

Buğday Saplarından Soda-Oksijen-Antrakinin(SOAQ) Yöntemiyle Elde Edilen Hamurların Hidrojen Peroksit ve Sodyum Borhidrür ile Ağartılması

Bleaching of wheat straw SOAQ pulps with Hydrojen Peroxide and Sodium Borohydride

A. Tutuş

KSÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, 46100 Kahramanmaraş

ÖZET: Bu çalışmada, buğday saplarından soda-oksijen-antrakinin(SOAQ) yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının hidrojen peroksit ile ağartılmasında optimum ağartma koşullarını belirlemek için 6 adet ağartma denemesi yapılmıştır. Optimum peroksit ağartma koşulları ekonomiklikte göz önüne alındığında hidrojen peroksit (H₂O₂) oranı:%3, NaOH oranı: %2.25, Na₂SiO₃ oranı: %3, MgSO₄ oranı: %0.5, EDTA oranı: %0.5, reaksiyon sıcaklığı: 70°C, reaksiyon süresi: 70 dakika ve konsantrasyon: %16 olarak belirlenmiştir. Ağartılmamış buğday sapı hamurlarına göre hidrojen peroksit kademesiyle ağartılmış hamurların parlaklığı % 19.78 oranında daha yüksek, sanlığı % 24.23 oranında daha düşük bulunmuştur. Daha sonra 4 nolu optimum peroksit ağartma denemesi kademeli ağartmada sabit olarak alınmış ve hidrojen peroksit (H₂O₂) ve sodyum borhidrür (NaBH₄) ile iki kademeli 8 adet ağartma denemesi yapılmıştır. Tek kademede ağartılan buğday sapı hamurları 2 kademede sodyum borhidrür (B) ve hidrojen peroksit (P) ağartma işlemine uğrattığında, elde edilen hamurların optik özellikleri ağartılmamış buğday sapı hamurlarına ait değerlerle karşılaştırıldığında parlaklıkta % 26.84 oranında daha yüksek, sanlıkta % 38.75 oranında daha düşük bulunmuştur.

ABSTRACT: In this study, 6 different bleaching trials using hydrogen peroxide were studied to determine optimum condition in bleaching pulps produced from wheat straw using SOAQ method. The results indicated that the optimum bleaching conditions considering economic feasibility are: Hydrogen peroxide (H₂O₂) charge on oven dry (o.d) raw material: 3%, NaOH charge on (o.d) raw material: 2.25%, reaction temperature: 70°C, Reaction time: 70 minute, Na₂SiO₃ charge on (o.d) raw material: 3%, MgSO₄ charge on (o.d) raw material: 0.5%, EDTA charge on (o.d) raw material: 0.5% and consistency: % 16. It also found that bleaching wheat straw pulps using H₂O₂ increased brightness in 19.78% and decreased the yellowness in 24.23%, compared to unbleached pulps. In the study, fifth trial was kept constant in stage-wise bleaching and then 8 more two-stage bleaching trials using hydrogen peroxide (H₂O₂) and sodium borohydride (NaBH₄) were studied. The results indicated that applying two-stage bleaching procedure on already bleached wheat straw based pulps increased the brightness in 26.84% and decreased the yellowness in 38.75%, compared to unbleached pulps.

1. GİRİŞ

Günümüzde çevre kirliliğinin insan hayatındaki olumsuz etkileri giderek artan oranlarda hissedildiğinden kağıt hamuru ağartma yöntemleri üzerinde ciddi baskılar oluşmaktadır. Bu yönüyle ele alındığında lignini ağartan kimyasal ağartıcılardan oksitleyici hidrojen peroksit (H₂O₂) ve redükleyici sodyum borhidrür (NaBH₄) ağartma

yöntemlerinde klorlu bileşikler kullanılmadığı için su ve hava kirlenmesi tamamen ortadan kalkmaktadır. Bu nedenle; günümüzde yürütülen çalışmalar, mevcut teknolojilerin olumsuz yönlerinin ortadan kaldırılması, verimi yüksek, çevre kirliliği meydana getirmeyen, üretimde seçici kimyasalları kullanılması üzerine yoğunlaşmıştır (Eroğlu, 1981).

