

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

ODUN PENTOZANLARININ KANTİTATİF BELİRLENMESİNDE UYGULANAN BAZI YÖNTEMLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Nural YILGÖR¹, Gülnur MERTOĞLU-ELMAS²

ÖZ

Bu çalışmada ülkemizde yetişen bazı yapraklı ve iğne yapraklı ağaç odunlarının pentozan miktarları üç farklı yöntemle göre belirlenmiştir. Bazı ağaç türlerinde öz ve diri odun ayrımları yapılmış ve ayrı ayrı çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemlerin tümü pentoz şekerlerinin kuvvetli mineral asitlerle furfurale (2-furaldehid) dönüştürülüp reaksiyon ortamından damıtılması esasına dayanmaktadır. 3.85 N hidroklorik asit ile spektrofotometrik olarak, %12'lik hidroklorik asit ile gravimetrik olarak ve 3.2 N hidrobromür asidi ile spektrofotometrik olarak belirlenen pentozan değerleri daha sonra birbirleri ile karşılaştırılmıştır. 3.85 N hidroklorik asit ile spektrofotometrik olarak yapılan tayin sonucu elde edilen değerlerin birkaç örnek dışında diğer yöntemlerle elde edilen değerlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm örneklerde hidrobromür asidi ile spektrofotometrik olarak elde edilen değerlerin diğer iki yöntemle elde edilen değerlere göre daha düşük değerler olduğu saptanmıştır. Ayrıca bu üç yöntem uygulamaları sırasında karşılaşılabilecek problemler açısından da değerlendirilmiştir. Gerek kolay uygulanabilirliği açısından ve gerekse de elde edilen değerlerin güvenilirliği açısından HBr ile uygulanan spektrofotometrik yöntemin daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pentozan, Furfural, Spektrofotometrik analiz, Gravimetrik analiz.

COMPARATIVE INVESTIGATIONS FOR QUANTITATIVE DETERMINATIONS OF THE WOOD PENTOSANS

ABSTRACT

In this study, the pentosan contents of some hard woods and soft woods grown in Turkey were investigated according to three different methods. Pentosan content was determined separately in woods of which sapwood and heartwood boundaries are distinctive. All of the methods used in the study are based on the formation of furfural (2-furaldehyde) when the pentose sugars are distilled with strong acids. The furfural in the distillate obtained with 3.85 HCl, 12% HCl, and 3.2 N HBr was determined by spectrophotometric, gravimetric, and spectrophotometric methods, respectively. The values obtained distillation with 3.85 N HCl are higher than the other values with some exceptions. It was found that all the results obtained distillation with 3.2N HBr are the lowest. In addition, these three methods were compared to each other in terms of the advantages and disadvantages during laboratory course. The spectrophotometric method using HBr has shown a great potential both to provide more preferable technique and to get more reliable results.

Key Words: Pentosan, Furfural, Spectrophotometric analyse, Gravimetric analyse.

1. GİRİŞ

Odunda önemli miktarlarda bulunan, selülozik olmayan karbonhidratlara hemiselüloz veya polyoz adı verilir. Pentozan terimi ile odunda bulunan 5 karbon atomuna sahip şekerler tanımlanmaktadır. Pentozlar,

hidrolizle başlıca ksiloz ve arabinoz olarak elde edilirler. Ancak pentozan tayininde bunların tek tek miktarları dikkate alınmaksızın toplam miktarları belirlenir. İğne yapraklı ağaçlarda polyoz türleri içinde pentozanlar ve heksozanlar ağırlıklı olarak bulunurken, yapraklı ağaç-

¹ İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı
Bu çalışmada, İstanbul Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından proje desteği alınmıştır.

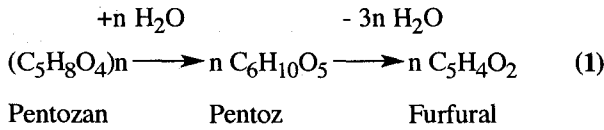
² Orman Fakültesi, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı, 80895, Bahçeköy/İstanbul.

