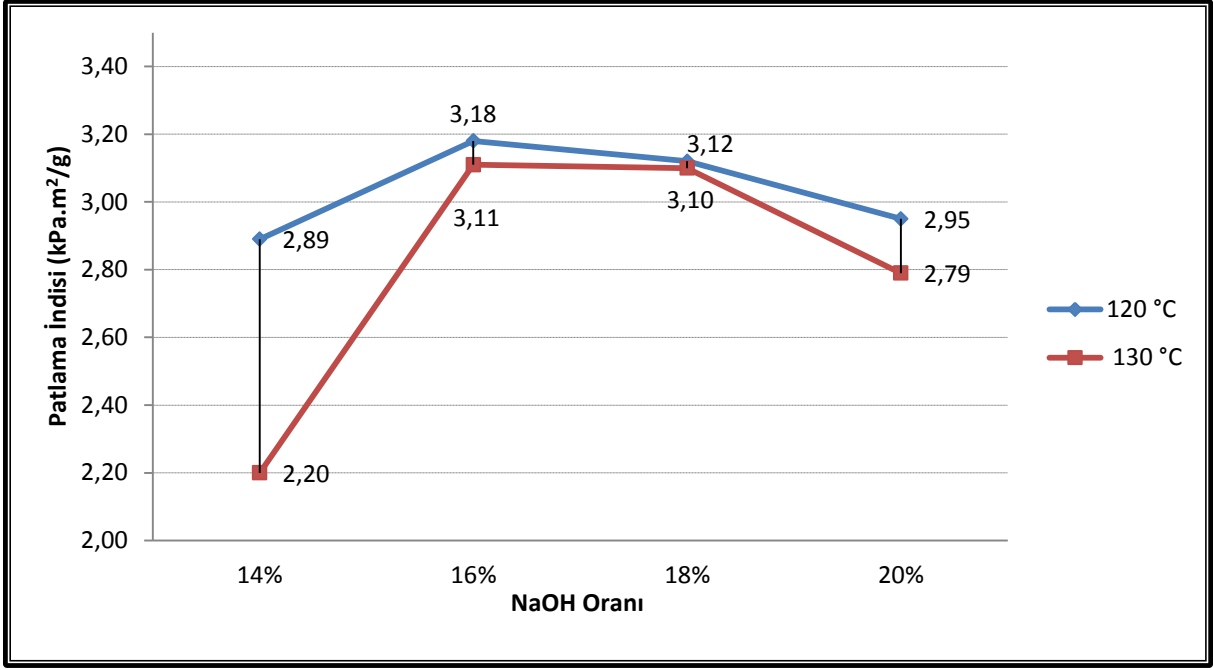
Tablo 4.57 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların patlama indislerine ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	0,158	1	0,158	6,958	0,010*
	Gruplar İçi	1,766	78	0,023		
	Toplam	1,923	79			
35 SR°	Gruplar Arası	1,203	1	1,203	21,071	0,000**
	Gruplar İçi	4,453	78	0,057		
	Toplam	5,656	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	1,097	1	1,097	12,048	0,001**
	Gruplar İçi	7,105	78	0,091		
	Toplam	8,202	79			

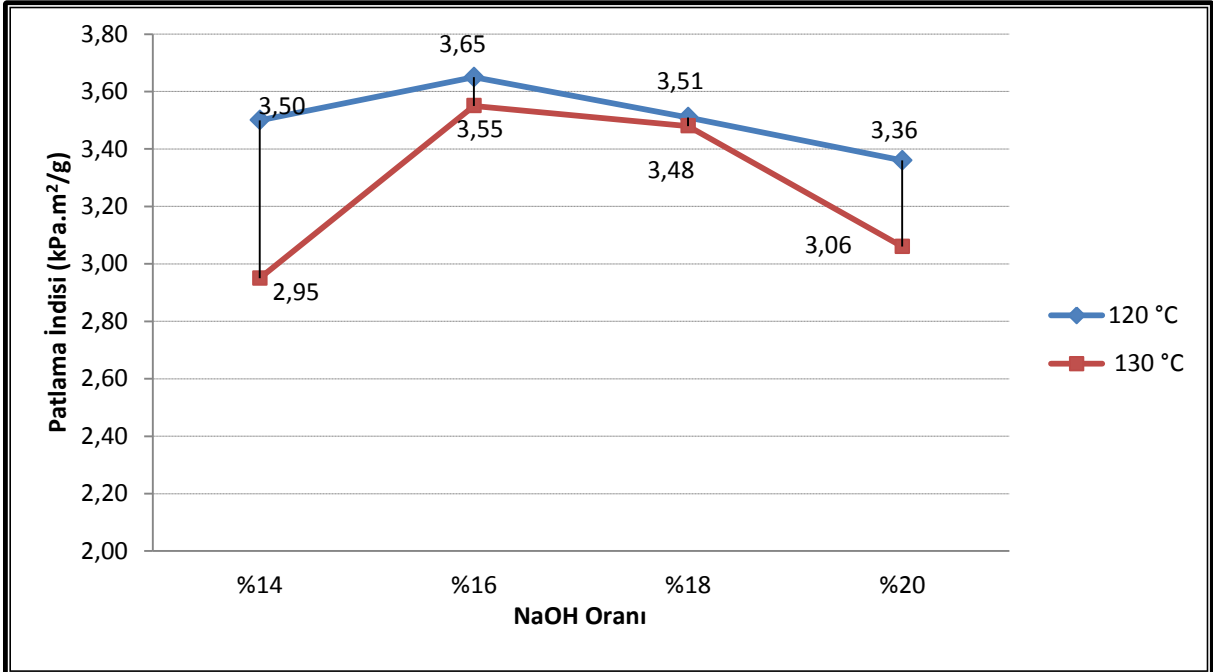
\* P<0,05, \*\*P<0,01

Varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında her üç dövme derecesindeki hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indisleri arasında anlamlı bir fark vardır.

Şekil 4.45, 4.46 ve 4.47’de farklı dövme derecelerinden ve farklı NaOH oranlarından elde edilen örnek kağıtların patlama indislerinin sıcaklıkla değişimleri gösterilmiştir.

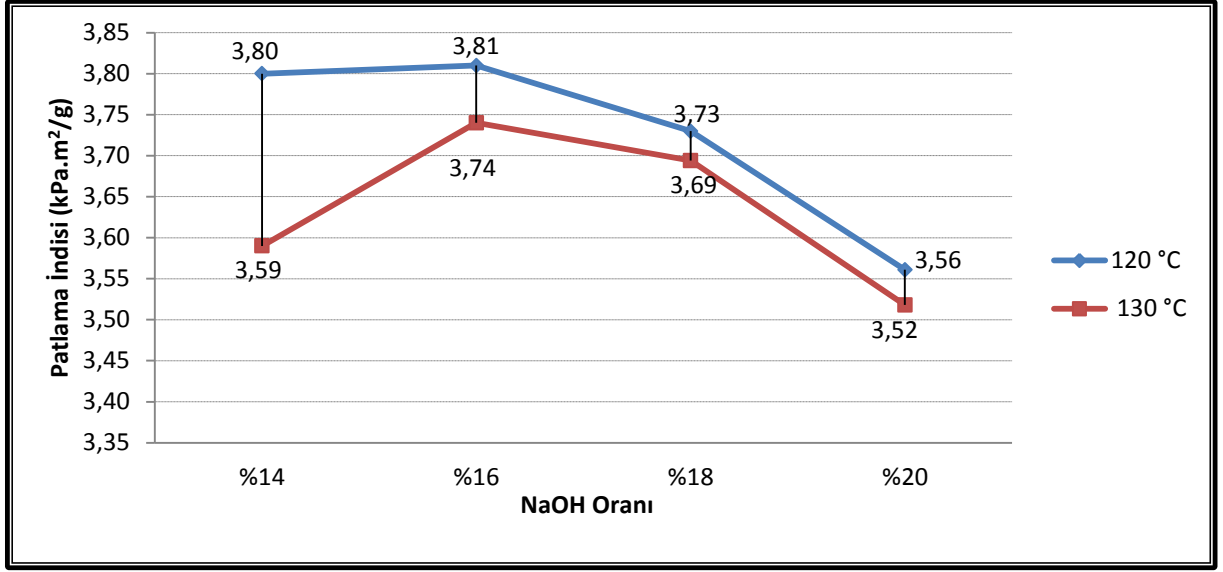


Şekil 4.45 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.46 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin sıcaklıkla değişimi.

Tüm dövme derecelerindeki kâğıtlarda sıcaklığın 120°C'den 130°C'ye artması ile patlama indisi azalmış ve bu azalmalar %95 anlam düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 4.47 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların patlama indislerinin sıcaklıkla değişimi.

#### 4.3.7 Pişirme Parametrelerinin Kâğıdın Yırtılma İndisi Üzerine Etkisi

##### 4.3.7.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Yırtılma İndisine Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.58’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.59’da, dövme derecesine göre yırtılma indisinin değişimi Şekil 4.48’de verilmiştir.

Tablo 4.58 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indisine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	48	33,8542	2,70	7,97
35 SR°	48	41,5500	1,85	4,45
Dövülmemiş	48	46,1729	3,56	7,71

Tablo 4.59 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indisine ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	3717,581	2	1858,79	237,897	0,000**
Gruplar İçi	1101,694	141	7,813		
Toplam	4819,275	143			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

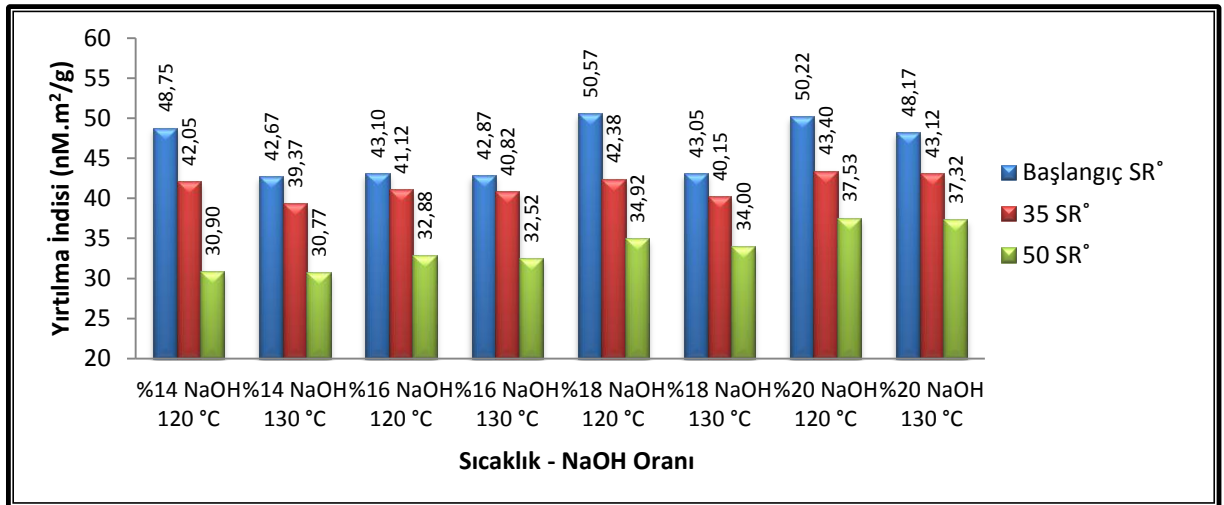
Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indisine ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde %95 güven aralığında gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu anlamlı farklılıkları hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.60 de verilmiştir.

Tablo 4.60 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indislerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

SR Derecesi	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
50 SR°	48	X	
35 SR°	48	X	
Dövülmemiş	48	X	
Etkileşimler		Fark	±Limit
Dövülmemiş – 35 SR°		4,6229*	0,57058
Dövülmemiş – 50 SR°		12,3187*	0,57058
35 SR - 50 SR°		7,6958*	0,57058

\* P<0,05

Tablo 4.60'daki dövme derecesinin kağıdın yırtılma indisi üzerine etkisini gösteren Tukey testi ile Şekil 4.48'deki grafik beraber incelendiğinde dövme derecesi arttıkça örnek kağıtların yırtılma indislerinin azaldığı ve bu azalmaların %95 güven aralığında anlamlı olduğu görülmektedir. Yırtılma direnci lif uzunluğu ve lifler arası bağlar ile artar. Dövme arttıkça lif uzunluğu azaldığından yırtılma direnci azalmıştır. En yüksek yırtılma indisi değeri %18 NaOH oranı ve 120°C sıcaklıkta pişirilmiş ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtlarda görülmüştür.



Şekil 4.48 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların yırtılma indislerinin dövme derecesi ile değişimi.

#### 4.3.7.2 NaOH Oranının Kağıdın Yırtılma İndisine Etkisi

Sorgum saplarının farklı NaOH oranlarında pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki yırtılma indislerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.61’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.62’de verilmiştir.

