

Kraft Hamurunun Verimini Etkileyen Faktörler

Sezgin Koray GÜLSOY

Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 74100, Bartın
E-mail: sgulsoy@bartin.edu.tr

Geliş Tarihi: 24.01.2012

Özet

Kraft yöntemi Dünya’da en yaygın üretimi yapılan kimyasal kağıt hamuru üretim yöntemidir. Bu yöntem kullanılarak kağıt hamuru üretildiğinde yarı kimyasal ve mekanik yöntemlere nazaran daha düşük bir hamur verimi elde edilir. Buna karşın, kraft yöntemi ile elde edilen hamurların direnç özellikleri yarı kimyasal ve mekanik yöntemlerle elde edilenlere oranla daha yüksektir. Kraft hamurunun verimini artırmak amacıyla birçok araştırmacı farklı yöntemler denemiştir. Bu araştırmalar sonucunda, hammaddenin kimyasal ve anatomik yapısı, pişirme koşulları, yonga kalitesi, ilave edilen katkı maddesinin türü ve miktarı gibi birçok faktörün kraft hamur verimini önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada, kraft kağıt hamurunun verimini etkileyen faktörler detaylı bir şekilde irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kraft, hamur verimi, kimyasal yapı, katkı maddeleri, yonga kalitesi, odun anatomisi.

Factors Affecting Kraft Pulp Yield

Abstract

Kraft method, as a chemical pulping method, is commonly used in the worldwide. Pulps producing by using this method have a lower pulp yield compared to semi-chemical and mechanical pulping methods. However, strength properties of kraft pulp are higher than those of pulps producing from other pulping methods. The many researchers have been tried to improve up to a point kraft pulp yield. The results of these researches revealed that the many factors such as chemical and anatomical structure of raw material, cooking conditions, chip quality, type and amount of additive significantly affect the kraft pulp yield. In this paper, factors affecting kraft pulp yield are discussed in detail.

Key words: Kraft, pulp yield, chemical structure, additives, chip quality, wood anatomy.

Giriş

Kimyasal kağıt hamuru üretim yöntemlerinden kraft yöntemi ile elde edilen hamurların direnç özellikleri diğer yöntemlerle elde edilenlerden daha yüksektir. Bu yüzden, kraft yöntemi en yaygın olarak kullanılan kağıt hamuru üretim yöntemidir (Vaaler ve Moe, 2001). Kraft yönteminin delignifikasyon prosesinde odunda bulunan organik maddeler degradasyona uğrar ve çözünerek çözeltiliye geçer. Hamur verimi pişirme sonucunda elde edilen fırın kuru hamur miktarının pişirme başlangıcında kazana giren fırın kuru odun miktarına oranı olarak tanımlanır. Bununla birlikte, heterojen pişirme koşullarında budaklı yongalar ve aşırı kalın yongalar hamur içerisinde pişmeyen budakların kalmasına ve bireysel hale gelmemiş lif demetlerinin oluşmasına sebep olur. Bu ise elek artığı oranını artırır. Kimyasal hamurlarda elek artığı 0.15 mm genişliğindeki yarıklara sahip

elekten geçemeyen, 1 mm’den uzun lif demetleri olarak tanımlanır. Kağıt hamuru terminolojisinde iki farklı hamur verimi kavramı vardır. Bunlar, toplam hamur verimi (Eşitlik 1) ve elenmiş hamur verimidir (Eşitlik 2). Her iki eşitlikte de hamur, elek artığı ve yongaların fırın kuru ağırlıkları kullanılır (Brännvall, 2009a).

Toplam verim ;

$$(\%) = 100 \times \frac{\text{hamur} + \text{elek artığı}}{\text{yonga}} \quad (1)$$

Elenmiş verim;

$$(\%) = 100 \times \frac{\text{hamur}}{\text{yonga}} \quad (2)$$

Kraft hamurunun üretim maliyetinin büyük bir kısmını hammadde fiyatları oluşturduğu için hamur verimi çok önemli bir ekonomik faktördür (Kleppe, 1970). Bu yüzden, çoğu araştırmacı karbonhidrat kayıplarını azaltarak hamur verimini artırmayı amaçlayan çalışmalar yapmışlardır.

Kimyasal hamur üretimi çeşitli kimyasallar kullanılarak lifleri bireysel hale getirmek için ligninin uzaklaştırılması (delignifikasyon) olarak tarif edilmektedir. Bu işlemde ideal olan selüloz ve hemisesülozları uzaklaştırmaksızın lignini uzaklaştırmaktır. Kraft yönteminde delignifikasyon başlıca OH⁻ ve HS⁻ iyonlarından oluşan güçlü bir alkali çözelti ile sağlanır. Bu esnada, hemisesülozların önemli bir kısmı (yaklaşık %75'i), bir miktar selüloz (yaklaşık %10'u) ve ekstraktifler (yaklaşık %90'ı) lignin ile birlikte uzaklaşır. Kraft yönteminde bütün polisakkaritler yapılarındaki glikozidik bağların alkali hidrolizi ve soyulma (peeling) reaksiyonuna maruz kalmaları sonucu degrade olabilirler (Kleppe, 1970; Kocurek ve ark., 1989; Vaaler ve Moe, 2001).

Kraft kağıt hamuru üreten ve günlük üretim miktarı 500 ton ve hamur verimi %45 olan bir fabrikada hamur veriminin %5 artırılması günlük hamur üretiminin 55.56 ton artması ile sonuçlanır. Bu artış, fabrikaya ekonomik bir faydanın yanı sıra, orman kaynaklarının daha etkin kullanımını sağlar. Bu derleme makalenin amacı, kraft hamurunun verimini etkileyen faktörleri irdelemektir.

Odunun Kimyasal Bileşiminin Etkisi

Odunun kimyasal bileşimi hamur verimini etkileyen en önemli faktördür. Odun, polisakkaritler (selüloz ve hemisesülozlar), lignin, ekstraktifler ve inorganik bileşenlerden oluşmaktadır. Odunu oluşturan bu bileşenlerin oranları ağaç türleri arasında farklılık gösterdiği gibi aynı ağaçta bile farklılık gösterebilir. İğne yapraklı ağaçların selüloz oranı %41-46, hemisesüloz oranı %25-32, lignin oranı %26-31, ekstraktif madde miktarı %10-25 ve kül oranı ise %0.2-0.4 arasında değişmektedir. Buna karşın, yapraklı ağaçların selüloz oranı %42-49, hemisesüloz oranı %23-34, lignin oranı %20-26, ekstraktif madde miktarı %3-8 ve kül

oranı ise %0.2-0.8 arasında değişmektedir. (Gullichsen, 1999). Yapraklı ağaç türleri iğne yapraklı ağaç türlerine göre daha değişken bir bileşime sahiptir. Bunun yanında, yapraklı ağaç türleri iğne yapraklı ağaç türlerine oranla karbonhidrat içeriği bakımından daha zengindir. Ekstraktif madde miktarı ve lignin miktarı hamur verimi ile ters orantılı iken, selüloz ve hemisesüloz miktarı hamur verimi ile doğru orantılıdır. Bu yüzden, yapraklı ağaç türleri hamur verimi bakımından bir avantaja sahiptir. Örneğin, lignin içeriği %20 ve ekstraktif miktarı (aseton ile ekstraksiyonda) %3 olan kavağın endüstriyel uygulamadaki kraft hamur verimi 12 kappada %55'dir. Buna karşın, lignin içeriği %30.8 ve ekstraktif madde miktarı %7.8 olan kızıl sedirin ağartılabilir bir seviyedeki kraft hamur verimi 30 kappada %40'dır (White, 1987; Wallis ve ark., 1996; MacLeod, 2006; Ramírez ve ark., 2009).

