

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

LİF VE KAĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

**ÇEŞİTLİ YANMAYI GECİKTİRİCİ KİMYASAL MADDELERLE MUAMELE
EDİLEREK ÜRETİLMİŞ ORTA YOĞUNLUKTAKİ LİFLEVHALARIN (MDF)
ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Derya USTAÖMER

**MART 2008
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

LİF VE KAĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

**ÇEŞİTLİ YANMAYI GECİKTİRİCİ KİMYASAL MADDELERLE MUAMELE
EDİLEREK ÜRETİLMİŞ ORTA YOĞUNLUKTAKİ LİFLEVHALARIN (MDF)
ÖZELLİKLERİNDEKİ DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ**

Derya USTAÖMER

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“Doktor (Lif ve Kağıt Teknolojisi)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 12.02.2008
Tezin Savunma Tarihi : 10.03.2008**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mustafa USTA
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin KIRCI
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Ümit C. YILDIZ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. İlhan DENİZ
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüdaverdi EROĞLU**

Enstitü Müdür V. : Doç. Dr. Salih TERZİOĞLU

Trabzon 2008

ÖNSÖZ

“Çeşitli Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerle Muamele Edilerek Üretilmiş Orta Yoğunluktaki Liflevhaların (MDF) Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi” adlı bu çalışma, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Lif ve Kağıt Teknolojisi Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanlığımı üstlenerek, çalışma konumu belirleyen, çalışmalarım boyunca her türlü yardım, destek ve tavsiyelerini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Mustafa USTA’ya, sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yine bilgi ve yardımlarından faydalandığım hocalarım Prof. Dr. Hüseyin KIRCI, Prof. Dr. İlhan DENİZ, Prof. Dr. Ümit C. YILDIZ ve Doç. Dr. Esat GÜMÜŞKAYA’ya da teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım için gerekli hammaddenin teminini ve bazı deneylerimin fabrikalarında yürütülmesini sağlayan ÇAMSAN A.Ş.’ne tutkalın teminini sağlayan POLİSAN A.Ş.’ne ve borlu bileşiklerin teminini sağlayan ETİBOR A.Ş. yetkililerine de teşekkür ederim. Ayrıca, laboratuvar imkanlarını kullanmama izin veren ve yardımcı olan Prof. Dr. Hülya KALAYCIOĞLU ve Doç. Dr. Sibel YILDIZ’a, yine yanma deneyleri için laboratuvar imkanlarını kullanmama izin veren ve yardımcı olan Prof. Dr. Hakkı ALMA, Arş. Gör. Murat ERTAŞ, Doç. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ ve Öğr. Gör. Fatih İ. YAPICI’ya da teşekkürlerimi sunarım. Diğer taraftan, çalışmanın yürütülebilmesi için katkıda bulunan K.T.Ü Araştırma Fonuna da teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca, destek ve yardımlarını gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Sedat ONDARAL, Arş. Gör. Sevda BORAN, Alper KIZILTAŞ, Arş. Gör. Evren ERSOY KALYONCU, Arş. Gör. Emrah PEŞMAN, Arş. Gör. Eylem DİZMAN TOMAK, Arş. Gör. Ayfer DÖNMEZ ÇAVDAR, Arş. Gör. Tarık GEDİK ve Yrd. Doç. Dr. Ali TEMİZ’e de teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere ulaşmamda bana maddi, manevi her anlamda destek ve yardımcı olan anneme, babama, kardeşim Uğur USTAÖMER’e ve dayım Gürhan YARDIM’a, ayrıca çalışmalarım sırasında hep yanımda olan ve yardımlarını gördüğüm manevi kardeşlerim Erdal AKINCI, Şafak KASARCI, Ebru KABRAN ve Muhammet BEKER’e de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Derya USTAÖMER

Trabzon 2008

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VIII
SUMMARY.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
TABLolar DİZİNİ.....	XVI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XXV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Bozunma Türleri.....	3
1.3. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Yanma Özellikleri.....	4
1.4. Yanma Olayı ve Yanma Mekanizması.....	6
1.4.1. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Yanma Mekanizması.....	8
1.4.1.1. Termal Bozunma.....	8
1.4.1.1.1. Termal Bozunmanın Kinetik Parametreleri.....	10
1.4.1.2. Tutuşma.....	11
1.4.1.3. Kor Haline Gelme.....	11
1.4.1.4. Duman ve Gaz Oluşumu.....	12
1.4.2. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Yanmayı Geciktirici(FR) İşlemler.....	12
1.4.3. Yanmayı Geciktirme Mekanizmaları.....	15
1.4.4. Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddeler.....	16
1.4.5. Borlu Bileşiklerin Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Kullanımı.....	21
1.4.6. Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerin Sinerjik Etkileri.....	22
1.4.7. Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerin Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Özelliklerine Etkileri.....	23
1.4.8. Yanma Dayanımını ve Yanma Karakteristiklerini Belirleme Yöntemleri.....	25
1.5. Literatür Özeti.....	28
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	37
2.1. Materyal.....	37

2.1.1	Hammadde.....	37
2.1.2.	Kimyasal Maddeler.....	37
2.1.2.1.	Borik Asit.....	37
2.1.2.2.	Boraks.....	38
2.1.2.3.	Sodyum Perborattetrahidrat.....	39
2.1.2.4.	Amonyum Sülfat.....	39
2.1.2.5.	Çinko Borat.....	40
2.1.2.6.	Monoamonyum Fosfat.....	40
2.1.2.7.	Diamonyum Fosfat.....	41
2.1.2.8.	Alüminyum Hidroksit.....	41
2.1.3.	Tutkal.....	42
2.1.3.1.	Melamin Üre Formaldehit	42
2.1.4.	Sertleştirici Madde.....	42
2.2.	Metot.....	43
2.2.1.	Deneme Levhalarının Üretim Şablonunun Belirlenmesi.....	43
2.2.2.	Deneme Levhalarının Üretiminden Önce Yapılan İşlemler.....	45
2.2.2.1.	Kimyasal Maddelerin Hazırlanması.....	45
2.2.2.2.	Liflerin Kimyasal Maddelerle Muamele Edilmesi.....	46
2.2.2.3.	Liflerin Kurutulması ve Rutubetlerinin Belirlenmesi.....	47
2.2.2.4.	Liflerin Topaklarının Açılması.....	47
2.2.2.5.	Liflerin Tutkallanması ve Levha Taslağının Oluşturulması.....	48
2.2.2.6.	Levha Taslağının Preslenmesi ve Pres Sonrası İşlemler.....	48
2.2.3.	Deneme Levhalarının Özelliklerinin Belirlenmesi.....	50
2.2.3.1.	Rutubet Miktarının Belirlenmesi.....	50
2.2.3.2.	Yoğunluk Değerlerinin Belirlenmesi.....	50
2.2.3.3.	Su Alma Oranının Belirlenmesi.....	51
2.2.3.4.	Kalınlık Artışının Belirlenmesi.....	51
2.2.3.5.	Eğilme Direncinin Belirlenmesi.....	52
2.2.3.6.	Yüzeye Dik Çekme Direncinin Belirlenmesi.....	52
2.2.3.7.	Renk Değişimlerinin Belirlenmesi.....	53
2.2.3.8.	Mantar Çürüklük Testi.....	54
2.2.3.9.	Yanma Deneyleri.....	56
2.2.3.9.1.	Yanma Mukavemetinin ASTM-E 69'a Göre Belirlenmesi.....	56

2.2.3.9.2.	TGA(Termogravimetrik Analiz) Yöntemiyle Yanma Mukavemetinin Belirlenmesi.....	58
2.2.4.	İstatistiksel Yöntem.....	60
3.	BULGULAR.....	61
3.1	Rutubet Miktarına Ait Bulgular.....	61
3.2	Yoğunluk Değerlerine Ait Bulgular.....	62
3.3.	Su Alma Oranına Ait Bulgular.....	68
3.4.	Kalınlık Artışına Ait Bulgular.....	74
3.5.	Eğilme Direncine Ait Bulgular.....	80
3.6.	Yüzeye Dik Çekme Direncine Ait Bulgular.....	85
3.7.	Renk Değişimlerine Ait Bulgular.....	90
3.8.	Mantar Çürüklük Testi.....	95
3.9.	Yanma Deneyleri.....	99
3.9.1.	Yanma Mukavemeti Deneyine Ait Bulgular.....	99
3.9.1.1.	Alev Kaynaklı Yanmaya(AKY) Ait Bulgular.....	99
3.9.1.1.1.	AKY’da Ağırlık Kaybı Değerlerine Ait Bulgular.....	103
3.9.1.1.2	AKY’da Sıcaklık Değerlerine Ait Bulgular.....	107
3.9.1.1.3.	AKY’da O ₂ Değerlerine Ait Bulgular.....	110
3.9.1.1.4.	AKY’da CO ₂ Değerlerine Ait Bulgular.....	112
3.9.1.1.5.	AKY’da CO Değerlerine Ait Bulgular.....	115
3.9.1.2.	Kendi Kendine Yanmaya(KKY) Ait Bulgular.....	118
3.9.1.2.1.	KKY Ağırlık Kaybı Değerlerine Ait Bulgular.....	122
3.9.1.2.2.	KKY Sıcaklık Değerlerine Ait Bulgular.....	126
3.9.1.2.3.	KKY’da O ₂ Değerlerine Ait Bulgular.....	128
3.9.1.2.4.	KKY’da CO ₂ Değerlerine Ait Bulgular.....	131
3.9.1.2.5.	KKY’da CO Değerlerine Ait Bulgular.....	134
3.9.2.	TGA Ölçümlerine Ait Bulgular.....	136
4.	İRDELEME.....	138
4.1.	Rutubet Miktarına Ait Bulguların İrdelenmesi.....	138
4.2.	Yoğunluk Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	140
4.3.	Su Alma Oranına Ait Bulguların İrdelenmesi	142
4.4.	Kalınlık Artışına Ait Bulgularının İrdelenmesi.....	145
4.5.	Eğilme Direncine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	149

4.6.	Yüzeye Dik Çekme Direncine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	152
4.7.	Renk Değişimine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	156
4.8.	Mantar Çürüklük Testine ait Bulguların İrdelenmesi.....	159
4.9.	Yanma Deneylerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	164
4.9.1.	Yanma Mukavemeti Deneyine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	164
4.9.1.1.	AKY'ya Ait Bulguların İrdelenmesi.....	164
4.9.1.1.1.	AKY'da Ağırlık Kaybı Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	164
4.9.1.1.2.	AKY'da Sıcaklık Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	167
4.9.1.1.3.	AKY'da O ₂ Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	170
4.9.1.1.4.	AKY'da CO ₂ Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	172
4.9.1.1.5.	AKY'da CO Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	175
4.9.1.2.	KKY'ye Ait Bulguların İrdelenmesi.....	177
4.9.1.2.1.	KKY'da Ağırlık Kaybı Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	177
4.9.1.2.2.	KKY'da Sıcaklık Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	182
4.9.1.2.3.	KKY'da O ₂ Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	185
4.9.1.2.4.	KKY'da CO ₂ Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	187
4.9.1.2.3.	KKY'da CO Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi.....	189
4.9.2.	TGA Ölçümlerine Ait Bulgularının İrdelenmesi.....	192
5.	SONUÇLAR.....	213
5.1.	Su Alma.....	213
5.2.	Kalınlığına Şişme.....	214
5.3.	Eğilme Direnci.....	214
5.4.	Çekme Direnci.....	215
5.5.	Renk Değişimi.....	215
5.6.	Mantar Çürüklük Testi.....	216
5.7.	Yanma Deneyleri.....	217
5.7.1.	Yanma Mukavemet Deneyi.....	217
5.7.1.1.	AKY'da Ağırlık Kaybı Değerleri.....	217
5.7.1.2.	AKY'da Sıcaklık Değerleri.....	218
5.7.1.3.	AKY'da O ₂ Değerleri.....	219
5.7.1.4.	AKY'da CO ₂ Değerleri.....	219
5.7.1.5.	AKY'da CO Değerleri.....	220
5.7.1.6.	KKY'da Ağırlık Kaybı Değerleri.....	220

5.7.1.7.	KKY'da Sıcaklık Değerleri.....	221
5.7.1.8.	KKY'da O ₂ Değerleri.....	222
5.7.1.9.	KKY'da CO ₂ Değerleri.....	222
5.7.1.10.	KKY'da CO Değerleri.....	223
5.7.2.	TGA.....	225
6.	ÖNERİLER.....	227
7.	KAYNAKLAR.....	230
ÖZGEÇMİŞ		

ÖZET

Bu çalışmada; çeşitli FR kimyasal maddeleriyle muamele edilerek üretilmiş Orta Yoğunlukta Liflevhaların(MDF) özellikleri üzerinde; kimyasal maddelerin, kimyasal madde konsantrasyonlarının ve kullanılan tutkaldaki melamin katkı oranının etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla; lifler %5, %10, %15, %20 konsantrasyonlarda çeşitli yanmayı geciktirici(FR) kimyasal maddeler ile muamele edilmiş ve melamin içeriği %20 olan melamin üre formaldehit (MÜF) tutkalı kullanılmak suretiyle MDF levhaları üretilmiştir. Ancak, yapılacak deneylerde tutkal faktörünün de etkilerini gözlemlemek amacıyla ikinci bir deney grubu daha oluşturulmuştur. Bu grupta, lifler sadece %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal madde ile muamele edilmiş ve iki ayrı katkı oranında (%15 ve %10) melamin içeren MÜF tutkalı kullanılmak suretiyle MDF levhaları üretilmiştir. Üretilen bu levha örneklerinin; eğilme direnci, çekme direnci, su alma ve kalınlığına şişme, mantar çürüklük dayanımı, renk değişimi ve yanma deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Çalışma sonucunda; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve tutkaldaki melamin katkı oranının, üretilen MDF'lerin özellikleri üzerinde önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir. Kimyasal madde konsantrasyonu artıkça örneklerin su alma ve kalınlığına şişme değerlerinin, mantar çürüklüğüne karşı dirençlerinin ve renk değişim oranlarının arttığı; eğilme ve çekme dirençlerinin ise kimyasal madde türüne bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca; tutkaldaki melamin katkı oranı artışının da; örneklerin eğilme ve çekme direncini, mantar çürüklüğüne karşı dirençlerini arttırdığı, su alma ve kalınlığına şişme değerleri ile renk değişim oranlarını ise azalttığı bulunmuştur. Yanma parametreleri ise; yanmada mukavemet deneyi ve termogravimetrik analiz(TGA) olmak üzere iki yöntem yardımıyla belirlenmiştir. Yanma mukavemet deneylerinde; kimyasal madde konsantrasyonu ve melamin katkı oranı artışıyla; ağırlık kaybı, sıcaklık, CO₂, CO değerleri düşerken O₂ değerleri artış göstermiştir. TGA sonuçlarına göre ise kimyasal madde konsantrasyonu ve tutkaldaki melamin katkı oranı artışıyla, örneklerin bozunmadan kalan kısımlarının oranı artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddeler, Melamin, MÜF, Yanma Dayanımı, MDF

SUMMARY

Determination of Changes on the Properties of Medium Density Fiberboard (MDF) Produced Treating by Various Fire Retardant Chemicals

In this study, the effects of chemicals, chemicals concentrations and additive percent of melamine at the used adhesive on the properties of the medium density fiberboard (MDF) produced treating by fire retardant (FR) chemicals were investigated. In this aim, the fibers were treated with %5, %10, %15, %20 concentrations of various FR chemicals and the MDF panels were produced using MUF including %20 melamine. However, the second group was created to observe the effects of adhesive factor. In this group, the fibers only were treated with %10 concentrations of various chemicals and the MDF panels were produced using MUF including %15 and %10 melamine. The modulus of rupture, tensile strength, water absorption, thickness swelling, biological resistance, color change and fire experiments of the MDF samples were performed and the results were evaluated.

It was found that chemical type, chemical concentrations and additive percent of melamine on the adhesive were effective on the properties of produced MDF. It was determined that water absorption and thickness swelling, biological resistance, color change values increased with increasing chemical concentrations, the modulus of rupture and tensile strength values represented variability depending on chemicals type. Furthermore, it was also found that the modulus of rupture, tensile strength, biological resistance increased while water absorption, thickness swelling and color change values decreased with increasing melamine additive percent of adhesives. Also, fire parameters were determined with fire resistance test and thermogravimetric analyze (TGA) methods. According to fire resistance test; weight losses, temperature, CO₂, CO values decreased, O₂ values increased with increasing chemical concentrations and additive percent of melamine on the adhesive. Additionally, according to the results of TGA, the percent of undamaged part of the MDF samples increased with increasing chemical concentrations and additive percent of melamine on the adhesive.

Key Words: Fire Retardant Chemicals, Melamine, MUF, Fire Resistance, MDF

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Yanma Mekanizması.....	6
Şekil 2. Yangın evrelerinin temsili gösterimi.....	7
Şekil 3. Selülozun pirolizi ve yanması.....	9
Şekil 4 . a)FR işlemi uygulanmamış malzemelerle üretilen ortamlarda yangından kurtulma zamanı seyri b)FR işlemi uygulanmış malzemelerle üretilen ortamlarda yangından kurtulma zamanı seyri.....	13
Şekil 5. Çeşitli FR kimyasallarının oduna bağlanma şekilleri.....	14
Şekil 6. Bor bileşiklerinin kullanım yerleri.....	20
Şekil 7. (a),(b)Lifleri kurutmak ve rutubetlerini belirlemek amacıyla kullanılan kurutma fırını ve rutubetölçer.....	47
Şekil 8. Elek yardımıyla lif topaklarının açılması.....	48
Şekil 9. Levha üretiminde kullanılan pres.....	49
Şekil 10. CIE L*a*b renk sistemi.....	53
Şekil 11. Mantar saldırısına maruz bırakılan deney örnekleri.....	55
Şekil 12. (a),(b)Mantar saldırısı sonucunda test ve kontrol örneklerinin görünüşü.....	55
Şekil 13. Yanma düzeneği.....	57
Şekil 14. Schimadzu marka TGA–50 cihazı.....	59
Şekil 15. TGA cihazından alınan ölçüm grafik örneği.....	59
Şekil 16. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının rutubetlerindeki değişim.....	138
Şekil 17. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının rutubetlerindeki değişim.....	139
Şekil 18. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerindeki değişim.....	140
Şekil 19. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluklarındaki değişim.....	141
Şekil 20. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat su alma değerlerindeki değişim.....	142

Şekil 21.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat su alma değerlerindeki değişim.....	143
Şekil 22.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat kalınlık artışı değerlerindeki değişim.....	146
Şekil 23.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat kalınlık artışı değerlerindeki değişim.....	147
Şekil 24.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerindeki değişim.....	149
Şekil 25.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerindeki değişim.....	151
Şekil 26.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının çekme direnci değerlerindeki değişim.....	152
Şekil 27.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının çekme direnci değerlerindeki değişim.....	155
Şekil 28.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının renk değişim değerleri.....	156
Şekil 29.	(a)Kontrol levhası ve NPB muameleli levha örneği, (b)ZNB muameleli levha örneği ve MAF+AL muameleli levha örneği arasındaki renk farklılıkları.....	157
Şekil 30.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının renk değişim değerleri	158
Şekil 31.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının mantar deneyi sonucunda ağırlık kaybı değerlerindeki değişim.....	159
Şekil 32.	Deney sırasında kimyasal maddeli test örneklerinin etrafında biriken kahverengi sıvı örneği.....	161
Şekil 33.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının mantar deneyi sonucunda ağırlık kaybı değerlerindeki değişim.....	163
Şekil 34.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim.....	164

Şekil 35.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim.....	166
Şekil 36.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerindeki değişim.....	167
Şekil 37.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerindeki değişim.....	169
Şekil 38.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O ₂ değerlerindeki değişim.....	170
Şekil 39.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O ₂ değerlerindeki değişim.....	171
Şekil 40.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO ₂ değerlerindeki değişim.....	172
Şekil 41.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO ₂ değerlerindeki değişim.....	174
Şekil 42.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerindeki değişim.....	175
Şekil 43.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerindeki değişim.....	176
Şekil 44.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim.....	177
Şekil 45.	(a),(b),(c),(d) KKY aşaması sonucunda kontrol grubu örneğinin görünümleri.....	178
Şekil 46.	(a),(b) KKY aşaması sonucunda muameleli deneme levha örneklerinden bazılarının görünümü.....	179
Şekil 47.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim.....	181
Şekil 48.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerindeki değişim.....	182