A. Tutuş

Peroksit ağartmasının etkinliği:

1. Peroksit konsantrasyonu ve reaksiyon süresine,
2. Reaksiyon sıcaklığına ve alkaliliğe bağlı olarak değişmektedir.

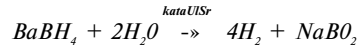
Peroksit ile ağartma kağıdın eskime hızını yavaşlatmakta, liflerin esnekleşmesini sağlamakta, hamurun temizlenmesini kolaylaştırmakta, tutunum artmakta, hamurda kalan ve beneklenmeye neden olan reçine miktarı azalmakta, temizlik kağıtlarında aranan gölge izi oluşturma kolaylaşmaktadır (Rudra, Bjorn, 1979). Buna karşın, peroksitlerle ağartılan hamurlardaki ligninin yapısında kalan konjuge karbonil grupları ve çift bağlı sistemler ışığa karşı hassas duruma geçmekte ve zamanla kağıdın sararmasına neden olmaktadır (Casey, 1980).

Günümüzde hidrojen taşıma ortamı olarak büyük bir önem kazanmış olan sodyum borhidrürün mevcut kullanım alanları

- özellikli artım kimyasalları,
- selüloz ağartma,
- metal yüzeylerin temizlenmesi,
- fotoğrafçılık ve metal yüzey işlemlerinde değerli metal kazanma,
- atık sulardan ağır metalleri giderme olarak sıralanabilir.

Sodyum borhidrürün en önemli tüketicisi Avrupa'daki kağıt endüstrisidir. Sodyum borhidrür tüketiminde yıllık % 4 artış beklenen bir üründür (Örs ve ark. 2002).

Sodyum borhidrür alkali çözeltileri katalitik olarak,



bağıntısı uyanca hidrojen verir. Bu özelliğin diğer hidrojen taşıma ortamlarına göre avantajları:

- Ağırlıkça % 20 hidrojen depolayabilir.
- Yanıcı/patlayıcı değildir.
- Reaksiyon kolayca kontrol edilebilir.
- Hidrojenin yansı hidrürden, diğer yansı ise sudan gelmektedir.
- Katalizör ve sodyum metaborat tekrar kullanılır.

Sodyum borhidrür ağartmasında, borhidrürün en önemli etkisi ligninin fenolik gruplarını etkin hale getirir ve hamurda bulunan karbonil gruplar, organik peroksit ve indirgen radikallerle reaksiyona

girerek ağartma işlemine olumlu yönde katkıda bulunur (Leary, et ali. 1997).

Ağartma işleminde sodyum borhidrür kağıt hamurundaki sanlığı elimine etmek için kullanılır. Hidrojen peroksit ile sodyum borhidrürün iki kademeli ağartma işleminde birlikte kullanılmasıyla hem hamurun sanlık değerinde önemli oranda düşme hem de kağıdın optik özelliklerinde iyileşmeler olduğu gözlenmiştir (Gagne, et ali. 1988).

Hafizoğlu. H., (1982) kağıt hamuru üretimi ile ilgili araştırmalarda bu zamana kadar kullanılan indirgen kimyasallardan birinin de sodyum borhidrür olduğunu belirtmektedir. Alkali pişirme ortamında selülozun karbonil grupları hidroksil gruplarına indirgenebilir.

Vizkozite ve depolimerizasyon derecesi genellikle alkalin çözeltilerde ölçüldüğü ve bu çözeltilerde karbonil içeren molekül zincirleri kolaylıkla depolimerize olduğundan önemlidir. Aynı zamanda borhidrür indirgenmesiyle selülozun uç grupları da indirgenerek alkalin çözeltilerde soyulma reaksiyonlarına karşı stabil hale gelir (Lierop, 1996). Bununla birlikte ağartılmış selülozun sararma eğilimi de azalmaktadır. Bunun nedeni sodyum borhidrürün indirgen uç grupları ve diğer aldehit keton gruplarını kolayca indirgeyerek hidroksil grubuna çevirmesidir. Sodyum borhidrürün selüloz kimyasında kullanılması ile karbonhidratların analizinde indirgenmiş olan şekerlerin tanınması kolaylaşır. Ligninin renk gruplarına etkisi nedeniyle sodyum borhidrür lignini koruyucu ağartma elemanı olarak kullanılmaktadır (Leary, 1997). Sülfat pişirmesinde katalizör olarak ilave edilen sodyum borhidrür karbonhidratların indirgen uç gruplarını soyulma reaksiyona karşı koruyarak kağıt hamuru elenmiş verimini artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, pişirme esnasında katalizör görevi görerek işlem sıcaklığı ve pişirme süresinin kısa tutulmasını sağlar.