Tablo 4.61 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	%14	12	30,8333	0,816	2,64
	%16	12	32,7000	0,981	3,00
	%18	12	34,4583	0,969	2,81
	%20	12	37,4250	1,724	4,60
35 SR°	%14	12	41,5500	1,574	3,78
	%16	12	40,9667	0,952	2,32
	%18	12	41,4650	1,907	4,59
	%20	12	43,2583	1,788	4,1
Dövülmemiş	%14	12	46,500	3,324	7,14
	%16	12	43,9833	1,022	2,32
	%18	12	48,3450	4,186	8,65
	%20	12	49,1917	1,711	3,48

Tablo 4.62 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerine ait varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	282,881	3	94,294	68,039	0,000**
	Gruplar İçi	60,978	44	1,386		
	Toplam	343,859	47			
35 SR°	Gruplar Arası	48,568	3	16,189	6,338	0,001**
	Gruplar İçi	112,392	44	2,554		
	Toplam	160,960	47			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	238,871	3	79,624	9,786	0,000**
	Gruplar İçi	358,004	44	8,136		
	Toplam	596,875	47			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların yırtılma indisleri arasında NaOH oranına bağlı olarak

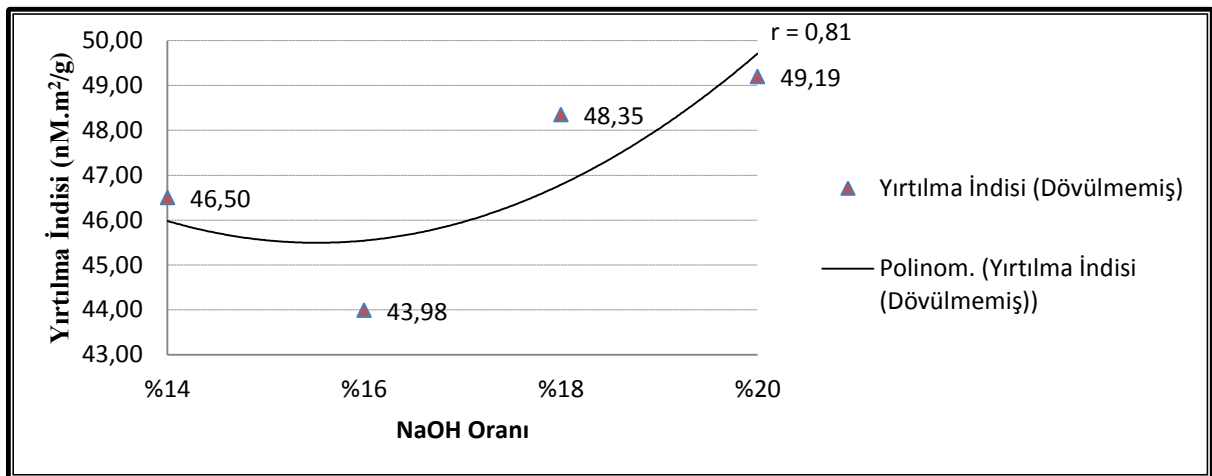
anamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testleri yapılmış ve sonuçları Tablo 4.63’de verilmiştir.

Tablo 4.63 Farklı NaOH oranlarında pişirilmış dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indislerinin %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

NaOH Oranı	rnek Sayısı	Dövülme Derecesi					
		50 SR° Eş Gruplar		35 SR° Eş Gruplar		Dövülmemiş Eş Gruplar	
%14	20	X		X		X	X
%16	20	X		X		X	
%18	20	X		X		X	X
%20	20	X		X		X	
Etkileşimler		Fark	±Limit	Fark	±Limit	Fark	±Limit
%14 - %16		-1,8667*	0,480	-0,2583	0,6525	2,7250	1,1645
%14 - %18		-3,6250*	0,480	-0,5583	0,6525	-1,1000	1,1645
%14 - %20		-6,5916*	0,480	-2,5500*	0,6525	-3,4833*	1,1645
%16 - %18		-1,7583*	0,480	-0,3000	0,6525	-3,8250*	1,1645
%16 - %20		-4,7250*	0,480	-2,2916*	0,6525	-6,2083*	1,1645
%18 - %20		-2,9667*	0,480	-1,9917*	0,6525	-2,3833	1,1645

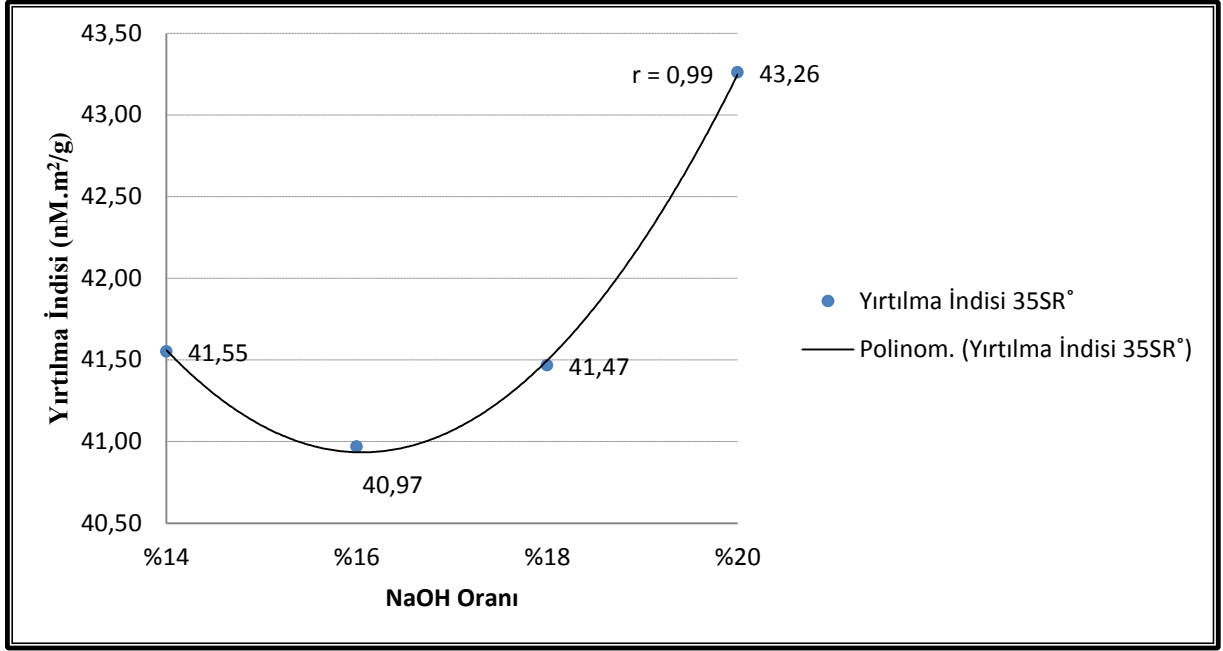
\* P<0,05

şekil 4.49, şekil 4.50 ve şekil 4.51’de farklı dövülme derecelerindeki kağıtların yırtılma indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi gösterilmiştir. şekil 4.50 ve şekil 4.49 beraber incelendiğinde NaOH oranının %14’den %16’ya arttırılması ile yırtılma indisinde bir azalma gözlenmiş ve %16 da minimum değere ulaşmıştır. NaOH oranının %16’dan %20’ye kadar arttırılması süresince yırtılma indisi de artmış ve %20’de maksimum değere ulaşmıştır.



şekil 4.49 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.

Tablo 4.63'deki dövülmemiş hamurdan elde edilen kağıtların NaOH oranına bağlı yırtılma indislerine ait Tukey testi sonuçları incelendiğinde NaOH oranının %14'den %16 ve %18'e ve %18'den %20'ye çıkarılması ile örnek kağıtların yırtılma indislerinde görülen artış ve azalışın %95 anlam düzeyinde önemi olmadığı görülmüştür. Buna karşın NaOH oranının %16'dan %18 ve %20'ye, %14'den %20'ye çıkarılması ile örnek kağıtların yırtılma indislerinde görülen artışların %95 anlam düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.

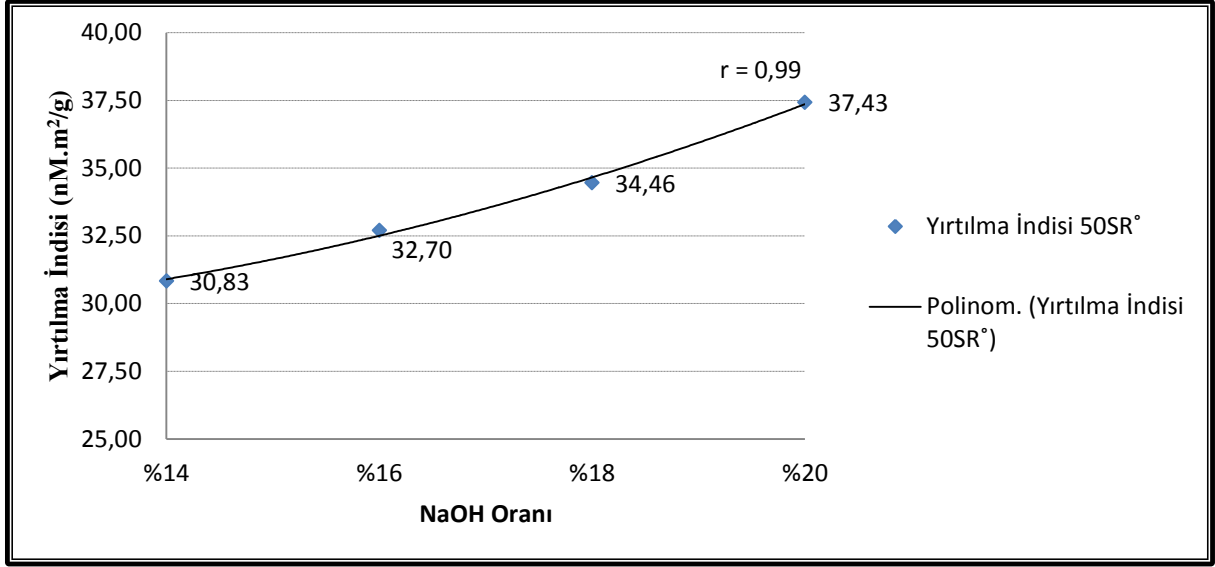


Şekil 4.50 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.

Tablo 4.63'deki 35 SR° hamurdan elde edilen kağıtların NaOH oranına bağlı yırtılma indislerine ait Tukey testi sonuçları incelendiğinde NaOH oranının %14'den %18, %16 ve %20'ye, %16'dan %18 ve %20'ye arttırılması sonucunda örnek kağıtların yırtılma indislerinde görülen artış ve azalışların %95 anlam düzeyinde önemli olmadığı gözlenmiştir. Buna karşın NaOH oranının %18'den %20'ye çıkarılması ile örnek kağıtların yırtılma indislerinde görülen artış %95 anlam düzeyinde önemli görülmüştür.

Şekil 4.51 incelendiğinde 50 SR° de NaOH oranının %14'den %20'ye kadar arttırılması ile örnek kağıtların yırtılma indisleri sürekli olarak artmış ve %20'de maksimum değere ulaşmıştır.





Şekil 4.51 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin NaOH oranına bağlı değişimi.

Tablo 4.63'deki 50 SR° hamurdan elde edilen kağıtların NaOH oranına bağlı yırtılma indislerine ait Tukey testi sonuçları incelendiğinde % NaOH oranının her kademesindeki artışın %95 anlam düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak NaOH oranının artırılması ile genel anlamda örnek kağıtların yırtılma indislerinin arttığını görülmüştür.

#### 4.3.7.3 Pişirme Sıcaklığının Kağıdın Yırtılma İndisine Etkisi

Sorgum saplarının 120°C ve 130°C sıcaklık değerlerinde pişirilmiş kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerinden elde edilmiş kağıtların yırtılma indislerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.64'te, varyans analizi sonuçları Tablo 4.65 de verilmiştir.