Şekil 49.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerindeki değişim.....	184
Şekil 50.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O ₂ değerlerindeki değişim.....	185
Şekil 51.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O ₂ değerlerindeki değişim.....	186
Şekil 52.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO ₂ değerlerindeki değişim.....	187
Şekil 53.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO ₂ değerlerindeki değişim.....	188
Şekil 54.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerindeki değişim.....	189
Şekil 55.	Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerindeki değişim.....	191
Şekil 56.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda BA kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	192
Şekil 57.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda BX kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	192
Şekil 58.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda NPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	193
Şekil 59.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda ZNB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	193
Şekil 60.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda BA+BX kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	194
Şekil 61.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda BA+NPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim....	194
Şekil 62.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda MİN kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	195

Şekil 63.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda MİNPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	195
Şekil 64.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda MAF+BA+ BX kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim....	196
Şekil 65.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda MAF+BA+ NPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim....	196
Şekil 66.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda MAF+AL kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim....	197
Şekil 67.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrol levhasının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	197
Şekil 68.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve %5 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	198
Şekil 69.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	199
Şekil 70.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve % 15 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	200
Şekil 71.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve %20 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	201
Şekil 72.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda BA kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	204
Şekil 73.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda BX kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	205
Şekil 74.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda NPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	205
Şekil 75.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda ZNB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	206
Şekil 76.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda BA+BX kullanılarak üretilen levha örneklerinin TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	206

Şekil 77.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda BA+NPB kullanılarak üretilen levha örneklerinin TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	207
Şekil 78.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda MİN kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	207
Şekil 79.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda MİNPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	208
Şekil 80.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda MAF+BA+BX kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	208
Şekil 81.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda MAF+BA+NPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	209
Şekil 82.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda MAF+AL kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	209
Şekil 83.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile üretilen kontrol levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	210
Şekil 84.	Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim.....	211

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Borik asite ait özellikler.....	38
Tablo 2. Boraksa ait özellikler.....	38
Tablo 3. Sodyum perborat tetrahidrata ait özellikler.....	39
Tablo 4. Amonyum sülfata ait özellikler.....	39
Tablo 5. Çinko borata ait özellikler.....	40
Tablo 6. Monoamonyum fosfata ait özellikler.....	41
Tablo 7. Diamonyum fosfata ait özellikler.....	41
Tablo 8. Alüminyum hidroksite ait özellikler.....	42
Tablo 9. MÜF tutkalına ait özellikler.....	42
Tablo 10. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı kullanılarak üretilen levhalara ait deney şablonu.....	44
Tablo 11. Melamin katkı oranı %15, %10 olan MÜF tutkalı kullanılarak üretilen levhalara ait deney şablonu.....	45
Tablo 12. Çalışmada kullanılan kimyasal madde formülasyonlarının içerikleri ve pH'ları.....	46
Tablo 13. Prese ait teknik bilgiler.....	49
Tablo 14. Testo 300 M ve XL analizörüne ait sıcaklık ölçüm bilgileri.....	57
Tablo 15. Testo 300 M ve XL analizörüne ait gaz ölçüm bilgileri.....	57
Tablo 16. Melamin katkı oranı % 20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri (%).....	61
Tablo 17. Melamin katkı oranı %15 ve %10 MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri (%).....	62
Tablo 18. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yoğunluk değerleri (kg/cm ³).....	63
Tablo 19. Melamin katkı oranı %15 ve %10 MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda farklı kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yoğunluk değerleri (kg/cm ³).....	63
Tablo 20. Yoğunluk değerlerine ait BVA sonuçları(p≤0.05)	64
Tablo 21. Yoğunluk değerlerine ait SNK testi sonuçları ve homojenlik grupları.....	65

Tablo 22.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	65
Tablo 23.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	66
Tablo 24.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.005$).....	67
Tablo 25.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluklarına ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	67
Tablo 26.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama 24 saat su alma değerleri (%).....	68
Tablo 27.	Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama 24 saat su alma değerleri (%).....	69
Tablo 28.	24 saat su alma değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$).....	70
Tablo 29.	24 saat su alma değerlerine ait SNK test sonuçları ve homojenlik grupları.....	71
Tablo 30.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının su alma değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	71
Tablo 31.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının su alma değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	72
Tablo 32.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının su alma değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	73
Tablo 33.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının su alma değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları....	73
Tablo 34.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama 24 saat kalınlık artışı değerleri (%).....	74
Tablo 35.	Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama 24 saat kalınlık artışı değerleri(%).....	75
Tablo 36.	24 saat kalınlık artışı değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$).....	76
Tablo 37.	24 saat kalınlık artışı değerlerine ait SNK test sonuçları.....	77

Tablo 38.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının kalınlık artışı değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	77
Tablo 39.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının kalınlık artışı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	78
Tablo 40.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhaların kalınlık artışı değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)	79
Tablo 41.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının kalınlık artışı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	79
Tablo 42.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm^2).....	80
Tablo 43.	Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ve kontrol levhasına ait ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm^2).....	81
Tablo 44.	Eğilme direnci değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$).....	82
Tablo 45.	Eğilme direnci değerlerine ait SNK test sonuçları.....	82
Tablo 46.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	83
Tablo 47.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	83
Tablo 48.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	84
Tablo 49.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	85
Tablo 50.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal madde kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm^2).....	86
Tablo 51.	Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda farklı kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri(N/mm^2).....	86

Tablo 52.	Yüzeğe dik çekme direnci değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$)....	87
Tablo 53.	Yüzeğe dik çekme direnci değerlerine ait SNK test sonuçları.....	87
Tablo 54.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yüzeğe dik çekme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	88
Tablo 55.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yüzeğe dik çekme direnci değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	89
Tablo 56.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yüzeğe dik çekme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	89
Tablo 57.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yüzeğe dik çekme direnci değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	90
Tablo 58.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama ΔE değerleri.....	91
Tablo 59.	Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama ΔE değerleri.....	91
Tablo 60.	Renk değişimi değerlerine ait BVA testi($p \leq 0.05$).....	92
Tablo 61.	Renk değişimi değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	92
Tablo 62.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ΔE değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	93
Tablo 63.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ΔE değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	93
Tablo 64.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ΔE değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	94
Tablo 65.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ΔE değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	94
Tablo 66.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5 ve %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait çürüklük testi ağırlık kayıpları (%).....	95

Tablo 67.	Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait çürüklük testi ağırlık kayıpları (%).....	95
Tablo 68.	Ağırlık kaybı değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$).....	96
Tablo 69.	Ağırlık kaybı değerlerine ait SNK test sonuçları ve homojenlik grupları..	96
Tablo 70.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5 ve %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının çürüklük testi ağırlık kaybı değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)	97
Tablo 71.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5 ve %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının çürüklük testi ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	97
Tablo 72.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile 10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ağırlık kaybına ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	98
Tablo 73.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda farklı kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ağırlık kaybına ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	98
Tablo 74.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama AKY ağırlık kaybı(%) ve sıcaklık (°C) değişim değerleri.....	100
Tablo 75.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama AKY O ₂ (%), CO ₂ (%) ve CO(ppm) değişim değerleri	101
Tablo 76.	Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama AKY ağırlık kaybı(%) ve sıcaklık değişim değerleri(°C).....	102
Tablo 77.	Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama AKY O ₂ (%), CO ₂ (%), CO(ppm) değişim değerleri.....	102
Tablo 78.	AKY ağırlık kaybı değerlerine ait BVA testi($p \leq 0.05$).....	103
Tablo 79.	AKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	104
Tablo 80.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)	104
Tablo 81.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	105

Tablo 82.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerine ait ÇVA sonuçları ($p \leq 0.05$)	106
Tablo 83.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	106
Tablo 84.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	107
Tablo 85.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	108
Tablo 86.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	109
Tablo 87.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları	109
Tablo 88.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O ₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	110
Tablo 89.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O ₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	111
Tablo 90.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O ₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	111
Tablo 91.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O ₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları....	112
Tablo 92.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO ₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	113
Tablo 93.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO ₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	114

Tablo 94.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO ₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05).....	114
Tablo 95.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO ₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.	115
Tablo 96.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05).....	116
Tablo 97.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	116
Tablo 98.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05).....	117
Tablo 99.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları...	118
Tablo 100.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama KKY ağırlık kaybı(%) ve sıcaklık (°C) değişim değerleri.....	119
Tablo 101.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama KKY O ₂ (%), CO ₂ (%) ve CO(ppm) değişim değerleri.....	120
Tablo 102.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama KKY ağırlık kaybı(%), sıcaklık(°C)değerleri.....	121
Tablo 103.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama KKY O ₂ (%),CO ₂ (%),CO(ppm) değerleri.....	121
Tablo 104.	KKY ağırlık kaybı değerlerine ait BVA test sonuçları(p≤0.05).....	122
Tablo 105.	KKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	123
Tablo 106.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05).....	123
Tablo 107.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	124
Tablo 108.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05)...	125

Tablo 109.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	125
Tablo 110.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerine ilişkin yapılan ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	126
Tablo 111.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	127
Tablo 112.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	127
Tablo 113.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	128
Tablo 114.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O ₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	129
Tablo 115.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O ₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	129
Tablo 116.	Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O ₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	130
Tablo 117.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O ₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları...	130
Tablo 118.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO ₂ değerlerine ait yapılan ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	131
Tablo 119.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO ₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	132
Tablo 120.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO ₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	133
Tablo 121.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO ₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.	133

Tablo 122.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	134
Tablo 123.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları.....	135
Tablo 124.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$).....	135
Tablo 125.	Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları...	136
Tablo 126.	Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda kalan ağırlık miktarları(%).....	137
Tablo 127.	Melamin katkı oranı %15 ve %20 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda kalan ağırlık miktarları(%).....	137

SEMBOLLER DİZİNİ

AKY	: Alev kaynaklı yanma
AL	: Alüminyum hidroksit
BA	: Borik asit
BAE	: Borik asit eşdeğeri
BVA	: Basit varyans analizi
BX	: Boraks
ÇVA	: Çoğul varyans analizi
DAF	: Diamonyum fosfat
DOT	: Disodyum oktoborat
FR	: Yanmayı geciktirici
KA	: Kalınlık artışı
KKY	: Kendi kendine yanma
MAF	: Monoamonyum fosfat
MDF	: Medium density fiberboard (orta yoğunlukta liflevha)
MİN	: Minalith
MÜF	: Melamin üre formaldehit
NPB	: Sodyum perborat tetrahidrat
OSB	: Oriented strandboard (Yönlendirilmiş yonga levha)
SA	: Su alma
SNK	: Student newman keuls
TGA	: Termogravimetrik analiz
ZNB	: Çinko borat

1. GENEL BİLGİLER

1.1.Giriş

Endüstriyel gelişimin ve değişimin hızlı bir şekilde yaşandığı günümüzde, varolan hammadde kaynaklarının kıtlığı; tüm endüstri kollarını bu kaynakları daha rasyonel değerlendirme ve alternatif ürün temin etme çalışmalarına yöneltmiştir. Bu durum, orman ürünleri sanayi için de söz konusudur. Artan talep ve gelişme hızına bağlı olarak ağaç malzemenin kullanım alanlarının artması ve böylece bol bulunan odun hammadde kaynaklarının büyük ölçüde azalmaya başlaması sebebiyle, ağaç malzemeye alternatif ürün arayışlarına gidilmiş ve bu amaca yönelik olarak odun esaslı levha ürünleri geliştirilmiştir.

Liflevhalar, masif ağaç malzemeye alternatif olarak geliştirilmiş levha ürünlerinin en önemlilerinden birisidir. Levhaların ana hammaddesini odun veya diğer ligno-selülozik maddeler ile tutkal oluşturmakta olup dolayısıyla, levha üretiminde kullanılan odun türü, tutkal türü, ve çeşitli amaçları için ilave edilen kimyasal maddeler vb. üretilen levhaların fiziksel, mekanik ve diğer bazı özelliklerini son derece etkilemektedir (Hashim vd., 1994).

Son yıllarda levha ürünleri içerisindeki yeri giderek artan ve yaygın kullanım alanına sahip olan orta yoğunluktaki liflevha (MDF); ağaç malzeme ve diğer levha ürünleriyle karşılaştırıldığında oldukça üstün özellikler göstermektedir. Yüksek değerde mekanik ve teknolojik özelliklere sahiptir, direnç özellikleri her yerde aynıdır, homojen bir yapıdadır, işlenmesi kolaydır, teknolojik özelliklerinin istenilen ölçüde ayarlanması mümkündür. Benzeri daha birçok olumlu ve istenilen özelliklere sahip MDF ürünleri günümüzde oldukça rağbet görmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Ancak bu olumlu özelliklerinin yanı sıra MDF, odun ve odun esaslı diğer levha ürünleri gibi bazı sakıncalı özelliklere de sahiptir. Bu sakıncalı özellik materyalin kolay yanabilmesi ve tutuşabilmesidir (Özkaya vd., 2007; Stevens vd., 2006). Tüm lignoselülozik materyaller, yanıcı özelliklere sahip olmaları nedeniyle tutuşma sıcaklığına ulaştıklarında ve yanma için gereken ortamı bulduklarında kolaylıkla yanabilmekte, direnç özelliklerini kaybedip yanma esnasında zayıf dayanım göstererek can ve mal güvenliğini tehdit etmektedir. Bu durum göz önüne alındığında, odun esaslı materyallerin; yapılarda, inşaat sektöründe vb. kullanım alanlarında değerlendirilmesi sınırlı hale gelmekte, kullanılması durumunda ise dayanım özelliklerinin iyileştirilmiş olması gerekmektedir. Bu amaçla;

malzemenin yanma karakteristiklerine etki edip dayanımlarını artırmak için çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilerek güçlendirilmesi yönünde çalışmalar yapılmaktadır (Gu vd., 2007; Ellis ve Rowell, 1989; Kozlowski vd.,1999). Bu iyileştirme ve dayanım kazandırma işlemleri, özellikle tüm çocuk bakım evleri, hastaneler ve toplu konutlar vb. gibi insan sayısının fazla olduğu yerlerde kullanılan levhalarda can ve mal güvenliğinin sağlanabilmesi için zorunlu ve oldukça gerekli görülmektedir.

Bu amaçlar doğrultusunda; tüm dünyada yanmayı geciktirici kimyasal maddeler, çeşitli yöntemler kullanılarak yanma dayanımı kazandırılmak istenen malzemelere uygulanmaktadır. Yanmayı geciktirici(FR) amaçlı kullanılan bu kimyasal maddeler aynı zamanda uygulandıkları malzemelerin diğer fiziksel ve mekanik ve diğer bazı özelliklerine de etki etmektedir (Denizli, 1997; Sweet ve Winandy, 1999).

Bu çalışma da, yanmayı geciktirici özellik gösteren çeşitli kimyasal maddeler tek başlarına ya da sinerjik bir etki oluşturmak amacıyla karışım halinde kullanılarak lifler ile muamele edilmiş ve bu liflerden değişik melamin katkı oranlarında MÜF tutkalı kullanılarak çeşitli deneme levhaları üretilmiştir. Üretilen levhalar ilgili yöntemler yardımıyla çeşitli testlere tabi tutularak, kimyasal maddelerin, kimyasal madde konsantrasyonunun ve kullanılan tutkaldaki melamin katkı oranının, deneme levhalarının;

- Su alma ve kalınlığına şişme değerleri,
- Eğilme direnci değerleri,
- Yüzeye dik çekme direnci değerleri,
- Çürüklük mantarlarına karşı dayanımları,
- Renk özelliklerinde meydana gelen değişim değerleri,
- Yanma özelliklerinde meydana gelen değişimleri:

- Alev kaynaklı yanma (AKY): Ağırlık kaybı, sıcaklık, O₂, CO₂, CO değerleri,
- Kendi kendine yanma(KKY): Ağırlık kaybı, sıcaklık, O₂, CO₂, CO değerleri ile
- Termal sıcaklıklardaki ağırlık kayıpları(TGA ölçümleri), üzerine olan etkileri

incelenerek araştırılmış ve elde edilen sonuçlar neticesinde kullanılan kimyasal maddelerin gösterdikleri etkinlik dereceleri belirlenmeye çalışılmıştır.

1.2. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Bozunma Türleri

Odun, dünya ekonomisinde önemli bir yere sahip yenilenebilir, nispeten ucuz, temini kolay, sağlık, çevre ve estetik görünüş açısından istenilen özelliklere sahip endüstriyel bir hammaddedir (Grexa, 2000; Rowell, 1984). Renk çeşitliliği, tekstür, yoğunluk ve yapısal özellikleri sebebiyle; başlıca mobilya sanayi, odun esaslı levha ürünleri sanayi, inşaat ve yapı malzemeleri sanayi, kağıt karton ambalaj sanayi, kimya ve selüloz türevleri sanayini de kapsayan geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu kullanım alanları gözönüne alındığında, odunun yapısal özelliklerinin iyi bilinmesi ve bu özelliklerinin endüstriyel anlamda uygun şekilde değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Olumlu birçok özelliğe sahip olan odun lignoselülozik bir materyal olması sebebiyle; bazı biyotik, abiyotik ve çevresel faktörlere karşı düşük dayanım göstermekte ve yapısında bu faktörlerin sebep olduğu çeşitli bozunmalar meydana gelmektedir. Odun yapısında meydana gelen bozunmalar odunun kimyasal yapısı ile yakından ilgilidir. Üç boyutlu polimerik bir bileşik olan odun; selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşmakta olup odunun yapısında meydana gelebilecek değişimlerin asıl olarak bu üç bileşenden kaynaklandığı bildirilmektedir (Fengel ve Weegener,1984; Stevens vd., 2006; Deka ve Saikia, 2000; Rowel, 1995; Deka vd., 2002, English vd.,1994; Loferski, 2001).

Odun yapısında meydana gelen değişimleri önlemek, uzun ömürlü ve dayanıklı lignoselülozik kompozitler üretebilmek için odunun doğal bozunma prosesine müdahale etmek gerekir. Odunda meydana gelen bozunma reaksiyonları genel anlamda şu şekilde sınıflandırılabilir.

a) Kimyasal Bozunma: Asitler, bazlar, tuzlar varlığında oksidasyon, hidroliz reaksiyonlarını kapsamaktadır. Örnek olarak, nitrik asit, nitratlar, kloratlar, alkaliler, fenol, kalsiyum ve çinko tuzları, kuvvetli bazik tuzlar, sodyum sülfid ve sodyum karbonat gibi kimyasallar odun yapısını bozmaktadır (Günay, 2007).

b) Biyolojik Bozunma: Bu bozunma şekli bakteri, mantar, böcek, termit gibi biyolojik varlıkların sebep olduğu bozunmadır. Bu bozunma şeklinde oksidasyon, hidroliz, indirgeme reaksiyonları meydana gelmektedir. Odunun biyolojik bozunması yangın kadar tahrip edici bir bozunma olmamakla birlikte masif odun kullanılan yerlerde bozulan parçaların değiştirilmesi oldukça pahalı bir işlemdir (Günay, 2007). Lignoselüloziklerin kolaylıkla biyolojik olarak bozunmalarının sebebi organizmaların hücre çeperinde bulunan karbonhidrat polimerlerini tanıyabilmesi ve özel enzim sistemleri sayesinde bu polimerleri hidroliz ederek sindirilebilir

birimlere dönüştürebilmesidir. Selülozun biyolojik bozunması, lignoselülozik maddelerin hücre çeperini zayıflatmaktadır. Çünkü kristal selüloz, lignoselülozik yapıya sahip materyallerin direncinden başlıca sorumludurlar (Rowell vd., 1993; Rowell, 1995; Rowell,2004).

c) Mekanik Bozunma: Yüzey parçacıklarında gerilim, çatlak, aşınma, kırılma meydana gelmesiyle görülen bozunmadır. Dış etkenler yağmur, dolu, kar, kum, tozdur (Rowell, 1995).

d) Havayla Bozunma: UV ışınları, su, sıcaklık, rüzgar etkisiyle odunda meydana gelen bozunma şeklidir. Bu bozunmada da oksidasyon ve hidroliz reaksiyonları oluşmaktadır (Rowell, 1995). Özellikle UV ışınları ile odunun yapısında meydana gelen fotobozunma ortam etmenleri arasında en önemlisidir (Fengel ve Wegener, 1984). Fotobozunma, asıl olarak renk değişimlerine sebep olan ligninin yapısında bulunan kromoforik gruplardan kaynaklanmaktadır. Odun hücre çeperinde bir bağlayıcı olarak bulunan lignin selüloz liflerini bir arada tutmaktadır. Ligninin bozunma süreciyle odun yüzeyinde selüloz içeriği artmaktadır. Selüloz lignine kıyasla, ultraviyole ışınlarına daha az hassastır (Rowell, 1984; Rowell, 1995; George vd., 2005, Golbabaie, 2006).

e) Termal Bozunma: Odunda termal bozunma işlemleri, çeşitli sıcaklıklara maruz kalmak suretiyle meydana gelen bozunma şeklidir. Dehidrasyon, hidroliz ve oksidasyon reaksiyonları bu bozunmada oluşan reaksiyonlardır. Ayrıca bu bozunmada dış etkenler; güneş, şimşek ve insan faktörüdür (Rowell, 1995). Termal bozunma, ileride yanma konusu içerisinde ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

1.3. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Yanma Özellikleri

Günümüzde, kullanımı giderek artış gösteren odun ve odun esaslı malzemelerin en büyük sakıncalarından biriside şüphesiz ki kolay tutuşabilmeleri ve yanabilmeleridir (Stevens, 2006). Odun yüksek sıcaklık ve yanma için uygun ortam koşullarına maruz kaldığında yanma olayı hızla gerçekleşmekte ve odun bünyesinde kalıcı bir bozunma meydana gelmektedir. Lignoselülozik yapıdaki odun bünyesindeki hücre çeperi bileşenleri odunun yanma dayanımında büyük rol oynamaktadır (Greco, 2000; Ellis ve Rowell, 1989).