Ağartılabilir derecedeki bir kraft hamurunun muhtemel verimini belirleyen en önemli faktör odunun kimyasal yapısıdır. Kraft hamurunun verimini tahmin etme ile ilgili Eşitlik 3 ve 4'de verilen formüller ağartılabilir seviyedeki bir hamurun (verim %42-55) verimini kayda değer derecede (eşitlik 3 için R²=0,95, eşitlik 4 için R²=0,79) doğru tahmin etmektedir (MacLeod, 2007; White ve ark., 2009).

Odunun selüloz içeriği hamur verimi ile doğru orantılıdır (Wallis ve ark., 1996; Kube ve Raymond, 2002; Kien ve ark., 2009). Glukomannanlar ksilanlar gibi hemisesüloz bileşenleri soyulma reaksiyonlarına karşı oldukça hassastır. Glukomannanlar iğne yapraklı ağaçların, ksilanlar ise yapraklı ağaçların asli hemisesüloz bileşenleridir (Rydholm, 1965). Pişirme esnasındaki glukomannanların tutunma oranındaki artış kraft hamurunun veriminin artmasını sağlar (Löwendahl ve Samuelson, 1978; Vaaler ve ark., 2002). Odunun ksilan miktarı hamur verimi ile ters orantılıdır (White ve ark., 2009).

Odunda bulunan ligninin yapısı da hem hamur veriminde hem de delignifikasyon oranında önemli bir rol oynamaktadır (Magaton ve ark., 2009). Örneğin, siringil/guayasil (S/G) oranındaki artış hamur veriminin artmasına sebep olmaktadır (Del

Río ve ark., 2005). Bunun sebebi, siringil lignininin kraft pişirmesi esnasında guayasil ligninine oranla daha reaktif olması (Gomes ve ark., 2008) ve odundan daha kolay uzaklaşmasıdır. Bu durum pişirmede daha az alkali tüketimine, selülozun daha az degradasyona uğramasına ve dolayısıyla da hamur veriminin artmasına neden olmaktadır (Del Río ve ark., 2005). Lignin içeriği ise S/G ile ters orantılıdır (Colodette ve Gomide, 2004).

Odun ekstraktifleri pişirme kimyasallarının tüketiminin artmasına,

Odunun Kimyasal Bileşiminin Etkisi

$$\text{Hamur verimi} = -0.69 (\text{lignin}) + 65.8 \quad (3)$$

$$\text{Hamur verimi} = (41.19) + (0.122)(Kappa) - (1.72)(Ksilan) + (0.656)(selüloz/lignin) \quad (4)$$

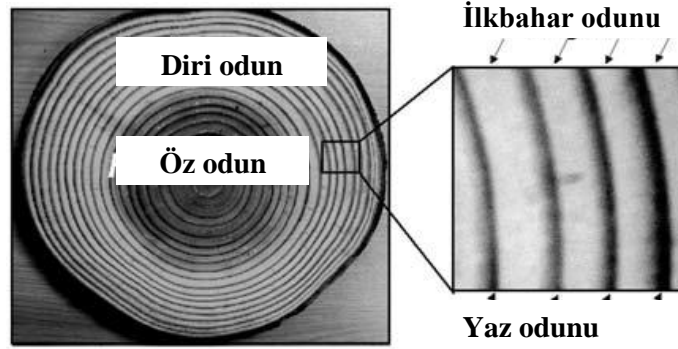
Odunun Anatomik Yapısının Etkisi

Diri odun (sapwood) fizyolojik olarak canlı hücrelerden oluşmakta olup, ağacın enine kesitinde kabuğa yakın bir bölgede bulunmaktadır. *Öz odun (heartwood)* ise, fizyolojik olarak ölü (iletim özelliğini yitirmiş) hücrelerden oluşmakta ve ağacın enine kesitinde öze yakın bir bölgede bulunmaktadır. Öz odun diri oduna oranla genellikle daha koyu renklidir (Chattaway, 1952; Panshin ve De Zeeuw, 1980). Öz odununun kraft hamur verimi diri oduna nazaran daha düşüktür (Mariana ve ark., 2005; Esteves, ve ark., 2005; Miranda ve ark., 2007; Lourenço ve ark., 2008; Ataç, 2009). Bunun sebebi, öz odununun diri oduna oranla daha fazla ekstraktif maddeye (Esteves ve ark., 2005) ve daha düşük bir permeabiliteye (Brännvall, 2009a) sahip olmasıdır.

İlman bölgelerde yetişen ağaçların enine kesitleri mikroskop altında incelendiğinde bir yıllık halkanın birbirinden farklı morfolojik özelliklere sahip iki kısımdan oluştuğu

ligninin çözünübilirliğinin ve hamur veriminin azalmasına sebep olurlar. Bunun yanı sıra, ekstraktifler hamur rengini koyulaştırıp, hamurun ağartılmasını zorlaştırmaktadırlar (Pereira ve ark., 2003). Hamur verimi ile ekstraktif miktarı arasında ters orantı çeşitli ağaç türlerinde bildirilmiştir (Turner ve ark., 1983; Raymond ve ark., 1994; Wallis ve ark., 1996; Miranda ve Pereira, 2001).

görülmür. Büyüme mevsiminin başlangıcında oluşan hücreler geniş lümenli, dar çeperli ve düşük bir yoğunluğa sahiptir. Yıllık halka içerisinde bu tip hücrelerin bulunduğu kısım *ilkbahar odunu (earlywood)* olarak adlandırılmaktadır. Buna karşın, yıllık halkanın ilkbahar odununa göre daha geniş çeperli, daha dar lümenli ve daha yüksek bir yoğunluğa sahip hücrelerden oluşan kısmı ise *yaz odunu (latewood)* olarak adlandırılmaktadır. Yaz odunu ilkbahar odununa oranla genellikle daha koyu renklidir (Panshin ve De Zeeuw, 1980). Yaz odununun kraft hamur verimi ilkbahar odununa göre daha yüksektir (Gladstone ve ark., 1970; Dai ve ark., 2004). Bunun nedeni, ilkbahar odununun yaz odununa oranla daha yüksek oranda lignin (Browning, 1963; Rydholm, 1965) ve daha düşük oranda selüloz (Browning, 1963; Gladstone ve ark., 1970) içermesidir. *Pinus pinaster*'in ilkbahar-yaz odunu ve öz-diri odunu Şekil 1'de görülmektedir.

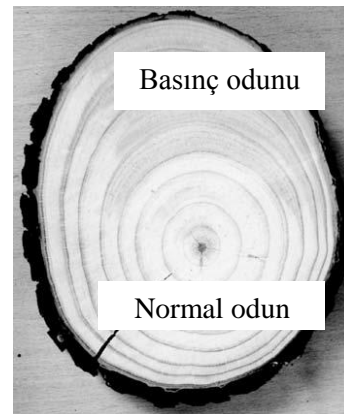


Şekil 1. *Pinus pinaster*'in ilkbahar-yaz odunu ve öz-diri odunu (Da Silva Perez ve Fauchon, 2003)

Bir ağacın özü enine kesitinin yaklaşık olarak orta kısmındadır. Eksantrik bir şekilde özün çeşitli nedenlerden dolayı enine kesitin orta kısmından herhangi bir yana kaymış olması durumunda öz ile kabuk arasındaki mesafenin daha geniş olduğu kenardaki odun *reaksiyon odunu* (*reaction wood*) olarak adlandırılmaktadır. Reaksiyon odunu iğne yapraklı ağaçlarda *basınç odunu* (*compression wood*), yapraklı ağaçlarda ise *çekme odunu* (*tension wood*) olarak bilinir. Çekme odunu normal oduna oranla daha yüksek oranda selüloz ve daha düşük oranda lignin içermektedir (Panshin ve De Zeeuw, 1980). Basınç odunu ise, normal oduna oranla daha düşük oranda selüloz ve daha yüksek oranda lignin içermektedir (Lohrasebi ve ark., 1999; Tarmian ve Azadfallah 2009; Kılıç ve ark., 2010). Çekme odununun kraft hamur verimi normal odundan daha yüksek iken (Parham ve ark., 1976), basınç odununun kraft hamur verimi normal odunkinden daha düşüktür (Lohrasebi ve ark., 1999; Da Silva Perez ve Fauchon, 2003). Her iki reaksiyon odununun normal oduna oranla kraft hamur verimlerinde görülen değişim odunların kimyasal yapıları arasındaki farktan kaynaklanmaktadır. *Pinus pinaster*'in basınç odunu ve normal odunu Şekil 2'de görülmektedir.

