

Borik Asit İlave Edilen Bazı Tutkalların Kayın Odununun Yanma Özelliklerine Etkisinin Belirlenmesi

Bilal YUCA, *Şeref KURT¹, Mustafa KORKMAZ², Sema AYSA¹

¹Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi 78100, Karabük

²Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, 81620, Düzce

*Sorumlu yazar: skurt@karabuk.edu.tr

Geliş Tarihi:20.03.2013

Özet

Ağaç malzeme, doğal olması nedeniyle daima insanoğlunun yakınlık duyduğu ve pek çok alanda çok farklı amaçlarla kullandığı bir malzemedir. Bu çalışmada, kayın odunu örneklerinden elde edilen deney örnekleri ASTM-E-69, TS 3891 standartlarında verilen esaslara göre hazırlanmış ve daha sonra borik asit katkılı fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc tutkalları ile lamine edilmiştir. Daha sonra elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma direnci özellikleri araştırılmıştır.

Yanma deneyi için hava kurusu rutubetteki (% 12) taslaklar 4,5x19x1016 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra yapıştırma işlemleri uygulanmıştır. Bu amaçla, %5'lik çözelti halinde hazırlanan borik asitten fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc tutkallarına % 5 oranında ilave edilerek kullanılmıştır. ASTM-E 69 esaslarına göre yanma değerleri belirlenmiştir.

Yanma olayında borik asidin yanmayı geciktirici bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yapışma direnci deney örnekleri, 5x18x150 mm boyutlarında hazırlanmıştır. Daha sonra yapıştırma işlemleri uygulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kayın, Yanma, Emprenye, Tutkal

Determination of the influence of some boric acid added adhesives on combustion properties of beech wood

Abstract

Wood is a material that is always sympathized by human beings due to its naturalness and used for very different purposes in many areas. In this study, beech wood samples were prepared according to ASTM-E-69 and TS 3891 standards and laminated with boric acid added phenol-formaldehyde, urea formaldehyde and PVAc adhesives. Then, the combustion properties of wood material that was obtained from lamination were researched.

For the combustion test, the air dried (12 %) samples were prepared in size of 4,5x19x1016 mm and then laminated. For that purpose, 5% solution of boric acid was added in the rate of 5% to phenol-formaldehyde, urea formaldehyde and PVAc adhesives. Combustion value was determined according to ASTM-E 69.

In combustion case, it is determined that boric acid has a fire retardant efficacy. Bonding strength samples were prepared in size of 5x18x150mm. Then, gluing process was carried out.

Keywords: Beech, Combustion, Impregnation, Adhesive

Giriş

Ağaç malzeme; pek çok endüstri dalında kullanım alanı bulan, çok farklı anatomik, mekanik, kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip bir materyaldir. Giderek kıt kaynak niteliği kazanmakta olan ağaç malzeme için çeşitli alternatifler geliştirilerek en az zayıflatla en fazla kaliteli ürün elde edilmesi yoluna gidilmektedir.

Bu yöntemlerden biri olan lamine ahşap, kesme, soyma ve biçme yöntemleri ile elde edilen ağaç levhalarının aralarına yapıştırıcılar sürülerek düz ya da kalıp içerisinde sıcak veya soğuk preslenmesiyle elde edilmektedir (Özen vd. 2000). Ağaç malzemenin verimli kullanılabilmesi, kusurlarından arındırılması ve eğri formu

imalatlarda diyagonal liflilik oluşmaması için laminasyon tekniği kullanılmaktadır (Arslan vd. 2009).

Bunun yanı sıra ahşap malzeme doğal yapısı itibarıyla kullanım yerinde pek çok etkiye maruz kalmakta ve bunlardan önemli oranda etkilenmektedir. Biyolojik açıdan mantar, böcek ve bakteri gibi canlıların zararlarına, kimyasal açıdan ise yanma ile bozunabilmektedir. Ahşap, karbon ve hidrojen içeren organik esaslı bir materyal olduğundan yanıcıdır. Kendi kendine yanabilmesi için sıcaklığın 275 °C'ye çıkarılması gerekmektedir. Bununla birlikte herhangi bir tutuşturucu alev kaynağı varlığında çok daha düşük sıcaklıklarda tutuşarak yanabilmektedir. Oksijen, ısı