Tablo 4.64 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Pişirme Sıcaklığı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	120 °C	24	34,0583	2,69	7,90
	130 °C	24	33,6500	2,76	8,20
35 SR°	120 °C	24	42,2375	1,38	3,26
	130 °C	24	40,8625	2,03	4,97
Dövülmemiş	120 °C	24	48,1583	3,38	7,02
	130 °C	24	44,1875	2,52	5,70

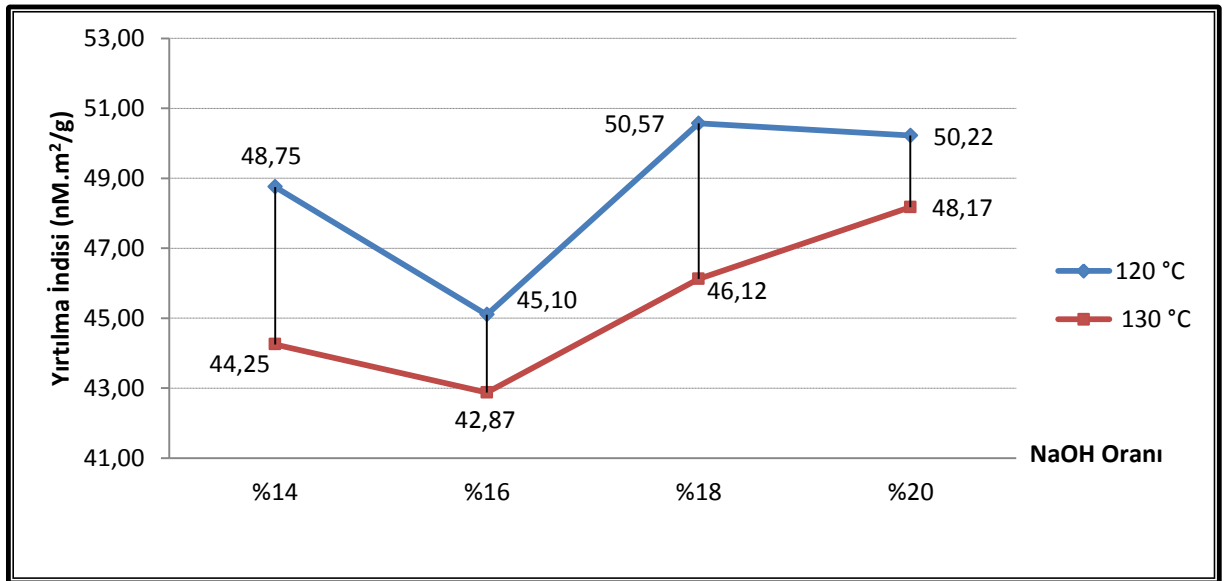
Tablo 4.65 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indislerine ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	2,001	1	2,001	0,269	0,606
	Gruplar İçi	341,858	46	7,432		
	Toplam	343,859	47			
35 SR°	Gruplar Arası	22,687	1	22,687	7,548	0,009**
	Gruplar İçi	138,272	46	3,006		
	Toplam	160,960	47			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	189,210	1	189,210	21,350	0,000**
	Gruplar İçi	407,665	46	8,862		
	Toplam	596,875	47			

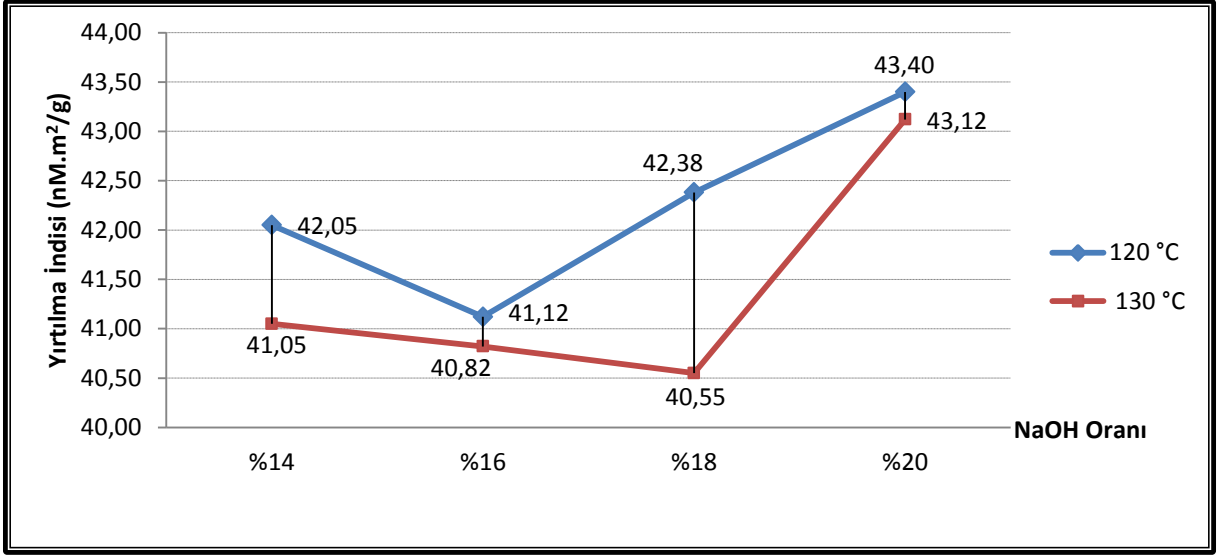
\* P<0,05, \*\*P<0,01

Tablo 4.65'teki varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR°'lik kâğıtların yırtılma indisleri arasında sıcaklığa bağlı olarak anlamlı bir fark görülmezken, dövülmemiş ve 35 SR°'lik kâğıtların yırtılma indisleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

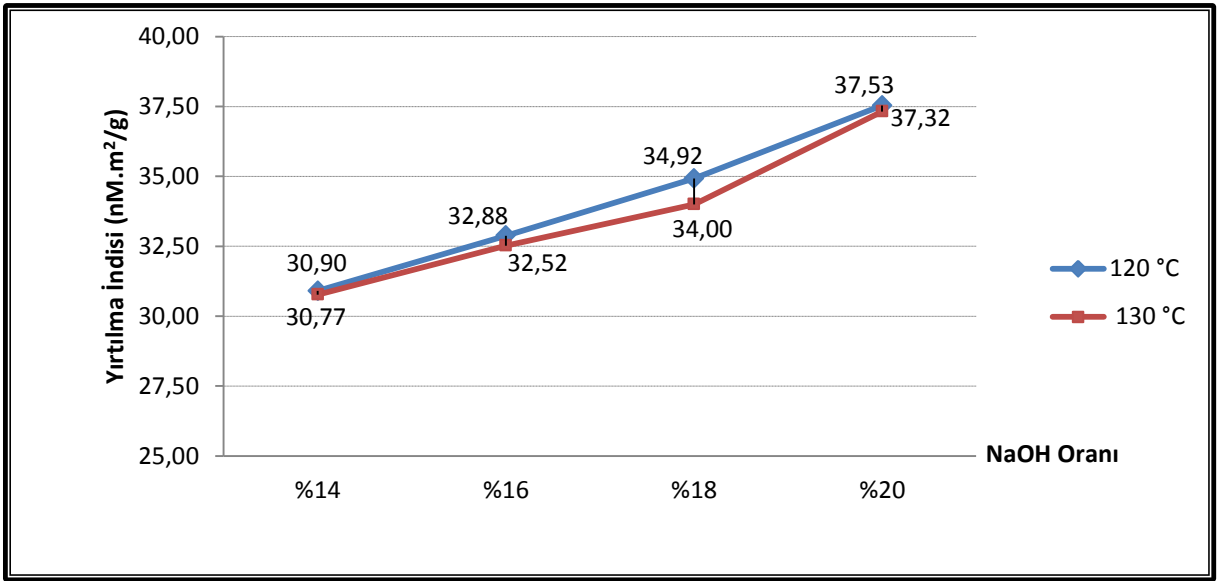
Şekil 4.52, 4.53 ve 4.54'de farklı NaOH ve dövülme derecelerinden elde edilen kâğıtların yırtılma indislerinin sıcaklıkla değişimi verilmiştir. Buna göre her üç Şekilde de sıcaklığın 120°C'den 130°C'ye çıkarılması ile yırtılma indislerinin azaldığı ancak bu azalmaların ancak dövülmemiş ve 35 SR°'lik kâğıtlar da %95 anlam düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.



Şekil 4.52 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların yırtılma indislerinin sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.53 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.54 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların yırtılma indislerinin sıcaklıkla değişimi.

#### 4.3.8 Pişirme Parametrelerinin Kağıdın Opaklık Değerleri Üzerine Etkisi

##### 4.3.8.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Baskı Opaklığına Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.66’da, varyans analizi sonuçları Tablo 4.67’de, dövme derecesine göre baskı opaklığının değişimi Şekil 4.55’de verilmiştir.

Tablo 4.66 Dövlmemeş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklığına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	80	96,0625	0,182	0,19
35 SR°	80	97,1725	0,196	0,20
Dövlmemeş	80	97,7648	0,183	0,19

Tablo 4.67 Dövlmemeş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklığına ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	119,480	2	59,740	1708	0,000**
Gruplar İçi	8,289	237	0,035		
Toplam	127,770	239			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

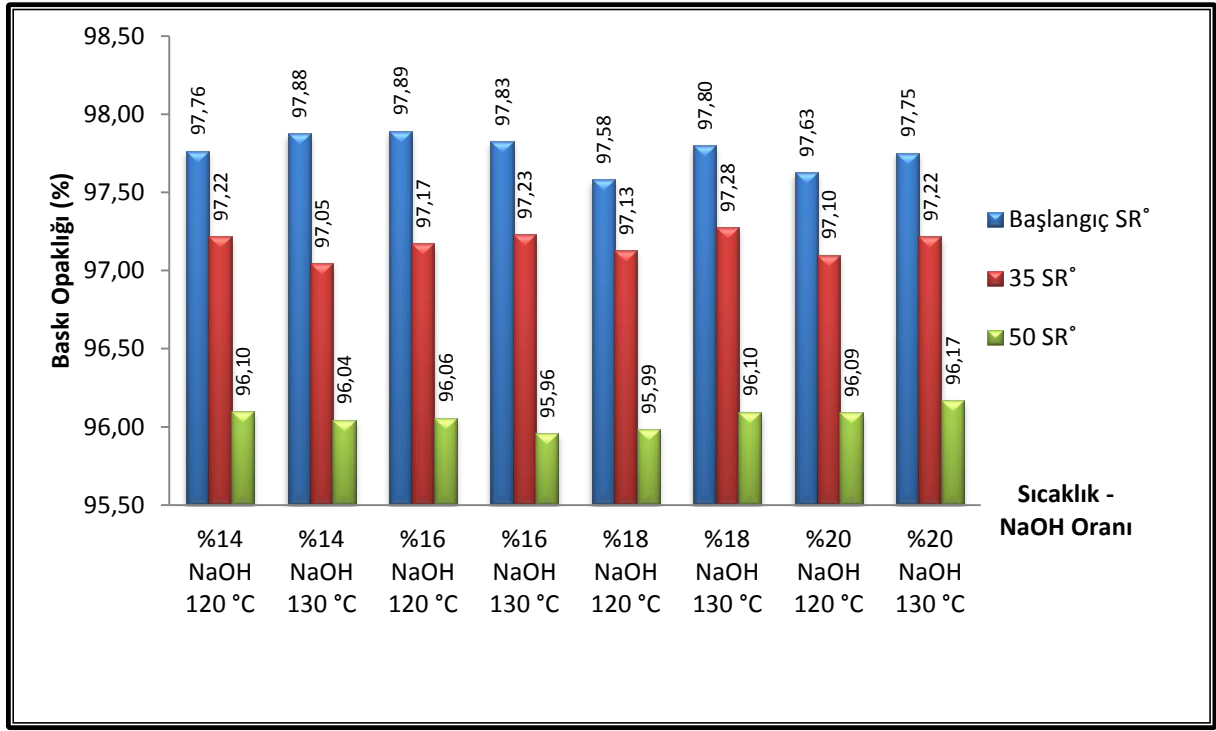
Dövlmemeş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklığı değerlerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde gruplar arasında anlamı bir fark olduğu görölmektedir. Hangi gruplar arasında farklılık olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve Tablo 4.68'te verilmiştir.

Tablo 4.68 Dövlmemeş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

SR Derecesi	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
50 SR°	80	X	
35 SR°	80		X
Dövlmemeş	80		X
Etkileşimler		Fark	±Limit
Dövlmemeş – 35 SR°		0,59225*	0,0296
Dövlmemeş – 50 SR°		1,70225*	0,0296
35 SR - 50 SR°		1,11000*	0,0296

\* P<0,05

Tablo 4.68'deki dövme derecesinin kağıdın baskı opaklığı üzerine etkisini gösteren Tukey testi ile Şekil4.55'deki grafik beraber incelendiğinde dövme derecesi arttıkça örnek kağıtların baskı opaklığının azaldığı ve bu azalmanın %95 güven aralığında arasında anlamlı olduğu görülmektedir. En yüksek baskı opaklığı değeri %16 NaOH oranı ve 120 °C sıcaklıkta pişirilmiş ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtlarda görülmüştür.



Şekil 4.55 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların baskı opaklıklarının dövme derecesi ile değişimi.

Opaklık ışık dağıtma özelliği arttıkça artar. Sert ve tüp şeklindeki lifler, cılız ve içine çökmüş ve daha iyi bağ yapmış liflere göre ışığı daha iyi dağıtırlar. Dolayısıyla dövme arttıkça baskı opaklığı azalır.

#### 4.3.8.2 NaOH Oranının Kağıdın Baskı Opaklığına Etkisi

Sorgum saplarının farklı NaOH oranlarında pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki baskı opaklığına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.69'da, varyans analizi sonuçları Tablo 4.70'de verilmiştir.