Genç odun (*juvenile wood*), ağacın yaşam süresinin ilk senelerinde oluşturduğu sekonder ksilem olarak tanımlanmaktadır (Rendle, 1959). Birçok bilim insanı ağacın ilk 20 yıllık halkasını genç odun olarak adlandırılmaktadır (Gryc ve ark., 2011). *Olgun odun* (*mature wood*) ise, genç odun ile kabuk arasında kalan kısımdır. Genç odun ve

olgun odun arasındaki farklılıklar iğne yapraklı ağaçlar için daha önemlidir. Genç odun olgun oduna nazaran daha geniş lümenli, daha dar çeperli ve daha kısa hücrelere sahiptir. Bunun yanı sıra, genç odun daha düşük yoğunluğa sahip olup, daha yüksek oranda lignin ve ekstraktif madde ile daha düşük oranda selüloz içermektedir (Da Silva Perez ve Fauchon, 2003; Hatton, 1997; Gryc ve ark., 2011). Genç odununun ilkbahar odunu/yaz odunu oranı olgun oduna oranla daha yüksektir (Larson, 1969). Genç odunun kraft hamur verimi olgun odundan daha düşüktür (Hatton ve Gee, 1994; Hatton 1997; Da Silva Perez ve Fauchon, 2003; Alteyrac ve ark., 2006). Genç odunun olgun odundan daha düşük oranda selüloz, daha yüksek oranda lignin ve ekstraktif madde, daha fazla oranda ilkbahar odunu içermesi genç odunun kraft hamur veriminin olgun odundan daha düşük olmasına sebep olarak gösterilebilir.



Şekil 2. *Pinus pinaster*'deki basınç odunu (Da Silva Perez ve Fauchon, 2003)

Odundaki öz ışını, boyuna paranzim hücreleri (Ona ve ark., 2001) ve trahelerin (Haygreen ve Bowyer, 1996) oranı hamur verimi ile ters orantılıdır. Bununla birlikte, mm²'ye düşen trahe sayısı da hamur verimi ile ters orantılıdır (Amidon, 1981). Bir ağaç türünün yüksek oranda trahe içermesi pişirme esnasında pişirme çözeltisinin oduna nüfuz etmesinin kolay olacağı anlamına gelir. Ancak, traheler baskı esnasında kağıt yüzeyinden ayrılmaları nedeniyle kağıdın baskı kalitesini azaltırlar. Böylece, kağıt yüzeyinde trahenin koparak ayrıldığı yerlerde mükreksiz benekler oluşur (Amidon, 1981).

Yaşlı ağaçlar genç ağaçlardan daha yüksek bir yoğunluğa sahip olup, bu ağaçlardan elde edilen kraft hamurlarının verimlerinin yüksek olması beklenir. Ancak, yaşlı ağaçların içerdiği ekstraktif madde miktarı genç ağaçlardan fazladır ve ekstraktif maddeler hamur verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu yüzden, yaşlı ağaçların kraft hamur verimi genç ağaçlara nazaran daha düşüktür (Magaton ve ark., 2009).

Yonga Boyutunun Etkisi

Bir yonganın boyu, genişliği ve kalınlığının her üçüne birden yonga boyutu denir. Yongalar boyutlarına göre SCAN-CM 40:01 standart eleme metodunda 6 farklı yonga sınıfına ayrılırlar (Tablo 1, Şekil 3-4). Kraft pişirmesi için ideal bir yonganın boyu 20-30 mm, genişliği 15-30 mm ve yonga kalınlığı 3-8 mm'dir (Brännvall, 2009b).

Yongalarda bulunan talaşlar hamur kalitesini olumsuz yonga etkilemektedir. Bu yüzden, talaşlar çoğu üretim hattında yongalardan elenerek ayrılıp, yakıt olarak kullanılırlar. İnce, dar ve uzun (iğnemi) yongalar ise belirli bir dereceye kadar tolere

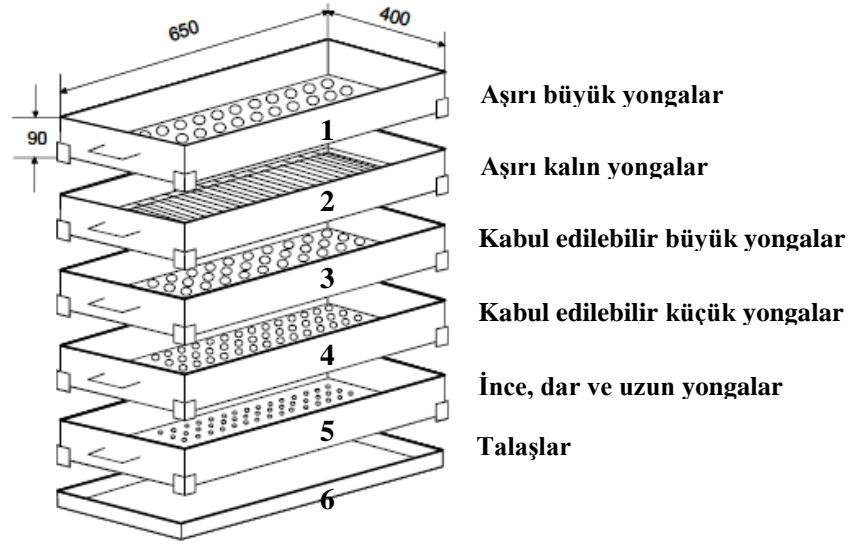
edilselerde, üretimde büyük oranda bulunmaları durumunda talaşlar gibi yongalardan eleme yoluyla ayrılarak yakıt olarak kullanılırlar. Aşırı kalın ve büyük yongalar ise yeniden yonganılmak üzere yonga kırıcılara gönderilerek üretim hattı için uygun boyutlara getirilirler. Ancak, bu işlem iş akışında ilave bir kademe olduğundan üretim maliyetinde artışa sebep olmaktadır (Hartler, 1996).

Hamur verimi pişirmede kullanılan yongaların boyutuna göre değişmektedir. Pişirmede kullanılan yongaların normalden daha kalın olması durumunda, pişirme çözeltisinin homojen bir şekilde yongaya nüfuzu daha zordur. Yonga kalınlığının heterojen olması elenmiş verimin azalmasına, elek artığı oranının ise artmasına sebep olur (Courchene, 1998; Svedman ve ark., 1998; Kırıcı, 2000; Rajesh ve ark., 2010).

