

# Buğday saplarından KOH yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının parlaklık ve opaklık değerlerinin incelenmesi ve modellenmesi

Ayhan Gençer<sup>1,\*</sup>, Rıfat Kurt<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye

## Makale Tarihiçesi

Gönderim: 18.05.2022

Kabul: 15.03.2023

Yayın: 15.04.2023

## Araştırma Makalesi



**Anahtar Kelimeler** – Buğday sapı, KOH metodu, Dövme, CIE L\*a\*b\* renk evreni, Regresyon analizi

**Öz** – Bu çalışmada, buğday saplarından KOH yöntemiyle kâğıt hamuru elde edilmiş ve deneme kâğıtlarının L\*, a\*, ve b\* değerleri, opaklık ve parlaklık değerleri ölçülerek sıcaklık artışı ile meydana gelen değişim incelenmiştir. Bu kapsamda pişirme süresi ve KOH oranı sabit tutularak, maksimum sıcaklık değerleri 110, 120 ve 130 °C’lerde değiştirilmiş ve üç farklı hamur elde edilmiştir. Her üç pişirmede elde edilen hamurlardan elde edilen kâğıt gruplarında L\* değeri 70’in üzerinde ölçülmüştür. Bu kâğıtların beyaza yakın olduğu anlamına gelmektedir. a\*,b\* değerleri + degerde olduğundan kâğıtlar kırmızı ve sarı renktedir. b\* değerinin a\* değerinden oldukça yüksek olması sarı rengin kırmızı renge göre daha baskın olduğunu göstermektedir. Dövme ile opaklık azalmıştır. Hamurların parlaklık değerleri aynı °SR indisinde 110 °C’den 120 °C çıkarılması ile azalmış 130 °C’ye çıkması ile tekrar artmıştır. Bununla birlikte çalışmada, opaklık ve parlaklık değerleri regresyon analizi ile modellenerek farklı °SR indisi ve sıcaklık değerlerindeki kâğıt hamuru parametreleri tahmin edilmiştir.

## Investigation and modelling of brightness and opacity values of pulp obtained from wheat straw by the KOH method

<sup>1</sup>Department of Forest Industrial Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, Bartın, Turkey

## Article History

Received: 18.05.2022


Accepted: 15.03.2023


Published: 15.04.2023

## Research Article

**Abstract** – In this study, the pulp was obtained from wheat straw by the KOH method, and the change with temperature increase was investigated by measuring the L\*, a\*, and b\* values, opacity, and gloss values of the test papers. In this context, three different pulps were obtained by keeping the cooking time and KOH ratio constant, and the maximum temperature values were changed at 110, 120, and 130 °C. The L\* value was measured above 70 in all three paper groups obtained from the pulp. This means that the papers are close to white. Since a\*,b\* values are +, the papers are red and yellow. The fact that the b\* value is considerably higher than a\* value indicates that yellow is more dominant than red. Opacity decreased with the beating. The gloss values of the pulps decreased by subtracting 120°C from 110°C at the same °SR index and increased again when it was increased to 130°C. In addition, opacity and gloss values were modelled with regression analysis, and pulp parameters at different °SR index and temperature values were estimated.