Tablo 4.69 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	%14	20	96,0720	0,196	0,20
	%16	20	96,1295	0,159	0,17
	%18	20	96,0410	0,208	0,22
	%20	20	96,0075	0,147	0,15
35 SR°	%14	20	97,1325	0,230	0,24
	%16	20	97,2000	0,165	0,17
	%18	20	97,2000	0,241	0,25
	%20	20	97,1575	0,135	0,14
Dövülmemiş	%14	20	97,8200	0,185	0,19
	%16	20	97,8590	0,162	0,16
	%18	20	97,7805	0,181	0,18
	%20	20	97,6890	0,145	0,15

Tablo 4.70 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların baskı opaklıklarına ait varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	0,161	3	0,054	1,672	0,180
	Gruplar İçi	2,444	76	0,032		
	Toplam	2,605	79			
35 SR°	Gruplar Arası	0,067	3	0,022	0,568	0,638
	Gruplar İçi	2,976	76	0,039		
	Toplam	3,042	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	0,462	3	0,154	5,372	0,002**
	Gruplar İçi	2,180	76	0,029		
	Toplam	2,642	79			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Tablo 4.70'deki varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR° ve 35 SR° kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların baskı opaklıkları arasında NaOH oranına bağlı olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. Buna karşın dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıkları arasında NaOH oranına bağlı olarak %95 güven aralığında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

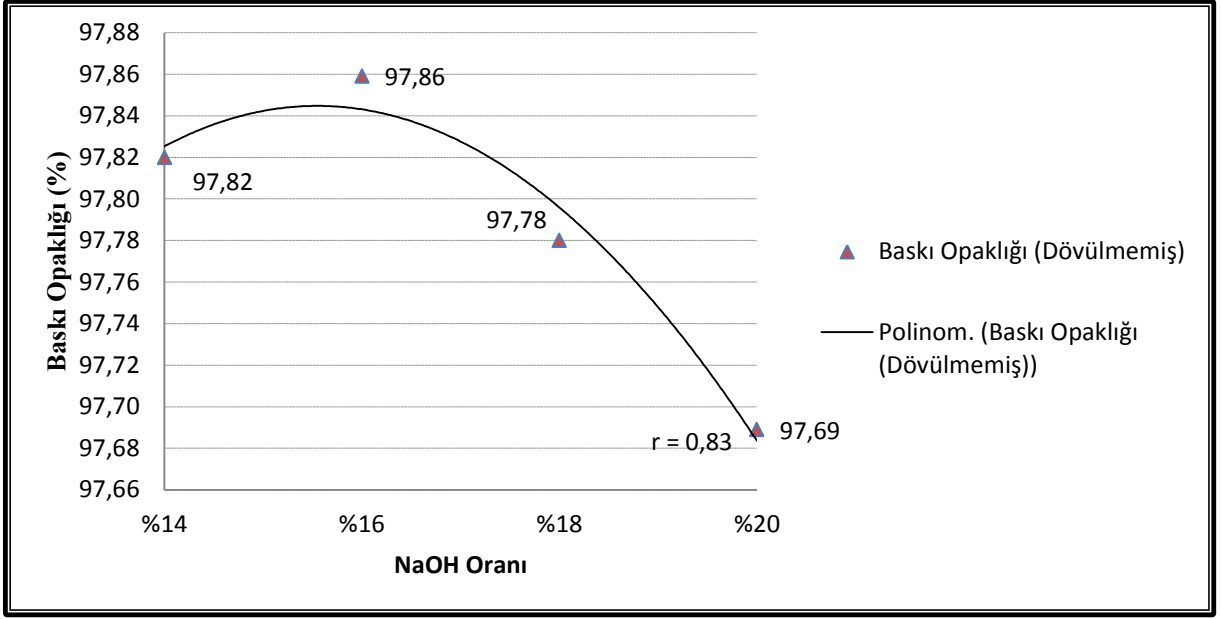
% 95 güven aralığında NaOH oranının kağıdın baskı opaklığına etkisini gösteren Tukey testlerine ait sonuçlar Tablo 4.71’de verilmiştir.

Tablo 4.71 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların baskı opaklıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Dövülme Derecesi					
		50 SR° Eş Gruplar		35 SR° Eş Gruplar		Dövülmemiş Eş Gruplar	
%14	20	X		X		X	X
%16	20	X		X			X
%18	20	X		X		X	X
%20	20	X		X		X	
Etkileşimler		Fark	±Limit	Fark	±Limit	Fark	±Limit
%14 - %16		-0,0575	0,0567	-0,0675	0,626	-0,0390	0,0535
%14 - %18		0,0310	0,0567	-0,0675	0,626	0,1290	0,0535
%14 - %20		0,0645	0,0567	-0,0250	0,626	0,1310	0,0535
%16 - %18		0,0885	0,0567	0,0000	0,626	0,0785	0,0535
%16 - %20		0,1220	0,0567	0,0425	0,626	0,1700*	0,0535
%18 - %20		0,0335	0,0567	0,0425	0,626	0,0020	0,0535

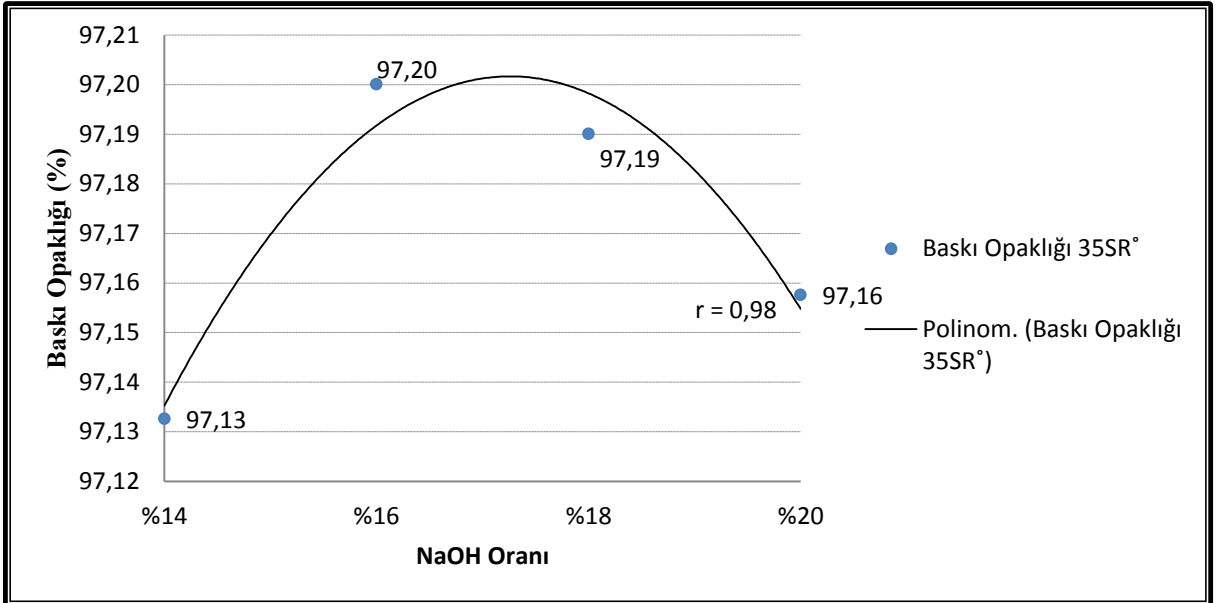
\* P<0,05

Tablo 4.71’deki farklı dövülme derecelerindeki hamurlardan elde edilen kağıtların NaOH oranına bağlı baskı opaklıklarına ait Tukey testi sonuçları incelendiğinde 50 SR° ve 35 SR°’de NaOH oranı ile baskı opaklığı arasında yüksek korelasyonlar( $r=0,83$ ;  $r=0,995$ ) olmasına rağmen %95 anlamlılık düzeyinde her iki dövülme derecesinde de baskı opaklıkları arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıkları arasında NaOH oranının %16’dan %20’ye artırılması ile bir azalma gözlenmiş ve bu azalmanın %95 anlamlılık düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Bunun dışında diğer NaOH oranlarında elde edilen kağıtların baskı opaklıkları arasındaki artış ve azalışların %95 anlamlılık düzeyinde önemli olmadığı görülmüştür. Şekil 4.56, Şekil 4.57 ve Şekil 4.58’de farklı dövülme derecelerindeki kağıtların baskı opaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi gösterilmiştir.



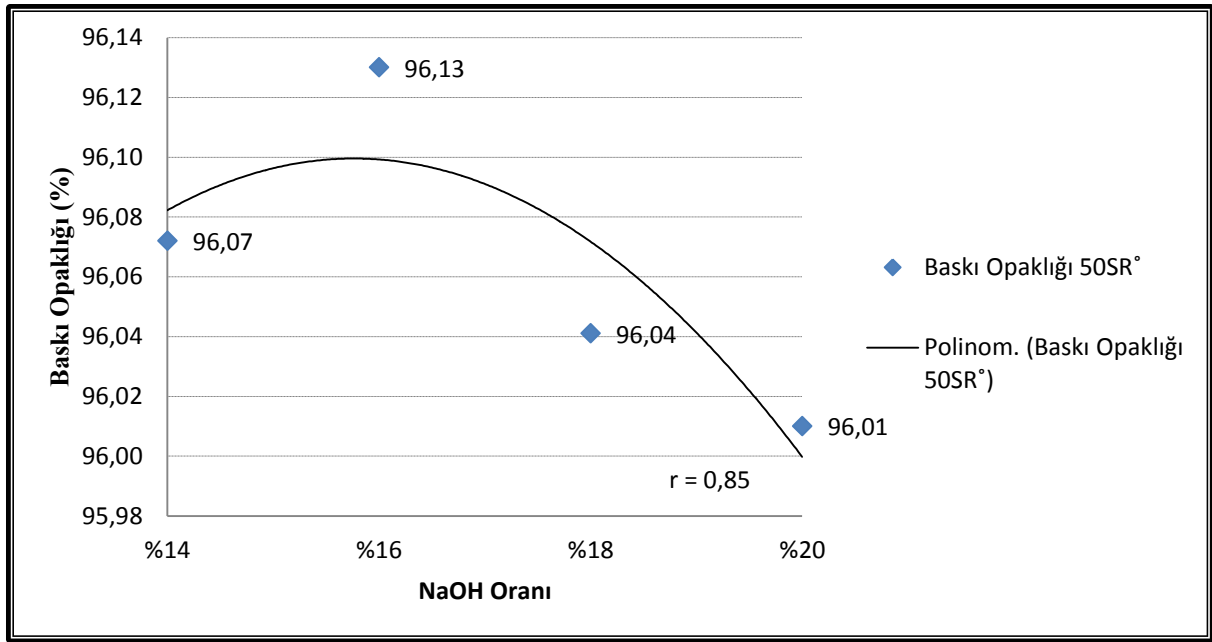
Şekil 4.56 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.

Şekil 4.56-58 beraber incelendiğinde NaOH oranının %14'den %16'ya artırılması ile örnek kağıtların baskı opaklığı artmış ve her üç dövülme derecesinde de maksimum değere ulaşmıştır. NaOH oranının %16'dan %20'ye kadar artırılması süresince örnek kağıtların baskı opaklıkları azalmıştır.



Şekil 4.57 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.





Şekil 4.58 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.

#### 4.3.8.3 Pişirme Sıcaklığının Kağıdın Baskı Opaklığına Etkisi

Sorgum saplarının 120°C ve 130°C sıcaklık değerlerinde pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki baskı opaklığına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.71’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.73’te verilmiştir.

Tablo 4.72 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Pişirme Sıcaklığı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	120 °C	40	96,0588	0,165	0,17
	130 °C	40	96,0662	0,199	0,21
35 SR°	120 °C	40	97,1535	0,190	0,20
	130 °C	40	97,1915	0,203	0,21
Dövülmemiş	120 °C	40	97,7158	0,205	0,21
	130 °C	40	97,8138	0,144	0,15

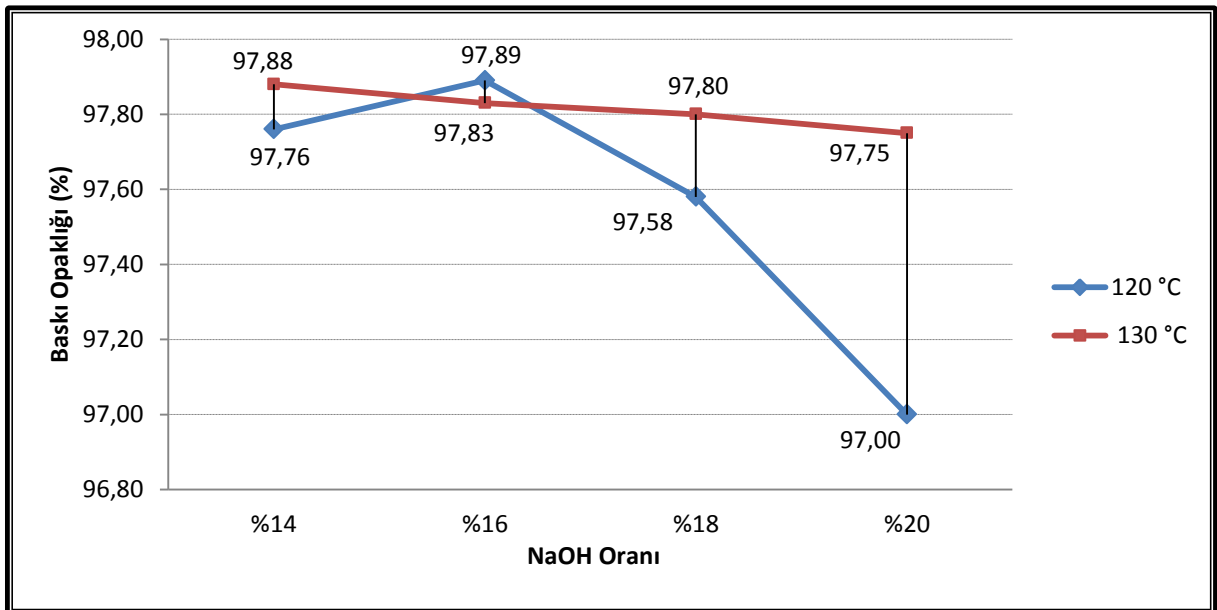
Tablo 4.73 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların baskı opaklıklarına ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	0,001	1	0,001	0,034	0,855
	Gruplar İçi	2,604	78	0,033		
	Toplam	2,605	79			
35 SR°	Gruplar Arası	0,29	1	0,029	0,748	0,390
	Gruplar İçi	3,013	78	0,039		
	Toplam	3,042	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	0,192	1	0,192	6,115	0,016*
	Gruplar İçi	2,450	78	0,031		
	Toplam	2,642	79			