Yonga kalınlığı ile hamur verimi arasında ters bir orantı vardır (Genco ve ark., 1990). Gullichsen ve ark. (1992), pişmiş bir yonganın yüzeyindeki lignin oranının merkezine oranla daha düşük olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, 2 mm kalınlığındaki yongalardan elde edilen hamurların kappa numarasını 15, 10 mm kalınlıktaki yongalardan elde edilen hamurların kappa numarasını ise 70 olarak tespit etmiştir. Yonga kalınlığındaki değişim ile kappa numaralarında meydana gelen büyük farkın sebebi 10 mm kalınlığındaki yongalara pişirme çözeltisinin daha düşük seviyedeki nüfuzudur. Talaşların (Pemble, 1990) ve aşırı kalın yongaların (Rajesh ve ark., 2010) elenerek üretim hattından uzaklaştırılması hamur veriminin artmasına neden olmaktadır.

Tablo 1. SCAN-CM 40:01 standardına göre yonga sınıfları

1.	Aşırı büyük yongalar	45 mm çapında yuvarlak gözenekli elekte kalan yongalar
2.	Aşırı kalın yongalar	45 mm çapında yuvarlak gözenekli elekten geçen, yarı genişliği 8 mm olan elekte kalan yongalar
3.	Kabul edilebilir ölçüdeki büyük yongalar	13 mm çapında yuvarlak gözenekli elekte kalan yongalar
4.	Kabul edilebilir ölçüdeki küçük yongalar	7 mm çapında yuvarlak gözenekli elekte kalan yongalar
5.	İnce, dar ve uzun yongalar	7 mm çapında yuvarlak gözenekli elekten geçen, 3 mm çapında yuvarlak gözenekli elekte kalan yongalar
6.	Talaşlar	3 mm çapında yuvarlak gözenekli elekten geçen talaşlar (testere talaşları)

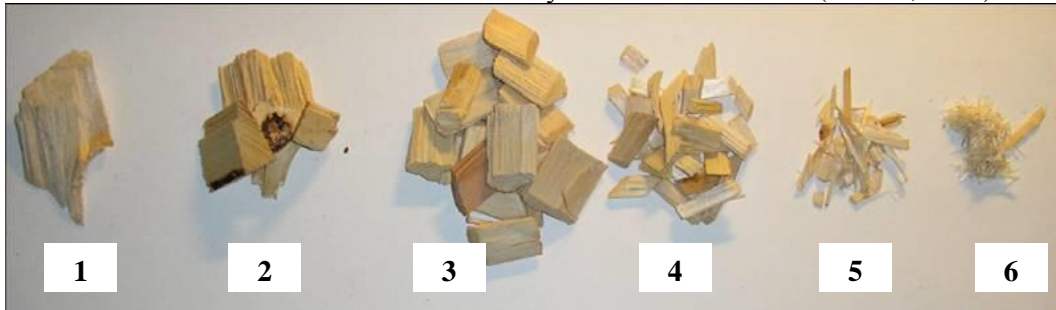


Şekil 3. Yonga boyutuna göre sınıflandırma yapan elekler (ölçüler mm cinsinden verilmiştir) (SCAN-CM 40:01)

Hamurdaki liflerin uzunluğu yonga boyu ile ilgilidir. Kısa yongalar hamurdaki ortalama lif uzunluğunun azalmasına sebep olur. Bu yüzden, ortalama yonga boyu 18-20 mm'nin altına düşmemeli ve 20-30 mm arasında olmalıdır (Brännvall, 2009b). Ortalama lif uzunluğu hamur verimini

etkilemese de kısalan lifler kağıdın direnç özelliklerini olumsuz etkiler.

Yukarıda belirtilen yonga boyutunun hamur verimi üzerine etkilerinin yanı sıra, yongalayıcıya ait bıçağın keskinliği, kesme açısı ve kesme hızı gibi yonga boyutunu etkileyen faktörler de hamur verimini dolaylı yoldan etkilemektedir (Hartler, 1996).



Şekil 4. Yonga sınıfları (Bjurulf, 2006)

Odunun Özgül Kütlesinin Etkisi

Hamur üretiminde kullanılan odunun özgül kütlesi hamur üretimi açısından önemli bir odun özelliği olup, bir ton hamur elde etmek için gerekli olan odunun hacmini ve fiyatını önemli derecede etkilemektedir. Bunun nedeni, odun fiyatlarının hamur üretim maliyetini belirleyen en önemli faktör olmasıdır.

Odunun özgül kütlesi ile hamur verimi arasındaki ilişki tartışmalı bir konu olup, iki kavram arasında net bir ilişki bulunmamaktadır. Colodette ve ark. (2004)

ve Mokfienski ve ark. (2008) özgül kütlesi düşük odunlardan yüksek verimli hamur elde edileceğini belirtirken, bazı bilim insanları odunun özgül kütlesi ile hamur verimi arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir (Casey, 1952; Panshin ve De Zeeuw, 1980; Haygreen ve Bowyer, 1996). Diğer taraftan, Eşitlik 5'de verilen spesifik odun tüketimi (SOT) özgül kütlesi yüksek odunlar için daha düşüktür. Örneğin, 389 (kg/m³) özgül kütleyle ve %55.9 hamur verimine sahip *Eucalyptus grandis* odununun SOT 4.60 (m³/tam kuru ton hamur) iken, 544

(kg/m³) özgül kütle ve %51.7 hamur verimine sahip *Eucalyptus urophylla* odununun SOT değeri 3.56 (m³/tam kuru ton

hamur) olarak tespit edilmiştir (Magaton ve ark., 2009).

$$SOT (m^3/tam\ kuru\ ton\ hamur) = \frac{[1\ ton\ tam\ kuru\ hamur\ (kg) \times 100]}{[Odunun\ özgül\ kütlesi\ (kg/m^3) \times Hamur\ verimi\ (%)]} \quad (5)$$

Pişirme Şartlarının Etkisi

Kraft yöntemi ile hamur üretiminde hamur verimi aktif alkali oranı, sülfidite oranı, pişirme sıcaklığı, pişirme süresi ve çözelti/yonga oranı gibi pişirme parametrelerinden etkilenmektedir. En yüksek verimi sağlayan pişirme koşulları her zaman ideal pişirme koşulu değildir. İdeal pişirme koşulu, hamur veriminde bir artış sağlamanın yanında maksimum hamur sağlamlığını ve minimum kalıntı lignin içeriğini de sağlamalıdır (Rydholm, 1965).

Aktif Alkali Oranı: Aktif alkali oranı ile kağıt hamurunun verimi birbiri ile ters orantılıdır (Genco ve ark., 1990; Shinagawa ve Shouji, 1994; Jahan ve ark., 2005; Akgül ve Temiz, 2006; İstek ve Gönteki, 2009; Rahmati ve ark., 2010; Biswas ve ark., 2011).

Sülfidite Oranı: Sülfidite oranının hamur verimi üzerine etkisi tartışmalı bir konudur. Bazı bilim insanları sülfidite oranı ile hamur veriminin doğru orantılı olduğunu (Phaneuf ve ark., 1998; Kırıcı, 2000; Ndukwe ve ark., 2009; Rahmati ve ark., 2010), bazıları ise ters orantılı olduğunu belirtmektedirler (Hart ve ark., 1993; Van Heiningen ve ark., 2004). Diğer taraftan, Pekkala (1983) ve Olm ve ark. (2009) belirli bir kappa numarasındaki hamur verimi üzerine artan sülfidite oranının bir etkisinin olmadığını belirtmiştir.

Pişirme Süresi ve Sıcaklığı: Maksimum sıcaklıktaki pişirme süresinin artması ile karbonhidrat kayıplarında meydana gelen artış hamur veriminin azalmasına neden olmaktadır (İstek ve Özkan, 2008; Ai ve Tschirner, 2010). Bununla birlikte, pişirme süresindeki (Jahan, ve ark., 2005, Akgül ve Temiz, 2006) ve pişirme sıcaklığındaki (Prasad ve ark., 1995; Jahan ve ark., 2005; Esteves ve ark., 2005) artışlar hamur veriminin azalması ile sonuçlanmaktadır.