**Keywords** – Wheat straw, KOH method, Beating, CIE L\*a\*b\* color universe, Regression analysis

<sup>1</sup>  agencer@bartin.edu.tr

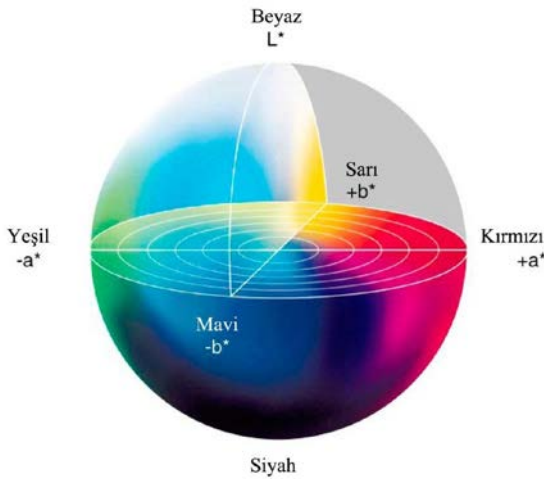
<sup>2</sup>  rkurt@bartin.edu.tr

\*Sorumlu Yazar / Corresponding Author

## 1. Giriş

Test aletleri icat edilmeden önce kâğıdın kalite özellikleri deneyimli insanların duyusu ile yapılıyordu. Örneğin; kâğıdın yumuşaklığı, düzgünlüğü ve hacimliliği dokunma ile, vurularak çıkardığı sestene ise bazı direnç özellikleri hakkında bilgi verilebiliyordu (Bostancı, 1984). Benzer şekilde tekstil endüstrisinde de 1930'lu yıllardan önce renkle ilgili değerlendirmelerin ağırlıklı olarak göz ile yapıldığı belirtilmiştir (Acar, 2009). İnsan gözünün hassasiyeti ışığın çeşitli radyasyonlarına her dalga boyu için sabit değildir ve kişiden kişiye değişmektedir. Bugüne kadar geliştirilen cihazlar sayesinde renk ölçümünde göz ile verilen kararlara göre daha kesin sonuçlar verilebilmektedir. Günümüzde renk ölçümleri spektrofotometre yardımıyla yapılmaktadır. Kolorimetri renkleri karakterize eden fiziksel nicelikleri ölçen bilimdir (Lorusso vd., 2007). Şekil 1'de 1976'da CIE (Commission Internationale de L'éclairage) tarafından üç boyutlu uzayda renklerin yerleştirildiği CIE L\*a\*b\* diyagramı geliştirilmiştir (Brües vd., 1999).

CIE L\*a\*b\* renk evreninde L\* simgesi 0 ila 100 arasındadır ve açıklığı ifade eder. L\*= 100 değeri beyazı, L\*= 0 değeri ise siyahı gösterir. a\* ve b\* ifadeleri ise kromatik karakteristiklerdir. a\* artıdan eksiye doğru kırmızıdan yeşile giderken, b\* artıdan eksiye doğru sarıdan maviye gitmektedir (Shortall, 2005).



Şekil 1. CIE L\*a\*b\* renk evren modeli

a\* ve b\* eksenleri birbirlerine dik açı yapar ve nötral noktada kesişir (parlaklığa bağlı olarak gri veya beyaz). Üçüncü eksen L\*, açıklık/koyuluğun (parlaklığın) bir ölçüsüdür ve a\* ve b\* eksenleri tarafından oluşturulan düzleme dik olup bu düzlemi nötral noktada kesmektedir. Aynı rengin farklı tonları, a\* ve b\* eksenleri tarafından oluşturulan düzlem içerisinde nötral noktadan dışarıya doğru uzanan bir hat üzerinde yer almaktadır.

Buğday sapsarı sülfürsüz işlemler için uygun olduğundan hamur üretiminde çevreci yöntemlerde kullanılabilir (Sun vd., 1997). Ayrıca, buğday sapsarının morfolojik özellikleri baskı kalitesi yüksek kâğıtlar üretmeye elverişlidir (Wagberg vd., 1990). Yıllık bitkilerden ağartılabilir kâğıt hamuru üretiminde soda yöntemi tercih edilmektedir (Kırcı, 2000). Alkali yöntemler asit yöntemlere göre daha çevreci ve az kirleticidir (Casey, 1960). Ancak, soda yönteminden geriye kalan sodyum içerikli atık sular ve katı birikintiler aşırı yüklenme sonucu toprak ve sularda tuzluluğa neden olmaktadır. Bu çalışmada kullanılan KOH'dan siyah çözeltiye geçen potasyum bitkiler için faydalı bir besin kaynağıdır. Diğer elementlere göre bitkilerin topraktan daha fazla potasyum aldığı ve bu oranın bitki türüne göre değişmekle beraber bitkinin tam kuru ağırlığına oranla %0,2-11 arasında bulunabileceği belirtilmiştir (Kacar, 1985). Doğru kullanılması halinde potasyumlu atık sular ve katı çökeltiler atık yerine faydalı hale dönüştürülebilir. Daha önce KOH yöntemiyle kâğıt hamuru üretiminden geriye kalan yüksek alkali özellikteki siyah çözeltiden sülfürik asit ve orto-fosforik asit titrasyonu ile pH 7'ye düşürülerek elde edilen tuzlar bakla üretiminde gübre olarak kullanılmış ve başarılı olduğu bildirilmiştir (Gençer vd., 2006).

Alkali yöntemlerle kâğıt hamuru üretiminde kullanılan alkali türü, miktarı, lignoselülozik hammaddenin türü pişirme sıcaklığı ve süresi gibi bazı parametreler, kâğıt hamurunda kalan lignin ve diğer maddelerin oranlarına bağlı olarak hamurun rengini belirler. Hamur rengi ise elde edilecek kâğıdın rengini doğrudan etkileyen bir parametredir. Yazı ve baskı kâğıtlarında açık renk istenmektedir. Aksi halde, koyu renkler üzerine yazılan yazı veya yapılan baskının ayırt edilmesi zor olacaktır. Bu nedenle ağartılacak hamurlarda yaygın olarak soda yöntemi kullanılır. Bu çalışmada NaOH yerine benzer özellikte bir baz olan KOH kullanılmıştır.