E-posta: gulturelmas@hotmail.com

Geliş: 03 Şubat 2001; Düzeltme: 22 Kasım 2001; Kabul: 08 Nisan 2002.

larda pentozanların heksozanlara göre çok daha ağırlıklı şekli lde temsil edildikleri bilinmektedir (Fengel ve Wegener, 1984).

Odun pentozan belirleme yönteminin esası, odunun güçlü hidroklorik veya hidrobromik asitlerle distillenmesiyle, pentozanların furfurale dönüştürülmesi sonrası, elde edilen furfuralin, gravimetrik, volumetrik, kolorimetrik veya spektrofotometrik yöntemlerle belirlenmesine dayanmaktadır (Browning, 1967). Daha sonra belirlenen furfural miktarından gidilerek gerekli dönüşümlerin yapılması ile pentozan miktarı hesaplanmaktadır. Reaksiyon aşağıda gösterildiği şekilde yürütmektedir.



Pentozanların dönüşümleri ile elde edilen furfural verimi iki önemli kritere bağlı olarak saptanır. Bunlardan ilki pentozanların dehidrasyonu ye furfuralin oluştuğu aşamadır. Diğer ise elde edilen furfuralin distillenmesi aşamasıdır. Farklı derişimlerdeki hidroklorik ve hidrobromür asitleri ile geri soğutucu altında yapılan distilasyon işlemi sırasında sürenin gereğinden fazla uzaması sonucunda oluşan furfuralin bozunması söz konusudur. Bozunma hızı asit konsantrasyonu ne denli yüksekse o ölçüde büyük olacaktır (Bethge, 1964).

Bu çalışmanın amacı, günümüz odun kimyası laboratuvarlarında halen kullanılmakta olan üç farklı yöntemin birbirleri ile karşılaştırılarak ve kendi içlerinde değerlendirilerek, uygulanabilirlik açısından en uygun olan yöntemi belirlemektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Araştırma materyali olan ağaçlar, ülkemizde doğal olarak yetişen türlerdir. Çalışma materyallerinin bazıları öz ve diri odun ayrımı yapılmış olan örneklerdir. Bunlar kasnak meşesi (*Quercus vulcanica*), Kestane (*Castanea sativa*) ve Porsuk (*Taxus baccata L.*)'dur. İhlamur (*Tilia argenta*), Kayın (*Fagus silvatica*), Gökнар (*Abies borniulviana*), Dişbudak (*Fraxinus excelsior*)'un ve Karaçam (*Pinus nigra*)'da öz ve diri odun ayrımları yapılmadan çalışılmıştır.

Doğal yetişme ortamlarından alınan düzgün gövdeli ağaçlarda reaksiyon odunu oluşumu bulunmamasına dikkat edilmiştir. Daha sonra bu gövdelerden ağacı temsil edecek şekilde belirli aralıklarla diskler alınmıştır. Bu disklerin parçalanması sonucunda belli parçalar uygun şekilde elimine edilmiş, diğerleri çalışmak amacıyla öğütülüp elenmiştir (Tappi Test Methods 257 cm 85)

Öğütülüp elenen örnekler 2: 1 oranında sikloheksan etanol karışımı ve ardından sadece etanol ile ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. Bu şekilde ekstraktif maddelerin uzaklaştırılmasıyla örnekler pentozan belirlemek için hazır hale getirilmiştir.

2.2. Yöntem

Odun örneklerinde bulunan pentozan miktarları, farklı yöntemlerle ayrı ayrı belirlenmiştir.