kaynağı ve yanabilir madde üçlüsünden birinin olmaması durumunda tutuşma olmaz (Baysal 2003). Selülozdaki piroliz 350 °C'de başlar. Piroliz sonucu açığa çıkan gazlar birbirleriyle ve oksijenle reaksiyona girerler, bunun sonucunda tutuşma ve yanma başlar (Arslan vd. 2009). Bunun olmaması için ağaç malzemenin yanmaya karşı dirençli hale getirilmesi gerekmektedir. Ağaç malzemenin yanmaya karşı direncinin artırılması için kimyasal maddelerle emprenye edilmiş olması birçok kullanım yerinde zorunlu görülmektedir (Arslan vd. 2009).

Ağaç malzemeyi yanmaya karşı dirençli hale getirmek amacıyla bazı borlu bileşikler kullanılabilmektedir. Borlu bileşikler, biyolojik zararlılara karşı yüksek etkinlikleri, suyla çözünerek kolayca uygulanabilmeleri, oduna difüzyon yetenekleri, ucuz ve temini kolay olması, memelilere karşı ihmal edilebilecek derecede düşük zehirlilik etkileri ve yanmaya karşı ahşabın direncini önemli ölçü de arttırmaları nedeniyle güncellik kazanmışlardır (Baysal, 2003).

Emprenye yöntemleri tutkallanmış odun için uygulanabilir değildir çünkü lamine edilmiş ahşabı emprenye etmek zordur ve emprenye işlemi ayrıca odunda ve tutkal yapışma hatlarında daralma, genişleme ve istenmeyen çatlakların oluşmasıyla sonuçlanmaktadır (Lesar vd. 2011).

Odunu tutkal ile yapıştırmadan önce emprenye etmek de diğer bir yaklaşımdır. Ancak, burada teknik bir problem bulunmaktadır, çeşitli tutkallar ile lamine edilmiş ahşap üretim prosesi için tutkallama prosesinde lameller arasında iyi bir bağlanma elde edebilmek için tutkallama öncesinde lamellerin planyalanmasına gerek duyulmaktadır. Bu yüzden lamelleri emprenye etmek mantıklı değildir. Çünkü planya işlemi ile koruyucu katmanın önemli bir kısmı gitmiş olur (Lesar vd. 2011).

Bu çalışmada kayın ağaçlarından üre formaldehit, fenol formaldehit ve Polivinil asetat (PVAc) tutkallarına % 5 çözelti halindeki borik asit çözeltisi ilavesi ile lamine ağaç malzeme üretilmiş ve tutkala ilave edilen borik asidin yanma özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Ağaç malzeme

Deney materyali olarak mobilya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan ağaç türlerinden kayın kullanılmıştır. Ağaç malzemeler, Karabük ilindeki kereste tedarikçilerinden tamamen tesadüfi yöntemle temin edilmiş ve seçiminde kerestenin kusursuz olmasına, liflerinin düzgün, ardaksız, reaksiyon odunu bulunmayan, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir

Tutkal

Yapılan çalışmada %5 oranında borik asit (BA) ile modifiye edilmiş polivinil asetat (PVAc), üre formaldehit (ÜF) ve fenol formaldehit (FF) tutkalları kullanılmıştır. Tutkal çeşidine göre, yüzeylere 180-200 g/m² oranında tutkal sürülmüştür. Tutkal çeşidine göre, üretici firma tarafından belirtilen sıcaklık, basınç ve süre değerlerine göre deney örneklerinde yapışma gerçekleştirilmiştir

Emprenye maddesi

Çalışmada, özellikle yanmayı geciktirici veya önleyici özelliği olan bor bileşenlerinden borik asit tercih edilmiştir. Çözelti % 5'lik konsantrasyonda hazırlanmış ve %5'lik olarak tutkala ilave edilmiştir.

Deney örneklerinin hazırlanması

Yanma deney örnekleri için ASTM E-69 (2007) standartlarında verilen esaslara uygun olarak üretilmiştir. Buna göre, örnekler seçilen ağacı temsil edecek şekilde budaksız, ardak bulundurmeyen, sağlam, düzgün lifli, reçesiz, büyüme kusurları bulunmayan parçalardan seçilmiştir. Deney örneklerinin ölçüleri 9.5mm X 19mm X 1016 mm $\pm$ 0.8mm boyutlarında düzgün şekilde kesilmiştir (Uysal, 1997).