Bu çalışmada, buğday saplarından KOH yöntemiyle 110, 120 ve 130 °C sıcaklıklarda elde edilmiş kâğıt hamurlarından yapılan deneme kâğıtlarının L\*a\*b\* değerleri, opaklık ve parlaklık değerler ölçülmüştür. Ayrıca, farklı sıcaklık, °SR indisi değerlerindeki opaklık ve parlaklık değerleri regresyon analiziyle modellenerek tahmin edilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, lignoselülozik hammadde olarak buğday (*Triticum aestivum* L.) sapları kullanılarak KOH yöntemiyle kâğıt hamuru elde edilmiştir. Buğday sapları ile yaklaşık 5 cm uzunluğunda kesilmiştir. Maksimum sıcaklıkta pişirme süresi 60 dakika ve KOH oranı %14 olarak sabit tutulmuştur. Sodyum (Na) ve potasyum (K) 1A grubu elementleri olup, hidroksitleri benzer özellikler gösterirler. Ancak, KOH NaOH'a göre daha zayıf bir bazdır. Deniz vd. (2004) NaOH yöntemi ile kâğıt hamuru üretiminde 120°C pişirme sıcaklığının ideal olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle, pişirme sıcaklığı seçilirken aynı sıcaklık ve 10°C altı ve 10°C üstü alınarak, maksimum pişirme sıcaklığı 110, 120 ve 130°C olmak üzere değiştirilerek üç farklı hamur elde edilmiştir. Pişirme işlemi laboratuvar tipi, elektrikle ısıtılan, döner kazan kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hava kuru örneklerde rutubet tayini yapıldıktan sonra her pişirme için kazana tam kuru ağırlığı 700 g örnek, %14 KOH, örnek/çözelti oranı 1/5 olacak şekilde yüklenmiştir. Her pişirme işleminden sonra kazan vanası 5 dakika açık bırakılarak kazandaki buhar tahliye edilmiştir. Hamurlar 10 dakika sabit süreyle yıkanmıştır. Eşit olarak 3 parçaya bölünen her bir hamur, açıcıda 5 dakika sabit sürede açılmıştır. Elde edilen hamurlar yıkandıktan sonra TAPPI T 275 sp-02 (2002) standardına göre Somerville tipi sarsıntılı vakum eleğinde elenerek elek artığı ayrılmıştır. Daha sonra yıkanıp süzdürülen hamurlar el ile sıkılarak rutubet tayini yapılmak üzere polietilen torbalarda muhafaza edilmiştir. Tam kuru yonga ağırlığına göre hamur verimi TAPPI 412 om-02 (2002) standardına göre % olarak hesaplanmıştır. Elenen hamurlar TAPPI T 200 sp-01 (2001) standardına göre Hollander'de 35 ve 50 °SR'e kadar dövülmüştür. Hamurların serbestlik derecesi Schopper Riegler cihazında ISO 5267-1 (2012) standardına göre belirlenmiştir. Dövülmüş hamurlardan ISO 5269-2 (2013) standardına göre  $75 \pm 2$  g/m<sup>2</sup> gramajlı 10'ar adet deneme kâğıdı yapılmıştır.

Kâğıdın en önemli optik özellikleri beyazlık, parlaklık ve opaklıktır. Bu özellikler kâğıdın ışığı emme ve yansıtma özelliğine bağlıdır (Eroğlu, 1990). Deneme kâğıtlarının L\*a\*b\* değerleri, opaklık (TAPPI t 519 om-02) ve parlaklık (TAPPI T 525 om-02) değerleri ölçülmüş ve elde edilen değerlerin ortalamaları regresyon analiziyle modellenerek farklı sıcaklık ve °SR indisi değerlerine ilişkin tahminler gerçekleştirilmiştir. Regresyon modelinde bağımlı değişkenleri tahmini yapılacak olan opaklık ve parlaklık değerleri, bağımsız değişkenleri ise sıcaklık, °SR indisi ve L\*a\*b\* değerleri oluşturmuştur.

## 3. Bulgular

### 3.1. Buğday saplarından KOH yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarına ilişkin ölçümler

KOH yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının elenmiş verim, viskozite ve Kappa numarası değerleri ve siyah çözeltilerin pH değeri ölçülerek Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi sıcaklığın 110 °C'den 120 °C'ye yükselmesi ile hamur verimi artarken, 120 °C'den 130 °C'ye yükselmesi ile azalmıştır. Diğer taraftan sıcaklığın yükselmesi ile elenmiş verim, viskozite ve kappa numarasında düşüş meydana gelmiştir. Daha önce buğday saplarından KOH-hava yöntemi ile yapılan bir çalışmada da aynı sonuca varılmıştır (Gençer ve Eroğlu, 2017). Bu sonuç, çalışmamızı desteklemektedir.