Bu araştırmada, buğday saplarından SOAQ yöntemiyle elde edilen kağıt hamurlarının tek ve iki kademede ağartılabilirliği incelenmiş ve bu amaçla hidrojen peroksit ve sodyum borhidrür kullanılmıştır.

Önce tek kademeli daha sonra iki kademeli ağartma denemeleri uygulanmış olup elde edilen ağartılmış hamurların optik özellikleri belirlenmiştir. Böylece, çevre dostu yöntemle ağartılan hamurlar oluklu mukavva kağıdı üretiminin yanında belirli oranlarda diğer hamurlara kanşunlarak baskı, temizlik kağıtları, yazı tabı kağıtları ve ambalaj kartonları gibi çeşitli üretimlerde de kullanımının mümkün olup olmayacağı araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Araştırmada, laboratuvar koşullarında parlaklığı %56 (elrepho), sardığı %<,284.15(elrepho) ve baskı opaklığı %86 olan ağartılmamış soda-oksijen-antrakinon (SOAQ) yöntemiyle elde edilen buğday sapı hamurları kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Buğday saplarından SOAQ yöntemiyle elde edilen hamurların tek kademe hidrojen peroksit ile ağartılması

Çizelge 1'deki deney planına bağlı kalınarak 6 adet ağartma denemesi yapılmıştır ve bu denemelerde Na_2SiO_3 miktan % 3, $MgSO_4$ miktan % 0.5, EDTA oranı % 0.5, ağartma süresi 70 dak., reaksiyon sıcaklığı 70 °C ve konsantrasyon % 16 olarak sabit alınmıştır.

2.2.2. Buğday saplarından SOAQ yöntemiyle elde edilen hamurların iki kademe hidrojen peroksit ve sodyum borhidrür ile ağartılması

Bu amaçla Çizelge 1'de hidrojen peroksit ağartmada ekonomikte dikkate alındığında hidrojen peroksit ve sodyum hidroksit oranındaki artışa bağlı olarak diğer ağartma denemeleri arasında en fazla parlaklık % 19.78'lik artışla 4 nolu ağartma denemesinde meydana geldiği için bu ağartma denemesi kademeli ağartmada sabit olarak alınmıştır.

Çizelge 2'deki deney planında sodyum borhidrür oranı %0.5, %1, %1.5 ve %2 olarak değiştirilerek önce ikinci kademe 4 adet daha sonra ilk kademe 4 adet olmak üzere ve toplam 8 adet iki kademeli ağartma denemesi yapılmıştır.

2.2.3 Kağıt hamurunun Ağartılması ve Ağartılmış Kağıt Hamurlarına Uygulanan Yöntemler

Çizelge 1'deki ağartma denemelerinde H_2O_2 ağartma çözeltisi su-EDTA- $MgSO_4$ - Na_2SiO_3 - $NaOH$ - H_2O_2 sırasında hazırlanmış sulu bir çözeltidir. Ağartma çözeltisi Çizelge 1' de verilen miktarlarda hazırlanarak tam kuru 50 gr hamura ilave edilerek el ile kova içerisinde iyice kanşunulmuş ve karışımın pH '1 belirlenmiştir. Daha sonra hamur ve ağartma çözeltisi kanşımı polietilen torbaya konulduktan sonra sirkülasyonlu su banyosuna yerleştirilmiş olup ısı termostat yardımıyla kontrol edilmiş ve ± 1 °C hassasiyetle çalışılmıştır.

Çizelge 2'de verilen miktarlarda yine tam kuru 50 gram hamur kullanılmış olup herbir kademe için ağartma çözeltileri hazırlanarak bu hamura ilave edilmiştir. İkinci kademe ilk kademe elde edilen ağartılmış hamur kullanılmıştır.

Her bir ağartma işlemi sonunda siyah çözelti pH'1 belirlenmiş olup peroksit ağartmada hamur içerisinde kalan artık peroksit miktan tayin edilerek hamur 150 mesh' lik elek üzerinde bol su ile yıkanmıştır (Strunk., 1984). Daha sonra hamur % 15-20'ye kadar sıkılarak peroksit ağartma sonunda elde edilen hamur % 5'lik sodyum metabisülfid ($Na_2S_2O_5$) çözeltisi ile hamur pH'ı 5-5.5 değerine düşürülerek hamurda kalan artık peroksit uzaklaştırılmış ve alkalinin sebep olacağı esmerleşme önlenmiştir. Ardından hamur sıkılarak % 20-25 kuru madde içerecek hale getirilip polietilen torbalara alınmış, rutubetin dengelenmesi için 24 saat ağzı kapalı bekletildikten sonra hamurun rutubeti SCAN-C3:63 standart yöntemine göre belirlenmiş ve ağartma verimi tayin edilmiştir (SCAN, 1973). Ağartılmış hamurların optik özellikleri 25+3 SR° serbestlik derecesinde TAPPI test metodlarına bağlı kalınarak Elrepho 2000 cihazıyla hamurun parlaklık, sanlık ve baskı opaklığı değerleri belirlenmiştir (Tappi Test Methods, 1992).