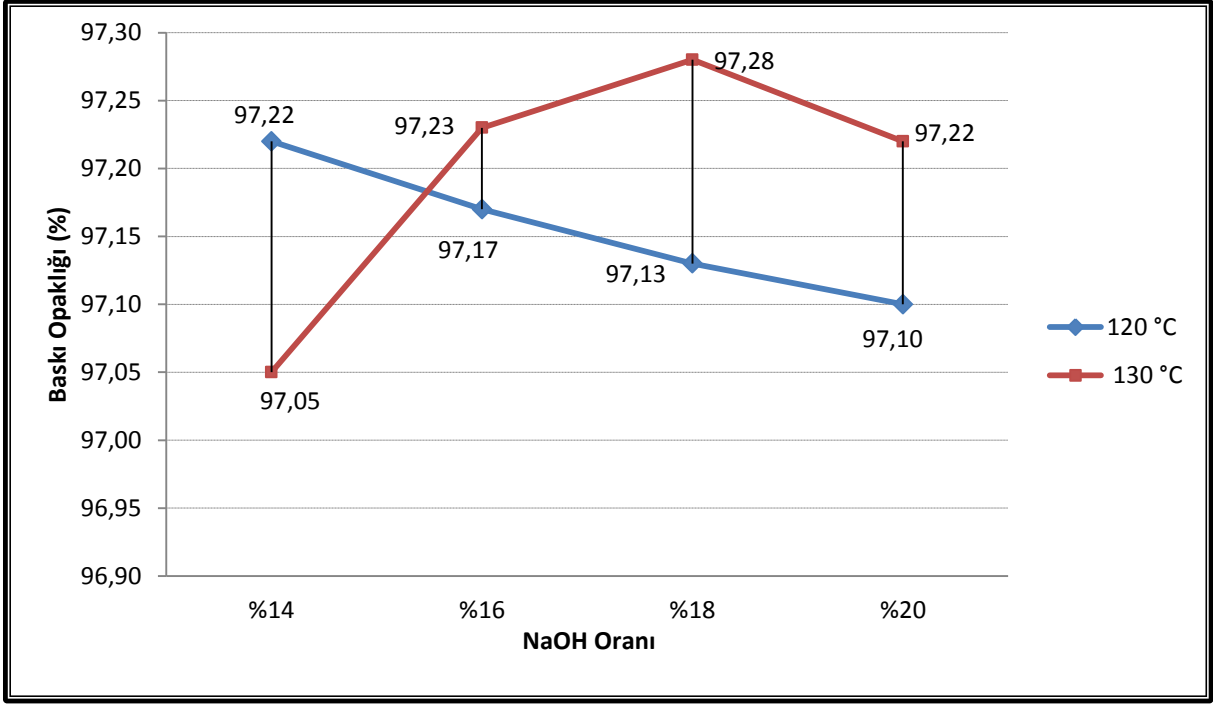
\* P<0,05, \*\*P<0,01

Tablo 4.73'deki varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR° ve 35 SR° kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların baskı opaklıkları arasında sıcaklık değişimine bağlı olarak anlamlı bir fark görülmezken dövülmemiş hamurların kağıtlarının baskı opaklıkları arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

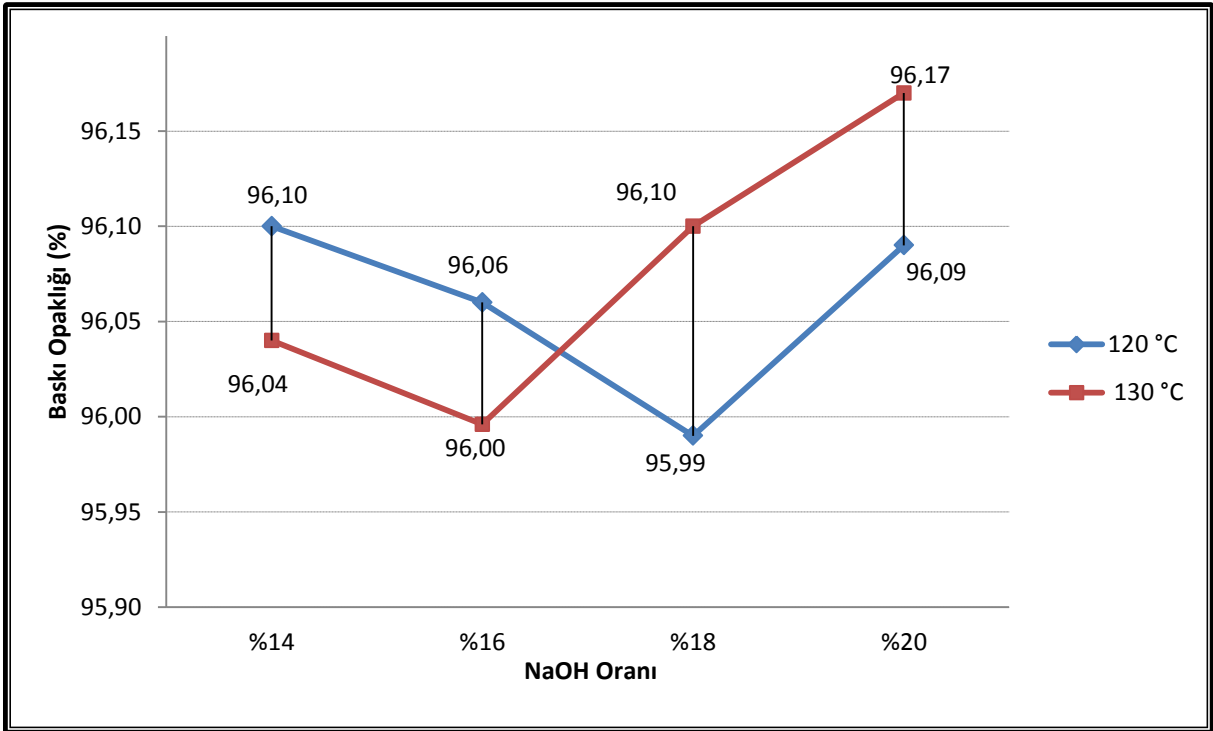
Şekil 4.59-61'de farklı NaOH oranlarında ve dövülme derecelerindeki kağıtların baskı opaklıklarının sıcaklığa bağlı değişimi verilmiştir. Buna göre genel anlamda sıcaklığın artması ile baskı opaklığı da artmıştır.



Şekil 4.59 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.60 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.61 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı opaklıklarının sıcaklıkla değişimi.

### 4.3.9 Pişirme Parametrelerinin Kağıdın Beyazlığı Üzerine Etkisi

#### 4.3.9.1 Dövülme Derecesinin Kâğıdın Beyazlığına Etkisi

Dövülmemiş, 35 SR° ve 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı Tablo 4.74’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.75’te, dövme derecesine göre beyazlığın değişimi Şekil 4.62’de verilmiştir.

Tablo 4.74 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlığına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	80	-52,1469	8,623	16,53
35 SR°	80	-46,9365	9,332	19,88
Dövülmemiş	80	-44,1976	9,609	21,74

Tablo 4.75 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlığına ait varyans analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
Gruplar Arası	2609,067	2	1304,534	15,421	0,000**
Gruplar İçi	20049,443	237	84,597		
Toplam	22658,510	239			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

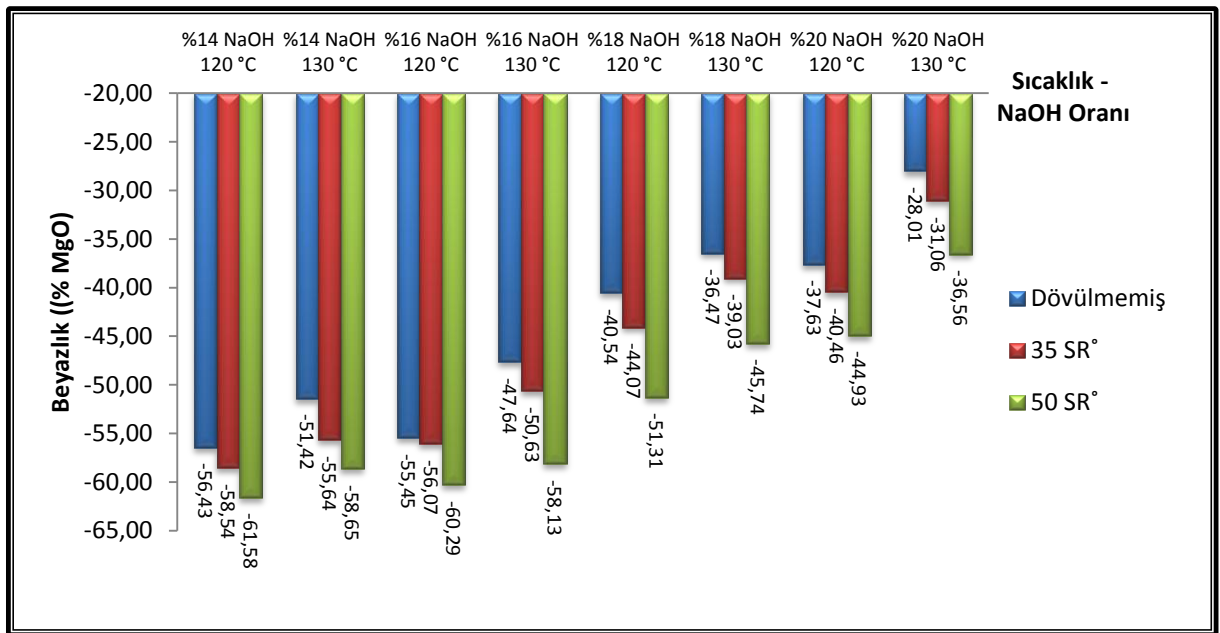
Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlık değerlerinin varyans analizi sonuçları incelendiğinde gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Hangi gruplar arasında farklılık olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.76’te verilmiştir.

Tablo 4.76 Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

SR Derecesi	Örnek Sayısı	Eş Gruplar	
50 SR°	80	X	
35 SR°	80		X
Dövülmemiş	80		X
Etkileşimler		Fark	±Limit
Dövülmemiş – 35 SR°		2,7388	1,4543
Dövülmemiş – 50 SR°		7,9492*	1,4543
35 SR - 50 SR°		5,2103*	1,4543

\* P<0,05

Tablo 4.76 teki dövme derecesinin kağıdın beyazlığı üzerine etkisini gösteren Tukey testi ile Şekil 4.62'deki grafik beraber incelendiğinde dövme derecesi arttıkça örnek kağıtların beyazlıklarının azaldığı fakat bu azalmanın %95 güven aralığında dövülmemiş ve 35 SR° hamurların kağıtlarının beyazlık değerleri arasında anlamlı olmadığı görülmektedir. Buna karşın 50 SR° hamurların kağıtları ile 35 SR° ve dövülmemiş hamurların kağıtlarının beyazlık değerleri arasındaki azalmanın %95 güven aralığında anlamlı olduğu görülmüştür. En yüksek beyazlık değeri %20 NaOH oranı ve 130 °C sıcaklıkta pişirilmiş ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtlarda görülmüştür.



Şekil 4.62 Farklı pişirme koşullarında örnek kağıtların beyazlıklarının dövme derecesi ile değişimi.

#### 4.3.9.2 NaOH Oranının Kağıdın Beyazlığına Etkisi

Sorgum saplarının farklı NaOH oranlarında pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerindeki beyazlıklarına ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.77’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.78 de verilmiştir.

Tablo 4.77 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının NaOH oranına bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	% 14	20	-60,1110	1,780	2,96
	% 16	20	-59,2105	2,066	3,49
	% 18	20	-48,5255	3,208	6,61
	% 20	20	-40,7405	4,626	11,35
35 SR°	% 14	20	-57,0855	1,699	2,97
	% 16	20	-53,3500	3,269	6,13
	% 18	20	-41,5505	3,061	7,37
	% 20	20	-35,7600	5,040	14,09
Dövülmemiş	% 14	20	-53,9255	2,700	5,01
	% 16	20	-51,5435	4,267	8,27
	% 18	20	-38,5040	2,426	6,30
	% 20	20	-32,8175	5,068	15,44

Tablo 4.78 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarına ait varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	5130,837	3	1710,279	174,792	0,000**
	Gruplar İçi	743,633	76	9,785		
	Toplam	5874,470	79			
35 SR°	Gruplar Arası	5961,16	3	1987,056	164,341	0,000**
	Gruplar İçi	918,923	76	12,091		
	Toplam	9880,08	79			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	6210,361	3	2070,12	145,068	0,000**
	Gruplar İçi	1084,523	76	14,27		
	Toplam	7294,884	79			

\* P<0,05 ; \*\* P<0,01

Tablo 4.78’deki varyans analizi sonuçlarına göre %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların beyazlıkları arasında NaOH oranına

bağlı olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Tukey testi yapılmış ve sonuçları Tablo 4.79’da verilmiştir.