Viskozitenin azalması ise sıcaklık artışı ile selüloz ve hemiselülozlardaki degradasyondan kaynaklanmaktadır. Sıcaklığın 110 °C'den 120 °C'ye yükselmesi ile viskozite %4,91 oranında düşerken, 120 °C'den 130 °C'ye yükselmesi ile %0,35 oranında düşmüştür. Sıcaklığın 110 °C'den 120 °C'ye yükselmesi ile pH değerinde %3,28 oranında azalırken, 120 °C'den 130 °C'ye yükselmesi ile sabit kalmıştır. KOH yöntemiyle elde edilen kâğıt hamurlarının farklı sıcaklıklarda elenmiş verim, viskozite ve Kappa numarası değerleri ve siyah çözeltinin pH değeri ölçülerek Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

Kâğıt hamurlarının elenmiş verim, viskozite ve Kappa numarası değerleri ile siyah çözeltinin pH değeri

Sıcaklık (°C)	110	120	130
Elenmiş Verim (%)	38,00	40,36	40,20
Viskozite (cm <sup>3</sup> /g)	895	851	848
Kappa No	40,04	38,00	36,11
pH	12,2	11,80	11,80

Piştirme koşullarında sıcaklık artışı ve dövme oranlarının değişimi ile kâğıtlarda renk değişimini ortaya koyabilmek için L\*a\*b\* değerleri ölçülerek Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2

Buğday saplarından farklı sıcaklıklarda KOH yöntemiyle elde edilen hamurdan üretilmiş kâğıtların ortalama L\*a\*b\* değerleri

Sıcaklık	22 °SR			35 °SR			50 °SR		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
110 °C	75,225	3,60	26,29	74,49	3,96	26,92	71,65	4,91	28,67
	75,84	3,51	25,28	74,54	4,05	26,41	71,97	4,49	27,06
	75,59	3,88	26,68	74,49	3,97	26,72	72,56	4,34	27,04
	75,52	3,86	26,30	74,71	3,88	27,20	71,88	4,60	27,22
	76,07	3,77	26,28	74,45	3,86	26,84	71,67	4,62	27,91
	77,23	2,82	27,16	73,52	4,34	27,95	71,93	4,54	27,65
	76,30	3,58	26,12	74,68	4,15	27,18	72,13	4,51	27,49
	76,23	3,56	21,17	76,27	3,36	25,48	72,42	4,41	26,42
	75,75	3,64	26,42	74,66	4,04	26,67	71,97	4,62	27,44
	75,75	3,71	26,61	74,11	4,21	27,35	72,09	4,42	27,58
75,49	3,85	26,53	74,86	3,96	26,15	71,96	4,53	27,56	
76,25	3,61	25,13	74,71	3,86	26,47	72,11	4,61	27,81	
120 °C	21 °SR			35 °SR			50 °SR		
	73,25	4,63	24,29	71,86	5,07	25,14	69,87	5,20	25,53
	73,23	4,72	23,53	71,92	4,86	25,23	70,28	5,07	25,29
	73,50	4,60	24,16	72,02	4,95	24,83	69,46	5,44	26,02
	73,34	4,59	24,22	72,20	4,89	24,95	69,93	5,13	25,86
	72,91	4,66	24,62	71,89	4,99	25,23	69,85	5,26	25,57
	73,21	4,49	24,51	72,18	5,07	24,41	69,65	5,45	26,40
	73,58	4,52	23,98	72,14	5,02	25,05	70,36	5,25	25,08
	73,26	4,55	24,38	72,03	4,98	24,76	70,10	4,36	25,25
	73,43	4,52	24,52	71,97	5,05	24,80	69,95	5,16	25,37
	73,40	4,57	24,18	72,10	5,11	24,63	69,77	5,15	25,71
	73,38	4,36	24,47	71,99	4,99	24,83	69,85	5,08	25,98
73,17	4,66	24,53	72,26	4,86	24,55	69,66	5,30	25,51	
130 °C	20 °SR			35 °SR			50 °SR		
	75,75	3,49	25,65	74,45	4,12	26,88	72,97	4,38	26,77
	75,49	3,80	25,88	74,65	4,00	25,52	72,81	4,42	27,31
	76,07	3,59	25,69	74,22	4,06	26,75	72,96	4,19	26,48
	76,16	3,49	25,56	74,33	3,88	26,19	73,07	4,15	27,25
	76,38	3,88	24,08	74,25	4,06	26,74	72,33	4,44	27,69
	75,64	3,63	25,87	73,92	4,14	26,85	73,11	4,29	26,62
	76,22	3,64	25,75	74,63	3,97	26,42	72,97	4,22	26,68
	76,05	3,80	25,96	74,36	3,90	26,00	73,09	4,38	26,33
	76,13	3,55	25,06	74,22	3,95	27,04	72,94	4,27	26,61
	76,19	3,55	25,40	73,97	4,00	26,86	72,89	4,37	26,71
	76,11	3,63	25,45	74,30	3,96	26,96	72,96	4,32	26,58
76,05	3,64	25,04	74,33	3,90	25,99	72,62	4,37	26,75	