Hava kurusu yoğunluk tayininde TS 2472 esaslarına uyularak 20x20x30 mm ölçülerinde hazırlanan örnekler; 20 $\pm$ 2 0C sıcaklık ve % 65 $\pm$ 5 bağıl nem şartlarında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilmiştir.

Yanma özellikleri deney metodu

Bu deney için kullanılan ateş borusu 38 mm merkezli 9.5 mm çapında 25 adet karşılıklı delikten oluşan 711 mm çapında

galvanizli demirden yapılmıştır. Alt tarafı 152 mm çapında ve 183 mm uzunluğunda çelik tel kafesten oluşmaktadır. Bu boru içerisine tutkallanmış deney örneği özel olarak yapılmış terazinin bir koluna asılmaktadır. Çelik tel kafesin yan tarafından 9.5 mm çapında bir borudan gaz sevki yapılmaktadır. Ateş borusu içerisine asılmış deney parçasının alt ucu ile gaz borusunun arasında 2.54 cm (1 inç) açıklık olacak şekilde yerleştirme yapılmaktadır. Gaz alevi standart olup alevin yüksekliği 25 cm sıcaklığı 1000 °C'dir. Böyle bir gaz alevi üst tarafta bulunan ve içerisinde deney parçası bulunmayan ateş borusunun en üst kısmında 180 ±5 °C'lik bir sıcaklık meydana getirmektedir. Ağaç malzemede yanmadan dolayı meydana gelen ağırlık kaybı ölçümünde analitik hale getirilmiştir. Bu amaçla 0,01 g duyarlılıkta ölçüm yapabilen bir elektronik teraziden faydalanılmıştır (Uysal, 1997).

Deney için ateş borusunun üst tarafına baca gazı analiz cihazı Testo T350 XL probu yerleştirilerek malzemenin yakılmasıyla meydana gelecek sıcaklık değişiminin ve yanma ürünü olarak açığa çıkan gazların ölçümü yapılmıştır.

Üst yüzey işlemleri yapılan deney örnekleri ASTM-E 69'a göre yanma deneylerine tabi tutulmuştur. Bunun için %12 (hava kurusu) rutubetteki deney örnekleri ateş borusu içerisine dikey olarak

asıldıktan sonra, alt tarafta bulunan gaz ocağının ağzı ile malzemenin alt ucu arasında açıklık 1 inç (2,54 cm) olacak şekilde ayarlanmıştır. Asetilen gazı ile elde edilen standart alevin malzemeye teması sağlanarak yanma deneyi başlatılmış ve ölçümler yapılmıştır. Yanma deneyinin başlamasından 240 saniye sonra alev kaynağı ateş borusundan alınmış ve geriye kalan süre yanma işlemi kılavuzsuz olarak devam etmiştir. Ölçümler her 30 saniyede bir yapılmış, toplam deney süresi boyunca 20 kez ölçüm alınmıştır

Bulgular

Kayın Odunu İçin Ölçülen Ağırlık Kaybı Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın ağacından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi sonucu elde edilen ağırlık kaybı ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler Tablo 1'de ve çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 2'de verilmektedir.

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, kayın odununun yanma deneyi sonucu ölçülen ağırlık kaybı etkileri üzerinde önemli bulunmuştur.

Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 1. Kayın odunu için ölçülen % ağırlık kaybı ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre Formaldehit-Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol F.-Borik asit	Fenol Formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	1,74	1,65	2,89	1,30	1,20	1,15	1,27
2*	4,62	3,27	3,54	2,46	2,01	3,05	3,26
3*	6,72	5,25	5,60	4,04	3,19	5,20	7,07
4*	8,81	7,38	10,83	5,78	5,28	9,36	12,65
5*	10,33	16,34	14,18	8,65	7,76	13,30	19,03
6*	14,70	30,64	19,06	11,43	12,49	19,47	28,21
7*	16,87	44,57	24,54	14,24	18,12	28,19	42,32
8*	24,00	51,08	28,94	18,90	24,29	44,20	52,21
9	27,36	66,42	36,28	24,42	33,54	61,45	59,57
10	34,73	71,04	45,58	29,03	43,33	75,67	67,85
11	39,86	90,48	52,32	38,59	47,40	80,63	81,72
12	46,37	96,91	56,17	43,20	53,25	86,77	91,19
13	53,41	97,83	62,45	52,35	60,81	88,54	96,35
14	57,84	97,84	68,56	58,03	67,72	92,09	96,50
15	68,53	98,24	74,69	67,86	75,76	94,97	96,50
16	72,95	98,24	79,97	79,12	80,86	94,97	96,50
17	76,99	98,24	82,81	89,06	85,48	94,97	96,50
18	87,56	98,23	89,33	92,61	87,63	94,97	96,50
19	94,76	98,23	91,97	96,05	90,56	94,97	96,50
20	98,21	98,23	99,81	97,60	94,48	94,97	96,50