2.2.1. Hidroklorik Asit Yöntemi İle Gravimetrik Olarak Pentozan Tayini

Nem içeriği bilinen odun örnekleri 1.5 g civarında tartılarak, 200 ml %12'lik HCl beraberliğinde geri soğutucu altında kaynatılır. Isıtıcı ayarı, ilk distilat damlamaya başladığı andan itibaren her 10 dakikada 30 ml distilat toplanacak şekilde ayarlanır. Bu şekilde her 10 dakikada 30 ml distilat toplanırken, alt balona eksilen asit seviyesi 100 ml'lik hacmini koruyacak şekilde üstten asit ilavesi yapılır. Alt toplama kabında 300 ml civarında distilat toplandığında bu miktardan sonra gelen distilat amil asetat belirteci ile kontrol edilerek furfural distilasyonunun devam edip etmediği saptanır. Pembe renk oluşmuyorsa distilasyon işlemi sonlandırılır. Daha sonra elde edilen distilat en az bir hafta önceden hazırlanmış olan floroglusinol çözeltisi ile reaksiyona sokularak 24 saat süreyle bekletilir ve distillenen furfuralin çökmesi sağlanır. Bu çökeltinin üstünde kalan çözeltide furfuralin tamamen çöküp çökmediği tekrar aynı floroglusinol belirteci ile kontrol edilir. Daha sonra darası alınmış olan siyah bant süzgeç kağıdından süzülerek önce 24 saat kadar ortam sıcaklığında daha sonrada etüvde sabit ağırlığa gelene kadar bekletilir ve tartılarak aşağıda gösterilen 2 nolu eşitliğe göre pentozan miktarı hesaplanır (Tappi Standarts Methods 19M-50).

$$\text{Pentozan} = (a + 0.0052) \times f \quad (2)$$

$$a = \text{floroglusinol furfuralin ağırlığı (g)}$$

$$f = a \text{'nin miktarına göre belirlenen faktör}$$

2.2.2. Hidroklorik Asit Yöntemi İle Spektrofotometrik Olarak Pentozan Tayini

Bu yöntemde yapraklı ağaç odunu ile çalışılıyorsa 0.3 g civarında, iğne yapraklı ağaç odunu ile çalışılıyorsa 0.6 g civarında tam kuru örnekler 100 ml 3.85 N HCl ilave edilerek geri soğutucu altında kaynatılır. Isıtıcı sıcaklığı dakikada 2.5-3 ml distilat toplanacak şekilde ayarlanır. Her 10 dakikada bir kaynama balonu içerisindeki asit miktarı sabit kalacak şekilde üstten asit ilavesi yapılır. 225 ml distilat toplanana dek işleme devam edilir. Elde edilen distilat 3.85 N HCl ilavesiyle 250 ml'ye

tamamlanır ve karıştırılır. Karışımdan 5.0 ml distilat çekilip 50 ml'lik balona konular ve üzerine 25.0 ml orsinol reaktifli ilave edilir. Karışım sıcaklığı 25 ± 1 °C olan su banyosunda bekletilir. Bir saat sonra karışım üzerine 50 ml etil alkol ilave edilir. Bu işlemden 1 saat sonra çözeltinin absorbansı bir spektrofotometre yardımıyla 630 nm'de ölçülür. Pentozanların oranı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$\text{Pentozanlar \%} = \frac{A}{10W} \quad (3)$$

Burada A: Test örneğindeki pentozan miktarı

W: Deneide kullanılan tam kuru odun ağırlığı

Absorbans değerlerinin karşılaştırılabilmesi için daha önceden farklı miktarlarda tartılan standart ksiloz ile aynı işlemler yapılarak standart bir eğri elde edilir ve elde edilen absorbans değerleri bu standart eğri ile karşılaştırılarak odun örneklerindeki ksiloz miktarları bulunur. Buradan örneklerdeki pentozan miktarları hesaplanır (Tappi Test Methods 223 cm-84).