$L^*a^*b^*$  değerleri incelendiğinde her üç pişirmede de  $L^*$  değeri 70'in üzerinde bulunmaktadır. Bu durum kâğıtların beyaza yakın olduğunun bir kanıtıdır.  $a^*b^*$  değerlerinin pozitif olması, kırmızı ve sarı rengin mevcut olduğunu göstermektedir (Luo, 2016; Yılmaz vd., 2022). Ancak,  $b^*$  değerinin  $a^*$  değerinden oldukça yüksek olması sarı rengin kırmızı renge göre daha baskın olduğunu göstermektedir (Raval vd., 2017; Sönmez ve Arslan, 2021).

Hamurların parlaklık değerleri aynı °SR indisinde 110 °C'den 120 °C çıkarılması ile azalmış 130 °C'ye çıkması ile tekrar artmıştır (Tablo 3). Oysa artan sıcaklıkla delignifikasyonun artması (Novo vd., 2011; Subhedar ve Gogate, 2014) ve buna bağlı olarak da parlaklığın artması beklenir (Dalal ve Natale-Hoffman, 1999). Parlaklığın yükselen sıcaklıkla azalması çözeltiye geçen ligninin tekrar hamur üzerine çökmesi ile meydana gelmiş olabilir. Buna kanıt olarak 120 °C'den 130 °C'ye çıkıldığında delignifikasyonun artması sonucu parlaklığın yeniden artması gösterilebilir.

Dövülmemiş hamurlardan üretilen kâğıtların opaklık değerleri karşılaştırıldığında ise en yüksek değeri 120 °C'de elde edilen hamurların kâğıtlarında olduğu görülmektedir. Bütün hamurlarda dövme ile opaklığın azaldığı görülmektedir. Hamurların opaklık değerleri aynı °SR indisinde 110 °C'den 120 °C çıkarılması ile azalmış 130 °C'ye çıkması ile tekrar artmıştır (Tablo 3). Oysa artan sıcaklıkla delignifikasyonun artması ve buna bağlı olarak da opaklığın azalması beklenir (Gençer ve Şahin, 2015). Yükselen sıcaklıkla opaklığın azalması çözeltiye geçen ligninin tekrar hamur üzerine çökmesi ile meydana gelmiş olabilir. Buna kanıt olarak 120 °C'den 130 °C'ye çıkıldığında delignifikasyonun artması sonucu opaklığın yeniden artması gösterilebilir.

Tablo 3

Buğday saplarından farklı sıcaklıklarda KOH yöntemiyle elde edilen hamurdan üretilmiş kâğıtların parlaklık ve opaklık değerleri

Özellikler	110 °C			120 °C			130 °C		
	22 °SR	35 °SR	50 °SR	21 °SR	35 °SR	50 °SR	20 °SR	35 °SR	50 °SR
Parlaklık (%)	29,98	29,06	25,88	29,50	27,00	24,14	29,87	28,45	26,51
	30,31	29,18	25,45	28,73	26,26	24,51	30,65	29,59	26,33
	30,27	28,76	24,49	29,39	27,03	23,52	30,26	28,69	26,27
	30,18	28,03	25,15	28,17	27,23	24,24	30,89	27,91	26,19
	30,34	28,60	24,92	28,57	26,41	23,92	32,40	28,58	25,44
	30,51	28,33	24,86	28,14	27,14	23,36	31,07	28,07	26,66
	30,65	28,05	24,56	29,39	27,10	24,82	31,89	28,86	26,72
	30,43	30,04	25,57	28,34	26,51	24,60	32,07	28,59	26,61
	30,42	28,33	25,43	28,40	27,24	24,07	31,29	28,44	26,58
	29,75	28,19	25,02	28,24	27,72	23,56	31,12	28,21	26,47
	30,58	28,63	24,90	27,53	26,85	23,59	30,65	28,07	26,74
	30,24	28,59	24,22	27,63	26,70	23,68	30,70	28,80	26,77
Opaklık (%)	95,35	94,10	91,80	97,70	97,10	96,55	96,45	95,30	93,95
	95,65	93,85	91,75	97,70	97,10	96,45	96,55	95,25	93,90
	95,50	94,15	91,75	97,70	97,10	96,55	96,55	95,25	94,05
	95,45	94,05	91,70	97,75	97,05	96,55	96,55	95,65	94,00
	95,35	93,80	91,75	97,90	97,10	96,55	96,55	95,65	93,95
	95,20	94,40	91,80	97,65	97,10	96,55	96,55	95,50	93,95
	95,65	94,15	91,80	97,75	97,05	96,55	96,55	95,45	94,00
	95,25	94,20	91,70	98,00	97,10	96,55	96,55	95,35	93,95
	95,00	94,30	91,75	97,90	97,10	96,55	96,45	95,25	94,00
	95,30	94,40	91,75	98,05	97,05	96,45	96,55	95,90	94,05
	95,25	94,35	91,70	97,85	97,05	96,55	96,55	95,45	93,95
	95,25	94,15	91,75	97,65	97,10	96,55	96,55	95,35	94,05