* Alev kaynaklı yanma

Tablo 2. Kayın odunu için ölçülen % ağırlık kaybı değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	423751,99	159,00	2665,11	111,30	0,00
Sabit Terim	869711,55	1,00	869711,55	36319,95	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	82,37	1,00	82,37	3,44	0,07
C: Ölçüm Zamanı	13346,35	3,00	4448,78	185,79	0,00
Etkileşim A*B	381235,45	19,00	20065,02	837,93	0,00
Etkileşim A*C	9362,65	3,00	3120,89	130,33	0,00
Etkileşim B*C	352,70	19,00	18,56	0,78	0,73
Etkileşim A*B*C	9210,62	57,00	161,59	6,75	0,00
Hata	10161,85	57,00	178,28	7,45	0,00
Toplam	3831,33	160,00	23,95		aR = 0.947

Tablo 3. Kayın odunu için ölçülen % ağırlık kaybı değerleri Duncan test sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Fenol formaldehit-Kontrol	99,81	a
PVAc -Borik asit	98,23	ab
PVAc-Kontrol	98,21	ab
Fenol formaldehit-Borik asit	97,60	abc
Masif-Kontrol	96,50	bcd
Üre formaldehit-Borik asit	94,97	dc
Üre formaldehit-Kontrol	94,48	d

Kayın Odunu İçin Ölçülen Sıcaklık Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın ağacından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi

sonucu elde edilen sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistik veriler Tablo 4'te ve çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 4. Kayın Odunu Ölçülen Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) Ortalama Değer Tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit- Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	112,60	67,15	51,00	49,50	49,59	74,70	80,00
2*	143,40	98,45	76,50	57,60	53,14	97,15	100,25
3*	161,80	115,50	95,50	88,65	61,11	118,50	161,25
4*	180,90	163,75	118,50	114,10	75,09	164,95	201,75
5*	286,20	389,40	170,50	141,55	93,59	208,00	276,45
6*	356,20	535,20	205,00	169,90	118,61	312,35	484,10
7*	523,30	554,20	241,50	226,40	143,09	403,35	757,40
8*	708,80	607,95	114,00	309,35	209,09	504,60	754,40
9	765,20	631,60	331,50	321,09	212,35	629,40	520,40
10	720,30	523,95	337,50	368,65	322,80	596,55	410,90
11	622,10	286,75	405,50	457,05	401,75	593,80	336,30
12	457,50	145,30	432,00	407,45	412,10	473,05	201,90
13	259,70	109,90	493,00	344,85	356,80	410,65	119,10
14	189,90	93,80	520,50	268,55	288,25	265,00	96,25
15	163,60	82,30	538,50	211,35	240,70	141,05	79,25
16	132,60	78,45	565,00	163,65	199,65	134,25	77,50
17	106,10	70,60	606,50	140,60	168,05	111,40	73,55
18	97,10	62,65	625,00	120,65	130,40	101,05	72,25
19	96,30	61,90	643,50	106,35	112,35	93,50	70,35
20	93,10	60,70	663,00	95,56	105,15	91,60	69,45