Endüstriyel ürünler ve özellikle yapı malzemeleri göz önüne alındığında karşılaşılan en büyük sorunlardan birisi de materyalin yanmaya karşı düşük dayanım göstermesidir. Bu sebeple sanayide, mamul ve yarı mamullere çeşitli şekillerde yanmazlık kazandırmak için çalışmalar yapılmaktadır. Odun ve odun esaslı ürünlerin, özellikle yapı ve inşaat

sektöründe kullanıldıkları için insan sağlığı ve güvenliği açısından yanma özelliklerinin iyi olması istenmektedir (Ellis ve Rowell, 1989; URL-1, 2007; Stevens vd., 2006).

Yanabilir nitelikte olmasına rağmen odunun diğer malzemelerle kıyaslandığında şöyle bir avantajı söz konusudur. Yangın esnasında odunun yangına katkısı minimum düzeyde olup yangının ilk aşamalarında da olsa iyi bir direnç gösterdiği bilinmektedir. Yapı malzemelerinde gerçek anlamda en yanmaz yapısal materyal ağır beton bloklardır. Diğer malzemeler yanmaya karşı aynı mukavemeti gösterememektedir. Ancak binalarda kullanılan demir ve çelik yanmaz olarak nitelendirilmelerine rağmen; ısı iletkenliklerinin çok yüksek olması sebebiyle yüksek sıcaklıklarda plastik deformasyona uğramaktadır. Örnek olarak, yanma esnasında çelik ergime noktasına ulaştığında aniden çökmekte ve etrafındaki beton kısımlar gerilimden dolayı çatlama göstermektedir. Çünkü metallerin gösterdiği termal genişleme oranı odununkinden yüksektir. Termal genişleme oranı ağaç malzeme için 4.10^{-6} iken çelikte yaklaşık olarak 12.10^{-6} 'dır (Berkel, 1972; Lie, 1972).

Bu nedenlerdir ki odun esaslı malzeme metal malzemelerle kıyaslandığında önemli üstünlüklere sahiptir. Yapısal malzeme olarak odun kullanılması durumunda ise yanmanın bir süre geciktirilmesi mümkün olabilmektedir. Odun esaslı malzemeler yangın etkisi ile direncini metallerde olduğu gibi hızlı bir şekilde kaybetmemektedir. Odun ve metalik olmayan materyallerin başlangıçta atmosferik koşullarda gözeneklerinde buharlaşabilen su bulunmaktadır. Bu su; su moleküllerinin materyal yüzeyine hareketi sebebiyle gözenek içinde tutulmakta ve sonuç olarak materyallerin gözenek yüzeyini kaplayan ince bir tabaka halinde bulunmaktadır. Bu olay adsorpsiyon olarak bilinmektedir. Materyalin yüzey alanı geniş olduğu ölçüde rutubet içeriği de artmaktadır. Bu rutubet, ortamda yeterli ısı mevcut olduğunda buharlaşmakta ve buna bağlı olarak ta yanma esnasında kısa bir süre de olsa direnç özellikleri artmaktadır (Lie, 1972).

Ayrıca; demir, çelik göz önüne alındığında odun materyalinde yüksek ısının etkisiyle yüzeyden içeriye doğru yavaş bir ilerleme gösteren kömürleşmiş bir tabaka meydana gelmektedir. Bu oluşan tabaka sebebiyle, yanma sırasında ahşap malzemenin iç kısımları sağlam kalabilmekte, taşıma gücünü bir süre daha muhafaza edebilmekte ve böylece yangını söndürme işleminde vakit kazandırmakta, özellikle de can ve mal güvenliğinin sağlanması açısından daha fazla avantaj sağlamaktadır (Lie, 1972).

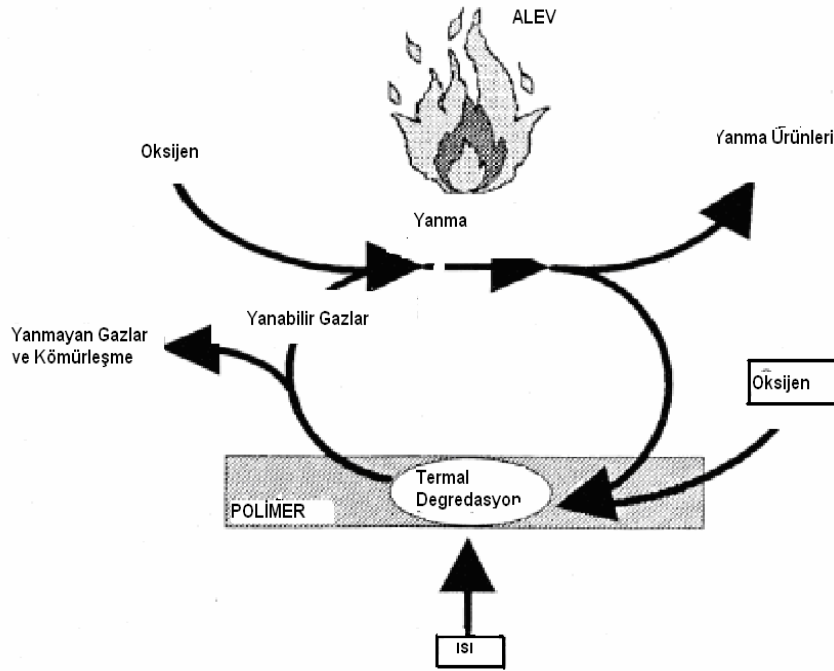
1.4. Yanma Olayı ve Yanma Mekanizması

Yangın, insanoğlunun bildiği en eski kimyasal prosestir. Ateşin ve yanmanın keşfi ilk kez bir bilim dalına konu olması bakımından gelişen kimya alanında incelenmiştir. Michael Faraday, belki de bu anlamda, yanma sırasında oluşan ısı etkileri gibi fiziksel problemleri ve kimyasal değişimleri inceleyen ilk bilim adamı olarak düşünülmektedir. Yangın araştırmaları; kimya, ısı transferi, akışkanlar mekaniği, aerodinamik, fizik gibi birçok bilim dalını kapsayan çok yönlü bir çalışmalar zinciridir (Juneja, 1975).

Yanma olayı ile ilgili mekanizmayı tam anlamıyla anlayabilmek için öncelikli olarak bazı kavramların açıklaması aşağıda verilmiştir.

Yangın: Katı, sıvı ve gaz halindeki yanıcı maddelerin kontrol dışı yanma olayıdır.

Yanma: Yanıcı maddenin tutuşma sıcaklığına kadar ısıtıldığında oksijenle vermiş olduğu ekzotermik zincirleme reaksiyondur. Yanma ısı ve ışık üreten hızlı oksidasyon olayıdır.



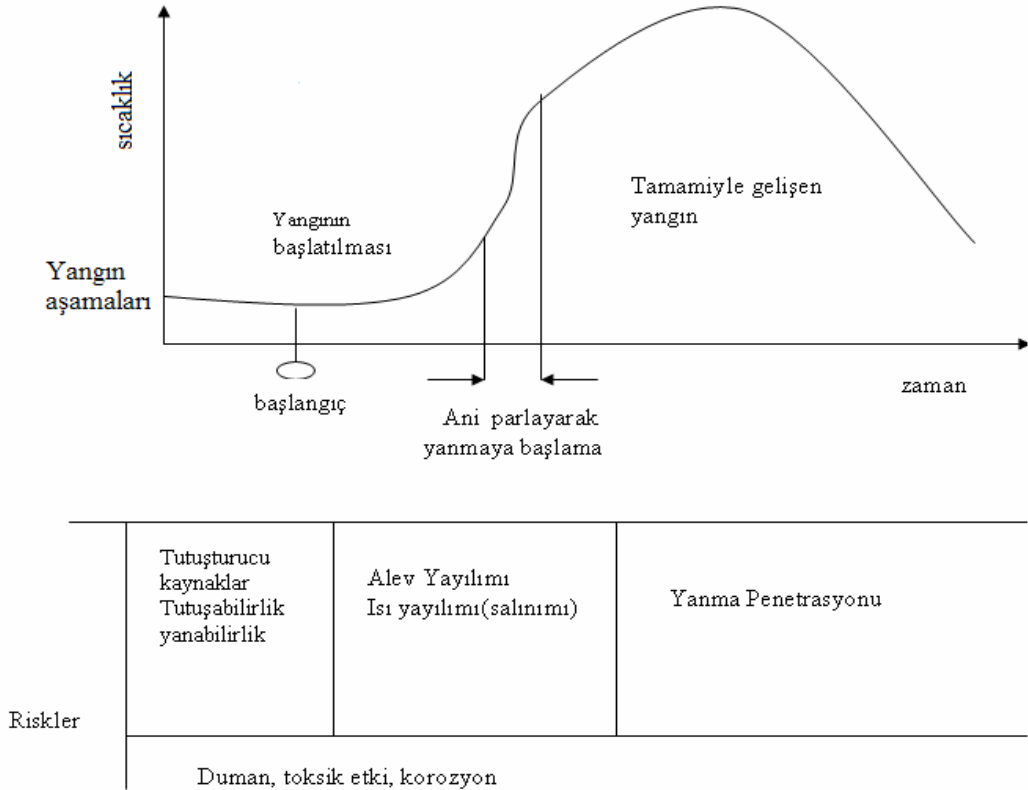
Şekil 1. Yanma mekanizması (Wang, 2000).

Yanma olayında yanıcı madde, oksijenli bir ortamda ısı kaynağı etkisi ile tutuşma sıcaklığına kadar ısıtılmakta ve böylece yanma reaksiyonu başlamaktadır. Bu reaksiyon sonucunda ısı enerjisi açığa çıkmaktadır (Yıldız, 2006; Wang, 2000; Troitzsch, 1998).

Yangın esnasında meydana gelen safhalar ise şu şekildedir.

1. Başlangıç safhası: Bu aşama, yeterli ısıya tam olarak ulaşamadığından yarım yanma olayının gerçekleştiği ve dumanın bol olarak çıktığı bir safhadır.
2. Yayılma safhası: Yayılma safhası ortamdaki unsurların yeterli olmasına bağlı olarak ideale yakın yanma gözlenmektedir. Bu aşamada duman miktarı azdır ve sıcaklık hızla yükselmektedir.
3. Korlaşma safhası: Bu safha yangının son aşaması olup ortamdaki O_2 'nin tükenmesiyle gerçekleşir. Ayrıca bu aşamada oksijen yetersizliğine bağlı olarak yoğun miktarda duman ve çeşitli uçucu gazlar meydana gelmektedir (Yıldız, 2006; Troitzsch, 1998).

Yangın evrelerinin üç aşamalı olarak, yangının başlangıcı, tamamıyla yayılımı ve sönmeye başlaması şeklinde izlediği sürecin temsili gösterimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Yangın evrelerinin temsili gösterimi (Troitzsch, 1998).

1.4.1. Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Yanma Mekanizması

Odun ve odun esaslı malzemelerde düşük ve yüksek sıcaklığın etkisiyle meydana gelen değişimleri kısaca şu şekilde özetlemek mümkündür.

Düşük sıcaklık işlemleri (200 °C'nin altındaki sıcaklıklarda)

—Su uzaklaşması (100–120 °C)

—Düşük termal dekompozisyon reaksiyonların meydana gelmesi

Yüksek sıcaklık işlemleri (200 °C'nin üzerinde)

— Termal bozunma: sıcaklık etkisi ile kimyasal bozunma:

—Yanma (Tutuşma)

—Kor haline gelme

—Duman oluşması (İlhan, 1988).

Burada, kısaca yüksek sıcaklık etkisiyle odunda ortaya çıkan kimyasal bozunmanın türleri ele alınarak açıklanacaktır.

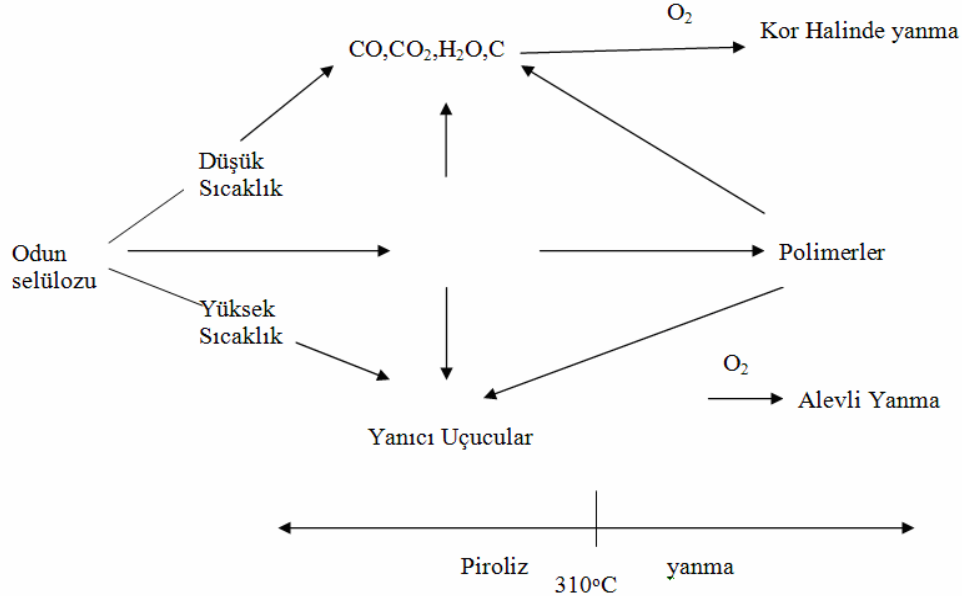
1.4.1.1. Termal Bozunma

Odunun termal bozunması, 200°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda odun yapısında meydana gelen kimyasal bozunmalarla kendini göstermektedir. Genel anlamda odunun termal bozunması, asıl hücre çeperi bileşenlerinin (hemiselülozun, selülozun, ligninin) termal bozunma reaksiyonlarının bir özeti olarak kabul edilmektedir.

Termogravimetrik analiz (TGA) sonuçlarına göre; selülozun kütle kayıpları yaklaşık 100 °C' de başlar, 100–300 °C' ler arasında yavaş olarak seyreder. Fakat 300 °C kütle kayıp oranı artış gösterir ve 400 °C' de başlangıçtaki kütlenin %80' ninden fazlası uçucu bileşikler haline dönüşür (Kotalainen, 2000). Selüloz yanabilen uçucu bileşiklerin meydana gelmesinden sorumlu olan asıl odun bileşenidir. Selülozda bozunma; dehidrasyon, hidroliz, oksidasyon, dekarboksilasyon vb. reaksiyonlar yoluyla olmaktadır. Selülozun termal bozunması su, asit ve oksijen varlığında hızlanabilmektedir. Sıcaklık arttıkça ise selülozun polimerizasyon derecesi azalmakta, ayrıca serbest radikaller ortaya çıkmakta ve karbonil, karboksil ve hidroperoksit grupları oluşmaktadır. Termal bozunma oranları ısı devam ettikçe artmaktadır.

Selülozun bozunması iki yolla oluşmaktadır. İlk yol düşük sıcaklık derecelerinde meydana gelirken bu sıcaklık derecelerinden sonra (yaklaşık 310°C) ise ikinci yol meydana

gelmeye başlamaktadır. Sıcaklık, 450 °C civarına doğru arttıkça ise uçucu bileşiklerin meydana gelme süreci tamamlanır. Örnekte meydana gelen ağırlık kaybı ise kömürün bozunması sebebiyledir (Beall ve Eickner, 1970; Juneja, 1975; Nanassy ve Fung, 1976; Kotalainen, 2000; Lioudakis vd., 2003; Liu vd., 2004; Nassar ve MacKay, 1985; Plotnikova, 2003).



Şekil 3. Selülozun pirolizi ve yanması (Levan, 1989).

Hemiselülozlar, selülozdan termal olarak daha az stabildir. Bunun sebebi olarak kristallenliğin az olması gösterilmektedir. Bunun yanı sıra, hemiselülozun pirolizinde selüloza nazaran daha çok yanmayan gaz ve daha az kömürleşmiş kısımlar kalmaktadır. Termal bozunma yoğun olarak 200 ile 260 °C ye kadar ki sıcaklıklarda gerçekleşir. Yapısının heterojen olması sebebiyle termal davranışlarının açıklanması kompleks bir durumdur. Ksilan(pentozan) odun selülozunda daha çok reaktiftir ve pentozanlar genelde bozunmaya ve bozunma reaksiyonlarına karşı daha çok meyillidir. Ayrıca, ksilan ve arabinogalaktanın termal reaksiyonlarının çoğu ekzotermiktir. Ksilan selülozdan sonra YA uçucu bozunma ürünlerinin en önemli kaynağıdır. Reaktifliği sebebiyle, ksilan piroliz reaksiyonunun başlama ve ilerleme aşamalarında büyük bir etki sahibidir (Kotailenen, 2000).

Lignin, odunun pirolizinde ekzotermik kademelerin asıl sorumlu faktörüdür. Ligninin pirolizinde karbon karbon ve eter bağları ayrılarak fenoller oluşmaktadır. Lignin, selülozun pirolizinden daha çok kömürleşmiş tabaka oluşturur. Ligninin yapısı genellikle

çeşitli lignin piroliz ürünlerini belirlemek amacıyla kütle spektrometresi yardımıyla belirlenir. Yaklaşık 200 °C’de gerçekleşen dehidrasyon reaksiyonları ligninin termal bozunmasının asıl sorumlusudur. Kütle kayıpları bu sıcaklık derecesinde görülmeye başlanmakta, 150 °C ve 300 °C’ ler arasında ise α - ve β -aril-alkil eter bağları meydana gelmektedir. Yaklaşık, 300 °C de ise alifatik yan zincirler aromatik halkadan uzaklaşmaya başlamaktadır. Sonuç olarak; lignin yapı üniteleri arasındaki C-C bağları 370 °C - 400 °C’ de ayrılmaktadır. Sıcaklık 720 °C ye ulaştığında, başlangıçtaki lignin kütesinin yaklaşık %50’si kalır. Maksimum kütle kayıp sıcaklıkları, yüksek ısıtma oranlarına bağlı olarak artmaktadır (Levan, 1989).