Çözelti/yonga Oranı: Etkili alkali oranı sabit tutularak çözelti/yonga oranının artırılması ile çözeltinin etkili alkali

konsantrasyonunun düşmesi sonucu delignifikasyon hızı düşer ve hamurun kappa numarası artar (Kırıcı, 2000). Kappa numarası hamurun toplam verimi ile doğru orantılı olduğu için çözelti/yonga oranının artması hamur veriminin artmasını sağlar.

Yukarıda bahsedildiği gibi, hamur verimi pişirme şartlarındaki değişimden önemli derecede etkilenmektedir. Bu yüzden, en uygun pişirme koşullarını tespit etmek hamur verimi bakımından oldukça önemlidir.

Pişirme Çözeltisine İlave Edilen Katkı Maddelerinin Etkisi

Kraft hamur üretiminde yüksek oranda karbonhidrat içeren türlerin kullanımı ile hamur verimi daha yüksek olan hamurlar elde edilir. Ayrıca, pişirme esnasında kazana ilave edilen bazı katkı maddeleri de karbonhidratların tutunma oranını artırarak hamur veriminin artmasına neden olurlar.

Pişirme kimyasalları, odunda bulunan karbonhidratları soyulma reaksiyonu ve alkali hidroliz gibi degradasyon reaksiyonları ile parçalayarak hamur veriminin azalmasına neden olurlar. Azalan hamur verimi karbonhidratların indirgen uçlarının yapısı değiştirilerek önlenir. Bu amaçla pişirme çözeltisine ilave edilen indirgeyici (NaBH₄) veya yükseltgeyici (AQ ve PS) bir katkı maddesi indirgen uçtaki karbonil gruplarını hidroksil veya karboksil gruplarına dönüştürerek polisakkaritlerin indirgen uçlarını stabil hale getirir. Böylece, polisakkaritler yukarıda belirtilen degradasyon reaksiyonlarından etkilenmeyecek bir yapı kazanır. Bu sayede, hamur verimi ilave edilen katkı maddesinin türü ve miktarına bağlı olarak %3-5 oranında artar.

Çeşitli ağaç türlerinden elde edilen kraft hamurunun verimi üzerine NaBH₄'ün sağladığı olumlu etki farklı bilim insanları tarafından belirtilmiştir (Hartler, 1959; Pettersson ve Rydholm, 1961; Akgül ve

Temiz, 2006; Akgül ve ark., 2007; Çöpür ve Tozluoğlu, 2008; İstek ve Özkan, 2008; İstek ve Gönteki, 2009; Gülsoy, 2009; Tutuş ve Şah, 2009; Tutuş ve ark., 2010a,b). Bununla birlikte, Bujanovic ve ark. (2003) NaBO_2 'ın kraft hamur verimini artırdığını belirtmiştir. Buna karşın, Santiago ve Neto (2007) NaBO_2 'ın kraft hamur verimi üzerine belirgin bir etkisinin olmadığını belirtmiştir. Diğer taraftan, polisülfür (PS) kraft hamur veriminin artmasını sağlayan önemli bir katkı maddesi olup, hamur verimi üzerine olumlu bir etkisinin olduğu birçok bilim insanı tarafından belirtilmiştir (Sanyer ve Laundrie, 1964; Dillen ve Noreus, 1967; Thompson ve ark., 1998; Vaaler ve Moe, 2001; MacLeod ve ark., 2002; Çöpür ve Tozluoğlu, 2008).

Antrakınon (AQ) kraft pişirme çözeltisine ilave edildiğinde hamur veriminin artmasını sağlamaktadır (Hart ve ark., 1993; Shinagawa ve Shouji, 1994; Phaneuf ve ark., 1998; Thompson ve ark., 1998; Vaaler ve Moe, 2001; MacLeod ve ark., 2002; Van Heiningen ve ark., 2004; Çöpür ve Tozluoğlu, 2008; Tutuş ve ark., 2010b; Biswas ve ark., 2011). Ayrıca, diğer katkı maddelerine oranla fiyatının daha ucuz olması nedeniyle endüstriyel olarak da kullanılabilen önemli bir katkı maddesidir. Diğer taraftan, dimetilantrakınon (DiMAQ) gibi bazı antrakınon türevlerinin (Dimmel ve ark., 1999; Biswas ve ark., 2011), bazı yüzey aktif maddelerin (Chen, 1994; Duggirala, 1999) ve fosfonatların da (Li ve Tschirner, 2002) hamur veriminde artışa sebep oldukları belirtilmektedir.

Yukarıda belirtiten katkı maddelerinden ikisinin birlikte kullanımının hamur verimi üzerine etkileri de birçok bilim insanı tarafından araştırılmış ve iki katkı maddesinin birlikte kullanımının da hamur veriminde bir artışa neden olduğu tespit edilmiştir (Prasad ve ark., 1995; Deal, 1996; Silva, 2007). Örneğin, Silva (2007) okaliptüs yongalarında kraft hamur verimini %49.51, kraft - %0.025AQ hamur verimini %50.52, kraft - %0.025AQ - %1.5 PS'de ise hamur verimini % 52.50 olarak belirtmiştir.

Hamur Verimini Etkileyen Diğer Faktörler

Yeni kesilmiş bir ağaçtan elde edilen yongaların hava kurusu rutubete kadar kurutulduktan sonra kraft-PS-AQ pişirmesinde kullanılması durumunda hava kurusu rutubete sahip yongalarda elde edilen verimin yaş yongalardakine oranla daha düşük olduğu belirtilmiştir (Kleppe ve Minja, 1998). Yani, pişirmede kullanılacak yonganın yeni kesilmiş bir ağaçtan elde edilmiş olması daha yüksek bir hamur verimi anlamına gelmektedir. Diğer taraftan, yongalarda bulunan kabuk içeriğinin artması hamur verimini olumsuz yönde etkilemektedir (Hart, 2009).

Ağaç gövdesinin yükseklik olarak farklı bölgelerinden alınan odunlardan elde edilen kraft hamur verimi birbirinden farklılık göstermektedir. Gövdesinin orta kısmında elde edilen hamur verimi, gövdenin alt ve üst kısımlarından elde edilenlere oranla daha yüksektir (Wimmer ve ark., 2008). Farklı yerlerde yetişen ağaçların hamur verimleri birbirinden farklı olup, yetişme yeri hamur verimini önemli derecede etkilemektedir (Williams ve ark., 1995; Wimmer ve ark., 2008). Buna karşın, ağacın büyüme oranının kraft hamur verimi üzerine bir etkisi bulunmamaktadır (Downes ve ark., 2006). Diğer taraftan, yetişme yerinin rakımı (yüksekliği) hamur verimini etkileyen bir faktör olup, düşük rakımda yetişen *Pinus elliotii* odunlarından elde edilen kraft hamur veriminin yüksek rakımda yetişene oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Morris ve ark., 1997).

Oduna arız olan birçok mantar türü teşhis edilmiştir. Bu mantarlar kabaca esmer çürüklük, yumuşak çürüklük ve beyaz çürüklük mantarları olmak üzere 3'e ayrılmaktadır. Esmer çürüklük yapan mantarlar selüloz ve hemiselülozları (karbonhidratları) seçici olarak tahrip ederek hamur veriminin azalmasına sebep olurlar (Lonnberg ve Varhimo, 1981). Yumuşak çürüklük mantarları hem karbonhidratları hem de lignini tahrip ederek odunun renginin değişmesine, yumuşamasına ve elde edilen hamurun kalitesinin azalmasına sebep olurlar (Scott ve ark., 1996). Beyaz çürüklük mantarları hem karbonhidratları hem de lignini tahrip etmeye meyilli olmasına rağmen, bazı beyaz çürüklük mantarları lignini seçici olarak tahrip ettiklerinden kağıt

üretimi ile ilgili bir çok çalışmada kullanılmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda bazı beyaz çürüklük mantarların hamur verimini artırdığı (Oriaran ve ark., 1990;1991), bazılarının ise hamur verimini azalttığı (Mendonça ve ark., 2002; Mischki ve ark., 2005) tespit edilmiştir.