*Alev kaynaklı yanma

Tablo 5. Kayın odunu için ölçülen sıcaklık °C değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	11327835,04	159,00	71244,25	9,48	0,00
Sabit Terim	20682103,71	1,00	20682103,71	2750,53	0,00
A:Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B:Tutkal Türü	156458,76	1,00	156458,76	20,81	0,00
C:Ölçüm Zamanı	422083,79	3,00	140694,60	18,71	0,00
Etkileşim A*B	4656634,78	19,00	245086,04	32,59	0,00
Etkileşim A*C	386982,41	3,00	128994,14	17,16	0,00
Etkileşim B*C	130272,97	19,00	6856,47	0,91	0,57
Etkileşim A*B*C	1680201,60	57,00	29477,22	3,92	0,00
Hata	3895200,72	57,00	68336,86	9,09	0,00
Toplam	1203088,89	160,00	7519,31		

a.R² = 0,857

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, kayın odununun yanma deneyi sonucu ölçülen sıcaklığa etkileri önemli

bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6. Kayın odunu için ölçülen sıcaklık °C değerleri Duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Üre formaldehit - Kontrol	361,70	a
Masif-Kontrol	308,84	ab
PVAc - Borik asit	276,25	abc
PVAc - Kontrol	247,14	bc
Üre formaldehit - Borik asit	236,98	bc
Fenol formaldehit - Borik asit	208,14	c
Fenol formaldehit - Kontrol	187,68	c

Kayın Odunu İçin Ölçülen O₂ Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın ağacından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi

sonucu elde edilen % O₂ ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler Tablo 7'de ve çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 8'de verilmektedir.

Tablo 7. Kayın odunu için ölçülen % O₂ ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre Formaldehit-Borik Asit	Üre Formaldehit	Fenol Formaldehit Borik asit	Fenol Formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	20,05	20,49	20,79	21,00	20,45	20,46	19,28
2*	19,25	20,47	19,86	20,86	20,07	20,20	18,87
3*	19,12	19,07	18,24	20,43	19,19	19,56	17,78
4*	18,85	18,89	16,75	19,79	19,26	19,14	17,11
5*	18,76	18,20	13,15	18,78	18,61	18,70	16,03
6*	18,52	17,47	12,51	17,54	18,41	17,95	13,71
7*	17,26	16,81	10,19	15,62	16,01	17,21	10,25
8*	14,83	14,62	9,81	14,14	13,13	15,86	5,75
9	14,12	12,65	9,01	12,60	10,18	8,36	4,18
10	10,11	9,02	8,50	10,65	7,16	5,70	2,74
11	7,42	11,46	7,80	10,23	4,66	7,27	7,27
12	6,05	12,74	7,03	10,28	5,73	9,69	9,59
13	7,14	13,40	7,43	10,68	7,64	11,48	11,76
14	12,36	15,77	7,79	12,68	10,28	15,10	16,74
15	17,78	17,29	7,96	14,67	11,88	18,42	17,88
16	18,30	18,34	9,69	16,77	14,50	19,74	18,47
17	19,55	18,69	10,70	18,28	16,66	20,16	18,55
18	19,67	19,97	12,59	19,24	18,70	20,25	19,27
19	19,98	20,24	13,35	20,08	19,58	20,31	19,53
20	20,01	20,26	13,31	20,67	20,13	20,21	19,61

*Alev kaynaklı yanma

Tablo 8. Kayın odunu için ölçülen % O₂ değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	7359,21	159,00	46,28	8,74	0,00
Sabit Terim	72277,17	1,00	72277,17	13642,03	0,00
A: Borik Asit	115,85	1,00	115,85	12,41	0,00
B: Tutkal Türü	246,70	1,00	246,70	46,56	0,00
C: Ölçüm Zamanı	59,44	3,00	19,81	3,74	0,01
Etkileşim A*B	5099,37	19,00	268,39	50,66	0,00
Etkileşim A*C	441,10	3,00	147,03	27,75	0,00
Etkileşim B*C	110,11	19,00	5,80	1,09	0,36
Etkileşim A*B*C	774,28	57,00	13,58	2,56	0,00
Hata	628,22	57,00	11,02	2,08	0,00
Toplam	847,70	160,00	5,30		

a. R² = 0.850

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, kayın odununun yanma deneyi sonucu ölçülen O₂ değerleri üzerinde etkileri önemli

bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 9'da verilmektedir.