1.4.1.1.1. Termal Bozunmanın Kinetik Parametreleri

Odunun termal bozunmasının kinetik modellemesi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Buna göre, çok sayıda kinetik bazlı termal bozunma modeli mevcuttur. Odunda meydana gelen dekompozisyon reaksiyonlarındaki sıcaklıklar ve reaksiyonlar ile ortaya çıkan örnek ağırlıklarındaki değişimler termogravimetrik analizler ile belirlenmektedir. Bu analiz; aslında reaksiyon oranlarını yöneten termal bozunma kinetik parametrelerini elde etmek için uygulanmaktadır. Kinetik parametreler, genellikle aktivasyon enerjisini ve reaksiyon dizilerini kapsamaktadır. Bu parametreler, kütle kaybı oranını ve uçuların yanma(tutuşma) ısısını tarif etmektedir. Buradan çıkan sonuç ise kütle kayıp oranına bağlı olarak sıcaklığın tanımlanmasında kullanılır. Kinetik parametreler; ısıtma oranının yüksekliği, örnek boyutu, ortam basıncı vb. gibi deneysel koşullara bağlıdır. Reaksiyon, basit bir yöntem reaksiyonu olarak aşağıdaki formülle karakterize edilir (Winandy ve Lebow, 1996; Janssens, 2004; Branca, 2002; Parker ve LeVan, 1989).

$$m = A^{(-E/RT)} \quad (1)$$

m: Kütle kayıp oranı

A: Sabit faktör

E: Aktivasyon enerjisi

R: Üniversal gaz sabiti

T: Sıcaklık (Kelvin)

1.4.1.2. Tutuşma

Odun ve odun esaslı materyaller bütün organik materyaller gibi yüksek sıcaklığa maruz kaldığında kimyasal olarak yapıları bozulmakta (piroliz) ve bunun sonucunda kömür ve gaz oluşturmaktadırlar (White ve Dietenberg, 1999). Odundan ayrılan gazlar, hava ile karıştığında, sıcaklığa bağlı olarak bir alev varlığında veya alev olmaksızın tutuşabilmektedir. Materyalin tutuşması ve yanması çok sayıda faktöre bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu faktörleri; materyalin yapısal özelliklerinden kaynaklanan faktörler ve çevresel koşullardan kaynaklanan faktörler şeklinde sınıflandırmak mümkündür. Odun türü, odunun anatomik özellikleri, kimyasal bileşimleri, yoğunluğu, rutubet miktarı, örnek boyutu ve geometrisi, kalınlığı, yüzey alanı, piroliz karakteristikleri, ısı iletkenlikleri materyal özelliklerinden kaynaklanan faktörler grubuna girerken; ısıtma miktarı, ısı kaynağı, maruz kalma süresi, ortamda var olan oksijen oranı, hava sirkülasyonu ve havalandırma ve sıcaklık ise çevresel koşullardan kaynaklanan faktörler grubuna girmektedir (White ve Nordheim, 1992; Holmes, 1974; Juneja, 1977; LeVan, 1984a; Schartell ve Hull, 2007).

1.4.1.3. Kor Haline Gelme

Odun ve odun esaslı malzemeler, alev ile yandıktan sonra kor haline gelmekte ve bir süre daha kor halinde içten yanmaya devam etmektedirler. Bu aşama, ancak sıvı ve gaz fazların oluşmasıyla mümkündür. Karbon ile oksijenin birleşerek karbondioksit oluşturması iki aşamada meydana gelir.

1. $C + 1/2 O_2 \rightarrow CO + 26.43 \text{ kcal/mol}$ (1. aşama yüzeyde gerçekleşir)
2. $CO + 1/2 O_2 \rightarrow CO_2 + 67.96 \text{ kcal/mol}$ (2. aşama ise bir gaz fazı reaksiyonudur)

Bu ikinci aşamada, CO daha büyük bir enerji açığa çıkartmak suretiyle yanmaktadır. Yüzeydeki kömürleşme, yanma devam ederken 600–700 °C’da kendiliğinden oluşur. Korlaşma, kömür tabakasındaki karbonun yanmasının bir sonucudur ve bu aşama kömürün tamamen yanmasına kadar devam eder. Genellikle, etkili bir FR kimyasalının bu aşamada kömürleşme miktarını artırması ve böylece yanma direncini arttırması beklenilmektedir (İlhan, 1998).

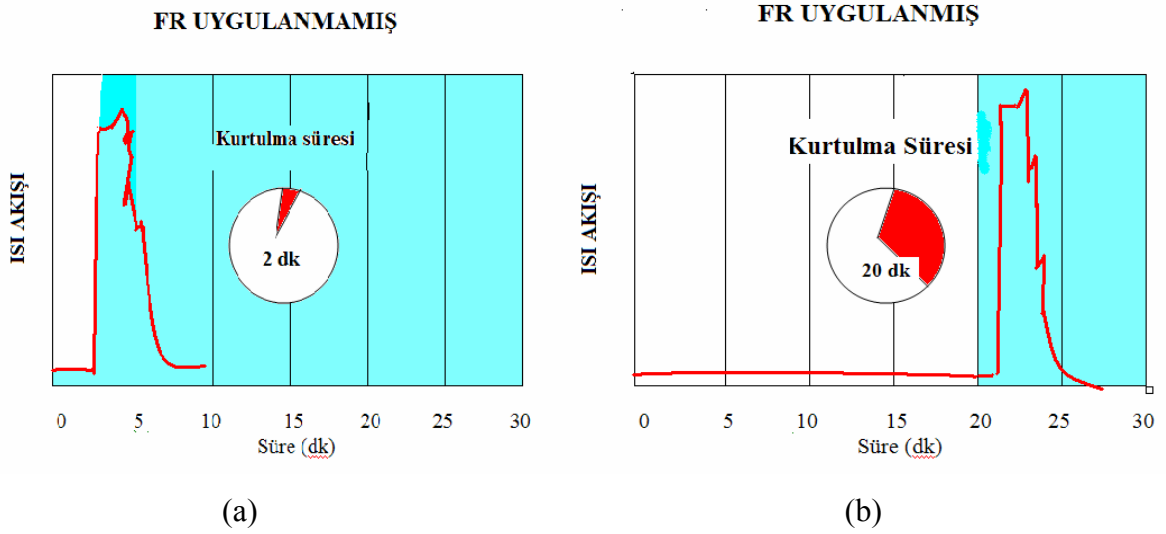
1.4.1.4. Duman ve Gaz Oluşumu

Odun ve odun esaslı levha ürünlerinde yanma olayı tamamlandığında, ortamda oluşan ısı ve ışıktan başka çeşitli yanma ürünleri de meydana gelmektedir. Bu yanma ürünleri, duman ve uçucu gazlardır. Bu oluşumlar kolaylıkla ortamda yayılabilmekte, yanmanın kontrol altına alınması durumunda dahi yayılımlarını engellemek mümkün olamayabilmektedir. Tam yanmanın olmadığı durumlarda; karbonmonoksit; formik asit, asetik asit, metan ve diğer bazı gazlar ve buharlar da meydana gelmektedir. Duman ve gaz oluşumu, binalardaki yangın esnasında; insan hayatı için en büyük tehlikeyi oluşturan ve meydana gelen ölümlerin çoğuna sebep olan asıl etkindir (İlhan, 1998; Siau vd.,1975; Hull vd., 2002).

1.4.2.Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Yanmayı Geciktirici(FR) İşlemler

Odun veya odun esaslı malzemeler için yanmayı geciktirici(FR) işlemler tanımlaması; bu materyallerin çeşitli koruyucu maddelerle muamele edilerek yanma karakteristiklerinin değiştirilmesi ve yanmaya karşı dayanımlarının arttırılması uygulamalarının genelini kapsamaktadır.

Günümüzde FR işlemleri, sanayinin her alanında birçok malzemeye yanma direnci kazandırmak amacıyla uygulanmaktadır. Bu amaçla, yanmayı geciktiri(FR) özellik gösteren çok sayıda kimyasal madde mevcut olup bu kimyasal maddeler çeşitli yöntemler kullanılarak malzemelere uygulanmaktadır. Burada amaç; yanmanın seyrini değiştirerek yanma mekanizmasına müdahale etmek ve özellikle malzemenin kullanıldığı alanlarda hayatta kalma ve kurtulma süresini artırabilmektir (URL- 1, 2007). Şekil 4'te genel olarak FR uygulanmış ve uygulanmamış aynı malzemenin süreye bağlı olarak gösterdiği temsili seyir verilmektedir. FR uygulanmaması durumunda; 2 dakika ile temsil edilen kurtulma süresi ve malzemenin yıkım periyodu, FR uygulanması durumunda; 20 dakika gibi oldukça yüksek bir kurtulma süresi ve geciken yıkım periyodu ile kendini göstermektedir.



Şekil 4. a) FR işlemi uygulanmamış malzemelerle üretilen ortamlarda yangından kurtulma zamanı seyri b) FR işlemi uygulanmış malzemelerle üretilen ortamlarda yangından kurtulma zamanı seyri (URL- 1, 2007).

Goldstein ve Dreher (1961)' e göre odun için ideal bir FR işlemi, kimyasal maddenin odundan yıkanabilirliğini en minimal düzeyde tutmalı, higroskopikliği artırmamalı ve mantar ve çürüklüğe karşı da dayanım kazandırmalıdır. Odun ve odun esaslı materyallerde FR kimyasallarının uygulama yöntemleri ise genel olarak şu şekildedir.

1. Özellikle kompozit malzemelerin üretildikten sonra kimyasal maddelerle empenye edilmesi (daldırma, batırma, basınç-vakum)
2. Levha üretimine geçilmeden önce lifin, yonganın vb, kimyasal maddelerle empenye edilmesi
3. Kimyasal maddelerin tutkal hattına ilave edilmesi
4. Kimyasal maddelerin yüzeye uygulanması: Odun veya odun esaslı levha yüzeylerinin FR içerikli malzemelerle kaplanması ya da boyanmasıdır (White, 1984; Khouadja ve Barnes 2001; Kozłowski vd., 1999; Grexa, 2000).

Özellikle; materyal yeni üretilmiş ve yapı malzemesi olarak ilk kez kullanılacaksa, kimyasal empenye yöntemi tercih edilebilmekteyken, ahşap binalarda kullanılan eski yapı malzemelerinde ise yüzeylerin kaplanması ya da kimyasal katkılı boyalarla boyanması tercih edilmektedir. Ayrıca, yüzey kaplama işlemi oldukça kolay ve ekonomik olarak uygulanabilmekte iken empenye işlemi oldukça pahalıya malolabilmektedir. Ancak, yüzey kaplama yönteminin etkinliği empenye yöntemine göre daha düşüktür. FR işlemleri ile kaplanan yüzeylerdeki malzemeler, kullanıldığı ortama bağlı olarak kolaylıkla

1.4.3. Yanmayı Geciktirme Mekanizmaları

Odun ve odun esaslı maddeler için uygulanan yanmayı geciktirici işlem mekanizmalarının çoğu aynı temel ilkelere dayanmaktadır. Bu mekanizmalarda FR kimyasalları, odunun yanma özelliklerini değiştirerek odun yüzeyine doğru hareket eden alevlerin oranını azaltmakta, odunda kömür oluşumuna katkıda bulunan asit katalizli dehidrasyon reaksiyonlarının oluşmasına ve etkili yanıcı gazların oranını düşürerek yanma ısısı yayılımının azalmasına sebep olmaktadır (Levan ve Tran 1990; Levan ve Winandy 1990; Nassar ve MacKay, 1985).

Literatürde yanmayı geciktirici mekanizmalar ile ilgili çok çeşitli teoriler mevcuttur. Levan (1984) tarafından, odunun tutuşmasını ve pirolizini sınırlandırma prosesini daha iyi anlayabilmek için yapılan araştırmaların aşağıdaki teorilere kaynak olduğu bildirilmiştir.

1. Bariyer Teorileri: FR kimyasalları tıpkı bir bariyer oluşturarak yanıcı gazların maddeye ulaşmasını ve tutuşabilen bileşiklerin ayrışmasını engelleyerek yanmayı geciktirirler. Bu bariyerler yüksek sıcaklıklara karşı yanabilen maddelerin izolasyonunu sağlarlar. Yaygın olarak kullanılan bariyerler, sodyum silikat ve yüzeyde tabaka oluşturmak suretiyle alev ile teması engelleyici(intumescent) maddeleri içerirler.

2. Termal Teoriler: Bu teoriye göre FR kimyasalları, odunun ısı iletkenliğini artırmakta, ısının kimyasal olarak absorbe edilmesini sağlayarak odun yüzeyinin tutuşmasını engellemektedir.

3. Yanıcı Olmayan Gazlarla Seyreltme Teorisi: FR kimyasallarının bozunmasıyla salıverilen yanıcı olmayan gazlar, odunun pirolizi ile oluşan yanıcı gazları seyrelterek yanıcı olmayan bir gaz karışımı meydana getirirler.

4. Serbest Radikal Oluşturma Teorileri: Yanma mekanizmasının yayılma zincirini(döngüsünü) azaltmak amacıyla FR kimyasalları, pirolitik sıcaklıklarda serbest radikaller oluştururlar. Bu radikaller yanma oranını oldukça sınırlandırır.

5. Kömürleşmenin Artırılması/ Uçucu Maddelerin Azaltılması Teorileri: FR kimyasalları, yanma sıcaklığını pirolizin meydana geldiği sıcaklıkların altına düşürerek bozunmayı daha fazla kömür ve daha az uçucu bileşik olacak şekilde yönlendirirler.

6. Uçucu Bileşiklerin Isı Miktarını Azaltma Teorileri: FR kimyasalları; yanabilir gazların ısı içeriğini, kömür miktarı arttığı ve uçucu bileşiklerin miktarının azaldığı zaman düşürürler.

Bu teorilerden her biri tek başına yanmayı geciktirici maddelerin davranışlarını açıklamaya yeterli olmayıp genellikle bir arada düşünülmektedir (Levan,1984). Bu teorilerin özü FR kimyasalları odunun pirolizini değiştirmek suretiyle kömür miktarını artırıp, yanıcı gazların ve uçucu bileşiklerin miktarını azaltmasıdır (Levan ve Winandy, 1990; Lebow ve Winandy, 1999; Nassar vd.,1999).

1.4.4.Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddeler

Odun, lignoselülozik bir materyal olduğu için yanmaya karşı tam anlamıyla korumak mümkün değildir. Bu sebeple, ancak tutuşmayı ve yanmayı geciktirmek mümkündür. Günümüzde, odun ve odun esaslı materyallerin korunması amacıyla çok çeşitli kimyasal maddeler bulunmaktadır. Bu kimyasal maddelerin kullanılmasına dair yapılan çalışmaların tarihi oldukça eskilere dayanmaktadır.

Bu anlamda ilk çalışma M.Ö. IV. Yüzyılda Romalılar tarafından yapılmıştır. Sirke ile şapın sulu çözeltilerini hazırlayarak gemi yapımında kullandıkları ağaç malzemeyi muamele etmişlerdir. Günümüzde kullanılan formülasyonların çoğunun 1600-1800'lü yılları kapsayan dönemlerde bulunduğu bildirilmiştir. Yine o tarihler arasında İngiltere'de ve daha sonraları Amerikan Deniz Kuvvetlerinde ve Ticaret filolarında kullanılan gemilerdeki ağaç malzemeyi ve halatları ateşe karşı korumak için amonyum fosfat ve amonyum sülfat kullanılmıştır. Son yıllarda, yanmayı geciktirici amaçlı kullanılan kimyasal maddelerin ve bu alanda yapılan çalışmaların sayısı oldukça artmıştır. Eski yıllarda yapılan ve günümüze değin süren bu çalışmaların sonucunda kimyasal maddeler çeşitli ana gruplar altında toplanarak farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. A.Berkel(1972), L. Metz'e atfen (1942) ağaç malzemeyi ateşe karşı koruma da kullanılan maddeleri etki şekillerine göre şu şekilde sınıflandırmaktadır (İlhan,1998).

1. Mekanik Şekilde Etki yapan Koruyucu Maddeleri: Bu şekilde etki eden emprenye maddeleri ya yüzeye fırça ile sürülmekte ya da ağaç malzeme yüzeyinin yanma esnasında havayla temasını kesmektedir ve böylece tutuşma ve alevin yayılmasını geciktirmektedirler.

2. Eriyici Madde Meydana Getiren Koruyucu Maddeler: Eriyici madde meydana getiren emprenye maddeleri ısı etkisiyle erimekte ve bu esnada da çevrede ki ısıyı sarf ettikleri gibi, eridikten sonra da ağaç malzeme yüzeyine iyice yapışarak bir tabaka

meydana getirmekte ve kömürleşmeyi de arttırmak suretiyle ısıyı kötü ileten bir yüzey oluşturmakta ve böylelikle ağaç malzemenin iç tabakalarının korunmasını sağlamaktadır.

3. Köpük Tabakası Meydana Getiren Koruyucu Maddeler: Isı ile temasta ağaç malzemenin yüzeyinde köpük şeklinde bir yalıtım tabakası meydana getirerek tutuşmayı geciktirmektedirler.

4. Söndürücü Gazlar Meydana Getiren Koruyucu Maddeler: Söndürücü gazlar meydana getiren emprenye maddeleri de ısının etkisi ile söndürücü gazlar meydana getirmektedir ve böylece, ağaç malzemenin yüzeyinden çıkan yanıcı gazların yoğunluğunu ve dolayısıyla tutuşma özelliklerini azaltırlar. Aynı zamanda da çevrede ki ısının bir kısmını kullanarak ısı etkisini düşürmekte ve böylelikle de yangının şiddetini azaltmaktadırlar.

5. Ağaç Malzemeyi Kömürleştiren Koruyucu Maddeler: Bu amaç tüm maddelerde olması aranan bir özelliktir(İlhan,1998).

Emprenye maddelerinin kimyasal özelliklerini esas alan bir diğer sınıflandırma da aşağıda ki gibidir.

İnorganik maddeler: Bu grupta ki tuzlar şu gruplardan oluşmaktadır.

1. Amonyum Tuzları: Bu tuzlar ısınma sonucu amonyak oluşturmaktadır. Oluşan amonyak yanıcı gazların yoğunluğunu düşürmektedir hem de geriye kalan serbest mineral asitleri odunun kömürleşmesini hızlandırır. Bunlardan en önemlileri şunlardır.

Monoamonyum Fosfat	(NH ₄ H ₂ PO ₄)
Diamonyum fosfat	(NH ₄ HPO ₄)
Amonyum klorür	(NH ₄ Cl)
Amonyum Sülfat	(NH ₄) ₂ SO ₄
Amonyum Tetraborat	(NH ₄) ₂ B ₄ O ₇ .4H ₂ O

2. Alkali Tuzları: Alkalinite derecesi arttıkça yüksek ısı derecelerinde kömürleşme oranı da artmaktadır. Bu gruptaki en önemli tuzlar aşağıda verilmiştir.

Potasyum karbonat	(2K ₂ CO ₃ .3H ₂ O)
Potasyum Fosfat	(K ₃ PO ₄ .4H ₂ O)
Boraks	(Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O)
Sodyum Asetat	(NaC ₂ H ₃ O ₂ .3H ₂ O)

3. Bazı Metal Bileşikleri: Aşağıda verilen kimyasal maddeler bu gruba giren başlıca metal bileşikleridir.

Alüminyum klorür	$Al_2Cl_6.12 H_2O$
Alüminyum Sülfat	$Al_2(SO_4)_2.18H_2O$
Çinko klorür	$(ZnCl_2.3H_2O)$
Çinko Borat	$(ZnO.2B_2O_3)$

Organik Maddeler: Bu maddelerin karbon bileşimli olmaları doğal yapılarına yanıcı bir özellik verir. Ancak bunlarla oluşturulan maddelerde bol miktarda azot ve yangın geciktirici etkisi olan halojenler ve fosfatlar olduğu, için etkileri önemli bir düzeye varmaktadır. Bu maddeleri şu şekilde sınıflandırmak mümkündür. Polimerler ve reçineler, reaktif bileşimler, diğer organik koruyucular.

Ayrıca, çok sayıda yanmayı geciktirici ticari formül üretmek mümkün olmaktadır. AWPA(P-10) standartlarında verilen bazı önemli preparatlar ise şunlardır.

Kromlandırılmış çinko klorür: Çinko klorür: %65.2, amonyum sülfat: %10, borik asit: %10, sodyum bikromat:%14.8

Minalith: Diamonyum fosfat:%10, amonyum sülfat $(NH_4)_2SO_4$:%60, sodyum tetraborat: %10, Borik Asit:%20

Pyresote: Çinko klorür: %35., Amonyum Sülfat:%35, borik asit: %25 , sodyum dikromat: %5 (Berkel, 1972; İlhan, 1998).