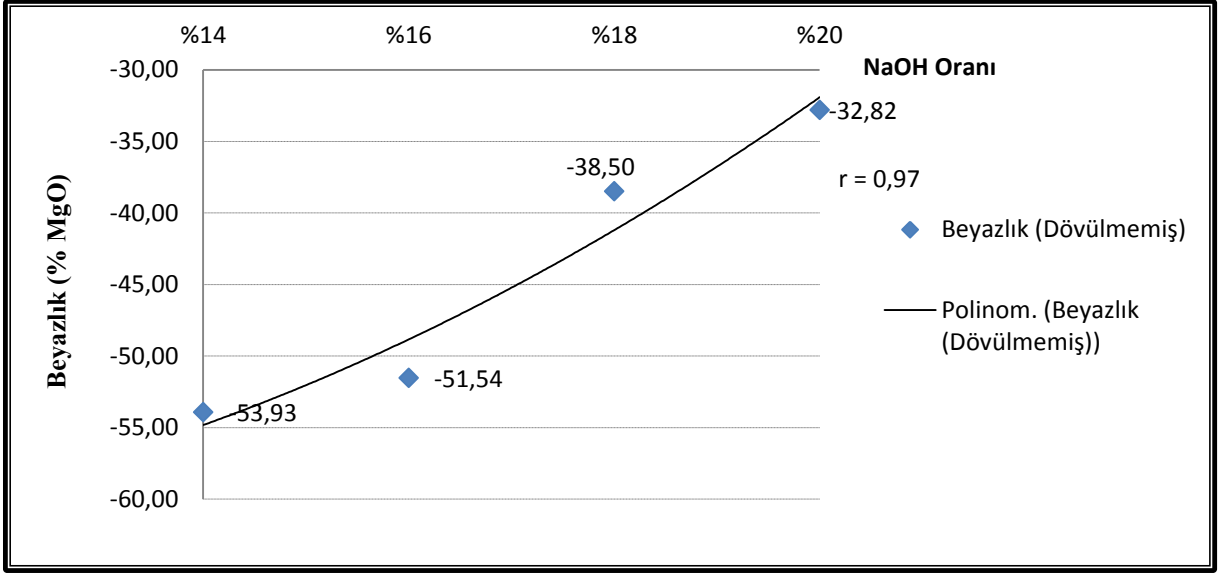
Tablo 4.79 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlıklarının %95 güven aralığında farklılıklarını gösteren Tukey testine ait sonuçlar.

NaOH Oranı	Örnek Sayısı	Dövülme Derecesi					
		50 SR° Eş Gruplar		35 SR° Eş Gruplar		Dövülmemiş Eş Gruplar	
%14	20	X		X		X	
%16	20	X		X		X	
%18	20	X		X		X	
%20	20	X		X		X	
Etkileşimler		Fark	±Limit	Fark	±Limit	Fark	±Limit
% 14 - %16		-0,9005	0,989	-3,735*	1,099	-2,3820	1,194
% 14 - %18		-11,585*	0,989	-15,535*	1,099	-15,421*	1,194
% 14 - %20		-19,370*	0,989	-21,325*	1,099	-21,108*	1,194
% 16 - %18		-10,685*	0,989	-11,799*	1,099	-13,039*	1,194
% 16 - %20		-18,470*	0,989	-17,590*	1,099	-18,726*	1,194
% 18 - %20		-7,7850*	0,989	-5,790*	1,099	-5,686*	1,194

\* P<0,05

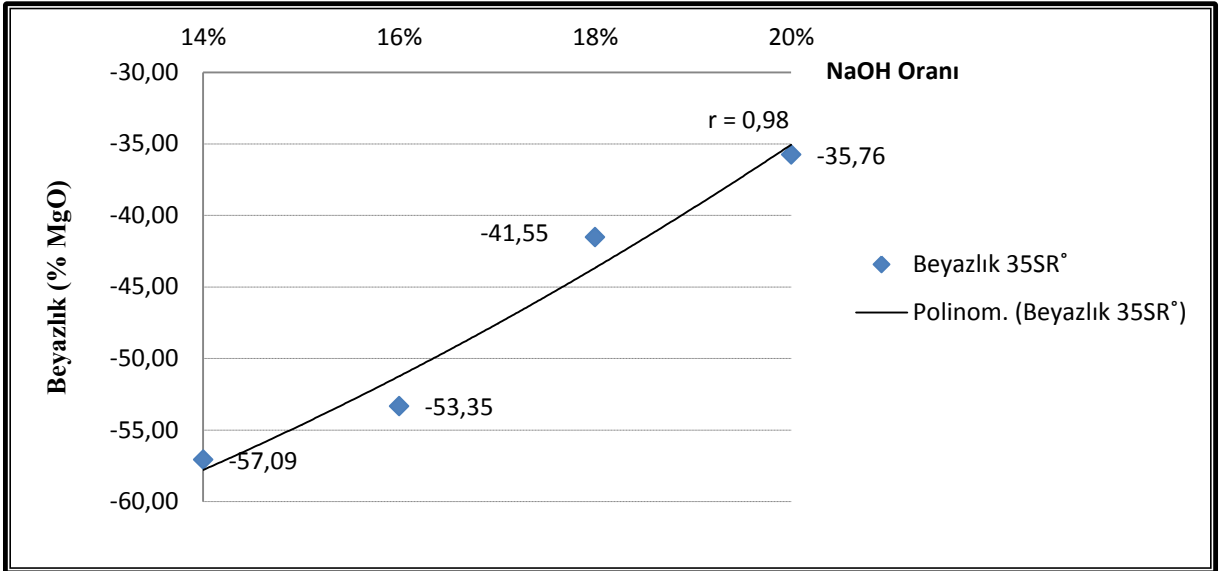
Tablo 4.79’deki farklı dövülme derecelerindeki hamurlardan elde edilen kâğıtların NaOH oranına bağlı beyazlıklarına ait Tukey testi sonuçları incelendiğinde 50 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlıklarında NaOH oranının %14’den %16’ya artırılması ile bir artış gözlenmiş fakat bu artışların %95 anlamlılık düzeyinde önemli olmadığı görülmüştür. Bunun dışında diğer NaOH oranlarında elde edilen kâğıtların beyazlıkları arasındaki artış ve azalışların %95 anlamlılık düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. 35 SR° hamurdan elde edilen kâğıtların beyazlıkları NaOH oranının artması ile beraber sürekli bir artış göstermiş ve bu artışların %95 anlamlılık düzeyinde önemli olduğu görülmüştür.

Şekil 4.63, Şekil 4.64 ve Şekil 4.65’de farklı dövülme derecelerindeki kâğıtların beyazlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi gösterilmiştir.



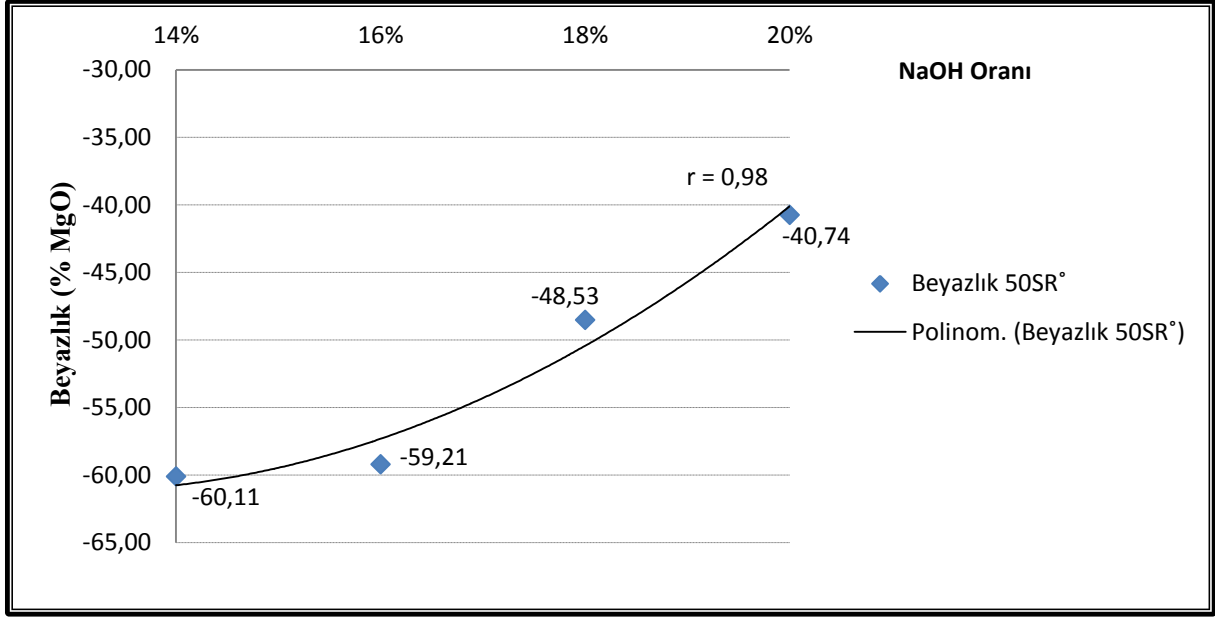
Şekil 4.63 Dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.

Şekil 4.63, Şekil 4.64 ve Şekil 4.65 beraber incelendiğinde NaOH oranının %14'den %20'ye çıkarılması süresince örnek kağıtların beyazlıklarının da arttığı görülmektedir. Dövülmemiş, 50 SR° ve 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtlarda NaOH oranının %20'ye çıkmasıyla beyazlık maksimum değere ulaşılmıştır. Yine her üç Şekilde incelendiğinde NaOH oranı ile beyazlık arasında yüksek bir korelasyon ( $r=0,98$ ;  $r=0,87$ ) olduğu görülmektedir.



Şekil 4.64 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.





Şekil 4.65 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının NaOH oranına bağlı değişimi.

#### 4.3.9.3 Pişirme Sıcaklığının Kağıdın Beyazlığına Etkisi

Sorgum saplarının 120°C ve 130°C sıcaklık değerlerinde pişirilmesiyle elde edilen kağıt hamurlarının farklı dövülme derecelerinden elde edilen kağıtların sıcaklığa bağlı beyazlık değerlerine ait ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri Tablo 4.80’de, varyans analizi sonuçları Tablo 4.81 de verilmiştir.

Tablo 4.80 Dövülmemiş, 35 SR°, 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının sıcaklığa bağlı ortalama, standart sapma ve varyasyon katsayısı değerleri.

SR° Derecesi	Pişirme Sıcaklığı	Örnek Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı (%)
50 SR°	120 °C	30	-52,1757	6,618	12,68
	130 °C	40	-49,7680	9,455	18,99
35 SR°	120 °C	30	-46,8653	6,981	14,89
	130 °C	40	-44,0900	9,864	22,37
Dövülmemiş	120 °C	30	-44,5410	8,022	18,01
	130 °C	40	-40,8823	9,456	23,12

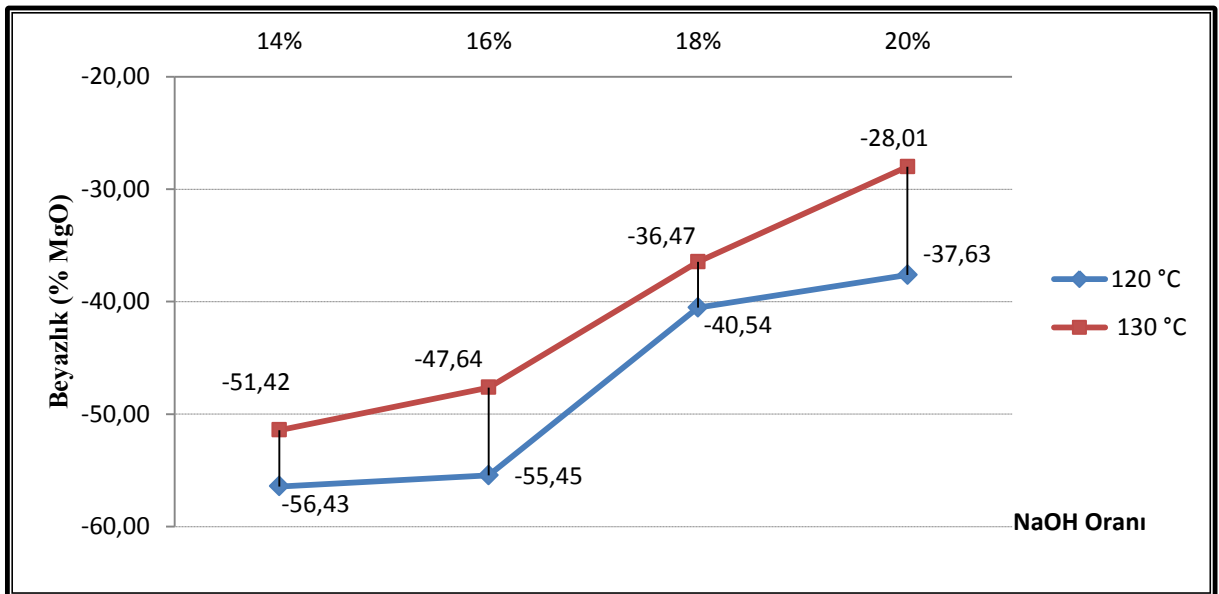
Tablo 4.81 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş hamurlardan elde edilen kâğıtların beyazlıklarına ait sıcaklığa bağlı varyans analizi sonuçları.