Sonuç

Kraft hamurunun verimi yukarıda da belirtildiği gibi birçok faktörden olumlu veya olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu yüzden, kraft yöntemi ile hamur üretimi yapan fabrikaların yüksek verimli hamur elde edebilmeleri için özellikle hammadde seçiminde sadece odun maliyetini değil aynı zamanda odunun özgül kütlesi, rutubeti, kimyasal yapısı, anatomik yapısı, pişirme çözeltisine ilave edilen katkı maddesinin türü ve miktarı gibi özelliklerini de göz önünde bulundurmaları gerekmektedir.

Kaynaklar

Ai J., Tschirner U. 2010. Fiber length and pulping characteristics of switchgrass, alfalfa stems, hybrid poplar and willow biomasses. *Bioresource Technology*, 101(1), 215-221.

Akgül M., Temiz S. 2006. Determination of kraft-NaBH₄ pulping conditions of Uludağ fir (*Abies bornmulleriana* Mattf.). *Pakistan Journal of Biological Science*, 9(13), 2493-2497.

Akgül M., Çöpür Y., Temiz S. 2007. A comparison of kraft and kraft-sodium borohydrate brutia pine pulps. *Building and Environment*, 42 (7), 2586-2590.

Alteyrac J., Cloutier A., Zhang S.Y. 2006. Characterization of juvenile wood to mature wood transition age in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) at different stand densities and sampling heights. *Wood Science and Technology*, 40: 124-138.

Amidon T.E. 1981. Effect of the wood properties of hardwoods on the kraft paper properties. *Tappi Journal*, 64, 123-126.

Ataç Y. 2009. Bazı yapraklı ve iğne yapraklı ağaçların öz ve diri odunlarının kağıt özellikleri yönünden incelenmesi. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 109 s. Bartın.

Biswas D., Misbahuddin M., Roy U., Francis R.C., Bose S.K. 2011. Effect of additives on fiber yield improvement for kraft pulping of kadam (*Anthocephalus chinensis*). *Bioresource Technology*, 102(2), 1284-1288.

Brännvall E. 2009a. *Pulping Technology*, Chapter 6, (Eds: Ek M., Gellerstedt G.,

Henriksson G., *Pulp and Paper Chemistry and Technology*, Vol. 2 *Pulping Chemistry and Technology*), 121-147.

Brännvall, E. 2009b. *Wood Handling*, Chapter 2, (Eds: Ek M., Gellerstedt G., Henriksson G., *Pulp and Paper Chemistry and Technology*, Vol. 2 *Pulping Chemistry and Technology*), 13-34.

Browning B.L. 1963. *The Chemistry of Wood*. ASIN: B0000CLYSL, 689p, Interscience Publications, New York.

Bujanovic B., Cameron J.H., Yılgor N. 2003. Comparative studies of kraft and kraft-borate pulping of black spruce. *Journal of Pulp and Paper Science*, 29(6):190-196.

Bjurulf A. 2006. Chip geometry, methods to impact the geometry of market chips. Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, 43 pp. Uppsala.

Casey J.P. 1952. *Pulpwood*, Chapter 3, (*Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology*, Vol. 1, *Pulping and Bleaching*), 66-99, Interscience Publisher Inc., New York.

Chattaway, M.M. 1952. The sapwood-heartwood transition. *Australian Forestry*, 16 (1),25-34.

Chen G.C. 1994. Application of a surfactant as a kraft pulping additive. *Tappi Journal*, 77(2), 125-128.

Colodette J.L., Mokfienski A., Gomide J.L., Oliveira R.C. 2004. Importance of wood density and carbohydrate content on pulping yield and product quality. *Journal of Tianjin University Science and Technology*, A, 71-80.

Colodette J.L., Gomide J.L. 2004. Development of techniques for wood fine quantitative analysis. *Genolyptus Program*. 2nd Annual meeting, (15-17 March 2004), 1-16, Campinas, SP, Brazil.

Courchene C. 1998. The tried, the true, and the new-getting more pulp from chips modifications to the kraft process for increased yield. *Breaking the Pulp Yield Barrier Symposium*, 11-20, Atlanta, USA.

Çöpür Y., Tozluoğlu A. 2008. A comparison of kraft, PS, kraft-AQ and kraft-NaBH₄ pulps of Brutia pine. *Bioresource Technology*, 99(5), 909-913.

Dai Q.Z., Jameel H., Chang H.M., Kadla J.F. 2004. Bleachability of kraft pulps from earlywood and latewood of fast-growing loblolly pine. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 24(4), 357-370.

Da Silva Perez, D., Fauchon, T. 2003. *Wood Quality for Pulp and Paper*, Chapter 7, (Eds: Barnett J.R. Jeronimidis G., *Wood Quality and its Biological Basis*), CRC Press, 157-186.

Deal H. 1996. Anthraquinone and polysulfide-Applicability for use in pulp mill operations.

Tappi Pulping Conference Proceedings, 73-80, Atlanta, USA.

Del Río, J.C., Gutiérrez, A., Hernando, M., Landín P., Romero J., Martínez A.T. 2005. Determining the influence of eucalypt lignin composition in paper pulp yield using Py-GC-MS. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 74, 110-115.

Dillen S., Noreus S. 1967. On the influence of sulphidity and alkali charge in kraft and polysulfide pulping of scots pine. Svensk Papperstidning 70(4):122-134.

Dimmel D.R., Althen E., Savidakis M., Courchene C., Bozell J.J. 1999. New quinone-based pulping catalysts. Tappi Journal, 82(12), 83-89.

Downes G.M., Worledge D., Schimleck L., Harwood C., French J., Beadle C. 2006. The effect of growth rate and irrigation on the basic density and kraft pulp yield of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens*. New Zealand Journal of Forestry, 51(3), 13-22.

Duggirala P.Y. 1999. Evaluation of surfactants as digester additives for kraft softwood pulping. Tappi Journal, 82(11), 121-127.

Esteves B., Gominho J., Rodrigues J.C., Miranda I., Pereira H. 2005. Pulping yield and delignification kinetics of heartwood and sapwood of maritime pine. Journal of Wood Chemistry and Technology, 25(4), 217-230.

Genco J., Busayasakul N., Medhora H.K., Robbins W. 1990. Hemicellulose retention during kraft pulping. Tappi Journal, 73(4), 223-233.

Gladstone W.T., Barefoot A.C., Zobel B.J. 1970. Kraft pulping of earlywood and latewood from loblolly pine. Forest Product Journal, 20(2), 17-24.

Gomes F.J.B., Gouvêa A.d.F.G., Colodette J.L., Gomide J.L., Carvalho A.M.M.L., Trugilho P.F., Gomes C.M., Rosado A.M. 2008. Influence content and S/G relation of the wood lignin on kraft pulping performance. O Papel, 69(12), 95-105.

Gryc V., Vavrčík H., Horn K. 2011. Density of juvenile and mature wood of selected coniferous species. Journal of Forest Science, 57(3): 123-130.

Gullichsen J., Kolehmainen H., Sundqvist H. 1992. On the nonuniformity of the kraft cook. Paperi Ja Puu, 74(6): 486-490.