Günümüzde, çeşitli sınıflandırmalara ayrılan yanmayı geciktirici kimyasal maddeleri, genel yapı itibariyle içerdikleri madde gruplarına göre de nitelendirmek mümkündür.

a) Halojen içeren kimyasal maddeler: Halojen içeren FR kimyasalları; özellikle de bromlu bileşikler hemen hemen her polimer için etkili bir FR ajanı olarak kullanılabilirler. Bu halojenli bileşikler, antimonlu kompozit bileşiklerle sinerjik etki oluşturmaktadır. Oysaki; 1980'li yıllarda halojenli bileşiklerin, çevreye olan etkileri sebebiyle, Avrupa piyasasında kullanımları geçici bir süre için durdurulmuş ve halojensiz FR kimyasalları özellikle de fosfor ve metal hidrat içerikli halojen olmayan kimyasal maddeler kullanılmıştır (Xiao vd., 2006; Wang vd., 2005). Ancak; metal hidratın kullanımı; çok fazla miktarda gerektiği ve bu sebeple de malzemelerin mekanik özelliklerinin düşmesine sebep olduğu için sınırlandırılmıştır (Gren, 1995; Nelson, 1991; Jang, 2005). Halojen içerikli FR kimyasallarının etkinlik sıralaması ise $F < Cl < Br < I$ şeklindedir. Florlu ve iyotlu

FR kimyasalları yanma prosesine pek fazla müdahale edemedikleri için pratikte pek kullanılmamaktadır (Troitzsch, 1998).

b) Fosfor içerikli kimyasal maddeler: Bunlar daha öncede yukarıdaki yanmayı geciktirici kimyasal formülasyonlarda bahsi geçen fosfor içerikli bileşiklerdir. En yaygın olarak kullanılanları fosforik asit, mono amonyum fosfat ve diamonyum fosfattır. Bu fosfatlar bilinen en eski sistemlerdir. Yeni formülasyonlar organik bir bileşiğin fosfat tuzu şeklindedir ve bu sistemler üre-fosforik asit organik tuzları gibi P-N bileşiklerini içermektedir(Levan, 1984a; Levan 1990). Fosforlu bileşikler iyi bir yanma geciktiricidirler ve düşük toksik gaz emisyonu verirler (Wang, 2000).

c) Bor içerikli kimyasal bileşikler: Borlu bileşikler, eskiden beri bilinen ve günümüzde sanayinin her alanında malzemelere bir ölçüde yanmazlık kazandırmak için kullanılan yanmayı geciktirici kimyasal maddelerdir. Üstün özellikleri nedeniyle günümüzde en çok tercih edilen ve kullanılan koruyucu bileşiklerdir. Bu sebeple bu bileşikler hakkında aşağıda daha ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Bor bileşiklerinin kullanım tarihi oldukça eski zamanlara dayanmaktadır. Hatta Babilliler ziynet eşyalarını oksitlenmeye karşı korumak amacıyla boraksı kullanmışlardır. Mısırlılarda da bor bileşiğini mumyalamada, tıpta, metalurjide kullandığı bilinmektedir. İlk boraks kaynağı Tibet Göllerinden elde edilmiştir. Eski Yunanlılar ve Romalılar boratları temizlik maddesi olarak kullanmıştır. Pers'ler ve Arap'larda boraksı 2000 yıl önce kullanmışlardır. Boraks sözcüğü Arapça kökenlidir. Doğal boraks sözcüğü ise, Sanskrit dilinde boraksın karşılığı olan "tincana" dan gelmektedir Dünyada bor cevheri olarak bilinen 50'den fazla bileşik vardır(Alma ve Acemioğlu, 2001; URL-2, 2006).

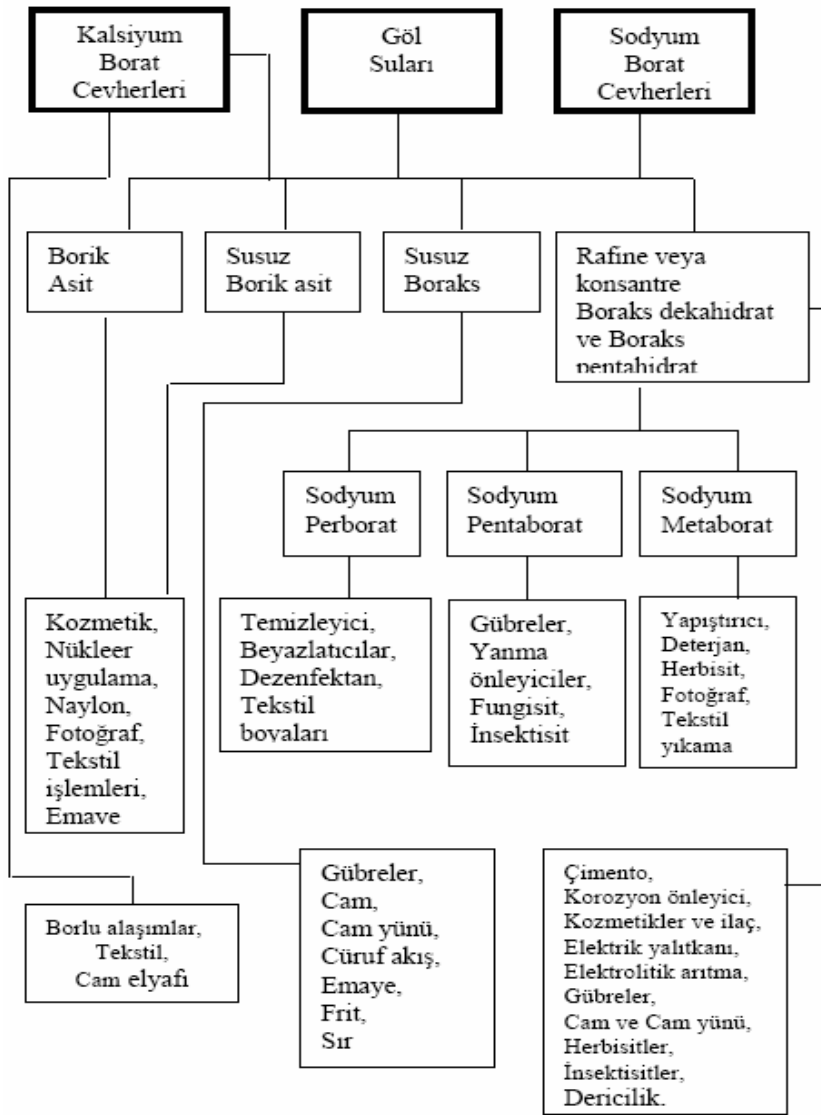
Borun, periyodik tablodaki simgesi B, atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81' dir. Yoğunluğu 2.34 gr/cm^3 , ergime noktası $2300 \text{ }^\circ\text{C}$ ve kaynama noktası $2550 \text{ }^\circ\text{C}$ olan bor, metalle ametal arası yarı iletken özelliklere sahip bir elementtir (URL-3, 2006).

Bor elementinin en çok bulunduğu mineraller, borax $[\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$, kernite $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, borokalsit $(\text{CaB}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$, pandemit $(\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 3\text{H}_2\text{O})$, borasit $2\text{Mg}_3\text{B}_8\text{O}_{15} \cdot \text{MgCl}$ tir (URL-3, 2006).

Bor, doğada serbest olarak bulunmayıp, alkali ve toprak alkali boratlar (tuzlar) veya borik asit halinde bileşikler şeklinde bulunur. Borun serbest halde kullanımına ise yeni başlanmıştır. Özellikle boraks yüzyıllardır bilindiği halde borun saf elementi ilk kez 1808 yılında Fransız kimyager Joseph Gay-Lussac ve Baron Louis Thenard ve bağımsız olarak İngiliz kimyager Sir Humphry Davy tarafından hazırlanmıştır. (Alma ve Acemioğlu, 2001).

Çeşitli metal veya ametal elementlerle yaptığı bileşiklerin gösterdiği farklı özellikler, endüstride birçok bor bileşiğinin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bor, bileşiklerinde metal dışı bileşikler gibi davranır, ancak, farklı olarak saf bor, karbon gibi elektrik iletkenidir. Kristalize bor görünüm ve optik özellikleri açısından elmasa benzer ve neredeyse elmas kadar serttir (URL-2, 2006). Bor elementinin kimyasal özellikleri morfolojisine ve tane büyüklüğüne bağlıdır (Anonim 1, 1995).

Günümüzde, tarımdan sanayiye, metalurjiden astronomiye, nükleer çalışmalardan askeri uygulamalara, tıptan, eczacılığa kadar sayısız alanda yaygın olarak kullanılan bor bileşiklerinin genel kullanım yerlerini gösteren diyagram Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Bor bileşiklerinin kullanım yerleri (Alma ve Acemioğlu, 2001).

Doğada geniş bir yayılım gösteren bor elementi, ülkemiz için de büyük bir stratejik öneme sahiptir. Şekil 6'danda görüldüğü üzere, bor bileşikleri günümüzde hammadde, yarı mamül ve mamül madde olarak cam, porselen, seramik, deterjan, yanmayı geciktirici, ağartıcı, ahşap koruyucu, nükleer enerji teknolojisi gibi çok farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Bor aynı zamanda bitki ve hayvan dokularında da bulunmakta ve bitkilerin büyümesi için önemli bir element olarak bilinmektedir (Alma ve Acemioğlu, 2001).

1.4.5. Borlu Bileşiklerin Odun ve Odun Esaslı Malzemelerde Kullanımı

Günümüzde, odun ve odun esaslı materyallerin korunması amacıyla çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kullanılmasına rağmen, borlu bileşikler çok sayıda avantajlı özelliklere sahip olmaları nedeniyle bu kimyasal maddeler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Bu bileşikler doğada bol miktarda bulunmaları, ucuz olmaları, insan sağlığına nispeten daha az olumsuz etki etmeleri, çevre dostu olmaları, renksiz ve kokusuz olmaları gibi avantajlı özelliklere sahiptir. Ayrıca, diğer yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle kıyaslandıklarında mekanik özelliklere daha az etki etmeleri sebebiyle odun ve odun esaslı materyallerin korunmasında yaygın olarak tercih edilmektedir (Lloyd, 1998; Rainer, 1993).

Bor bileşikleri, canlılar için önemli maddelerdir. Yüksek konsantrasyonlarda kullanılmaları durumunda; bakteriler, böcekler ve mantarlara karşı toksik özellik göstermektedirler. Bu bileşikler sahip oldukları bu özellikler nedeniyle antiseptik olarak bakterilere karşı kullanılırken koruyucu emprenye maddeleri olarak ta kozmetik, gıda, ilaç ve emprenye endüstrisinde kullanılmaktadır. Diğer bileşiklerle karşılaştırıldıklarında bor bileşikleri, ağaç malzemeyi tahrip eden böceklerle ve mantarlara karşı hem insektisit ve hem de fungusit özellik gösteren tek emprenye maddesi olarak kabul edilmektedir (Kartal ve Imamura, 2004; Lloyd, 2003; Barnes ve Amburgey, 1993). Bor iyonları biyolojik olarak hücre çeperinde kolaylıkla nüfuz etmekte ve oluşturduğu komplekslerle yaşayan organizmalarda açlık hissi oluşturarak toksik özellik kazandırır (Yamaguchi, 2003; Yalınkılıç, 2000).

Günümüzde odun esaslı kompozit malzemelerin yaygınlaşması ve bu malzemelerin iç ve dış ortamlarda yoğun olarak kullanılması beraberinde dayanıklı malzemelerin üretilmesi zorunluluğunu getirmiştir. Özellikle bozunma riskinin yüksek olduğu ortamlarda, masif odun ve odun esaslı tüm levhalarda istenilen dayanım özelliklerini sağlayabilmek ve

bozunma riskini azaltmak amacıyla emprenye işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Çoğu kompozit malzemeler için inorganik boratlar uygun emprenye maddeleridir. Borlu bileşikler kompozit malzemelerin üretimi sırasında katı partiküller halinde odun yongasına, odun lifine veya tutkalla karıştırmak suretiyle ya da emprenye yöntemiyle uygulanmaktadır. Bu uygulamalar neticesinde malzemeler dış ortamlarda kullanım için daha uygun hale gelmektedir (Ayrılmış vd., 2005). Borlu bileşiklerin yüksek oranda çözünebilir olması ve emprenye edilen ağaç malzemenin kolaylıkla yıkanabilmesi, bu bileşiklerin bir dezavantajıdır (Kartal ve Green, 2002; Yalınkılıç, 2000). Yıkanmaya karşı dirençli bor bileşikleri içeren emprenye maddelerinin geliştirilmesi amacıyla, yapılan formülasyonlarda borun aktif bileşen olarak kaldığı ve bir çok elementin bulunduğu kompleks karışımlar ön plana çıkmıştır (Kartal vd., 2004). Borlu bileşikler kullanılarak üretilen malzemelerde karşılaşılabilecek problemlerden birisi de tutkalla uyum problemidir. Bu, özellikle mekanik özellikleri de etkileyebilecek bir problem olarak dikkati çekmektedir. Bazı durumlarda borik asit veya sodyum boratlar fenol formaldehit tutkalı ile uyumsuzluk problemi göstermektedir. Bununla birlikte çinko boratlar fenol formaldehit tutkalı ile başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Laks ve Palardy, 1993; Sean vd., 1999).

1.4.6. Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerin Sinerjik Etkileri

FR kimyasallarının sinerjik etkisi kısaca, farklı özellikler gösteren iki veya daha fazla kimyasal maddenin bir araya gelerek etki güçlerini birleştirmesi ve daha üstün özellikler göstermesi olarak tanımlanabilir. Kimyasal madde formülasyonlarında sinerjik etkiden söz edebilmek için en az iki farklı kimyasal madde katılımının olması gerekmektedir. Bir kimyasal madde çoğu zaman tek başına kullanıldığında, malzemenin yalnızca bazı özelliklerini iyileştirirken bir diğer maddenin katılımıyla ilave etkiler gösterebilmektedir. Dolayısıyla genel anlamda; ilave meydana gelen bu etkilerin bir araya gelen bileşenlerin bireysel etkilerinin bir toplamı olduğu kabul edilmektedir.

Bazı durumlarda ise birden fazla maddenin bir araya gelmesiyle sinerjizm etkisi meydana gelmeyebilmekte ve bir araya gelen maddeler zıt özellik göstererek birbirlerinin olumlu etkilerini bastırabilmektedir. Bu durum ise kimyasalların antagonistik etkisi olarak tanımlanmaktadır. Ancak; FR formülasyonların çoğunda genellikle sinerjik etki antagonistik etkiden daha fazla gözlenmektedir. Bazı sinerjik etkiye sahip sistemler ise şu şekildedir (Chigwada, 2005; Juneja, 1975; Demir vd., 2005).

a) Fosfor-Azot Sinerjizmi: P-N sinerjizminin yanma dayanımını ve fiziksel özellikleri iyileştirdiği açıkça bilinmektedir. Bu etki azot içeren bir bileşikten diğerine çeşitlilik göstermektedir (Lewin, 2001).

b) Halojen-Antimon Sinerjizmi: Antimon Trioksit(Sb_2O_3) ile bromo ve kloro organik bileşik karışımları, polimerler için yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu maddelerin performansı, gaz fazında alev bastırıcı olarak davranan uçucu antimon halojen asidinin meydana gelmesiyle oluşan sinerjik etkiye bağlanmaktadır. Mekanizması henüz tam olarak anlaşılamamıştır (Lewin, 2001).

c) Brom-Klor Sinerjizmi: Çoğu durumlarda maksimum etki toplam %10-%12 FR ve 1:1 oranında Br/Cl kullanılması ile elde edilmektedir. Cleave (1970), Br/Cl içeren sistemlerin de sinerjik etkisinin antimon oksit varlığında olduğunu belirtmiştir. Bu sinerjik etki antimon miktarının artmasına bağlı olarak artış göstermekte ve maksimum etki %6 Antimon Trioksit (Sb_2O_3) ile elde edilmektedir (Lewin, 2001).

d) Brom-Fosfor Sinerjizmi: Birçok çalışma P-Br sinerjizminin çok iyi olduğunu göstermiştir. Son yıllarda fosfor içerikli bileşiklerin bir sinerjist olarak antimonun yerini alabileceği umulmaktadır (Chigwada, 2005).

1.4.7. Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerin Odun ve Odun Esaslı Malzemelerin Özelliklerine Etkileri

FR kimyasalları ile muamele edilerek üretilen odun ve odun esaslı kompozit malzemelerde, kullanılan kimyasal maddelerin yapısal özelliklerine bağlı olarak bazı etkiler meydana gelmektedir. Bu etkiler genel olarak, higroskopikliğinin artması, direnç özelliklerinin düşmesi, uygulanan işlemlere bağlı olarak boyutsal stabilitedeki değişimler, bozunma, metal bağlantı elemanlarında korozyon oluşumu, tutkallama problemleri, aşınmanın artması, leaching(yıkama) problemi şeklinde özetlenebilir (Denizli, 1997; Yalınkılıç, 2000; Ellis ve Rowell, 1989).

1. Direnç özelliklerine olan etkisi: FR kimyasallarının odunun direnç özellikleri üzerine etkileri üzerine sayısız çalışma vardır. Odunun direnci çok çeşitli faktörlerden etkilenmekle birlikte bu faktörlerin başlıcaları; FR kimyasalları, işlem ve muamele koşulları, yeniden kurutma sıcaklığı ve odunun kendi yapısal özellikleridir. FR kimyasalları ile odunun direnç özelliklerindeki etki üst seviyeye çıkmaktadır. Muamele işleminden

sonra oda sıcaklığına maruz kalan odunun direnci %10 ile %20 arasında düşmektedir (Denizli, 1997).

Yapılan çalışmalar, yüksek asidite özelliğine sahip kimyasalların yüksek konsantrasyonlarda uygulanması durumunda, odunda hidroliz olayının meydana geldiğini göstermiştir. Asidite arttıkça odunun direnç özellikleri azalmaktadır. Örnek olarak, kromlandırılmış çinko klorür ve alüminyum sülfat yüksek derecede asidik tuzlardır. Ancak, yine son yıllardaki çalışmalarla nötrleştirilen tuzların formülasyonlarının kullanılmasıyla direnç özelliklerindeki olumsuz etkinin minimize edilmesi sağlanmaktadır. Özellikle yapı malzemesi olarak kullanılacak FR kimyasalı ile muameleli odunun direncindeki düşmenin dikkate alınıp gerekli birim yükün muamele edilmemiş oduna göre daha az tutulması tavsiye edilmektedir (Eickner, 1966; Holmes, 1974). Arsenault(1962) yaptığı çalışmada; minalith, pyresote, üre-fosfat ve çinko borat kullanmış ve çalışma sonucunda bu maddelerin örneklerin direncini düşürdüğünü tespit etmiştir.

2. Higroskopik özelliklere olan etkisi: FR formülasyonlarının çoğu kullanılan kimyasal maddelere bağlı olarak dirence etki etmelerinin yanı sıra odunun nem içeriğini de arttırmaktadırlar (Levan ve Collet, 1989). Bozkurt ve arkadaşları(1993), FR kimyasallarının en önemli dezavantajının, higroskopik özellik taşımaları olduğunu bildirmiştir. Özellikle inorganik tuzlarla muamele edilen odun, yüksek bağıl nemde muamelesiz oduna kıyasla daha higroskopik karakter göstermekte ve örneklerin su alma özelliklerini büyük ölçüde arttırmaktadır (Sweet ve Winandy, 1999; Östman vd., 2001).

3. Korozifliğe olan etkisi: Koroziflik; kimyasal maddenin yapısal etkisi ve kullanım miktarına bağlı olarak meydana gelmektedir. Ortam nem koşulları, kullanılan metal tipi de koroziviteyi etkilemektedir. FR kimyasallarının çoğu korozif özelliğe sahiptir ancak %5 veya daha yüksek oranlarda korozyon önleyici maddelerin katılmasıyla metallere karşı korozyon etkisi minimize edilebilmektedir. Yine de FR kimyasallarıyla muamele edilmiş odunların özellikle yüksek bağıl nemli ortamlarda uzun süre bırakılmaması gerekmektedir (Holmes, 1974; Ellis ve Rowell, 1989; Östman vd., 2001).