Tablo 9. Kayın odunu için ölçülen % O₂ değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik Grubu
Üre formaldehit x Borik asit	16,79	a
PVAc x Borik Asit	16,29	ab
Fenol formaldehit x Borik asit	16,25	ab
Masif-Kontrol x Fenol formaldehit	15,96	ab
Kontrol x PVAc	14,61	ab
Kontrol x Üre formaldehit	14,22	b
Kontrol	11,82	c

Kayın Odunu İçin Ölçülen CO Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın ağacından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi

sonucu elde edilen CO ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistik veriler Tablo 10'da ve çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 10. Kayın odunu için ölçülen CO ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre formaldehit-Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	7,00	104,50	19,00	3,50	34,50	105,00	197,00
2*	22,00	218,00	41,00	12,50	42,50	297,50	426,00
3*	43,00	316,50	64,00	54,50	58,00	592,00	752,50
4*	74,00	568,00	94,50	298,50	75,00	937,50	1273,50
5*	106,00	817,50	122,00	641,00	144,50	1181,00	1830,50
6*	142,00	964,50	144,00	858,50	292,50	1160,00	3256,00
7*	238,00	1808,00	176,00	1065,50	451,00	1241,50	3674,00
8*	345,00	2798,00	255,00	1466,50	911,00	1994,00	3957,00
9	478,00	2260,50	348,00	1763,50	2565,00	4071,50	3406,50
10	561,00	1816,00	521,50	2009,00	1107,00	3928,00	2324,50
11	1972,00	1578,50	626,50	2728,00	3750,50	2012,00	2125,50
12	3685,00	1464,50	829,50	3900,50	4150,00	1136,00	1930,50
13	5000,00	1256,00	1729,72	3550,00	5000,00	874,00	1777,50
14	4357,00	1005,00	3265,00	3400,50	5000,00	846,00	1461,00
15	3982,00	590,50	3578,00	2648,50	5000,00	953,50	1318,00
16	2296,00	530,50	3463,50	1859,50	4400,50	872,50	1269,00
17	1249,00	484,00	1088,28	1159,50	3750,00	540,00	776,50
18	1423,00	437,50	3226,50	829,00	1718,00	490,00	761,00
19	1006,00	429,00	3000,00	691,50	1414,00	528,50	662,50
20	762,00	500,50	847,00	509,00	1209,50	610,50	647,60

* Alev kaynaklı yanma

Tablo 11. Kayın odunu için ölçülen değerleri CO çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	540952255,35	159,00	3402215,44	4,59	0,00
Sabit Terim	563071101,67	1,00	563071101,67	758,75	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	19934548,64	1,00	19934548,64	26,86	0,00
C: Ölçüm Zamanı	29600764,13	3,00	9866921,38	13,30	0,00
Etkileşim A*B	202990206,85	19,00	10683695,10	14,40	0,00
Etkileşim A*C	3702781,63	3,00	1234260,54	1,66	0,18
Etkileşim B*C	59049475,10	19,00	3107867,11	4,19	0,00
Etkileşim A*B*C	158388573,08	57,00	2778746,90	3,74	0,00
Hata	67285905,92	57,00	1180454,49	1,59	0,01
Toplam	118737313,86	160,00	742108,21		

a.R² = 0.665

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, kayın odununun yanma deneyi sonucu ölçülen CO değerleri üzerinde etkileri önemli

bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 12’de verilmektedir.

Tablo 12. Kayın odunu için ölçülen CO değerleri duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Fenol formaldehit - Kontrol	2053,68	a
PVAc - Kontrol	1691,33	ab
Fenol formaldehit - Borik asit	1472,45	ab
Masif - Kontrol	1387,40	ab
PVAc - Borik asit	1218,55	c
Üre formaldehit - Kontrol	1171,95	c
Üre formaldehit - Kontrol	997,38	c

Kayın Odunu İçin Ölçülen NO Değerleri

Fenol formaldehit, üre formaldehit ve PVAc uygulanan kayın ağacından elde edilen lamine ağaç malzemelerin yanma deneyi

sonucu elde edilen NO ölçümlerine ait ortalama değerler ve bazı istatistiki veriler Tablo 13’te ve çoklu varyans analizi sonuçları Tablo 14’de verilmektedir.