2.2.3. Hidrobromür Asidi Yöntemi İle Spektrofotometrik Olarak Pentozan Tayini

Bu yöntemde örnekler yapraklı ağaç ise 0.5 g, iğne yapraklı ağaç ise 1 g olarak tartılırlar ve 3.2 N 200 ml HBr asidi ilave edilerek geri soğutucu altında kaynatılırlar. HBr asitten kaynaklanan sorunlar çalışmaya hazırlık safhasında olmaktadır. Bu nedenle de asidin çok beklememiş olmasına eğer beklemişse çeker ocak altında distile edilip çözelti derişiminin, asidin zehirli olmasından dolayı yine çeker ocak altında hazırlanmasına dikkat edilmelidir. Yöntemi çalışma, hazırlık işlemleri tamamlandıktan sonra yapılmaktadır. Isıtıcı sıcaklığı 30 dakikada 90 ml distilat toplanacak şekilde ayarlanır. 90 ml distilat toplandığında kaynama balonu içerisine 90 ml su ilave edilir. Bu işleme 240 ml distilat toplanana kadar devam edilir. Toplanan distilatlar, balon joje içinde 500 ml hacme kadar su ile seyreltilir. Buradan alınan 5 ml distilat, iğne yapraklı ağaç ise 100 ml balon jojede yapraklı ağaç ise 250 ml balon jojede su ile seyreltilerek 277.2 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülürler. Bu yöntemde karşılaştırma önceden hazırlanan standart furfural eğrisi ile yapılmaktadır. Furfuralden pentozana geçiş aşağıdaki formül yardımıyla yapılır (Bethge, 1964).

$$\text{Pentozan \%} = \frac{1.5661 \times a \text{ (mg)}}{\text{Örnek ağırlığı}} \times 100 \quad (4)$$

a = standart eğriden okunan furfural miktarı (mg)

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Üç Farklı pentozan belirleme yöntemine göre her örnek için paralel çalışma yapılarak elde edilen değerlerin ortalamalarından oluşan veriler Tablo 1'de gösterilmiştir. Ayrıca bu verilere istatistik yöntemler uygulanarak bazı sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır. Tablo 2'de üç farklı pentozan belirleme yöntemine göre elde edilen verilere ait istatistik değerleri gösterilmiştir. Bu değerler, bilgisayarla istatistik uygulamalarının yapıldığı SPSS For Windows 10.0 paket programı ile elde edilmiştir (Ergün, 1995).

Tablo 3 ve Tablo 4'de Friedman testi uygulanarak elde edilen değerler gösterilmiştir. Friedman testi, dağılımı bilinmeyen toplumların karşılaştırılmasında uygulanan ve sıra istatistiklerinin iki yönlü varyans analizi anlamında olan bir yöntemdir (Kalıpsız,1984; Özdamar, 1999).

Tablo 4'de görüldüğü üzere hesaplanan X^2 değeri (=13.273) $p = 0.01$ güven düzeyinde kritik X^2 değerinden (= 9.210) çok büyüktür. Bu nedenle, üç yöntemin aynı sonucu vereceğine ilişkin varsayım 0.01 güven düzeyinde reddedilmektedir. Diğer bir ifade ile $p = 0.01$ güven düzeyinde bu üç yöntemin birbirinden farklı sonuç verdiğini söyleyebiliriz. Tablo 3'de görüldüğü üzere, bu yöntemler arasında HBr yönteminin ortalama sıra puanının en düşük olması ile istatistiksel olarak değerlendirildiğinde diğer iki yöntemden farklı sonuç verdiğini anlaşılmaktadır.

Tablo 1. Üç Yönteme Göre Bulunan Pentozan Değerleri.

Örnek Adı	Pentozan Miktarı %		
	HCl Yöntemi		
	HBr Yönt	Spektrofoto.	Gravimet
Kayın	21.40	23.06	22.64
Kestane Öz odun	18.66	18.93	18.10
Kestane Diri odun	18.91	19.90	19.30
Kasnak Meşesi Öz Odun	20.10	20.67	20.32
Kasnak Meşesi Diri dun	20.97	21.16	19.50
Porsuk Öz Odun	9.80	10.18	10.91
Porsuk Diri Odun	10.22	10.58	10.30
Dişbudak	18.46	19.78	19.32
Ihlamur	19.17	20.96	20.60
Gökнар	7.96	8.12	8.55
Karaçam	9.62	9.88	10.00

Tablo 2. Üç Yönteme Göre Bulunan Pentozan Verilerine İlişkin.