4. Tutkallamaya olan etkisi: Odun ve odun esaslı levha üretimlerinde tutkallama özellikleri, FR kimyasalları tarafından olumsuz etkilenmektedir. Bu durum; kimyasal maddelerin yapısal özelliğinden, kullanım miktarından, pH'ından, tutkallama koşullarından ve tutkalın türünden kaynaklanabilmektedir. Özellikle tutkal türü gözönüne alındığında pH uyumsuzluğu nedeniyle bazı durumlarda sıkça tutkallama problemleri yaşandığı bildirilmektedir (Eickner, 1966; Ellis ve Rowell, 1989).

5. İşlenebilmeye olan etkisi: Odun ve odun esaslı malzemelerin, FR kimyasallarıyla muamele edildikten sonra işlenmesi sırasında kimyasal maddelerin yapısal özelliklerinden kaynaklanan etkiler bu işlemi güçleştirmektedir. Özellikle inorganik tuz kristallerinin aşındırıcı etkisiyle, kullanılan aletlerin çalışma verimliliği ve işgörme ömrü azalmaktadır. Tungsten-karbit uçlu veya aşındırıcı etkiye dayanımlı alaşım kullanılarak bu sorun bir ölçüde giderilebilir (Eickner, 1966; Holmes, 1974).

6. Boyanabilirlik üzerine olan etkisi: Boyanabilirlik, diğer özellikler kadar önemli bir problem teşkil etmemesine rağmen; yüksek bağıl nem içeriğinde odunun rutubetinin artması sebebiyle FR kimyasalları, boya yüzeyinde kimyasal kristaller oluşturabilmekte ve bazen de boya adhezyonunu etkileyebilmektedir. Genel itibarıyla; FR ile muamele edilmiş oduna üst yüzey işlemleri uygulanmamaktadır. Çünkü FR kimyasal maddeleri genel olarak yapısal özellikleri nedeniyle odunun rengini değiştirebilmekte ve bazı renklemelere sebep olabilmektedir (Holmes, 1974; Östman, 2001).

1.4.8. Yanma Dayanımını ve Yanma Karakteristiklerini Belirleme Yöntemleri

Odun ve odun esaslı malzemelerin FR kimyasallarıyla muamele edildikten sonra yapılarında meydana gelen termal değişimleri, yanma dayanımlarını ve karakteristiklerini incelemek üzere çok sayıda yöntem bulunmaktadır.

Bu yöntemler genel başlıklar halinde şu şekildedir. 1. Tutuşma kabiliyetinin belirlenmesi metotları (R.Schlyter metodu, modifiye R. Schlyter metodu) 2. Alev yayma ve yanma hızının tespitine ait metotlar (Ateş Borusu metodu, Cribb metodu, Plakalı baca metodu, Meyilli levha metodu, Alev geçirme metodu) 3. Ateşin malzeme içerisine geçmesine ait metotlar (Berkel, 1972). Günümüzde bu yanma metotlarının bazıları geçerliliğini yitirmiş bazıları ise modifiye edilerek kullanılmaya devam edilmektedir. Ancak, son yıllarda gelişen teknolojiyle birlikte malzemelerin yanma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla daha çok enstrümental analiz yöntemleri kullanılmaktadır.

FR işlemlerine uğratılmış örneklerin yanma karakteristiklerinin belirlenmesinde en yaygın test yöntemleri arasında: termogravimetrik analiz (TGA), diferansiyel termal analiz (DTA), diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC), alev yayılma testleri, oksijen indeks metodu, cone calorimeter, ısı salınımı (Heat Release Tests) testleri gelmektedir. Diğer test yöntemleri arasında ise duman yoğunluğu testleri ve zehirlilik testleri bulunmaktadır. Ayrıca, termal bozunmada gaz ve katı ürünlerin analizi için kütle spektrofotometresi (DI-

MS), piroliz-gaz kromatografisi-alev ionize detektör(Py-GC-FID) ve piroliz-gaz kromatografisi-kütle spektrofotometresi(Py-GC-MS) gibi enstrümental düzeyde ölçüm yapan son derece önemli ve hassas analiz yöntemleri de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Liodakis vd., 2003).

a) Termogravimetrik Analizler (TGA): TGA'da asıl prensip kontrollü atmosferik şartlar altında ısı kaynağına maruz bırakılan örneğin ağırlığında meydana gelen değişimleri belirlemektir. Yöntemin avantajları arasında katı, sıvı ve jel örneklerin kolaylıkla çalışılabilmesi ve 0,1 mg'dan 10 mg'a kadar minimal düzeyde örnek miktarı kullanılabilmesi sayılabilir. Bu yöntemde bilgisayar desteğiyle sıcaklık ve zamana bağlı olarak çok sayıda kinetik veri elde edilmekte ve materyallerin termal bozunmaları hakkında bilgi toplamak mümkün olabilmektedir(Sandala vd.,1981; Peterson, 2002).

b) Diferansiyel Termal Analiz (DTA): Bu yöntemde genel olarak, örneklerde meydana gelen değişimler belirlenmekte ve aynı zamanda meydana gelen reaksiyonların endotermik veya ekzotermik yönleri değerlendirilmektedir. DTA cihazı, bir örneğin çeşitli fiziksel hollere dönüşürken (örneğin, ergime, buharlaşma, vb.) veya herhangi bir zamanda bir kimyasal reaksiyona maruz kalırken serbest kalan veya absorbe edilen ısı miktarını ölçmektedir. Bu ısı; ölçümü yapılan materyalin bir örneği ile inert bir referans madde arasındaki sıcaklık farklarının ölçülmesiyle belirlenir. DTA; ısı kapasitesini ölçmek, kinetik veritabanı bilgilerini sağlamak, geçiş sıcaklıklarına ilişkin bilgi vermek üzere kullanılabilir (Sandala vd., 1981; İlhan, 1988).

c) Diferansiyel Tarama Kalorimetresi (DSC): DSC, temelde DTA'ya benzemektedir; ancak burada örnek ve referans materyal sıcaklıkları eşit iken, materyallerden olan ısı akışı farklılığı ölçülmektedir. DSC cihazında, örnek ve referans materyaller için ayrı ayrı ısıtıcılar bulunmaktadır (Peterson, 2002).

d) Tünel Alev Yayılma Testleri: Bu test 0,6 m-2,5m ve 7,6mlık tünellerde gerçekleştirilmektedir. Binalarda çıkan bir yangın çok kısa bir süre içerisinde ilerlemekte ve alevler yayılım göstermektedir. Bu yüzden, bina iç kısımlarında kullanılan yüzey işlem maddelerinin tutuşabilirliği ve alev yayılma karakteristikleri oldukça önemlidir. Bu sebeple alev yayılım oranlarını tespit etmek gerekmektedir. Genelde alev yayılma oranları onaylanmış standart bir test yöntemi olan 7,6 metrelik (25-ft) tünel testi kullanılmaktadır. Tünel test yöntemleri arasındaki temel farklılıklar, yanmaya maruz bırakmanın şiddeti ve örneğin tutuşma kaynağına maruz bırakılma süresidir. En şiddetli yanmaya maruz bırakma 7,6 metrelik tünel testinde söz konusu olmakta ve bu yöntemde örnek 10 dakika süreyle

yanmaya maruz kalmaktadır. 0,6 metrelik tünel testi en düşük şiddet derecesindedir (Yıldız, 2006).

e) Kritik Oksijen İndeks Testi: Oksijen indeks testi, bir örneğin alevli olarak yanmasını sağlayabilecek minimum orandaki oksijen miktarını belirlemektedir. Buna bağlı olarak; yanma özelliği yüksek materyaller düşük oksijen indeksine, yanma özelliği düşük materyaller yüksek oksijen indeksine sahip olmaktadır. Bu test, genel olarak plastik ve tekstil sanayi için geliştirilmiş, ancak daha sonra yanma özelliği gösterebilen materyallerde de kullanımı mümkün olmuştur (Sachdev, 2004; Yıldız, 2006; Diertenberger ve White, 2001).

Yanmayı geciktirici emprenye maddelerinin duman üretimi, salınan ısı oranı ve zehirlilik gibi ilgili diğer fiziksel özellikler bakımından değerlendirilmesi için de test yöntemleri mevcuttur.

f) Cone Calorimeter: Bu yöntem; çeşitli ısı akış şiddetine bağlı olarak materyallerin yanma reaksiyonu özelliklerini belirlemek ve ısı salınımını tespit etmek üzere yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Isı salınım oranı belirlenirken aynı zamanda yanma ve tutuşma sıcaklığı, duman ve zehirli gaz ölçümleri de belirlenmektedir. Yöntemin avantajlı bir özelliği de 10mm² boyutlarında örneklerin test için yeterli olmasıdır. Dolayısıyla çoğu araştırma için uygun bir yöntem olarak benimsenmiştir (White, 1997; Schartel ve Hull, 2007; Burchill vd., 2005). Yanmanın derecesini ölçümlemek için potansiyel bir yöntem olan bu yöntem aynı zamanda alev yayılımı ve yangının büyümesinde kritik bir faktör olarak kabul edilmekte ve son zamanlarda giderek daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Yanmaya maruz kalan herhangi bir materyalin yanma ısısı asla değişmemekte; ancak, kullanılan FR kimyasalları sayesinde salınan ısı oranı azalmaktadır. FR kimyasalları ile muamele edilmiş ve edilmemiş materyallerdeki ısı salınım oranlarının elde edilmesiyle ayrıca, yangının gelişimini tahmin etmek üzere matematiksel modellemeler yapılmaktadır (White, 1997; Tran ve White, 1992; Diertenberg ve White, 2001).

g) Duman ve zehirlilik testleri: Yangın esnasında meydana gelen en önemli problemlerden birisi de ortamda duman ve zehirli gazların oluşumudur. Bu sebeple; yanma deneyleri arasında duman yoğunluğu tespit testleri ve zehirlilik testleri önemli bir yer tutmaktadır. Bilindiği üzere; yangın esnasında can kayıplarının çoğu orada bulunan kişilerin ortamdaki dumana, zehirli gazlara maruz kalmasıyla meydana gelmektedir. Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin, materyallerin yanmaya dayanım özelliklerini artırmalarının yanı sıra duman yoğunluklarını ve zehirli gazların oluşumunu azaltması da

istenmektedir. Bu sebeple bu testlerin kullanım oranı artış göstermiştir. Literatürde, önerilen çeşitli zehirlilik ve duman yoğunluğu test yöntemleri bulunmakta olup, bunların her birinin bir takım avantajlı ve dezavantajlı yanları mevcuttur (White ve Dietsberg, 2001).

1.5. Literatür Özeti

Odunun, yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilerek kullanılma işlemlerinin tarihsel sürecinin çok eski yıllara dayandığı bilinmektedir. Eski tarihlerde de kullanıldığı rapor edilen çoğu kimyasal maddelerin bugün bile hala geçerliliğini koruduğu ya da yeni FR formülasyonlarının oluşumuna katkıda bulunduğu görülmektedir. Özellikle günümüzde, koruyucu amaçlı bu kimyasal maddelerin yeni formülasyon ve polimer ilavesiyle güçlendirilmesi çalışmaları hız kazanmıştır. Odunun yanması daha öncede bahsedildiği üzere karmaşık bir mekanizmaya sahiptir. Bu mekanizmanın anlaşılması, bu mekanizmaya müdahale edilerek yanma olayının engellenmesi yönünde literatürde yapılmış sayısız çalışma vardır.

Ayrıca, odunun yanmaya karşı dayanım özelliklerini iyileştirirken direnç ve yapısal özelliklerine de etkide bulunulduğundan FR kimyasal maddelerinin uygulandıkları materyallerin mekanik, fiziksel ve diğer bazı özellikleri üzerindeki etkileri de oldukça önemli olup çok sayıda araştırmancının konusudur.

Levan ve arkadaşları (1990), boraks ve borik asit karışımıyla emprenye edilmiş masif odun örneklerinin, 27 °C, 54 °C, 82 °C sıcaklıklarda uzun süre kalmaları neticesinde; eğilme de elastikiyet modülü ve yoğunluk değerlerinde önemli bir değişimin olmadığını bildirmiştir.

Çolakoğlu ve arkadaşları (2003), yaptıkları bir çalışma da; borik asit ve boraks kullanarak kayın kaplama levhalarını muamele etmiş ve bu muameleli kaplamalardan lamine tabakalı malzeme üreterek mekanik özelliklerini belirlemiştir. Çalışma sonucunda ise, kaplamaların bu maddelerle emprenye edilmesinin, levhaların mekanik özelliklerine olumlu yönde etki ettiği, özgül ağırlığı ise etkilemediği bulunmuştur.

Williams ve arkadaşları (1990), borun termitler üzerine etkisini belirlemek üzere yaptıkları bir çalışmada; OSB levhalarının, dioktaborat tetrahidrat(DOT) ile muamele edilmesinin Formasan *subterrean* termitlerine karşı iyi bir koruma sağladığını; bu maddenin, %0.54 BAE(borik asit eşdeğeri) değerinde kullanılması durumunda; %1'lik ağırlık kaybıyla büyük oranda termit ölümünün gerçekleştiğini bulmuştur.

Grace ve arkadaşları (1992) ise, yine dioktaborat tetrahidratı(DOT), %0.35 BAE değerinde kullanarak muamele ettikleri Douglas göknarı odunu örneklerinin termit deneyi sonucunda, %100 termit ölümünün gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Sean ve arkadaşları (1999), %1 çinko borat kullanılarak üretilen OSB'lerin termitlere karşı iyi bir dirence sahip olduklarını belirlemişlerdir.

Laks ve Palardy (1991) tarafından yapılan bir çalışmada ise, çinko boratın kalsiyum boratla karşılaştırılması yapılmış ve %1 oranında çinko borat ile kalsiyum borata nazaran daha iyi termit ölümü sağlandığı bulunmuştur.

Kartal ve arkadaşları (2005), monoamonyum fosfat, diamonyum fosfat, boraks, borik asit kullanarak yaptıkları bir çalışmada; borik asit ve boraks kullanılarak üretilen kaplamaların, hem termit testinde hem de mantar çürüklük testinde, mono ve diamonyum fosfatla karşılaştırıldığında, daha az ağırlık kaybı gösterdikleri sonucunu bulmuştur.

Kartal ve arkadaşları (2004), yaptıkları bir diğer çalışmada borlu bileşiklerin yıkanabilirliğini sınırlandırmak amacıyla; metil metakrilat(MMA) ile birlikte alil glicidil eter (AGE) kullanarak disodyum oktaborat(DOT) ile kimyasal modifikasyon işlemi gerçekleştirmişlerdir. Bunun sonucu olarak; DOT ve MMA, AGE monomerleri ilave edilen odun örneklerinin su alma özelliklerinin iyileştiği, esmer çürüklük mantarına ve *Coptotermus formasanus* termitine karşı etkili bir koruma sağlandığı kaydedilmiştir.

Ayrılmış ve arkadaşları (2005), %2,%4,%6 disodyum oktaborat, borik asit, melamin fosfat(MP) ile %1, %2, %3 konsantrasyonlarda borik asit(BA)+disodyum oktaborat(DOT) karışımını levha taslağına püskürtmek suretiyle OSB üretmişler ve bu çalışmanın sonucunda; MP ile üretilen OSB'lerin ağırlık kaybının borlu bileşiklerle muamele edilen örneklerden daha fazla olduğunu, termit testlerinde ise BA ve DOT'un MP' den daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Yine bu kimyasalların, *Fomitopsis palustris* ve *Trametes versicolor* çürüklüğüne karşı önemli bir etki sağladıkları tespit edilmiştir. Direnç özellikleri açısından ise MP dışında, BA ve DOT'un, eğilme direnci(MOR) ve elastikiyet modülü(MOE) değerlerini kontrol değeriyle kıyaslandığında oldukça düşürdüğü tespit edilmiştir. Yanma özellikleri bakımından ise BA için %6 konsantrasyonun, DOT için her üç konsantrasyonun, BA+DOT içinse %3 konsantrasyonun iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir. Ayrılmış (2007)' de yaptığı bir başka çalışmada; boraks, borik asit monoamonyum fosfat, diamonyum fosfat ve fosforik asit kullanmış ve bu kimyasal maddeleri liflere püskürterek fenol formaldehit ile birlikte levha üretmiştir. Bu çalışmanın sonucu olarak, tüm yüzeye dik çekme direnci(IB) ve bağ dayanımı değerleri artan kimyasal madde miktarına bağlı olarak azalma

göstermiştir. Tüm kimyasalların içinde en iyi IB değerlerini ve bağ dayanımını boraks sağlarken daha sonra sırasıyla diamonyum fosfat, monoamonyum fosfat, borik asit, fosforik asit gelmiştir.

Akbulut ve arkadaşlarının (2004) çeşitli konsantrasyonlardaki N'-N-(1,8-Naphthalyl) hydroxylamine(NHA-Na), boraks ve borik asit kullanılarak üretilen liflevhaların mekanik özelliklerini ve çürüme ve termit dayanımlarını belirlemek üzere yaptıkları bir çalışmada; Boraks+NHA-NA ile muamele edilmiş örneklerin MOR değerlerinde, istatistiksel anlamda önemli düzeyde bir düşmenin olmadığı; benzer şekilde MOE değerlerinde de %1 ve daha düşük konsantrasyonlarda çok önemli düzeyde bir azalmanın olmadığı belirtilmiştir. Muamele edilmiş liflevha örnekleri, termit ve mantar çürüklüğüne karşı iyi bir dayanım sağlamıştır. Yine, borik asit ve boraks ile muamele edilmiş levha örneklerinde, NHA-Na ile muamele edilmiş levha örneklerine kıyasla daha düşük ağırlık kaybı gözlenmiş, özellikle boraks+NHA-Na'nın birlikte kullanılması durumunda, bu iki maddenin olası sinerjik etkisinin; düşük su alma, yüksek MOE ve artan mantar ve termit dayanımı sağladığı sonuçlarına varılmıştır.

Baysal ve arkadaşları (2005), yanmayı geciktirici karakter gösteren bazı bileşikler de kullandığı çalışmada; çeşitli ticari kimyasal emprenye maddeleriyle sarıçam odununu muamele etmiş ve higroskopisite miktarlarını kıyaslamıştır. Amonyum sülfat, diamonyum fosfat, borik asit ve boraks karışımının da olduğu denemelerde; higroskopisiteyi, en fazla alüminyum sülfatla diamonyum fosfatın, en az ise parafin ilaveli borik asit+boraks karışımının arttırdığı belirlenmiştir.

Barnes and Murphy (2006), buhar fazında trimetil borat kaynağıyla muamele ederek MDF ve OSB örnekleri hazırlamış ve bu örneklerin bağlanma direnci, kalınlığına şişme ve su absorplama değerleri üzerine muamele işleminin etkisini araştırmış, sonuç olarak; yüksek bor içeriğinin OSB'nin bağlanma direncini negatif yönde etkilediğini ve düşük kalınlığına şişme sağladığını bulmuştur. Yine bu çalışma sonucunda, MDF örnekleri için de, yüksek bor içeriğinin; bağlanma direncinin düşmesine ve kalınlığına şişmenin azalmasına sebep olduğu belirlenmiş, MDF ve OSB örnekleri için buhar fazında uygulanan bor işlemlerinin su absorpsiyonu üzerinde olumsuz bir etki göstermediği bildirilmiştir.

Uysal ve Kurt (2005a), kimyasal madde olarak borik asit, boraks, borik asit+boraks kullandıkları bir çalışmada; kayın, sarıçam, ıhlamur ve kestane odunu örneklerinin; üre formaldehit, fenol formaldehit ve PVAc tutkalı kullanılmak üzere yapışma direnci deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda ise, tüm bor bileşiklerinin

malzemenin yapışma direncini düşürdüğünü, en iyi sonucun borik asit ile emprenyeli, üre formaldehit tutkalı ile yapıştırılan örneklerde görüldüğünü bildirmişlerdir.

FR kimyasal maddelerinin, muamele edildikleri odun ve odun esaslı levha ürünlerinin yüzey özelliklerine olan etkilerini belirlemek üzere yapılan çalışmalardan bazıları şu şekildedir.