3. SONUÇLAR

Buğday sapı SOAQ hamurlarının oksitleyici (yükseltgen) ve redükleyici (indirgen) kimyasallar ile ağartılmasında elde edilen değerler yorumlanırken daha çok bu hamurdan elde edilen

A. Tutus

kağıtların parlaklık, sanlık ve optik özelliklerine ait değerler dikkate alınmıştır. SOAQ hamurlarının bu ağartıcı kimyasallar ile ağartılmasında amaç, hamurun verimini düşürmeden kağıt hamuruna renk veren lignin ile diğer renklendirici kromoforların yapılarını bozmadan yalnız rengini beyazlatmaktır (USTA, 1993).

Hidrojen Peroksit ağartma sonucu elde edilen hamurların optik özellikleri dikkate alındığında en uygun NaOH/H₂O₂ oranı 0.75, H₂O₂ oranı %4 olarak kabul edilmiştir. Ancak, % 3 H₂O₂ oranından sonra optik özelliklerde ortaya çıkan artışın az olması ve H₂O₂'nin pahalı bir kimyasal olması nedeniyle uygun H₂O₂ oranı % 3 olarak seçilmiştir. Bununla birlikte, uygun reaksiyon süresi 70 dakika, reaksiyon sıcaklığı 70 °C olarak sabit alınmıştır. Reaksiyon sıcaklığındaki artış daha fazla enerji kullanımını ifade etmekte ve artan reaksiyon süresi tesisin üretim kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır.

Yapılan bu değerlendirmelere göre SOAQ hamurunun hidrojen peroksit ile ağartma işlemine tabi tutulmasında ekonomiklikte dikkate alındığında en uygun ağartma koşulu Çizelge 1' de 4 nolu ağartma denemesi olarak belirlenmiştir.

Ağartılmamış buğday sapı SOAQ hamuruna göre hidrojen peroksit kademesiyle ağartılmış SOAQ hamurunun parlaklığı % 19.78 oranında daha yüksek, sanlığı %24.23 oranında daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 1 peroksit oranındaki artışa paralel olarak hamurun peroksit tüketimi ve ağartma veriminin düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca, parlaklık değerini arttıran sanlık ve baskı opaklığı değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Söz konusu özellikler literatürdeki sonuçlar ile de örtüşmektedir (Tutus, et alı. 2004)

Oksitleyici (yükseltgen) hidrojen peroksit ağartıcı kimyasal maddesi ve indirgen (indirgen) sodyum borhidrür ağartıcı kimyasal maddeleri ile kademeli ağartmada Çizelge 2'de değişik sonuçlar elde edilmiştir. Kademeli ağartma sonucunda elde edilen hamurlardan yapılan kağıtların optik özellikleri dikkate alındığında ekonomiklikte göz önünde bulundurularak en yüksek optik özellikler 8 nolu BP iki kademeli ağartma denemesinde elde

edilmiştir. Bu denemede ilk kademede NaBH₄ % 2 ve ikinci kademede H₂O₂ % 3 olarak kullanılmıştır.

SOAQ buğday sapı hamuru 2 kademede sodyum borhidrür (NaBH₄) ve hidrojen peroksit (H₂O₂) ile ağartma işlemine uğratıldığında, elde edilen hamurların özelliklerinin ağartılmamış hamurlara ait değerlerle karşılaştırıldığında optik özelliklerden parlaklık %26.84 oranında daha yüksek, sanlık ise %38.75 oranında daha düşük bulunmuştur.

Ayrıca, iki kademeli ağartmada; ilk kademede ve ikinci kademede sodyum borhidrür kullanımı Çizelge 2'de karşılaştırılmıştır. İlk kademede sodyum borhidrür kullanımının hamurun optik özelliklerinden parlaklıkta %8.72 oranında, baskı opaklığında ise %5 daha yüksek, sanlıkta ise %21.49 oranında daha düşük bulunmuştur. İlk kademede %2 sodyum borhidrür kullanımı ile parlaklıkta yaklaşık %9 oranında bir artış gerçekleşmiştir. İkinci kademe %2 sodyum borhidrür kullanıldığında ise parlaklıkta %7.54 oranında bir artış, sanlıkta ise %17.72 oranında bir azalma gözlenmiştir. Kademeli ağartmada hamurun ağartma verimindeki düşüş % olarak çok belirgin değildir.