	N(ör-say)	Ortalama	Std Sapm	Min	Max
HBr Yönt.	11	15.9336	5.2864	7.96	21.40
HCl spect.	11	16.6554	5.6482	8.12	23.06
HCl Gravi	11	16.3218	5.2081	8.55	22.64

Tablo 3. Friedman Testi Sıra İstatistiği Tablosu.

	Ort Sıra İstatistiği Puanları
HBr Yön.	1.18
HCl spect.	2.73
HCl Gravi	2.09

Tablo 4. Friedman İstatistiği.

N.	11
$X^2_{0.001}$ (Ki-Kare)	13.273
$X^2_{0.01}$ (Ki-Kare)	9.210
Serbestlik Derecesi	2
Güven Düzeyi	0.001

Tablo 1'de görüldüğü gibi örneklerin büyük çoğunluğunda 3.85 N HCl hidrolizi sonrası spektrofotometrik tayin yöntemiyle elde edilen değerlerin, diğer yöntemlerle elde edilen değerlere göre daha yüksek oldukları belirlenmiştir. Çoğunluğa uymayan birkaç örneğin çok heterojen olan odun yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunu %12'lik HCl asit hidrolizi sonrası gravimetrik yöntem ile elde edilen değerlerin izlediği görülmektedir. Yöntemlere bakıldığında, gerek 3.85 N HCl hidrolizi sonrası spektrofotometrik olarak çalışılan yöntemlerde asit hidrolizinin ilerleyen aşamalarında yapılan ilavelerin başlangıçtaki asit konsantrasyonu ile devam ettiği görülmektedir. Oysa 3.2 N HBr ile spektrofotometrik tayin yönteminde hidrolizin ilerleyen aşamalarında su ilave edilmektedir. Uzun süreli kaynamakta olan asit ile temasın en önemli sakıncasının oluşun furfuralin degradasyonu olduğu bilinmektedir. Ayrıca belli aralıklarla yapılan asit ilaveleri sırasında asit konsantrasyonları dalgalanmalar göstermektedir. Oluşan furfuralin bozunma hızı, asit konsantrasyonunun arttığı anlarda daha yüksek olmaktadır (Bethge, 1964). Dolayısıyla gerek %12'lik HCl hidrolizi gerekse 3.85N HCl hidrolizi lie gerçekleştirilen yöntemler bu açıdan aynı sakıncayı taşımaktadır.

Distilat içindeki pentozan ağırlığına eşit miktarlarda, floroglusin çökeltisinin oluştuğu düşünülen gravimetrik yöntemde, çökeltinin çözelti içerisinde tekrar çözünme olasılığının bulunması bu yöntemin diğer bir önemli sakıncasıdır. Ayrıca ksiloz ve arabinoz dışındaki diğer polisakkaritlerin hidrolizi ile oluşan hidroksimetilfurfural ve metilfurfural gibi yan ürünlerin de floroglusin ile çökelti oluşturabileceği olasılığı göz önüne alındığında yöntemin hata kaynağı artmaktadır (Browning, 1967; Fengel, 1984).

Ayrıca HBr yönteminde standart eğri olarak, doğrudan standart furfural kullanılmakta ve karşılaştırma, örneklerden elde edilen furfural ile doğrudan yapılmaktadır. Oysa 3.85 N HCl hidrolizi sonrası spektrofotometrik tayin yönteminde standart eğri, aynı şekilde standart ksilozun hidroliziyle elde edilmektedir. Yine bu yöntemin en önemli sakıncalarından biri de elde edilen distilatta spektrofotometrik ölçümlerin hemen gerçekleştirilememesidir. Distilat orsinol reaktifiyle reaksiyona sokulmakta, bir renk reaksiyonunun oluşması sağlanmakta, daha sonra absorbans ölçümlerine geçilmektedir. Oysa HBr yöntemiyle elde edilen distilatın absorbansı, gerekli seyreltmelerin yapılmasının ardından hemen ölçülebilmektedir. Sonuca ulaşmak için kaydedilmesi gereken aşamaların fazlalığının olası hata kaynaklarını da o ölçüde artıracağı kesindir.