### 3.2. Regresyon analizleri ve tahminler

Parlaklık ve opaklık değerlerine ilişkin regresyon modelleri kurulmadan önce bağımlı ve bağımsız değişkenlerin regresyon analizi varsayımlarına uygunluğu test edilmiş ve veriler modele uygun hale

getirildikten sonra tahmin gerçekleştirilmiştir. Bu varsayımların en önemlilerinden biri olan normallik testlerine ilişkin sonuçlar Tablo 4’te verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde bazı değişkenlerin ( $p < 0,05$ ) normallik koşulunu sağlamadığı görülmektedir. Ancak literatürde çarpıklık ve basıklık katsayısının +2 ile -2 arasında yer alması verilerin normal dağılım için kabul edilebilir olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (Tabachnick vd., 2007; Pallant, 2001; Kurt ve İmren, 2021). Söz konusu değişkenlerin çarpıklık ve basıklık değerlerinin bu aralıkta yer alması dolayısıyla normal dağılım koşulunu sağladığı varsayılmıştır.

Tablo 4  
Değişkenlere ilişkin Normallik testleri

Parametreler	Kolmogorov-Smirnov				
	İstatistik	df	p-değeri	Çarpıklık	Basıklık
Sıcaklık	0,222	108	0,000	0,000	-1,514
°SR	0,224	108	0,000	0,037	-1,505
a	0,073	108	0,192	0,081	-0,650
L	0,078	108	0,102	-0,212	-0,662
b	0,082	108	0,071	-0,630	1,370
Parlaklık	0,082	108	0,069	-0,130	-0,844
Opaklık	0,166	108	0,000	-0,656	-0,351

df: Serbestlik derecesi

Tablo 5’te kurulan regresyon modellerine ilişkin ANOVA sonuçları ile determinasyon katsayıları ( $R^2$ ) verilmiştir. Tablo incelendiğinde  $R^2$  değerlerinin oldukça yüksek, p ve F istatistik değerleri ise modellerin geçerli olduğu ya da bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin  $\alpha=0,05$  önem seviyesinde anlamlı olduğunu göstermektedir. Yani söz konusu yüksek  $R^2$  değerlerinin seçilen bağımsız değişkenlerin opaklığı %88, parlaklığı ise %96 oranında açıkladığını ifade etmekte ve kurulan doğrusal modelin yapısının uygun olduğunu göstermektedir.

Tablo 5  
Modellere ilişkin ANOVA sonuçları

Bağımlı Değişken		SS	df	MS	F	p-değeri	R	$R^2$
Parlaklık	Regresyon	523,546	5	104,709	489,364	0,000	0,980	0,960
	Artık	21,825	102	0,214				
	Toplam	545,371	107					
Opaklık	Regresyon	297,923	5	59,585	151,665	0,000	0,939	0,881
	Artık	40,073	102	0,393				
	Toplam	337,996	107					

\*SS: Kareler toplamı; df: Serbestlik derecesi; MS: Ortalama kare

Regresyon analizleri sonucunda opaklık ve parlaklık değerlerine ilişkin tahmin modelleri Denklem 3.1a ve Denklem 3.1b’de görülmektedir.