Ayrılmış ve arkadaşları (2006) tarafından yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada; %3, %6 konsantrasyonda boraks, %3, %6 konsantrasyonda borik asit, %3, %11 konsantrasyonda monoamonyum fosfat ve %3, %11 konsantrasyonda diamonyum fosfat ile muamele edilmiş Akaba odunu kaplamalarının, yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmış ve bu ölçümler sonucunda, en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerinin %6 konsantrasyonda borik asit kullanılarak üretilen kontrplaklardan, en düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ise %3 konsantrasyonda boraks kullanılarak üretilen kontrplaklardan elde edildiği rapor edilmiştir.

Ustaömer ve arkadaşları (2008), %3, %5 oranında borik asit, boraks, sodyum perborattetrahidrat, çinko borat ve borik asit+boraks karışımı ile muamele edilerek ürettikleri MDF örneklerinde, bu kimyasal maddelerin meydana getirdiği yüzey pürüzlülüğü etkilerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada; kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonu artışına bağlı olarak; kontrol örneğine kıyasla yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığını, en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerinin ise çinko borat kullanılarak üretilen levha örneklerinden elde edildiğini bulmuşlardır. Yine yanmayı geciktirici karakterdeki kimyasal maddelerin, MDF yapısında meydana getirdiği renk değişimlerini gözlemek amacıyla, Ustaömer ve arkadaşları (2006), %1 ve %3 konsantrasyonlarda borik asit, boraks ve sodyum perborat tetrahidrat ile muamele ettikleri liflerden levhalar üretmiş ve bu kimyasalların levha yüzeylerinde meydana getirdikleri renk değişimlerini belirlemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda, renk değişimi değerinin(ΔE) kimyasal madde konsantrasyonunun artışına bağlı olarak arttığını, en yüksek renk değişimi değerinin(ΔE) ise %3 sodyum perborattetrahidrat kullanılarak üretilen levha örneklerinden elde edildiğini belirtmişlerdir.

Aydın ve Çolakoğlu (2005), üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalı kullanarak ürettikleri ladin kaplama levhalarını, %5'lik boraks ve borik asit sulu çözeltileriyle muamele etmişler ve çalışma sonucunda; borlu bileşikler ile emprenyenin yüzey pürüzlülüğünü artırdığını bulmuşlardır. Ayrıca bu bileşiklerin kaplamaların çekme,

makaslama ve ıslanabilme yeteneğini bir miktar kötüleştirdiğini ve özellikle fenol formaldehit kullanımı ile yapışma direncinin olumsuz yönde etkilendiğini bildirmişlerdir.

Örs ve arkadaşları (2005), doğu kayını, sarıçam, doğu ladini, Uludağ göknarı odun örneklerini; %5.5lik borik asit, boraks ve borik asit+boraks çözeltileriyle vakum yöntemine göre muamele etmişler ve bu örnekleri zımparalı ve zımparasız olmak üzere iki gruba ayırarak yüzey pürüzlülüğü testi yapmışlardır. Sonuçta, emprenye maddeleri bakımından zımparalı örnekler için en yüksek yüzey pürüzlülük değerini borik asit+boraks kullanılan örneklerde, en düşük pürüzlülük değerini ise borik asit kullanılan örneklerde elde etmişlerdir.

Yine literatürde yapılan yanma deneylerinden bazıları şu şekilde özetlenmektedir.

Uysal ve Kurt (2005), borik asit, boraks ve borik asit+boraks karışımlarını kullanarak kayın ve sarıçam odun örneklerini muamele etmiş ve ASTM E-69 standartına göre yanma deneylerini gerçekleştirip şu sonuçları bulmuştur.

1. En yüksek ağırlık kaybı, kayın ağacı kontrol örneğinde en düşük ağırlık kaybı ise borik asit+boraks karışımı ile elde edilmiştir.

2. Yanma neticesinde en fazla CO miktarı, boraks ile emprenye edilen kayın ağacından en az ise borik asit+ boraks ile muamele edilmiş sarıçam odun örneklerinde tespit edilmiştir.

3. Yanma sıcaklıklarında ladin ve sarıçam odunlarının kontrolleri ile en yüksek sıcaklık değerleri elde edilirken, en düşük sıcaklık değeri ise borik asit+boraks karışımı ile emprenye edilen sarıçam örneklerinden elde edilmiştir.

4. Alev kaynaklı yanma değerleri için en yüksek ağırlık kaybı kayın odununun kontrolünde görülmüş en düşük değer ise borik asit+boraks karışımı ile muameleli sarıçam örneklerinden elde edilmiştir.

Baysal ve arkadaşları (2007a) yaptıkları bir çalışmada; sarıçam odunu örneklerinin bir kısmını %1 konsantrasyonda borik asit ve boraks karışımı ile emprenye ederek ön işleme tabi tutmuşlar ve daha sonra odun örneklerinin tümünü, stiren, metil metakrilat gibi vinil monomerler ve bunların karışımlarıyla muamele etmişlerdir. BA ve BX karışımıyla ön işlemlenmiş ve ön işlemsiz olmak üzere iki gruba ayrılan bu monomer muameleli örneklerin bazı özelliklerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda; borik asit ve boraks karışımı ile kombine edilmiş vinil monomerlerin, odun polimer kompozitlerinin eğilme direnci ve elastikiyet modülü değerlerini bir dereceye kadar düşürdüğü, çürüme ve yanma dayanımlarını ise borik asit boraks karışımı ilavesiz olanlara göre artırdığı bulunmuştur.

Yine Baysal ve arkadaşları (2007b) tarafından, bazı douglas fir *menziseei* örnekleri üzerinde, doğal ekstraktif maddelerin ve BA+BX karışımlarının yanmayı geciktirici etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir diğer çalışmada; ekstraktif maddelerin tek başlarına kullanıldıklarında yanma özelliklerine etkilerinin iyi olmadığı belirlenmiş; buna karşılık, borik asit ve boraks karışımının ise hem ekstraktiflerle muamele edilmiş hem de edilmemiş örneklerin yanma özelliklerini olumlu yönde arttırdığı tespit edilmiştir.

Özkaya ve arkadaşları (2007)'nin, OSB'nin yanma özelliklerini belirlemek amacıyla; potasyum karbonat, boraks ve wolmanit'i yüzeye sürme ve daldırma metoduyla uygulayarak yaptıkları bir çalışmada, tüm kimyasalların OSB'nin tutuşma sürelerini değiştirdiğini, en etkili sonucun potasyum karbonat ile sağlandığını belirtmişlerdir. Alev kaynağının kapatılmasından sonra ki yanmada, boraks ve potasyum karbonat etkili iken wolmanit pek etkili bulunmamıştır. Ayrıca, muamele yöntemi olarak daldırma yönteminin daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Yine, Aslan ve Özkaya (2004), yukarıdaki çalışma kapsamında yaptıkları bir diğer çalışmada, kontrplak, OSB ve MDF'nin yanma dayanımlarını karşılaştırmışlardır. Bu amaçla, kimyasal madde olarak yine boraks, potasyum karbonat, wolmanit CB kullanmışlar ve sonuç olarak yanma tehlikesi olan yerlerde diğer levha ürünlerine kıyasla MDF' nin kullanılması gerektiğini, yanmaya en dayanıklı levhanın ise MDF olduğunu bulmuşlardır.

Örs ve arkadaşları (2002), kokarağaç odunundan hazırlanan deney örneklerini boraks, borik asit, borik asit+boraks karışımı, tanalith-CBC, vacsol –WR, imersol-WR 2000, polietilenglikol-400 ve stiren ile emprenye etmiş ve bu çalışmanın sonucu olarak, kokarağacın boraksla vakum metodu uygulayarak emprenye edildiğinde; yanma dayanımının yüksek seviyeye çıktığını, ayrıca; yine vinil monomerlerden stiren ve vascol-WR ile yanmayı önleyici etki sağlandığını belirtmişlerdir.

Parsapajouh ve arkadaşları (2003), yaptıkları bir çalışma da, Akçaağaç odununu %5.8 ve %12 konsantrasyonlarda monoamonyumfosfat+boraks karışımı, minalith, pyresote ile muamele ederek bazı mekanik, fiziksel ve yanma özelliklerini belirlemişlerdir. Yanma deneyleri JISA-1322 ve BS 476 standartlarına göre yapılmış olup tüm deneyler sonucunda MAF+BX'nin, kontrol örneğine kıyasla daha yüksek mekanik dirençler gösterdiği ancak diğer kimyasallarla birlikte daha fazla su almaya sebep olduğu belirlenmiştir. Yanma deneyleri sonucunda da özellikle MAF+BX'nin en etkili sonucu verdiği, tüm kimyasal maddelerle elde edilen ağırlık kayıplarının da kontrole kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Grexa ve Lübke (2001), yaptıkları bir çalışmalarında, %24 oranında A kimyasalı ($Mg(OH)_2$), %25 oranında B kimyasalı(%17MAF+%8BA) ve %25 oranında C kimyasalı(%20MAF+%5BA) şeklinde hazırladıkları yüksek konsantrasyondaki üç kimyasal formülasyonla muamele ederek yonga levhalar üretmiş ve bu levhaların cone calorimeter yöntemiyle yanma özelliklerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda; $Mg(OH)_2$ 'in levhaların yanma özelliklerini iyileştirdiği, CO üretiminde negatif etki göstermediği bulunmuştur. Ayrıca kombinasyonlar içinde en etkili formülasyonun C kimyasalı (%20MAF+%5BA) olduğu tespit edilmiştir.

Literatürde yanma olayının seyri, yanma mekanizmasındaki değişimlerin belirlenmesi, piroliz ve termal bozunma olayının daha iyi anlaşılması ve yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin etkilerini görebilmek için yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar enstrümental yöntemler yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışmalardan bazıları ise şu şekilde özetlenebilir.

Li ve arkadaşları (2000), amonyum polifosfat, amonyum dihidrojen fosfat, borik asiti kullanarak bu kimyasalların; Çinde Manchurian bölgesinde yetişen dışbudak ağacından elde edilen kondenze fazdaki ligninin kömürleşme prosesine ve termal bozunma mekanizmasına etkilerini belirlemek üzere bir çalışma yapmışlardır. Yöntem olarak ise TGA, FTIR, XPS analizlerini kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucunda; FR kimyasallarının, dışbudak ligninindeki C-O bağlarını ayırarak uzun karşılıklı zincir oluşumunu katalizlediği ve kömür oluşumunu artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, kömürleşme miktarını artırmada amonyum polifosfatın ve amonyum dihidrojen fosfatın borik asitten daha etkili oldukları bulunmuştur.

Garba (1999), bazı tropik ağaç odununu, HCl varlığında, çinko borat ile muamele ettikten sonra termal karakteristiklerini incelediği çalışmasında; HCl'nin çinko boratı asitleştirerek yanma etkinliğini artırdığını, özellikle alev yayılım oranını, alev sıcaklığını düşürdüğünü, LOI(limited oxygen index) değerlerini ve kömürleşme oranını artırdığını bulmuştur.

Lecoeur ve arkadaşları (2001), pamuk selülozu üzerinde yaptıkları bir çalışmada fosfor ve azot bazlı amino propiltrietoksilan(APS) diguanidin hidrojen fosfat ile fosforlu ve azot içerikli tuzlar(FDR), kullanarak TGA analizleri yardımıyla pamuk selülozunun termal davranışlarını belirlemişlerdir. Buna göre, fosfor ve azot içerikli FR kimyasalları uygulandıkları selüloz liflerine standartlar ile uyumlu derecede yüksek bir yanma dayanımı sağlamıştır. Yine APS ile kombine edilmiş fosforik asitte, liflerin yanma dayanımını

arttırmış, diguanidin hidrojen fosfat ise selüloz liflerinde fazla bir dayanım sağlamamıştır. Ancak, tüm FR kimyasallarının selülozun bozunma sıcaklığını düşürdüğü ve termal stabilitesini arttırdığı bulunmuştur.

Wang ve arkadaşları (2004), borik asit(BA), boraks, guanilüre fosfat(GUP) ve GUP-BA karışımı ile ıhlamur ağacı odun örneklerini muamele etmişler ve daha sonra bu örneklerin TG/DTG, DTA, CONE ve GC-FTIR analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçlarında; özellikle borik asitin, nispeten düşük sıcaklıklarda(100-300°C) odunun diğer O₂-eliminasyon reaksiyonlarını ve dehidrasyon reaksiyonlarını katalizlediği ve aromatik bileşikler meydana getirerek yeni oluşan polimerik materyallerin izomerizasyonunu hızlandırdığı belirlenmiştir. GUP+BA ile güçlü bir sinerjik etki gözlemlendiği, genel itibariyle de güçlü sinerjik etkinin borik asit ile sağlandığı tespit edilmiştir.

Tzamtzis ve arkadaşları (2002) , *Pinus halepensis*'in pirolizinde yanmayı geciktirici kimyasalların etkilerini mikroskopik yöntemlerle(transmission light microscopy(LM) ve stereoscopy) belirlemek üzere yaptıkları çalışmalarında; FR kimyasalı olarak diamonyum fosfat ve ticari bir ürün olan Fire Trol kullanmıştır. Fire Trol yapısında da polifosfatlar ve ilave maddeleri içermektedir. LM ölçümleri sonucunda; *Pinus halepensis*'in FR kimyasallarıyla muamele edildiği örneklerde, lignin içeriğinin bozunduğu, iç tabakanın kömürleştiği, epiderm tabakasının çatladığı ve üst tabaka da kayıpların olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu ölçüm sonucunda tespit edilen değişimlerin, FR ile muamelesiz örneklere göre çok daha hızlı geliştiği bildirilmiştir.

Kartal ve arkadaşları (2007), borik asit ve disodyum oktaborattetrahidrat(DOT) kullanarak yaptıkları bir çalışmalarında; bu maddelerin sulu çözeltileriyle muamele ettikleri *Cryptomeria Japonica* D.Don ağacının odun örneklerini, 2 ve 4 saat süre ile 180 °C ve 220 °C sıcaklıklarda termal işleme tabi tutmuşlardır. Çalışma sonucunda; odun karbonhidratlarının, ısı işleme görmüş örneklerde büyük ölçüde bozunmaya uğradığını, klason lignin miktarının arttığını ve örneklerin hemiselüloz kayıpları ile direnç değerleri arasında direkt bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Örneklerin hemiselüloz içerikleri azaldıkça eğilme direnci değerlerindeki kayıpların arttığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, mekanik özelliklerde ısı işleme etkisinin 220 °C de, 180 °C'ye göre daha bariz olduğunu, DOT ile muamele edilmiş örneklerin eğilme direnci değerlerinin, BA ile muameleli örneklerin ve kontrol örneğinin değerlerinden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Ayrılmış ve arkadaşları (2007), yaptıkları bir çalışmalarında, *Fagus Orientalis Lipsky*'den üretilen kaplamaları MAP, DAP, kireçli su ve BA+BX(ağırlıkça1:1) ile

muamele etmişler ve bu kaplamaların fiziksel, mekanik ve yanma özelliklerini test etmişlerdir. Çalışma sonucunda ise, kireçli suyla muameleli örneklerin en iyi fiziksel özellikleri; BA+BX ile muameleli örneklerin ise en iyi mekanik özellikleri verdiklerini bulmuşlardır. Ayrıca, Cone Calorimeter yöntemine göre, tüm kimyasal maddelerin yangının büyümesini hızlandıran ısıyı azalttığını ve özellikle kireçli suyun yanma özelliklerini iyileştirmede oldukça etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Duquesne ve arkadaşları (2001), poliüretana(PU), amonyumpolifosfat(APP) ilavesinin, yanma dayanım mekanizması üzerine etkilerini gözlemlemek üzere bir çalışma yapmışlar ve bu çalışma sonucunda, uyguladıkları oksijen indeksi metoduna göre; APP ilavesinin iyi bir yanma etkinliği sağladığını bulmuşlardır. TGA sonuçlarında ise APP ilavesinin dekompozisyonu hızlandığını, ancak yüksek sıcaklıkta kalıntı madde miktarını arttırdığını ve bu kalıntı maddelerin yanmaya karşı bir bariyer görevi oluşturduklarını belirlemişlerdir.

Stevens ve arkadaşları (2006) yaptıkları bir çalışmada, Sarıçam yongalarını çeşitli alkil ve fenilklorofosforlu bileşiklerle modifiye etmişler ve örneklere TGA uygulamışlardır. Buna göre; bütün fosforlu bileşiklerin piroliz sıcaklığını etkilediğini ve kömür oluşumunu artırdığını ancak alkil gruplarının daha az etki gösterdiğini bulmuşlardır.

Levchik ve arkadaşları (1997), melamin ve melamin tuzlarını, poliamid 6(PA-6, naylon6)'e ilave etmişler ve bu maddelerin yanma etkinliklerini oksijen indeksi ve UL94,TGA yöntemleri kullanarak belirlemişlerdir. Buna göre, çalışmalarının sonucunda; melamin ve melaminli bileşiklerin alevlerin sönmeye katkısında bulunduğunu ve yanma özellikleri üzerinde olumlu etki gösterdiklerini bulmuşlardır.

Kılınç ve Bayram (2006), yaptıkları çalışmalarında, propilene(PP) yanmazlık kazandırmak amacıyla; çeşitli oranlardaki çinko borat, dekabromodifenol oksit, antimon trioksit, magnezyum hidroksit ve metal karışımlarını PP'ye katarak kompozitler üretmiş ve bu kompozit örneklerinin mekanik ve yanma özelliklerini test etmişlerdir. Sonuç olarak ta, %40 oranında ilave edilen bu kimyasal maddelerin, örneklerin mekanik özelliklerinde çok aşırı bir düşmeye neden olmadığını, buna nazaran yanma hızlarını arttırarak PP'ye yanmazlık kazandırdıklarını tespit etmişlerdir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

Deneyisel çalışmalar sırasında kullanılan hammadde, kimyasal maddeler, tutkal, uygulanan deney planı, kullanılan cihazlar ve levhalara uygulanan testlere ait bilgiler sırasıyla açıklanmıştır.

2.1.1. Hammadde

Bu çalışmada hammadde olarak; ÇAMSAN A.Ş' den temin edilen, büyük çoğunluğu yapraklı ağaç odunundan ve az miktarda da iğne yapraklı ağaç odunundan elde edilmiş lif karışımı kullanılmıştır. Karışım %90 gürgen, %10 sarıçam yongalarından elde edilen lif olup, defibratör çıkışında liflere tutkal püskürtülmeden alınmış ve kurutulup deneylerde kullanıma hazır hale getirilmiştir.

2.1.2. Kimyasal Maddeler

Bu çalışmanın yürütülmesinde, gerek yangın gerektirici olarak gerekse de diğer amaçlarla deneme levhalarının üretiminde kullanılan tüm kimyasal maddelerin teknik özelliklerine aşağıdaki başlıklarda yer verilmiştir. İlerleyen bölümlerde görüleceği üzere; bu kimyasallar, deneylerin yapılış planına uygun olarak tek olarak kullanılabilirdiği gibi ikili hatta üçlü karışımlar şeklinde de kullanılmıştır. Böylece, değişik kimyasalların üstün özellikleri kombine edilerek yangına dayanıklılığının artırılması amaçlanmıştır.

2.1.2.1. Borik Asit

Borik asit, bor minerallerinin sülfirik asit ile reaksiyonu sonucunda elde edilmektedir. Orto borik asit adıyla da bilinen borik asit; güçlü antiseptik, insektisit, yanmayı geciktirici özelliklere sahip olması sebebiyle endüstrinin her alanında kullanılan ılımlı bir asittir.

Günümüzde ağır sanayinin, nükleer fisyon çalışmalarının da vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Kimyasal formülü $B(OH)_3$ şeklinde de adlandırılan Borik asit renksiz kristal formunda yapıya sahip olup kolaylıkla su da çözünmektedir (URL- 4, 2005). Yanmayı geciktirici özelliğe sahip olması nedeniyle son yıllarda endüstride, malzemelere yanmaya karşı direnç kazandırmak üzere kullanılan en yaygın bileşiklerden birisidir. Özellikle duman yoğunluğunu bastırıcı etkisi sebebiyle yanma önleyici formülasyonlarda yer almaktadır (LeVan ve Tran, 1990). Deneme levhalarının üretiminde kullanılan borik asit Aklar kimya ürünü olup teknik özellikleri aşağıda Tablo 1’ deki gibidir.