Tablo 13. Kayın odunu için ölçülen NO ppm ortalama değer tablosu

Ölçüm Zamanı	Masif Kontrol	Üre Formaldehit Borik Asit	Üre formaldehit	Fenol formaldehit Borik asit	Fenol formaldehit	PVAc Borik asit	PVAc
1*	5,00	3,50	6,50	1,50	4,50	4,00	5,50
2*	7,00	4,50	19,00	5,00	9,00	5,00	8,50
3*	8,00	6,00	25,00	8,00	13,50	7,50	13,50
4*	12,00	8,50	28,00	12,00	18,00	10,50	16,00
5*	14,00	11,50	35,00	15,00	23,00	14,00	22,50
6*	18,00	12,50	43,00	19,50	28,50	15,50	23,50
7*	23,00	29,50	46,00	22,50	36,00	25,00	30,00
8*	42,00	54,00	50,50	26,50	41,00	32,00	36,50
9	58,00	55,50	56,00	31,50	44,50	63,50	47,00
10	74,00	58,00	58,50	36,00	43,50	78,50	76,50
11	97,00	76,00	56,50	42,00	43,50	89,50	93,00
12	101,00	69,00	48,50	41,50	41,00	81,00	117,00
13	89,00	56,00	39,50	48,00	42,00	74,00	108,00
14	72,00	42,50	35,50	41,00	41,50	48,00	91,00
15	36,00	20,50	31,50	37,00	37,50	26,50	69,00
16	12,00	11,50	29,00	30,50	34,00	14,00	56,00
17	8,00	9,50	17,50	74,50	27,50	12,00	37,50
18	7,00	9,50	13,50	22,00	23,00	11,50	22,00
19	7,00	9,00	10,50	15,00	17,50	10,50	18,00
20	6,00	9,00	3,50	7,50	13,00	9,50	16,50

*Alev kaynaklı yanma

Tablo 14. Kayın odunu için ölçülen değerleri NO ppm çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Ortalama Kareler	F Hesap	Önem Düzeyi
Düzeltilmiş Model	192920,85	159,00	1213,34	5,57	0,00
Sabit Terim	333271,65	1,00	333271,65	1529,89	0,00
A: Borik Asit	6,237E-02	1	6,237E-02	0,00	0,983
B: Tutkal Türü	3296,03	1,00	3296,03	15,13	0,00
C: Ölçüm Zamanı	4913,13	3,00	1637,71	7,52	0,00
Etkileşim A*B	133373,28	19,00	7019,65	32,22	0,00
Etkileşim A*C	1528,96	3,00	509,65	2,34	0,08
Etkileşim B*C	3366,66	19,00	177,19	0,81	0,69
Etkileşim A*B*C	26476,68	57,00	464,50	2,13	0,00
Hata	19966,10	57,00	350,28	1,61	0,01
Toplam	34854,50	160,00	217,84		

a. $R^2 = 0,747$

Varyans analizi sonuçlarına göre, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları tek başına, tutkal maddeleri ve ölçüm zamanları aynı anda, kayın odununun yanma deneyi sonucu ölçülen NO değerleri üzerinde etkileri

önemli bulunmuştur. Farklılığın hangi uygulamalarda önemli olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Tablo 15'te verilmektedir.

Tablo 15. Kayın odunu için ölçülen NO ppm değerleri Duncan testi sonuçları

Etkileşimler	Ortalama	Homojenlik grubu
Masif-kontrol	45,38	a
PVAc - Kontrol	34,80	ab
Fenol formaldehit-Borik asit	32,65	ab
Fenol formaldehit-Kontrol	31,60	ab
Üre formaldehit-Kontrol	29,10	ab
Üre formaldehit-Borik asit	27,80	ab

Tartışma

Örs ve arkadaşları (1999) odunun yanma özelliklerine bazı borlu bileşiklerin etkilerini incelemişler ve borlu bileşiklerin ağırlık kayıplarında en uygun sonucu verdiği bilgisine ulaşmışlardır. Bunun yanında kullanmış oldukları PEG'lü maddelerin borlu bileşikler ile kullanılmalarının oduna yanmazlık ve boyutsal kararlılık verebileceği sonucuna varmışlardır. Arslan ve arkadaşları (2006) ise lamine ağaç malzeme üretiminde kullanmış oldukları tutkala kattıkları sodyum boratlı örneklerde düşük oranda kütle kaybının olduğunu ve tutkala sodyum borat ekleyerek yanmanın engellenebileceği sonucuna varmışlardır. Elde edilen sonuçlar literatür ile uygunluk göstermektedir.

Yanma deneylerinde en yüksek ağırlık kaybı PVAc tutkalının kullanıldığı çam odunundan elde edilen malzemelerde, en düşük ağırlık kaybı ise üre formaldehit tutkalının kullanıldığı göknar odunundan elde edilen malzemelerde gözlemlenmiştir. Kontrol gruplarında görülen bu ağırlık kayıpları kullanılan türün yoğunluğuyla da yakından ilgilidir.