$$Y_{\text{Parlaklık}} = -55,313 + 0,022 X_{\text{Sıcaklık}} - 0,054 X_{\text{SR}} + 1,091 X_{\text{L}} + 0,921 X_{\text{a}} - 0,069 X_{\text{b}} \quad (3.1a)$$

$$Y_{\text{Opaklık}} = 158,112 + 0,073 X_{\text{Sıcaklık}} - 0,155 X_{\text{SR}} - 0,763 X_{\text{L}} - 0,156 X_{\text{a}} - 0,359 X_{\text{b}} \quad (3.1b)$$

Eşitliklerdeki denklemler kullanılarak farklı sıcaklık ve °SR değerlerine sahip parlaklık ve opaklık değerleri tahmin edilmiş ve Tablo 6’da verilmiştir. Tablo incelendiğinde yüksek sıcaklık, düşük °SR değerlerinde parlaklık ve opaklık artarken, düşük sıcaklık yüksek °SR değerlerinde azaldığı görülmüştür.

Tablo 6

Farklı sıcaklık ve °SR değerlerine ait tahmini parlaklık ve opaklık değerleri

Sıcaklık (°C)	°SR	L*	a*	b*	Parlaklık (%)	Opaklık (%)
115	25	74,68	4,06	25,54	29,32	95,85
125	30	74,18	4,16	25,59	28,81	96,15
135	40	73,06	4,39	25,89	27,47	96,04
140	45	72,51	4,51	26,04	26,80	95,98
145	50	71,95	4,62	26,19	26,13	95,93
150	55	71,40	4,74	26,34	25,45	95,87
155	60	70,84	4,85	26,49	24,78	95,81
160	65	70,29	4,96	26,64	24,11	95,75
110	55	70,98	4,82	27,14	24,15	92,96
120	45	72,30	4,55	26,44	26,14	94,53
160	25	75,15	3,96	24,64	30,79	99,12
125	65	69,92	5,04	27,34	22,97	93,21

\* L\*a\*b\*değerleri sıcaklık ve °SR'ye bağlı olarak tahmin edilmiştir.

#### 4. Sonuçlar

Sıcaklık artışı ile kappa numarasının düşmesi artan sıcaklık değeri ile delignifikasyonun arttığını göstermektedir. Bu da kâğıdın parlaklığını arttırmaktadır. Hamura esmer rengi veren lignindir. Delignifikasyon nedeniyle lif çeperi liginin içeriği bakımından iç tabakalardan daha düşük değere sahiptir. Dövme ile fibrillenen liflerin iç tabakalarında bulunan ligninin açığa çıkar. Bu nedenle bütün hamurlarda dövme ile parlaklık değeri düşmüştür.

Opaklığın dövme ile azalması hamurun ışık geçirgenliğinin artması ile doğru orantılıdır. Bir madde de ışık geçirgenliği arttıkça opaklık özelliği azalmaktadır. Yapılan istatistiksel analizler sonucu farklı sıcaklık ve °SR indisleri için gerçekleştirilen opaklık ve parlaklık tahminleri yukarıda elde edilen sonuçları destekler nitelikte benzerlik göstermiştir.

#### Yazar Katkıları

Ayhan Gençer: Literatür taraması, araştırma, deneyler, metodoloji, yorumlama, kontrol ve yazım

Rıfat Kurt: İstatistiksel analizler, yorumlama, metodoloji, yazım, kontrol ve düzenleme

#### Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

#### Kaynaklar

- Acar, K. (2009). *Fluoresans renkler içeren boyama reçetesi tahmin algoritmalarında başarının artırılmasına yönelik yeni bir yöntem* (Doktora Tezi). Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Bostancı, Ş. (1984). Kağıt endüstrisinde kullanılan önemli test yöntemleri, *Karadeniz Üniversitesi Dergisi*, 7(1):107-123.
- Brües, S., May, L., Fuchs, D. (1999). *Postscriptum on color management*. GretagMacbeth.
- Casey, J. P. (1960). *Pulp and paper chemistry and chemical technology*. Vol. 1, Second Edition. Wiley Interscience Publisher Inc., New York, 580 p.
- Dalal, E. N. and Natale-Hoffman, K. M. (1999). The effect of gloss on color. *Color Research & Application*, 24(5), 369-376.
- Deniz, İ., Kircı, H., Ates, S. (2004). Optimisation of wheat straw Triticum drum kraft pulping. *Industrial Crops and Products*, 19 (3): 237-243.
- Eroğlu, H. (1990). *Kağıt hamuru ve kağıt fiziği*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, 2.Baskı, Yayın No:90, Trabzon. 623 s.
- Gençer, A., Eroğlu, H., Karakurt, R. (2006). Utilization of black liquor from KOH-Air paper pulp production method as a fertilizer in Broad Beans (*Vicia faba*) Cultivation. *Ecology*, 15 (61): 56-60.