SR° Derecesi	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri
50 SR°	Gruplar Arası	99,375	1	99,375	1,420	0,237
	Gruplar İçi	4757,165	68	69,958		
	Toplam	4856,540	69			
35 SR°	Gruplar Arası	132,042	1	132,042	1,724	0,194
	Gruplar İçi	5208,299	68	76,593		
	Toplam	5340,342	69			
Dövülmemiş	Gruplar Arası	229,482	1	229,482	2,915	0,092
	Gruplar İçi	5354,042	68	78,736		
	Toplam	5583,524	69			

\* P<0,05, \*\*P<0,01

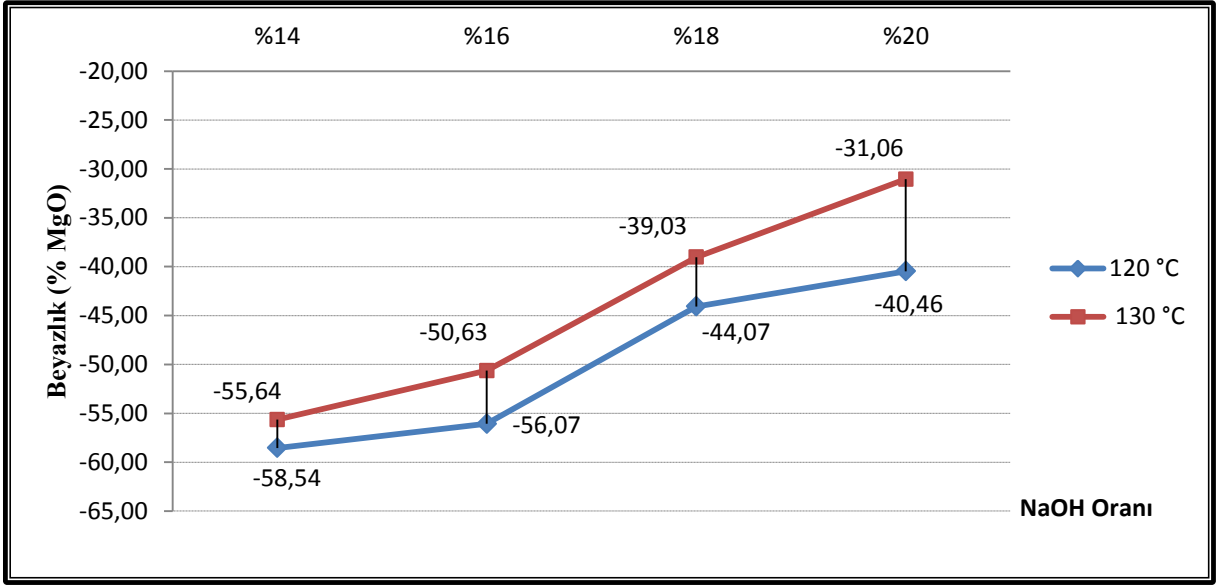
Buna göre %95 güven aralığında 50 SR°, 35 SR° ve dövülmemiş kağıt hamurlarından elde edilen kağıtların beyazlıkları arasında sıcaklık değişimine bağlı olarak %95 anlam düzeyinde önemli bir fark olmadığı görülmüştür.

Farklı dövme derecelerindeki hamurlardan üretilmiş kağıtların beyazlık değerlerinin sıcaklıkla değişimi Şekil 4.66, Şekil 4.67 ve Şekil 4.69’de verilmiştir.

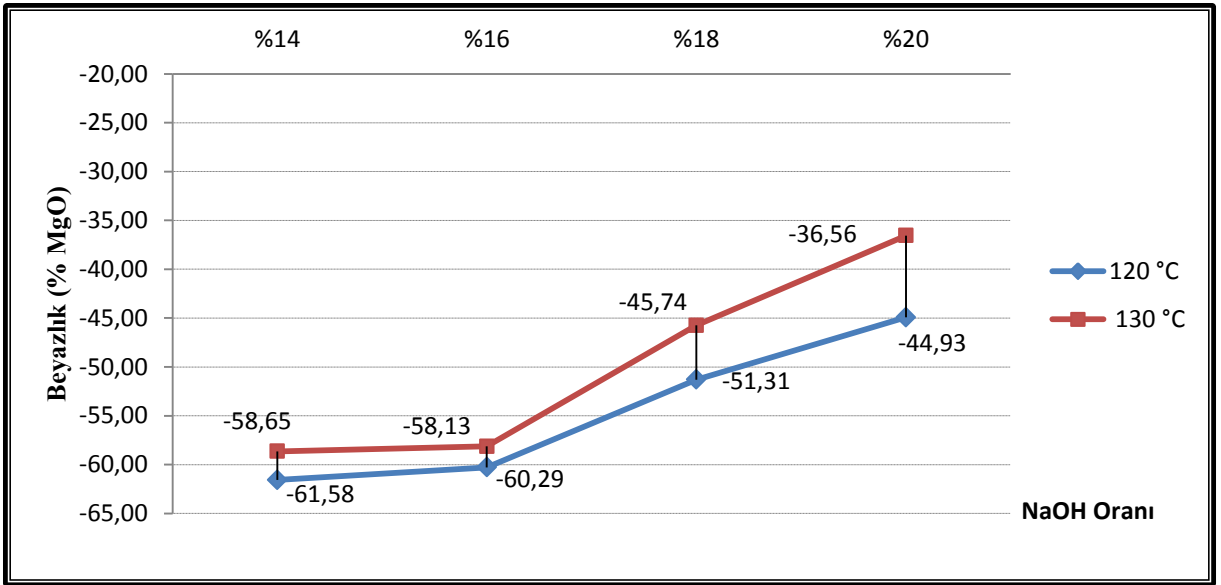


Şekil 4.66 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş dövülmemiş hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının sıcaklıkla değişimi.

Şekil 4.66, Şekil 4.67 ve Şekil 4.68 beraber incelendiğinde sıcaklığın 120°C'den 130°C'ye çıkarılması ile örnek kağıtların beyazlıklarının arttığı görülmektedir. Sıcaklığa bağlı olarak en fazla artış %20 NaOH oranında pişirilmiş ve dövülmemiş hamurdan elde edilmiş kağıtların beyazlık değerlerinde gözlenmiştir. Fakat bu artış miktarlarının Tablo 4.8 deki varyans analizi sonuçlarına göre %95 anlamlılık düzeyinde önemli olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.67 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 35 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların beyazlıklarının sıcaklıkla değişimi.



Şekil 4.68 Farklı NaOH oranlarında pişirilmiş 50 SR° hamurlardan elde edilen kağıtların baskı beyazlıklarının sıcaklıkla değişimi.

## BÖLÜM V

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kağıt, kültür ve sanayi alanındaki yeri ile insanlığın en önemli ihtiyaç maddelerinden biridir. Bu nedenle kağıt sanayinin gelişmesi, bir ülkenin sanayi ve kültürel gelişmesi ile paraleldir. Bu yönüyle kağıt tüketimi bir uygarlık ölçüsü olarak görülmektedir. Teknolojideki gelişmelere dayalı olarak kağıt üretiminin ve tüketiminin ciddi boyutlara ulaşmış olması kağıtlık hammadde sıkıntısını da beraberinde getirmiştir.

Dünyada ve ülkemizde kağıt hamuru üretimi için hammadde girdilerinin büyük kısmını odun materyali oluşturmaktadır. Ülkemizin orman kaynakları sınırlı olup son yıllarda üretim tüketimi karşılamamakta, ithalat yoluna gidilmektedir. Kağıt tüketiminin artarak devam ettiği düşünülürse ilerleyen yıllarda oduna dayalı kağıtlık hammadde açığının daha da artacağı aşikardır. Kağıtlık hammadde sorununun çözümü için ortaya konulan en önemli çözüm yollarından biri de yıllık bitkilerden yararlanmaktır. Özellikle ülkemizin bir tarım ülkesi olduğu göz önüne alınırsa, kağıt endüstrisinde oluşacak hammadde sorununun çözümü için, Türkiye'nin önemli miktarda yıllık bitki potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.

Daha önce yapılmış olan çalışmalarda buğday,tütün, pamuk, haşhaş, ayçiçeği sapı, kamış vb. yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretimi çalışmaları yapılmış olup bunlardan bazıları kendilerine uygulama alanları bulmuştur. Çalışmamız da ABD ve bazı Avrupa ülkelerinde üzerinde ıslah çalışmaları yapılarak, özellikle yem ihtiyacını karşılamak için ekimi yaygınlaşmış olan ve ülkemizde de ekimi her geçen sene artan sorgum bitkisi ele alınmıştır. Sorgum ana ürün olarak ekildiğinde yılda 6-7 kez biçilebilmesi, kuraklığa dayanıklı olması, yeşil ve kuru ot veriminin yüksek olması nedeniyle kağıtlık hammadde açısından önemli bir materyal olabileceği kanaatindeyiz.

Literatürde sorgumun kağıt endüstrisinde kullanılmasına yönelik bir olarak yok denecek kadar az çalışmaya rastlanılmış olması nedeniyle çalışmamızın bu yöndeki çalışmalara ışık

tutacağını umut ediyoruz. Bu kapsamda sorgum saplarından ve yapraklarından NaOH yöntemiyle kağıt hamuru üretilmiş ve elde edilen hamurlardan deney kağıtları üretilerek fiziksel, optik ve mekanik özellikleri test edilmiştir. İstatistiksel analizler yardımıyla en uygun koşullar belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar bu bölümde sırası ile ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

### **5.1 TUKEY TESTİ SONUÇLARINA GÖRE NAOH YÖNTEMİYLE SORGUM SAPLARINDAN KAĞIT HAMURU ÜRETİMİNDE EN UYGUN PİŞİRME KOŞULLARININ BELİRLENMESİ**

Daha önce yapılan çalışmalardan NaOH'in yıllık bitkilerden kağıt hamuru üretimi için uygun bir ajan olduğu bilinmektedir. Ayrıca, endüstriyel olarak da soda yöntemi başarılı bir üretim sürdürmektedir. Buna dayanarak, sorgumdan kağıt hamuru üretimi çalışmasında da NaOH yöntemi kullanılarak en uygun koşullar belirlenmiştir.

Pişirmede etkili olan NaOH oranı ve pişirme sıcaklığının değiştirilmesi ile kurulan 8 pişirmelik modele ait en uygun pişirme koşulları Tablo 5.1'de verilmiştir.

Değerlendirme aşamasında, kapa numarasının en düşük değeri ve hamur veriminin en yüksek oranı esastır. Deney kağıtlarının 50 SR°'deki kopma uzunluğu, parlaklık, patlama indisi, yırtılma indisi, opaklık, beyazlık, hava geçirgenliği, yüzey düzgünlüğü ve kalınlığın en yüksek değerleri ve bu değerler ile %5 anlam düzeyinde aralarındaki farkın önemli olmadığı değerler dikkate alınmıştır.

Yapılan Tukey testi sonuçlarına göre maksimum değer sağ tarafına (değer\*), maksimum olmayıp ancak %5 anlam düzeyinde maksimum değer ile arasındaki farkın önemli olmadığı değer sade olarak yazılmıştır. %5 anlam düzeyinde farkın önemli olduğu değerler dikkate alınmayıp yerlerine sıfır değeri (0) verilmiştir. Optimum değere (değer\*) ve ikinci sıradaki değere 1'er puan verilerek Tablo 5.1'in son satırında puan toplamı yapılarak en yüksek puanlı koşullar optimum pişirme koşulları olarak belirlenmiştir.

Sorgumdan NaOH yöntemiyle elde edilmiş örnek kağıtların hava geçirgenliği ve kağıt kalınlığı testleri yapılmış ve bölüm 4'te istatistiksel olarak incelenmiş olmasına rağmen bu

kriterlerin üretmek istenen kağıdın özelliklerine göre değişkenlik göstermesinden dolayı, optimum koşulların belirlenmesi aşamasında puanlamaya dahil edilmemiştir.

Tablo 5.1 incelendiğinde elenmiş verim NaOH oranları kendi aralarına değerlendirildiğinde %14’de (%43,47) en yüksek değeri almıştır. Elenmiş verim için sıcaklık baz alındığında 130°C’de (%41,81) ile en yüksek değeri almış olmasına rağmen 120°C’deki elenmiş verim (%41,21) ile arasındaki fark %95 anlam düzeyinde önemli olmadığından enerji tasarrufu sağlamak için 120°C elenmiş verim için optimum sıcaklık değeri olarak alınabilir. Sonuç olarak elenmiş verim baz alındığında optimum şartlar %14 NaOH ve 120°C olarak belirlenmiştir.