3.85 N HCl yöntemiyle yapılan çalışmada orsinol reaktifinin hazırlanmasında 11 N HCl kullanılmaktadır. Bu denli derişik asidin spektrofotometrik ölçümler sırasında kullanılması çeşitli sakıncalar meydana getirebilmektedir. Asit buharları spektrofotometri cihazında ve diğer laboratuvar ekipmanında korozif etkilere yol açabilmekte, ayrıca yöntemi çalışan kişiler ve çevre açısından çeşitli sakıncalar doğurabilmektedir. Bu nedenle bu yöntemle göre çalışılırken, diğer spektrofotometrik yöntemle kıyasla çok daha dikkatli olunması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı günümüzde laboratuvar çalışmaları pentozan belirlemede kullanılan üç farklı yöntemi, uygulama kolaylığı ve elde edilen sonuçların güvenilirliği açısından karşılaştırmaktır. Gerek yapılan literatür çalışmasından gerek çalışma sırasında yapılan gözlemlerden ve elde edilen sonuçlardan HBr yöntemin diğer yöntemle göre daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun nedenleri aşağıda sıralanmıştır.

1) Yan reaksiyonlarla, odundaki pentoz şekerlerden farklı bileşiklerden oluşan (mesela glikoz) hidrokümetil furfuralin (HMF) verimi hidroklorik asidin kullanıldığı yöntemlerde hidrobromür asidin kullanıldığı yöntemlere göre daha fazla olmaktadır (Bethge; 1964). Literatürdeki bu bulgu bu çalışmadaki veriler ile doğrulanmıştır. 3.85 N HCl spektrofotometrik olarak yapılan tayin sonucunda değerler diğer yöntemlerle elde edilen değerlere göre daha yüksek bulunmuştur.

2) Furfural verimi reaksiyon koşullarına, asit konsantrasyonuna (ki en önemli koşul budur)bağlı olarak değişmektedir ve maksimum verim için bu konsantrasyonun sınırları iyi belirlenmelidir (Bethge, 1964). HCl gibi uçucu asitler kullanıldığında, furfural distilasyon işlemi sırasındaki ilaveler başlangıç konsantrasyonundaki asit ilavesi şeklinde yapılırken, HBr gibi uçucu olmayan asit kullanılması durumunda sadece su ilavesi şeklinde olmaktadır. HCl'nin ilavesinde asit konsantrasyonu maksimuma çıkmakta ve bu yüksek asit konsantrasyo-

nu oluşan furfuralin degradasyonunu arttırmaktadır. Furfuralin bozunması asit etkisi ile, asit konsantrasyonuna ve etkileşim süresine bağlı olarak değişmektedir.

3) HBr yöntemin diğer yöntemlere göre en üstün tarafı elde edilen furfuralin doğrudan standart furfural ile karşılaştırılmasıdır. Oysa HCl ile yapılan çalışmada standart ksiloz ile aynı şekilde hidrolize uğratarak furfural oluşumu sağlanmakta ve bu şekilde oluşan furfural distillenerek standart olarak kullanılmaktadır.

4) HBr yöntemi direk olarak furfuralin elde edildiği ve spektrofotometrik olarak belirlendiği bir yöntemdir. Oysa HCl yönteminde bir türevlendirme, bir dönüşüm söz konusudur. Gravimetrik yöntemde de aynı şekilde bir dönüşüm vardır. Gerek kullanılan kimyasalların ve aletlerin çeşitliliği, gerekse sonuca ulaşmadaki sürenin fazlalığı açısından gravimetrik ve HCl asit ile spektrofotometrik olarak uygulanan yöntemler HBr aside göre çok daha karmaşık, kimyasal ve zaman tüketen yöntemlerdir. Ayrıca HCl asidin uçucu bir asit olmasına karşın HBr asidinin uçucu olmaması hidroliz sırasında konsantrasyonun daha stabil olmasını bu nedenle de daha verimli, güvenilir çalışma yapılmasını sağlamaktadır.