Gullichsen J. 1999. Fiber Line Operations, Chapter 2, (Eds: Gullichsen J., Fogelholm C.J., Chemical Pulping, Papermaking Science and Technology Book 6A), 19-243.

Gülsoy S.K. 2009. Beyaz çürüklük mantarı (*Ceriporiopsis subvermisporea*) ile muamele edilen *Pinus nigra* Arnold.'dan NaBH₄ ilaveli

biyolojik-kraft kağıt hamuru üretimi. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 143 s. Bartın.

Hart P.W., Brogdon B.N., Hsieh J.S. 1993. Anthraquinone pulping of kudzu (*Pueraria lobata*). Tappi Journal, 76(4), 162-166.

Hart P.W. 2009. Seasonal variations in wood: perceived and real impacts on pulp yield. Tappi Journal, 8(3), 4-8.

Hartler N. 1959. Sulphate cooking with the addition of reducing agents. Part 1. Preliminary report on the addition of sodium borohydride. Svensk Papperstidning. 62(13): 467-470.

Hartler N. 1996. Achievement and significance of optimal chip quality. Tappi Journal, 79 (2): 259-264.

Hatton J.V., Gee W.Y. 1994. Kraft pulping of second-growth lodgepole pine. Tappi Journal, 77(6), 91-102.

Hatton J.V. 1997. Pulping and papermaking properties of managed second-growth softwoods. Tappi Journal, 80(1), 178-184.

Haygreen J.G., Bowyer J.L. 1996. Forest Products and Wood Science: An Introduction, ISBN: 0813822564, 484p, Iowa State University Press, Ames.

İstek A., Gönteki E. 2009. Utilization of sodium borohydride (NaBH₄) in kraft pulping process. Journal of Environmental Biology, 30(6), 5-6.

İstek A., Özkan I. 2008. Effect of sodium borohydride on *Populus tremula* L. kraft pulping. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32, 131-136.

Jahan M.S., Chowdhury D.A.N., Islam M.K., Mun S.P. 2005. Kraft pulping of sapwood – A sawmill waste. Journal of Korea Tappi, 37(5), 41-49.

Kılıç, A., Sariusta, S. E., Hafizoğlu, H. 2010. Sarıçam, karaçam ve kızılçam basınç odununun kimyasal yapısı. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 12(18), 33-39.

Kırcı, H. 2000. Kağıt Hamuru Endüstrisi Ders Notları. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ders Notları Yayın No: 63, 274 s, Trabzon.

Kien N.D., Quang T.H., Jansson G., Harwood C., Clapham D., Arnold S.V. 2009. Cellulose content as a selection trait in breeding for kraft pulp yield in *Eucalyptus urophylla*. Annals of Forest Science, 66, 711p1-711p8.

Kleppe P.J. 1970. Kraft pulping. Tappi, 53(1), 35-47.

Kleppe P.J., Minja R.J.A. 1998. The possibilities to apply polysulphide-AQ pulping in kraft mills. 1998 Breaking the Pulp Yield Barrier Symposium, 113-122, Atlanta, USA.

- Kocurek M.J., Grace T.M., Malcolm E. 1989. Alkaline Pulping. ISBN: 0919893716, 637p, TAPPI/CPPA, Atlanta.
- Kube P.D., Raymond C.A. 2002. Prediction of whole-tree basic density and pulp yield using wood core samples in *Eucalyptus nitens*. *Appita Journal*, 55: 43-48.
- Larson P.R. 1969. Wood formation and the concept of wood quality. Yale University, School of Forestry, Bulletin, 74, 1-54.
- Li W., Tschirner U. 2002. Phosphonates as additives in kraft pulping-a preliminary investigation. *Tappi Journal*, 1(9), 22-27.
- Lohrasebi H., Mabee W. E., Roy D. N. 1999. Chemistry and pulping feasibility of compression wood in black spruce. *Journal of Wood Chemistry and Technology*, 19(1-2), 13-25.
- Lonnberg B., Varhimo A. 1981. Effect of *Fomes annosus* on wood and pulping properties of spruce. *Paperi ja Puu*, 63(4a), 269-272.
- Lourenço A., Baptista I., Gominho J., Pereira H. 2008. The influence of heartwood on the pulping properties of *Acacia melanoxylon* wood. *Journal of Wood Science*, 54(6), 464-469.
- Lourenço A. 2008. The influence of *Eucalyptus globulus* heartwood in pulp production. Master Thesis, Universidade Técnica de Lisboa, 48p. Lisboa.
- Löwendahl L., Samuelson O. 1978. Carbohydrate stabilization with anthraquinone during alkaline pulping. *Polymer Bulletin*, 1, 205-210.
- MacLeod M., Radiotis T., Uloth V., Munro F., Tench L. 2002. Basket cases IV: Higher yield with Paprilox (TM) polysulfide-AQ pulping of hardwoods. *Tappi Journal*, 1(8), 3-8.
- MacLeod J.M. 2006. Kraft Pulping: Connecting theory to industrial practice, Notes of PAPTAC Kraft Pulping Course, Session 1, Pointe-Claire, QC, (23-25 October 2006).
- MacLeod M. 2007. The top ten factors in kraft pulp yield. *Paperi Ja Puu*, 89(4), 1-7.
- Magaton A.D.S., Colodette J.L., Gouvêa A.D.F.G., Gomide J.L., Muguët M.C.D.S., Pedrazzi C. 2009. Eucalyptus wood quality and its impact on kraft pulp production and use. *Tappi Journal*, 8(8), 32-39.
- Mariana S., Torres M., Fernandez A., Morales E. 2005. Effects of *Eucalyptus nitens* heartwood in kraft pulping. *Tappi Journal*, 4(2), 8-10.
- Mendonça R., Guerra A., Ferraz A. 2002. Delignification of *Pinus taeda* wood chips treated with *Ceriporiopsis subvermisporea* for preparing high-yield kraft pulps. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 77, 411-418.
- Miranda I. Pereira H. 2001. Provenance effect on wood chemical composition and pulp yield for *Eucalyptus globulus* Labill. *Appita Journal*, 54(4), 347-351.
- Miranda I., Gominho J., Lourenço A., Pereira H. 2007. Heartwood, extractives and pulp yield of three *Eucalyptus globulus* clones grown in two sites. *Appita Journal*, 60(6), 485-488.
- Mischki T., Bicho P., Watson P., Gee W., Drummond J. 2005. The effects of decadent western hemlock on pulping and pulp properties. *Pulp & Paper Canada*, 106(1), 49-56.
- Mokfienski A., Colodette J.L., Gomide J.L., Carvalho A.M.M.L. 2008. Relative importance of wood density and carbohydrate component on pulping yield and product quality. *Ciência Florestal*, 18(3), 407-419.
- Morris A.R., Palmer E.R., Barnes R.D., Burley J., Plumptre R.A., Quilter A. 1997. The influence of felling age and site altitude on pulping properties of *Pinus patula* and *Pinus elliottii*. *Tappi Journal*, 80(6), 133-138.
- Ndukwe N.A., Jenmi F.O., Okiei W.O., Alo B.I. 2009. Comparative study of percentage yield of pulp from various Nigerian wood species using the kraft process. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 3(1), 21-25.
- Olm L., Tormund D., Lundqvist F. 2009. High sulphidity kraft pulping. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 24(4), 433-439.
- Ona T., Sonoda T., Ito K., Shibata M., Tamai Y., Kojima Y., Ohshima J., Yokota S., Yoshizawa N. 2001. Investigation of relationship between cell and pulp properties in *Eucalyptus* by examination of within-tree property variations. *Wood Science and Technology*, 35(3), 363-375.
- Oriaran T.P., Labosky P.Jr., Blankenhorn P.R. 1990. Kraft pulp and papermaking properties of *Phanerochaete chrysosporium* degraded aspen. *Tappi Journal*, 73(7), 147-152.
- Oriaran T.P., Labosky P.Jr., Blankenhorn P.R. 1991. Kraft pulp and papermaking properties of *Phanerochaete chrysosporium* degraded red oak. *Wood and Fiber Science*, 23(3), 316-327.
- Panshin A.J., De Zeeuw C. 1980. Textbook of Wood Technology. ISBN: 0-07-048441-4, 722p, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Parham R. A., Robinson K.W., Isebrands J.G. 1976. Effects of tension wood on kraft paper from a short-rotation hardwood (*Populus* "Tristis#1"). The Institute of Paper Chemistry, Appleton, Wisconsin, IPC Technical Paper Series Number 40, 1-23.
- Pekkala O. 1983. Some features of residual delignification during kraft pulping of Scots pine. *Paperi Ja Puu*, 65(4), 251-263.
- Pemble G.G. 1990. Removal of chip thins as fines-Effect on pulping variables. Proceedings of Tappi Conference, 61-63, USA.