- Gençer, A. ve Eroğlu, H. (2017). Manufacturing of pulp from wheat straw (*Triticum aestivum* L.) by KOH-air method, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 63-68. DOI:10.24011/barofd.322619
- Gençer, A. and Şahin, M. (2015). Identifying the conditions required for the NaOH method for producing pulp and paper from sorghum grown in Turkey. *BioResources*, 10(2), 2850-2858.
- ISO 5269-2 (2013). Pulps preparation of laboratory sheets for physical testing. Part 2: Rapid-Köthen method. International Organization for Standardization, 1214 Vernier, Geneva, Switzerland.
- ISO 5267-1 (2012). Pulps- Determination of Drainability Part I: Schopper Reigler Method. International Organization for Standardization, 1214 Vernier, Geneva, Switzerland.
- Kacar, B. (1985). *Bitki ve toprağın kimyasal analizleri III*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Yayınları No:3, ISBN 975-7717-04-5, Ankara.
- Kırcı, H. (2000). *Kagıt hamuru endüstrisi ders notları*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın, No: 72, Trabzon.
- Kurt, R. and İmren, E. (2021). Regional clusters, similarities, and changes in Turkey's wood production: A comparative analysis using K-Means and Ward's clustering methods. *Wood Industry/Drvna Industrija*, 72(4): 337-346. <https://doi.org/10.5552/drvind.2021.2031>
- Lorusso, S., Natali, A. and Matteucci, C. (2007). Colorimetry applied to the field of cultural heritage: examples of study cases. *Conservation Science in Cultural Heritage*, 7, 187-220.
- Luo, M. R. (Ed.). (2016). *Encyclopedia of color science and technology*. Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8071-7\\_100036](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8071-7_100036)
- Novo, L. P., Gurgel, L. V. A., Marabezi, K. and da Silva Curvelo, A. A. (2011). Delignification of sugarcane bagasse using glycerol–water mixtures to produce pulps for saccharification. *Bioresource technology*, 102(21), 10040-10046.
- Pallant, J. (2001). *SPSS survival manual*. Buckingham: Open University Press.
- Raval, K., Shukla, R. and Shah, A.K. (2017). Color image segmentation using FCM clustering technique in RGB, L\*a\*b, HSV, YIQ color spaces. *European J. Adv. Eng. Tech.*, 4(3), 194–200.
- Shortall, A. C. (2005). How light source and product shade influence cure depth for a contemporary composite. *Journal of oral rehabilitation*, 32(12), 906-911.
- Sönmez, S. ve Arslan, S. (2021). Investigation of the effects on ink colour of lacquer coating applied to the printed substrate in the electrophotographic printing system. *Polish Journal of Chemical Technology*, 23(2), 35-40.
- Subhedar, P. B. and Gogate, P. R. (2014). Alkaline and ultrasound assisted alkaline pretreatment for intensification of delignification process from sustainable raw-material. *Ultrasonics sonochemistry*, 21(1), 216-225
- Sun, R. C., Lawther, J.M. and Banks, W.B. (1997). Physico-chemical characterization of organosolve lignins from wheat straw. *Cellulose Chemistry and Technology*, 31: 199-212.
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S., Ullman, J. B. (2007). *Using multivariate statistics*. Vol 5. MA: Pearson, Boston.
- TAPPI T275 sp-02 (2002). Screening of pulp (Somerville-type equipment). TAPPI Standarts, 15 Technology Parkway South, Suite 115, Peachtree Corners, GA 30092.
- TAPPI T200 sp-01 (2001). Laboratory beating of pulp (Valley beater method). TAPPI Standarts, 15 Technology Parkway South, Suite 115, Peachtree Corners, GA 30092.
- TAPPI T412 om-02 (2002). Moisture in pulp, paper and paperboard. TAPPI Standarts, 15 Technology Parkway South, Suite 115, Peachtree Corners, GA 30092.
- TAPPI T519 om-02 (2002). Diffuse Opacity of Paper (d/0 paper backing). TAPPI Standarts, Technology Parkway South, Suite 115, Peachtree Corners, GA 30092.
- TAPPI T525 om-02 (2002). Diffuse Brightness of Pulp (d/0). TAPPI Standarts, 15 Technology Parkway South, Suite 115, Peachtree Corners, GA 30092.
- Wagberg, L., Zhao, X. P., Fineman, I. and Li, F.N. (1990). Effects of retention aids on retention and dewatering of wheat straw pulp. *TAPPI* Vol:73, No:4177-182 pp.
- Yılmaz, U., Tutus, A. and Sönmez, S. (2022). Effects of using recycled paper in inkjet printing system on colour difference. *Pigment & Resin Technology*, 51(3), 336-343.