5) HCl aside göre daha pahalı bir bileşik olan HBr asidinin kullanılması başlangıçta bir dezavantaj olarak görülse de aslında HCl asidi ile spektrofotometrik olarak çalışılan yöntemde, HCl asidinin yanı sıra, orsinol reaktifine, etil alkole ve standart eğrinin elde edilebilmesi için furfurala göre çok daha pahalı bir madde olan ksiloza gereksinim vardır. Ayrıca yine bu yöntem ile çalışılması halinde HBr asidi yönteminden farklı olarak sıcaklık ayarı hassas bir su banyosuna da gerek duyulmaktadır. Hepsinden önemlisi HCl asidinin kullanılması durumunda gerek gravimetrik yöntemde gerekse de spektrofotometrik yöntemde kullanılan aletler üzerinde gereken hassasiyet gösterilmesine rağmen önemli korozyon etkileri olduğu saptanmıştır. Tüm bunlar göz önüne alındığında HBr asidi ile yapılan çalışmanın diğer iki yöntemle göre uygulama açısından da üstün bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

6) Zaman açısından da kıyaslama yapıldığında HBr asidi ile hidroliz sonrası spektrofotometrik tayin yöntemi sonuca ulaşmada en hızlı olan yöntemdir.

Teknolojinin bu denli geliştiği günümüzde, insan unsurundan kaynaklanabilecek hataları olabildiğince elimine etmek açısından, laboratuvarlarda kullanılan yöntemlerin yeniden gözden geçirilmesi ve gelişmiş cihazlardan yararlanılması göz ardı edilmemesi gereken bir gerçektir. Ancak gerekli alt yapının olmaması halinde geleneksel yöntemlerin kullanılması uygun olacaktır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, gravimetrik yöntemin uygulanmasını en son düşünülecek yöntem olmalıdır.

7) İstatistik değerlendirmeler sonucunda ve yukarıda açıklanan tüm hususlar göz önüne alındığında HBr

asidi ile yapılan çalışmanın diğer iki yöntemle göre uygulama açısından daha avantajlı bir yöntem olduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

- Bethge, O. (1964a). *Determination of Pentosans.*, Svensk Papperstiding p. 873-874.
- Bethge, O. (1964b). *Determination Of Pentosans.*, Svensk Papperstiding p. 392-394.
- Browning, B.L. (1967). *Methods Of Wood Chemistry* Interscience Publishers., Division Of John Wiley and Sons New York, London, Sydney.
- Ergün, M. (1995). *SPSS for Windows.*, ss. 214-216, Ocak Yayınevi., Ankara.
- Fengel, D. ve Wegener, G. (1984). *Wood Chemistry, Ultrastructure Reactions.* ISBN 3-11-008481.3, Degruyter, Berlin, New York.
- Özdamar, K. (1999). *Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi-1.*, Kaan Yayınevi., İstanbul.
- Tappi Test Methods. (1992-1993). Tappi Press., Atlanta Georgia, Usa.
- Tappi Standarts. (1972). Tappi Press., Atlanta Georgia, USA.



Nural Yılgör, 1964 Vezirköprü'de doğdu. 1986'da İ.Ü. Orman Endüstri mühendisliğini, 1993'de "Üçyüzyıl Su Altında Kalmış Odunun Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerinde Değişmeler" adlı tezle Yüksek lisansını, 1999'de "Türkiye'de Karaçam Varyetelerinin Kimyasal Açısından Karakterizasyonu" isimli tezle Doktorasını tamamladı. ABD Western Michigan Üniversitesinde araştırmalarını sürdürmektedir. Evli, bir çocuk annesidir.



Gülnur Mertoğlu-Elmas, 1983'de İTÜ Kimya mühendisliğini, 1991 yılında İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliğinde "Türkiye'de Doğal Tütün Fermantasyonu" adlı tezle Yüksek lisansını, 1999'de İ.T.Ü Kimya Mühendisliğinde "Etil Alkol-Su Karışımlarının Ekstraktif Distilasyonunda Tuzun Etkisi" isimli tezle Doktorasını tamamladı. Evli ve iki çocuk annesidir.