- Pereira H., Graça José., Rodrigues J.C. 2003. Wood Chemistry in Relation to Quality, Chapter 3, (Eds: John R. Barnett and George Jeronimidis, Wood Quality and its Biological Basis), CRC Press, 53-86.
- Petterson S.E., Rydholm S.A. 1961. Hemiceluloses and paper properties of birch pulps, Part 3. Svensk Papperstidning, 64(1), 4-17.
- Phaneuf D., Brownlee D., Simard L., Shariff A. 1998. Interaction between AQ and sulfidity on yield and pulp strength in kraft cooking of mixed northern hardwoods. Breaking the Pulp Yield Barrier Symposium, 123-132, Atlanta, USA.
- Prasad D.Y., Jameel H., Gratzl J. 1995. Extended delignification of hardwood with anthraquinone and polysulfide. Tappi Pulping Conference Proceedings, 371-391, Atlanta, USA.
- Rahmati H., Ebrahimi P., Sedghi M. 2010. Effect of cooking conditions and oxygen-delignification on *Bambusa tulda* kraft pulping. Indian Journal of Chemical Technology, 17, 74-77.
- Rajesh, K.S., Singaravel, M., Subrahmanyam, S.V. 2010. Chip size distribution – A lot can happen over its variation. Indian Pulp and Paper Technical Association, 22(3), 93-96.
- Ramírez M., Rodríguez J., Balocchi C., Peredo M., Elissetche J.P., Mendonça R., Valenzuela S. 2009. Chemical composition and wood anatomy of *Eucalyptus globules* clones: variations and relationships with pulpability and handsheet properties. Journal of Wood Chemistry and Technology, 29(1), 43-58.
- Raymond C.A., Balodis V., Dean G.H. 1994. Hot water extract and pulp yield in provenances of *Eucalyptus regnans*. Appita Journal, 47(2), 159-162.
- Rendle B.J. 1959. Juvenile and adult wood. Journal of the Institute of Wood Science, 5, 58-61.
- Rydholm S.A. 1965. Pulping Processes. ISBN: 0-471-74793-9, 1269p, Interscience Publisher, New York.
- Santiago A.S., Neto C.P. 2007. Assessment of potential approaches to improve *Eucalyptus globulus* kraft pulping yield. Journal of Chemical Technology & Biotechnology, 82(5), 424-430.
- Sanyer N., Landrie J. F. 1964. Factors affecting yield increase and fiber quality in polysulfide pulping of loblolly pine, other softwoods, and red oak. Tappi Journal, 47(10), 640-652.
- SCAN-CM 40:01. 2001. Size distribution, Wood chips for pulp production. Scandinavian Pulp, Paper and Board Testing Committee. 4 pp.
- Scott G.M., Bormett D.W., Sutherland N.R., Abubakr S., Lowell E. 1996. Pulpability of beetle-killed spruce. United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Research Paper FPL-RP-557, 1-8.
- Shinagawa S., Shouji K. 1994. Effect of anthraquinone with a surfactant in kraft pulping of douglas fir. International Pan Pacific Conference Proceedings, 35-38, California, USA.
- Silva J.F.G. 2007. Kraft pulping of eucalyptus with anthraquinone, polysulfide and surfactant. Engineering, Pulping, & Environmental Conference, 1-6, Florida, USA.
- Svedman M., Tikka P., Luhtanen M. 1998. Effects of softwood morphology and chip thickness on pulping with displacement kraft batch process. Tappi Journal, 81(7), 157-168.
- Tarmian A., Azadfallah M. 2009. Variation of cell features and chemical composition in spruce consisting of opposite, normal, and compression wood. Bioresources, 4(1), 194-204.
- Thompson B., Sturgeoff L., Goyal G., Hanna R. 1998. Boosting pulp yield of western softwood with anthraquinone/polysulfide kraft pulping. Breaking the Pulp Yield Barrier Symposium Proceedings, 133-143, Atlanta, USA.
- Turner C.H., Baloddiss V., Dean G.H. (1983) Variability in pulping quality of *Eucalyptus globulus* from Tasmania provenances. Appita Journal, 36(5), 371-376.
- Tutuş A., Şah, S. 2009. Asma budama artıklarından kraft-sodyum borhidrür yöntemi ile kraft hamuru üretimi. IV. Uluslararası Bor Sempozyumu (15-17-Ekim 2009), 43-50, Eskişehir.
- Tutuş A., Ateş S., Deniz İ. 2010a. Pulp and paper production from Spruce wood with kraft and modified kraft methods. African Journal of Biotechnology, 9(11), 1648-1654.
- Tutuş A., Ezici A.C., Ateş S. 2010b. Chemical, morphological and anatomical properties and evaluation of cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.) in pulp industry. Scientific Research and Essays, 5(12), 1553-1560.
- Vaaler D.A., Moe S.T. 2001. Carbohydrate profiles of kraft pulps manufactured with white liquor additives. 11th International Symposium on Wood and Pulping Chemistry, 279-282, Nice, France.
- Vaaler D., Eriksen O., Ribe E., Moe S. 2002. The relation between carbohydrate composition and softwood kraft pulp yield. 7th European Workshop on Lignocellulosics and Pulp, 265-268, Turku, Finland.
- Van Heiningen A., Tunç M.S., Gao Y., Da Silva Perez D. 2004. Relationship between alkaline pulp yield and the mass fraction and degree of polymerization of cellulose in pulp.

Journal of Pulp and Paper Science, 30(8), 211-217.

Wallis A.F.A.; Wearne R.H.; Wright P.J. 1996. Analytical characteristics of plantation eucalypt woods relating to kraft pulp yields. *Appita Journal*, 49(6), 427-432.

White R.H. 1987. Effect of lignin content and extractives on the higher heating value of wood. *Wood and Fiber Science*, 19(4), 446-452.

White D.E., Courchene C., McDonough T., Schimleck L., Jones D., Peter G., Purnell R., Goyal G. 2009. Effects of specific gravity and wood chemical content on the pulp yield of loblolly pine. *Tappi Journal*, 8(4), 31-36.

Williams M.D., Beadle C. L., Turnbull C. R. A., Dean G. H., French, J. 1995. Papermaking potential of plantation eucalypts. Proceedings of the CRCTHF-IUFRO Conference, (19-24 February 1995), 73-78, Hobart, Australia.

Wimmer R., Downes G., Evans R., French J. 2008. Effects of site on fibre, kraft pulp and handsheet properties of *Eucalyptus globules*. *Annals of Forest Science*, 65(6), 602p1-6.