Çizelge 2'de görüldüğü gibi kağıt hamura ağartmada sodyum borhidrür kullanımı ağartılmamış hamurla karşılaştırıldığında parlaklıkta önemli oranda artışa (yaklaşık %26.86), sanlık değerinde belirgin oranda bir düşüşe neden olmuştur (yaklaşık %60). Bu sonuçlardan hareketle ilk kademede sodyum borhidrür kullanımının optik özellikler bakımından daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

4. ÖNERİLER

Yapılan tek ve iki kademeli ağartma denemelerinden elde edilen sonuçlara göre, buğday sapı SOAQ kağıt hamurunun hidrojen peroksit ve sodyum borhidrür ile ağartılmasının hamura ve dolayısıyla kağıda sağladığı faydaları aşağıda belirtildiği gibi özetleyebiliriz.

1. Peroksit ile ağartılmış hamurların eskime hızı daha yavaştır. Bu özellik ağartılmış kağıt çeşitlerinin tercih edildiği temizlik kağıtları için çok önemlidir.

Çizelge 1. Hidrojen Peroksit ile Ağartılmış Buğday Sapı SOAQ Kağıt Hamurlarının Kimyasal ve Optik Özelliklerine ait Bulgular.

Deney No	H ₂ O ₂ Oranı (%)	NaOH Oram (%)	Beyaz Çözelti PH	Siyah Çözelti pH	Peroksit Tüketimi (%)	Ağartma Verimi (%)	Parlaklık (% Elrepho)	Sanlık (% Elrepho)	Baskı Opakhğı (%)
1	1.5	1.125	11.05	9.25	97.00	95.70	60.34	270.10	90.17
2	2	1.5	11.15	9.35	95.15	94.78	64.16	255.20	87.07
3	2.5	1.875	11.20	9.50	93.74	93.36	67.22	230.45	86.21
4	3	2.25	11.25	9.65	91.45	93.00	69.81	215.29	85.76
5	3.5	2.625	11.30	10.00	90.37	92.65	71.12	203.32	84.45
6.	4	3	10.90	9.45	91.38	92.12	72.54	200.15	84.00

Not: Na₂SiO₃: %3, MgSO₄: %0.5, EDTA: %0.5, reaksiyon süresi: 70 dakika, reaksiyon sıcaklığı: 70 °C ve konsantrasyon: %16 olarak sabit alınmıştır.

Çizelge 2. Hidrojen peroksit ve Sodyum borhidrür ile Ağartılmış Buğday Sapı SOAQ Kağıt Hamurlarının Kimyasal ve Optik Özelliklerine ait Bulgular.

Deney No	Kimyasallar	Reaksiyon süresi (dak.)	Konsantrasyon (%)	Siyah çözelti PH	Ağartma verimi (%)	Parlaklık (% Elrepho)	Sanlık Elrepho)	Baskı opakhğı (%)
PB	%3H ₂ O ₂ , %2.25NaOH(*)	70	16	9.65	94.25	70.68	197.10	86.16
	%0.5 NaBft.(**)	30	14	10.00				
PB	%3H ₂ O ₂ , %2.25NaOH	70	16	9.65	94.00	72.88	190.00	87.76
	%1 NaBft,	30	14	10.10				
PB	%3H ₂ O ₂ , %2.25NaOH	70	16	9.65	93.90	74.13	182.17	88.17
	%1.5 NaBft,	30	14	10.13				
PB	%3H ₂ O ₂ , %2.25NaOH	70	16	9.65	93.63	75.50	177.14	89.24
	%2 NaBft,	30	14	10.20				
BP	%0.5 NaBft,	30	14	10.00	94.73	72.40	187.28	87.10
	%3 HA, %2.25NaOH	70	16	9.65				
BP	%0.1 NaBH ₄	30	14	10.10	94.47	73.84	180.27	88.27
	%3H ₂ O ₂ , %2.25NaOH	70	16	9.65				
BP	%1.5 NaBft,	30	14	10.13	94.28	75.00	174.67	89.80
	%3H ₂ O ₂ , %2.25NaOH	70	16	9.65				
BP	%2 NaBft,	30	14	10.20	94.04	76.54	169.05	90.27
	%3HJOJ, %2.25NaOH	70	16	9.65				

*:Peroksit ağartmada: Na₂SiO₃: %3, MgSO₄: %0.5, EDTA: %0.5, reaksiyon sıcaklığı: 70 °C olarak sabit alınmıştır.