Kappa numarası pişirme parametreleri kendi aralarında değerlendirildiğinde %20 NaOH de (%8,45) ve 130°C’de (%10,30) en küçük değerlerini almıştır. Ancak, 120 °C’deki kappa numarası ile 130°C’deki kappa numarası arasındaki fark %95 anlam düzeyinde önemli bulunmadığından 120°C yine optimum sıcaklık alınabilir.

Tablo 5.1 Tukey testi sonuçlarına göre sorgum saplarından NaOH yöntemiyle elde edilen kağıt hamuru ve üretilen kağıtların en uygun koşulları.

ÖZELLİKLER	PİŞİRME PARAMETRELERİ					
	Sıcaklık (°C)		NaOH Oranı (%)			
	120	130	14	16	18	20
Elenmiş Verim (%)	41,21	41,81*	43,47*	43,42	40,98	0
Kappa Numarası	11,36	10,30*	0	0	0	8,45*
Kopma Uzunluğu (km)	2,11*	2,06	0	0	0	2,28*
Yüzey Düzgünlüğü (ml/s)	502,73	504,9*	443,72*	0	0	0
Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	3,72*	0	3,69	3,77*	3,71	0
Yırtılma İndisi (nM.m <sup>2</sup> /g)	34,05*	33,65	0	0	0	*37,42
Baskı Opaklığı (%)	96,06	96,07*	96,07	96,13*	96,04	96,01
Beyazlık (% MgO)	-52,18	-49,77*	0	0	0	-40,74*
Parlaklık	33,57	33,98*	0	0	0	37,30*
Toplam Puanlar	9	8	4	3	3	6
Enerjiden ve kullanılan kimyasaldan tasarruf etmek için yapılan düzeltmeden sonra puan durumu	9	0	4	0	0	5

Tablo 5.1 incelendiğinde puanlama tablosunda incelenen toplam 9 kriterden 6 tanesinin 130°C’de en yüksek değeri aldığını görüyoruz. Ancak, kağıt hamurunun kappa numaraları ve elenmiş verimleri ile örnek kağıtların fiziksel, mekaniksel ve optik özellikleri bakımından 120°C’deki değerler ile 130°C’deki değerler arasında patlama indisi hariç %95 anlam düzeyinde önemli bir fark görülmemiştir. Örnek kağıtların patlama indislerinin 120 °C’de en yüksek değerde olduğu da göz önüne alınırsa, 120°C enerji tasarrufu sağlamak adına optimum pişirme sıcaklığı olarak belirlenebilir.

Örnek kağıtların fiziksel, mekaniksel ve optik özellikleri bakımından NaOH oranları kendi aralarında değerlendirildiğinde, kopma uzunluğu, yırtılma indisi, beyazlık ve parlaklık %20 NaOH oranında en yüksek değerlerini (sırasıyla 2,28 / 37,42 / -40,74 / 37,30) almışlardır. Yüzey düzgünlüğü %14 NaOH oranında en iyi değerini (443,72) almıştır. Patlama indisi %16 NaOH oranında en yüksek (3,77) değerini almış olmasına rağmen, %14’deki (3,69) ve %18’deki (3,71) patlama indisleri ile arasındaki farkın %95 anlam düzeyinde önemli olmadığı görülmüştür. Tüm NaOH oranları arasında baskı opaklığı bakımından %95 anlam düzeyinde önemli bir fark olmadığı görülmüş ve %16 NaOH oranında en yüksek (96,13) baskı opaklığı elde edilmiştir.

Yukarıdaki bilgilerin ışığında pişirmede kullanılan NaOH miktarından tasarruf etmek için, baskı opaklığı ve patlama indisi bakımından %95 anlam düzeyinde %14 NaOH oranında elde edilen değerler ile en yüksek değerler arasında önemli bir fark bulunamamış olduğundan %14 NaOH oranı uygun koşul olarak belirlenebilir.

Bu düzenleme sonunda Tablo 5.1’de yapılan puanlamada %20 NaOH oranının puanı 6’dan 5’e düşer, 3’er puanı bulunan %16 ve %18 NaOH oranlarının puanları kalmazken, %14 NaOH’ın puanı 4’te sabit kalır.

Yukarıda edinilen bilgilere göre NaOH yöntemiyle sorgum saplarından kağıt hamuru üretimi için optimum pişirme şartlarının aşağıdaki şekilde olması uygun görülmektedir.

Pişirme Sıcaklığı :120 °C

NaOH Oranı : % 20

Çözelti/Sap Oranı : 5/1

Pişirme Süresi : 60 dak.

Sorgum-Sudan Otu Melezi'nden NaOH yöntemiyle kağıt hamuru ve kağıt üretimi için yukarıda belirlenen optimum koşullarda kağıt hamuruna ait kappa numarası ve elenmiş verim ile elde edilen kağıtlara ait fiziksel, mekaniksel ve optik özelliklere ait değerler Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2 Optimum şartlarda elde edilmiş kağıt hamuru ve kağıda ait özellikler.

ÖZELLİKLER	%20 NaOH ve 120°C
Elenmiş Verim (%)	38,39
Kappa Numarası	9,45
Kopma Uzunluğu (km)	2,25
Yüzey Düzgünlüğü (ml/s)	540,80
Patlama İndisi (kPa.m <sup>2</sup> /g)	3,56
Yırtılma İndisi (nM.m <sup>2</sup> /g)	37,53
Baskı Opaklığı (%)	96,09
Beyazlık (% MgO)	-44,93
Parlaklık	36,87
Hava Geçirgenliği	66,20
Kağıt Kalınlığı (µm)	112,00





## KAYNAKLAR

- Açıkgöz E** (1991) Yem bitkileri. *Uludağ Üniv. Yayınları*, No: 633–2, s:456, Bursa.
- 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 Projeleri 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*. Topraksu I. Bölge Müdürlüğü. Broşür No: 5. Ankara.
- Atchison J E** (1989). *New Developments in Non wood plant Fiber Pulping – A.Global Perspective*. Wood and Pulping Chemistry Symposium New Orleans TAPPI Proceedings. p. 451 – 472.
- Ateş S, Akgül M, Deniz İ, Tutuş A, Okan O T 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, s.1976-1984.
- Balabanlı C ve Türk M** (2005) Sorgum, sudanotu melez ve çeşitlerinin ısparta koşullarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9-3.
- Barnes R F, Miller D A ve Nelson C J** (1995) Forages. an introduction to grassland agriculture. Fifth Ed. *Iowa State University Pres. Ames. Iowa. USA*.
- Baytekin H** (1992) *Güneydoğu Anadolu'da II. Ürün Silaj Sorgum Sudanotu ve Sorgum Sudanotu Melezi Yetiştirme Olanakları*. Güneydoğu Anadolu II. Ürün Tarım ve Sorunları Sempozyumu, Şanlıurfa.
- 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.
- Billa E, Koullas D P, Monties B ve Koukios E G** (1997) Structure and compositions of sweet sorghum stalk compenents. *Industrial Crops and Products*, 6: 297-302.

## KAYNAKLAR ( devam ediyor)

- Chiaramonti D ve Agterberg A** (2002) *Large Bio-Ethanol Project From Sweet Sorghum in China and Italy (ECHIT): Description on Site, Process Schemes and Main Products*. 12th European Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Amsterdam, Netherlands, s. 1114- 1117.
- DPT** (2000) Kağıt Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara, DPT: 2525 ÖİK: 541.
- Eren Ö** (2011) Çukurova Bölgesinde Tatlı Sorgum (*Sorghum Bicolor* (L.) MOENCH) Üretiminde Yaşam Döngüsü Enerji ve Çevresel Etki Analizi. Doktora Tezi, Çukurova Üniv. 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** (1981) Oksijen alkali yöntemi ile odun yongalarının pişirilmesi ve kağıt hamurlarının ağartılması. *KTÜ. Orman Fakültesi Dergisi*, 2: 314-315.
- Eroğlu H.** (1990) *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi*. K.T.Ü. Orman Fakültesi, 593 s.
- Eroğlu H ve Usta M** (2004) *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi Ders kitabı I ve II. Cilt*, Esen Ofset Matbaacılık, İstanbul.
- Gençer A** (2003) Buğday Saplarından (*Triticum aestivum* L.) KOH-HAVA Yöntemiyle Kağıt Hamuru Üretim ve Atık Suların Gübre Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Doktora Tezi, ZKÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, s. 150.
- Gençer A, Ekici B ve Eroğlu H** (2010) Buğday saplarından maserasyon yöntemi ile elde edilen liflerin NaOH yöntemi ile üretilen kâğıdın lifleri ile morfolojik açıdan karşılaştırılması. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 12 (17): 65-70.
- Gençer A, Eroğlu H ve Yapıcı F** (2012) Üretim parametrelerinin kağıt hamuru verimi ve kappa numarasına etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 14 (Özel Sayı): 59-68.
- Geren H ve Kavut Y T** (2009) İkinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı sorgum (*Sorghum sp.*) türlerinin mısır (*Zea mays* L.) ile verim ve silaj kalitesi yönünden karşılaştırılması üzerine bir araştırma. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 46 (1): 9-16, ISSN 1018-8851.
- Grassi G** (2001). Sweet Sorghum: One of the Best World Food-Feed-Energy Crop. [http://web.etaflorence.it/uploads/media/LAMNET\\_sweet\\_sorghum.pdf](http://web.etaflorence.it/uploads/media/LAMNET_sweet_sorghum.pdf).

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Guiying L, Weibin G, Hicks A ve Chapman K R** (2003) A Training Manual for Sweet Sorghum. Development of Sweet Sorghum for Grain, Sugar, Feed, Fiber, and Value-Added By-Products, in The Arid, Saline- Alkaline Regions of China. FAO - TCP/CPR/0066.<http://ecoport.org/ep?SearchType=articleView&earticleId=172&page=2> Erişim tarihi:2012.
- Gülsoy S K** (2009) Beyaz Çürüklük Mantarı (*Ceriporiopsis Subvermispora*) İle 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..
- Güneş A ve Acar R** (2005) Karaman ekolojik koşullarında silajlık sorgum – sudan otu melezinin II. ürün olarak yetiştirilme imkanlarının belirlenmesi. *S.Ü.Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (35): 8-15.
- Hamilton F ve Leopold B** (1987) Sekondary fibers and non-wood pulping. *Pulp and Paper Manufacture*. Vol. 3 Tappi Press, Atalanta, USA.
- Jeyasingam J T** (1987) Critical Analysis of Straw Pulping Methods World Wide, Non-Wood Plant Fiber Pulping Conference, November 1987, Washington, *TAPPI Press Progress Report*, No:18,pp. 103-112.
- Karadaş S** (2008) Farklı Ekim Sıklıklarında İkinci Ürün Olarak Ekilen Sorgum 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) Sorgum x sudanotu melezi (*Sorghum bicolor x sorghum sudanense* Mtapf.) çeşitlerinde hasat zamanının verim ve verim unsurlarına etkisi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 36 (2): 145-150.
- Khristova P ve Gabir S** (1990) Soda-AQ pulping of sorghum stalks. *Biological Wastes*, 33: 243-250.
- 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*, KTÜ Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:86, Trabzon.
- Kim M ve Day DF** (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.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Koppen S, Reinhardt G ve Gärtner 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.
- Oktay Y ve Şahiner E B** (2007) Kağıt endüstrisinde oluşabilecek çevre sorunları ve çözüm önerileri. *Fatih Üniversitesi, 2. Çevre Sorunları Kongresi Bildiri Kitabı*, s.1-9
- 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.
- Roberts L W** (1969) The initiation of xylem differentiation. *Botanical Review* Vol. 35.
- 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.
- 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 Entitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği ABD, Zonguldak, 287 s.
- Türkiye Kağıt Sanayii Dergisi**, Yaz 2012
- URL-1** (2006) Dünyada ve Türkiye’de Kağıt Sanayii, <http://www.tasucu.org/akm/maincentre/tr/centre/main.asp?icerik=sayfa&k5JyaHHwK24Cqe9WkiDe5WyyCe7MT=0&pid=63>.
- URL-2** (2005) [http://www.gramene.org/species/sorghum/sorghum\\_maps\\_and\\_stats.html](http://www.gramene.org/species/sorghum/sorghum_maps_and_stats.html), Sorghum Maps and Statistics.
- Usta H.** (2004) *Kağıt Sektörü Profil Araştırması*, İstanbul Ticaret Odası.
- Valenzuela H ve Smith J** (2002) Sorghum-sudangrass hybrids. *Sustainable Agriculture Green Manure Crops*. Aug., Sa-GM-10.
- 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.
- 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.

**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.



## **ÖZGEÇMİŞ**

Memduh ŞAHİN, 1981 yılında Muğla'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Muğla'da tamamladı. Muğla Turgut Reis Lisesi Süper Lise Bölümünden mezun oldu. Üniversite eğitimini Karadeniz Teknik Üniversitesi Kimya Öğretmenliği Bölümünde yaptı. 2010 yılında Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı ve halen aynı bölümde yüksek lisans öğrencisidir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Bartın Üniversitesi  
Bartın Meslek Yüksekokulu  
74100 BARTIN

Tel : 0 (378) 227 99 39 - 128

Faks : 0 (378) 227 88 75

E-Mail: msahin@bartin.edu.tr