Sonuçlar ve Öneriler

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen % ağırlık kaybı değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek ağırlık kaybı değeri (%99,81) Fenol formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede, en düşük ağırlık kaybı değeri de (%99,81) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede bulunmuştur.

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen sıcaklık değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek sıcaklık değeri (361,7 0C) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede, en düşük sıcaklık değeri de (187,68 0C) fenol formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede bulunmuştur.

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen O2

değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek O₂ değeri (%16,78) üre formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede, en düşük O₂ değeri de (%11,82) üre formaldehit tutkalı ile muamele edilmiş borik asit grubu malzemede bulunmuştur.

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen CO değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek CO değeri (2053,67 ppm) fenol formaldehit tutkalı kontrol grubu malzemede, en düşük CO değeri de (997,38 ppm) borik asit ilaveli üre formaldehit tutkalı deney grubu malzemede bulunmuştur.

Fenol Formaldehit, Üre Formaldehit ve PVAc tutkalları uygulanması sonucu elde edilen lamine ağaç malzemelerin ve kontrol gruplarının yanma deneyi sonucu ölçülen NO değerlerinin Duncan testi ile yapılan karşılaştırılmasında, en yüksek NO değeri (45,38 ppm) PVAc tutkalı kontrol grubu malzemede, en düşük NO değeri de (26,83 ppm) Fenol Formaldehit tutkalı ile muamele edilmiş borik asit grubu malzemede bulunmuştur.

Deney sonuçlarına göre tutkalın içerisine katılan borik asidin ağaç malzemenin yanma direncini artırdığı söylenebilir. Ağaç malzemenin kullanılacağı yerlerde yangın riski varsa bu alanlarda borik asit ile modifiye edilmiş tutkallarla yapıştırılmış lamine ahşap malzemelerin kullanılabileceği söylenebilir

Kaynaklar

Akincıtürk, N., Perker S. 2003. “700 yıllık tarihi cumalıkızık yerleşimindeki ahşap yapılarda yangın yalıtımı”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yalıtım ve Enerji Yönetimi Kongresi, Ankara, 15-18.

Arslan, A. R., Doruk, Ş., Ayan, S. 2009. “Tutkal hattına katılan sodyum borat çözeltisinde bazı ağaç türlerinin yanma direncinin belirlenmesi” Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS’09), Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs.

ASTM E69 – 02, 2007. Standard Test Method for Combustible Properties of Treated Wood by the Fire-Tube Apparatus

Bozkurt, Y., Göker, Y. 1981. “Orman ürünlerinden faydalanma”, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayını, İstanbul, 27-31. Kordina, K., Meyer-Ottens,

Baysal, E. 2003. “Borlu bileşikler ve doğal sepi maddeleriyle emprenye edilen sarıçam odunun yanma özellikleri”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19 (1-2) 59-69.

C., “Feuerwiderstandsklassen von bauteilen aus holz und holzwerkstoffen”, Dusseldorf, 73-75 (1977).

TS 3891, 1983. “Yapıştırıcılar-polivinilasetat emülsiyonu”, TSE Standardı, Ankara.

Uysal, B., “Çeşitli kimyasal maddelerin ağaç malzemenin yanmaya dayanıklılığı üzerine etkileri”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 65-72.

Uysal, B., Özçifçi, A., ve Yılmaz S. 1997. “Farklı ağaç türlerinin yanma özellikleri”, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Elazığ, 79-87.

Lesar, B., Ugovsek, A., Kariz, M., Sernek, M., Humar, M. 2011. “Influence of boron compounds in adhesives on the bonding quality and fungicidal properties of wood” Wood Research, 56(3) 285-296 .

Özen, R., Özçifçi, A., Uysal, B., 2001. “Emprenyeli Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odunundan üretilen lamine ağaç malzemelerin yanma özellikleri”, Mühendislik bilimleri Dergisi, 7-1: 131-138.

Örs, Y., Atar, M., Peker, H. 1999. “Sarıçam Odununun Yanma Özelliklerine Bazı Borlu Bileşikler ve Su İtici Maddelerin Etkileri”, Tr. J. of Agriculture and Forestry, 23, 501-509.