** :Borhidrür ağartmada: Na₂SiO₃: %3 ve reaksiyon sıcaklığı: 70 °C olarak sabit alınmıştır.

2. Hidrojen peroksit ve sodyum borhidrür kimyasal ağartıcıları ile hamurun disintegrasyon kabiliyeti hızla düzeler. Bu durum ağartılmış hamurun disintegrasyon problemlerine neden olmadan birkaç ay depolanmasına imkan tanır.

3. Diğer ağartmalara göre lifler daha fazla esnekleşir.

4. Lif-lif bağ yapma özelliği artar ve bu artış temizlik kağıdı üretiminde toz miktannda azalmaya neden olur.

5. Oksitleyici ve redükleyici kimyasal ağartıcıları ile ağartmada düşük tutunumlu SOAQ kağıt hamuru yüksek tutunumlu hamura dönüşür.

6. Oksitleyici ve redükleyici kimyasal ağartma işlemine tabi tutulmuş hamurların görünüm ve

A. Tutus

baskı özellikleri düzelir ve bu hamurlardan elde edilen kağıtlara daha kolay baskı yapılabilir.

7. Peroksit ve borhidrür gibi kimyasal ağartıcılar ile ağartılmış hamurlar, renkli temizlik kağıtlarında daha iyi bir gölge izi verir.

Bütün bu nedenlerden dolayı, oksitleyici ve redükleyici (H₂O₂ ve NaBHL) kimyasal ağartıcılar ile ağartma yöntemi, buğday sapı SOAQ kağıt hamurlarının tek ve çok kademede ağartılmasında yeni bir teknik ve ekonomik imkanlar sağlayacak niteliktedir.

KAYNAKLAR

Eroğlu, H. 1981. Oksijen Alkali Yöntemiyle Odun Yongalarının Pişirilmesi ve Kağıt hamurlarının Ağartılması, KTÜ Orman Fakültesi Dergisi Trabzon., sayı: 2,314-315.

Rudra, P. S., Bjorn, C. D. 1979. The Bleaching of Pulp, TAPPI Press, pp: 695.

Casey, J. P., 1980 Pulp and Paper, Vol: IPulping and Bleaching Second Print, New York, pp: 535.

Örs., N., Behmenyar, G., Özdemir, S.S., Boyacı San, F.G., Bahar, T. 2002. "Hidrojen Üretimi ve Depolama", TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, MKTAE.1.02.007.

Leary, G., Wong, D and Giampaolo., 1997. The Bleaching of Mechanical Pulps with Oxygen and Borohydride, vol:51, Germany, pp: 445-451.

Gagne, C, Barbe, M.C. and Daneauh, C. 1988. Comparison of Bleaching Processes for Mechanical and Chemimechanical Pulp, Tappi Journal, pp: 89-103.

Hafizoğlu., H. 1982. *Orman Ürünleri Kimyası*, KTÜ. Orman Fakültesi, KTÜ Basımevi, Fakülte Yayın No. 52, Trabzon, 100-101.

Lierop, B. V., A. Skothos, and N. Liebergott. 1996. The technology of chemical pulp bleaching, Chapter 5., Ozone delignification, 323-340, Pulp Bleaching: Principles and Practice (Eds:

Carlton W. Dence and Douglas W. Reeve, Atlanta pp.868.

Strunk., W. 1984. Developments in Hydrogen Peroxide Bleaching of Mechanical and High-Yield Pulps, TAPPI Pulping Conference pp: 163-166.

Scan Test Methods, 1973. Scandinavian Pulp, Paper and Board Committee, Sweden.

Tappi Test Methods, 1992. Test Methods 1992-1993, Tappi Press, Atlanta, Georgia, USA.

Usta, M. 1993. Nötral Sulfit Yankimyasal (NSCC) Kağıt hamurunun OP Kademeleri ile Ağartılması Üzerine Araştırmalar, Doçentlik Tezi, Trabzon.

Tutus, A., and Usta, M. 2004. Bleaching of chemithermomechanical pulp (CTMP) using environmentally friendly chemicals, Journal of Environmental Biology, Vol: 25, Number: 2, India, 141-145.