Tablo 1. Borik asite ait özellikler

Formül Yapısı	H_3BO_3
Molekül Ağırlığı	61.83g/mol
Yoğunluk	1.44 (g/cm ³)
Görünüm	Beyaz, kokusuz toz
Çözünürlük (Oda sıcaklığında suda)(%)	50g/l

2.1.2.2. Boraks

Boraks; sodyum borat, sodyum tetraborat veya disodyum tetraborat gibi sistematik isimlerle de adlandırılan önemli bir bor bileşiğidir. Boraks, yumuşak renksiz kristal parçacıkları içeren ve su içerisinde kolaylıkla çözünebilen beyaz bir tozdur. Günümüzde eczacılıktan, tıpa, deterjan sanayinden kozmetiğe, metalürjiye kadar sayısız alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle, yanmayı geciktirici ve antifungal özellikleri sebebiyle de çok tercih edilen bor bileşikleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Boraks, yanmayı geciktirici formülasyonlarda alev yayılımını önleyici kimyasal madde olarak kullanılmaktadır (Anonim 1, 1995; URL-5, 2005; Levan ve Tran,1999). Çalışmamızda kullanılan Boraks, Etibank Bandırma ve asit fabrikaları işletmesinden temin edilmiş olup teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 2. Boraksa ait özellikler

Formül yapısı	$Na_2B_4O_7.5H_2O$
Molekül ağırlığı	291.35
Yoğunluk	1.815(g/cm ³)
pH	8.8-9.0

2.1.2.3. Sodyum Perborattetrahidrat

Alkali karakterde olan bu kimyasal madde Etibank Bandırma ve Asit Fabrikaları İşletmesinden temin edilerek çalışmalarımızda kullanılmıştır. Genellikle ağartıcı özelliği sebebiyle sabun, deterjan ve ilaç sanayinde yaygın olarak kullanılan sodyum perborat tetrahidrat kokusuz kristal yapıda beyaz bir tozdur. Yapısında içerdiği aktif O₂ sebebiyle hidrojen peroksit gibi güçlü bir beyazlatıcı özelliğe sahiptir. Kristal yapının su içeriğine bağlı olarak monohidrat, trihidrat ve tetrahidrat tipleri mevcuttur (Köroğlu, 2003; Peşman vd., 2006; URL- 6, 2005). Tablo 3'te sodyum perborattetrahidrat'a ait özellikler verilmiştir.

Tablo 3. Sodyum perborat tetrahidrata ait özellikler

Formül Yapısı	NaBO ₃ ·4H ₂ O
Molekül Ağırlığı	153.86 g/cm ³
Yoğunluk (g/cm ³)	1.815
Suda ki çözünürlüğü	23 g/l
pH	9.50-10.3

2.1.2.4. Amonyum Sülfat

Amonyum sülfat, ticari olarak amonyum ile sülfürik asitin reaksiyonu sonucunda elde edilen inorganik bir kimyasal maddedir. Sülfat olarak %24 sülfür, amonyak olarak % 21 azot içermekte olup endüstride gübre olarak kullanılmaktadır. Amonyum sülfat suda kolaylıkla çözünen, yanmayı geciktirici etkisi olan emprenye maddelerindedir. %10-40'lık çözeltiler halinde kullanılmaktadır. Odunu örten eriyici maddeler oluşturarak etkili olmaktadır. Amonyum sülfat, yanma için gerekli olan oksijen ile odun yüzeyinin temasını keserek yanmayı geciktirmektedir (Yıldız, 2006; URL-7, 2005). Çalışmamızdaki formülasyonlarda kullanılan amonyum sülfat, Aklar kimyadan temin edilmiş olup özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Amonyum sülfata ait özellikler

Formül Yapısı	(NH ₄) ₂ SO ₄
Molekül Ağırlığı	132.13 g/cm ³
Görünüm	Beyaz kristal granül
pH	5-6

2.1.2.5. Çinko Borat

Çinko boratlar, çinko oksit veya çinko tuzlarının belli oranlarda sodyum boratlar veya borik asitle reaksiyona girmesi sonucunda elde edilmektedir. Bu ürünler ince beyaz toz ve kristal yapıda olup birçok formülasyonda üretilebilmektedir. Çinko borat, yüksek sıcaklıklara dayanabilme imkanı sağlaması, duman ve alev bastırıcı özellik göstermesi, diğer kimyasallarla uyumlu bir etki yapması, elektrik iletkenliği ve optik özellikleri iyileştirmesi sebebiyle sanayide çeşitli sektörlerde özellikle malzemelere yanma direnci kazandırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Özellikle, son yıllarda yanmaz boyaların, anti korozyon maddelerin, anti-mikrobik ve mantar öldürücü malzemelerin yapısında da katkı maddesi olarak yer almakta ve birçok alanda değerlendirilmektedir (Bilici, 2003; Schubert vd., 2003). Deneysel çalışmamızda kullanılan çinko borat, Riedel-de Haën ürünü olup teknik özellikleri aşağıdaki tabloda belirtildiği gibidir.

Tablo 5. Çinko borata ait özellikler

Formül yapısı	$2ZnO.3B_2O_3.3.5H_2O$
Molekül ağırlığı	434.66
Kristal yoğunluk (g/cc)	2.79
Görünüm	Beyaz, kokusuz, toz pudra
Çözünürlük (oda sıcaklığında suda)(%)	<0.28
Ortalama tane boyutu	7 mikron
Stabilite	290°C'ye kadar Termal olarak stabil
pH	7-7.2

2.1.2.6. Monoamonyum Fosfat

Fosfor kaynaklı bileşiklerden olan mono amonyum fosfat, fosforik asit çözeltisinin amonyağa çözelti asitleşinceye kadar ilave edilmesi sonucunda elde edilir. Ticari gübre olarak ta bilinen mono amonyum fosfat, endüstride yaygın olarak çeşitli alanlarda kullanılmakta olup özellikle odun ve kâğıtlara yanmayı geciktirici özellik kazandırmak amacıyla da kullanılmaktadır (URL-8, 2007; URL-9, 2007). Horasan kimyadan temin edilen monoamonyum fosfata ait özellikler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Monoamonyum fosfata ait özellikler

Formül Yapısı	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$
Molekül Ağırlığı	115.03 g/cm ³
Görünüm	Beyaz kristal
pH	4.1

2.1.2.7. Diamonyum Fosfat

Diamonyum fosfat, amonyak varlığında fosforik asit çözeltisinin buharlaştırılması sonucu elde edilmektedir. Ticari gübre olarak ta bilinen bu madde, endüstride ayrıca yanmayı önleme amaçlı çeşitli formülasyonlara katılmak suretiyle de kullanım alanı bulmaktadır (URL-10, 2007). Çalışmamızda kullanılan diamonyum fosfat Horasan kimyadan temin edilmiş olup özellikleri Tablo 7’deki gibidir.

Tablo 7. Diamonyum fosfata ait özellikler

Formül Yapısı	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Molekül Ağırlığı	132.0 g/cm ³
Görünüm	Beyaz kristal
pH	7.9-8.1

2.1.2.8. Alüminyum Hidroksit

Ateşe çok dayanıklıdır(alev geciktiricidir). Cam sanayi ve değişik sanayilerde kullanılır. Alüminyum hidroksit alev geciktirici dolgu malzemesi olarak kullanılır. Fakat, bu amaca hizmet edebilmek için yüksek oranda kullanılmalıdır. 200°C üstünde alüminyum oksite (alümin) dönüşmekte ve alev geciktirici özelliği bu dönüşümden kaynaklanmaktadır. Oluşan su buharı, yanmayı sağlayacak olan oksijeni yok eder ve alevi örter. Halojenli bileşiklere gerek duyulmadan da alüminyum hidroksit yanmazlığı sağlayabilmektedir. Diğer alev geciktirici katkı malzemeleri ile karışım halinde daha düşük oranlarda da kullanılabilir (URL-11, 2007; Genovese ve Shanks, 2007). Riedel-de Haën’ den temin edilip çalışmamızda kullanılan alüminyum hidroksite ait özellikler Tablo 8’ de verilmiştir.

Tablo 8. Alüminyum hidroksite ait özellikler

Formül Yapısı	Al(OH) ₃
Molekül Ağırlığı	78 g/cm ³
Görünüm	Beyaz kristal granül
pH	5-6

2.1.3. Tutkal

2.1.3.1. Melamin Üre Formaldehit

Yanmayı geciktirici çeşitli kimyasal maddelerle muamele edilen liflerden levha üretilmesi aşamasında tutkal olarak MÜF kullanılmıştır. Çalışmalar sırasında daha önce ÜF ile üretilen ön deneme levhalarının direnç açısından oldukça düşük sonuçlar vermesi sebebiyle bu tutkalin kullanımından vazgeçilerek levha özelliklerini de iyileştirmek amacıyla melamin katkılı MÜF tutkalı tercih edilmiştir. %10, %15, %20 oranlarında melamin içeriğiyle hazırlanan bu tutkallar Polisan AŞ'den temin edilmiştir. Levhaların üretim işlemleri sırasında tutkallamada, katı madde oranı %65 olan MÜF tutkallarından tam kuru lif ağırlığına oranla % 16 oranında alınarak kullanılmıştır. Tutkala ait genel özellikler Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. MÜF tutkalına ait özellikler

Katı madde (%)	%65±1
Yoğunluk (20 °C)	1.285-1.295 g/cm ³
Viskozite (20 °C)	(300 cp)
pH	8-8,50
Görünüş	Yarı saydam
Akma zamanı	80-120
Jel zamanı,sn	50-60

2.1.4. Sertleştirici Madde

MÜF tutkalında sertleştirici madde olarak % 20 lik amonyum klorür çözeltisi kullanılmış olup tam kuru tutkal ağırlığına oranla %1 oranında ilave edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Deneme Levhalarının Üretim Şablonunun Belirlenmesi

Tez çalışmaları sırasında izlenecek yöntemlerin tespit edilebilmesi ve deneysel üretim şablonunun oluşturulabilmesi amacıyla; çeşitli deney parametreleri belirlenmiş ve bu parametrelerin uygulanabilirliğini tespit etmek amacıyla bazı ön denemeler yapılmıştır. Bu denemeler esnasında, asıl denemelerde kullanılacak kimyasal maddelerin, kimyasal madde konsantrasyonlarının, üretim ve pres koşullarının ve diğer deney şartlarının belirlenebilmesine yönelik olarak, tüm bu parametreleri kapsayan çeşitli kombinasyonlar denenmiş ve buna bağlı olarak ta çok sayıda levha üretim işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu ön denemelerin sonucunda; kimyasal madde, konsantrasyon, muamele yöntemi, tutkal, pres şartları gibi değişik faktörlerden kaynaklanan olumsuzluklar tespit edilerek bazı sonuçlara ulaşılmış, bu sonuçlar esas alınarak optimum deney koşulları belirlenmiş ve deneysel çalışmalar bu doğrultuda yürütülmüştür. Denemeler sırasında çeşitli konsantrasyonlarda hazırlanan kimyasal maddelerin, levha üretiminde tutkallama işlemi sırasında tutkala karıştırılması düşünülmüş ve tutkalla birlikte liflere püskürtülerek uygulanmaya çalışılmıştır. Ancak bu uygulama yönteminin, tutkalla kimyasal maddelerin pH uyumsuzluğu göstermesi, oldukça fazla tutkallama gücü ve problemleri çıkartması sebebiyle kullanılamayacağı sonucuna varılmıştır. Bu sebeple; yüksek konsantrasyonlarda alınacak olan kimyasal maddelerin uygulanabilirliğini kolaylaştırmak ve bu maddelerin liflerin içyapısına daha iyi nüfuz etmesini sağlamak amacıyla, kimyasal maddelerin sulu çözelti halinde hazırlanması ve liflerin bu çözeltilerle muamele edilmesi yöntem olarak tercih edilmiştir.

Çeşitli pH aralıklarında bulunan alkali ve asidik karakterdeki kimyasal maddeler ise ön çalışmalar sırasında çeşitli konsantrasyon oranlarında alınarak denenmiş ve bu denemelerin sonunda pH'ları ayarlanarak, çeşitli formülasyonlar halinde hazırlanmıştır. Bu kimyasal madde formülasyonlarının içerikleri ileriki bölümlerde Tablo 12'de verilecektir.

Levha üretiminde kullanılacak tutkalı belirlemek amacıyla ise ÜF ve MÜF tutkalları kullanılarak çeşitli deneme levhaları üretilmiştir. ÜF tutkalı kullanılarak üretilen levhaların direnç özelliklerinin oldukça düşük çıkması ve kimyasal maddelerle uyum problemi göstermesi sebebiyle; bu tutkalın kullanımından vazgeçilmiştir. Bu tutkalın yerine, literatürde melaminin ve melamin katkılı tutkalların, yanmayı geciktirici olumlu etkilerine

dair yapılan çalışmaların paralelinde direnç özelliklerine de daha az olumsuz etki ettiği belirtilen MÜF tutkalının kullanılması tercih edilmiştir (Juneja ve Richardson,1974; Vick, 1974; Alexiou vd., 1986).

MÜF tutkalı için ise %10, %15 ve %20 oranında melamin katkıları 3 ayrı tutkal denenmiş, en optimum sonuç %20 katkı MÜF tutkalından elde edildiği için ana çalışma %20 katkı MÜF tutkalı üzerinden kurgulanmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan tutkal, kimyasal maddeler ve konsantrasyonları Tablo 10 ve Tablo 11’de, kullanılan madde içerikleri ise Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 10. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı kullanılarak üretilen levhalara ait deney şablonu

%20 melamin katkı MÜF				
Kimyasal madde	Kimyasal madde konsantrasyonu			
BA	%5	%10	%15	%20
BX	%5	%10	%15	%20
NPB	%5	%10	%15	%20
ZNB	%5	%10	%15	%20
MİN	%5	%10	%15	%20
MİNPB	%5	%10	%15	%20
BA+BX	%5	%10	%15	%20
BA+NPB	%5	%10	%15	%20
MAF+BA+BX	%5	%10	%15	%20
MAF+BA+NPB	%5	%10	%15	%20
MAF+AL	%5	%10	%15	%20
KONTROL				

*BA: Borik asit, BX: Boraks, NPB: Sodyum perborattetrahidrat, ZNB: Çinko borat
MİN: Minalith, MAF: Monoamonyum fosfat, AL: Alüminyum hidroksit

Tablo 10’ da verildiği üzere; % 20 melamin katkı tutkal kullanılarak deneme levhaları üretilmiş ve bu levhaların ön denemeler sırasında bazı deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda optimum bir konsantrasyon olduğu düşünülen %10 kimyasal madde konsantrasyonunun esas alınmasına ve bu konsantrasyonla muamele edilmiş liflerden diğer tutkal türleri kullanılarakta levha üretilmesine karar verilmiştir. %10 ve %15 katkı MÜF

tutkallarıyla üretilen levha özelliklerinin %20 MÜF tutkalından üretilen levha özellikleriyle karşılaştırılması amacıyla bu kombinasyonları içeren deneme levhaları üretilmiştir.

Tablo 11. Melamin katkı oranı %15, %10 olan MÜF tutkalı kullanılarak üretilen levhalara ait deney şablonu

Kimyasal madde	%15 melamin katkı MÜF	%10 melamin katkı MÜF
	Kimyasal madde konsantrasyonu	
BA	%10	%10
BX	%10	%10
NPB	%10	%10
ZNB	%10	%10
MİN	%10	%10
MİNPB	%10	%10
BA+BX	%10	%10
BA+NPB	%10	%10
MAF+BA+BX	%10	%10
MAF+BA+NPB	%10	%10
MAF+AL	%10	%10
	KONTROL	KONTROL

2.2.2. Deneme Levhalarının Üretiminden Önce Yapılan İşlemler

Deneme levhalarının üretimine geçilmeden önce Çamsan A.Ş den temin edilen belirli bir rutubete kadar kurutulmuş ve elenmiş liflere çeşitli işlemler uygulanarak levha üretimine hazır hale getirilmiştir. Bu işlemler sırasıyla aşağıda ele alınmıştır.

2.2.2.1. Kimyasal Maddelerin Hazırlanması

Deneysel çalışmalarımız sırasında, teknik özellikleri daha önce verilen alkali ve asidik karakterdeki çeşitli kimyasal maddeler kullanılmıştır. Bu kimyasal maddeler, pH ayarlamaları yapılarak tek başlarına ya da karışım halinde kullanılmak suretiyle çeşitli formülasyonlar halinde hazırlanmışlardır. Bu formülasyonların içerikleri ve pH'ları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Çalışmada kullanılan kimyasal madde formülasyonlarının içerikleri ve pH'ları

	Kimyasal formülasyonlar	Madde içerikleri	pH
KİMYASAL 1	BA	Borik asit	3.9
KİMYASAL 2	BX	Boraks	9.1
KİMYASAL 3	NPB	Sodyum perborattetrahidrat	10.02
KİMYASAL 4	ZNB	Çinko borat	7.04
KİMYASAL 5	MIN	Diamonyum fosfat: %10 Amonyum sülfat: %60 Borik asit: % 20 Boraks: %10	7.56
KİMYASAL 6	MINPB	Diamonyum fosfat: % 10 Amonyum sülfat: %60 Borik asit: %20 Sodyum perborat tetrahidrat: %10	7.89
KİMYASAL 7	BA+BX	Borik asit: %60 Boraks: %40	5.17
KİMYASAL 8	BA+NPB	Borik asit: %60 Sodyum perborattetrahidrat: %40	5.90
KİMYASAL 9	MAF+BA+BX	Monoamonyum fosfat: %30 Borik asit: %10 Boraks: %60	5.23
KİMYASAL 10	MAF+BA+NPB	Monoamonyum fosfat: %30 Borik asit: %10 Sodyum perborat tetrahidrat: %60	5.85
KİMYASAL 11	MAF+AL	Monoamonyum fosfat: %70 Alüminyum hidroksit: %30	5.11

2.2.2.2. Liflerin Kimyasal Maddelerle Muamele Edilmesi

Yanmayı geciktirici amaçlı olarak kullanılan asidik ve alkali karakterdeki kimyasal maddeler, tam kuru lif ağırlığına oranla %5, %10, %15, %20 konsantrasyonlarda alınarak su içerisinde çözündürülmüş ve sulu çözelti haline getirilmiştir. Daha sonra bu sulu çözelti ile lifler bir büyük kazan içerisinde muamele edilmiş ve bu muamele işlemine lifler, çözelti tarafından tam olarak ıslatılincaya ve tamamen sulu çözeltiyi eminceye kadar karıştırılarak devam edilmiş ve kimyasalların liflere nüfuz etmesi sağlanmıştır.

2.2.2.3. Liflerin Kurutulması ve Rutubetlerinin Belirlenmesi

Kimyasal madde çözeltileri içerisinde bekletilerek yaş hale gelen lifler, bu muamele işlemini takiben önce açık havada daha sonra da Orman Endüstri Mühendisliği Yonga Pilot Tesisinde bulunan kurutma fırınında levha üretimi için istenilen lif kuruluşuna ulaşmaya kadar kurutulmuştur. Daha sonra liflerin uygun kuruluğa gelip gelmediğini belirlemek amacıyla rutubetleri, yine aynı tesiste bulunan rutubetölçer sayesinde belirlenmiştir.



(a)



(b)

Şekil 7. (a), (b) Lifleri kurutmak ve rutubetlerini belirlemek amacıyla kullanılan kurutma fırını ve rutubetölçer

2.2.2.4. Liflerin Topaklarının Açılması

Kimyasal maddelerle muamele edildikten sonra yaş haldeyken birbirine yapışıp bu şekilde kurutulan lifler kurutma sonrasında topaklaşmalar göstermiştir. Bu sebeple meydana gelen topaklanmaları gidermek ve lifleri yeniden bireysel hale getirmek amacıyla muamele edilmiş lifler, bir elek vasıtasıyla elek yüzeyine hafifçe bastırmak suretiyle bireysel hale getirilmiştir.



Şekil 8. Elek yardımıyla lif topaklarının açılması

2.2.2.5. Liflerin Tutkallanması ve Levha Taslağının Oluşturulması

Kimyasal maddelerle muamele edildikten sonra kurutulan ve elek yardımıyla bireysel hale getirilen lifler; levha üretim işlemine geçilmeden önce, çeşitli oranlarda melamin katkıli MÜF tutkalı kullanılarak homojen bir şekilde karıştırmak suretiyle tutkallanmıştır. Tutkal, tam kuru lif ağırlığına oranla %16 oranında kullanılmıştır. Ancak çalışmamızda, yalnızca FR kimyasallarının gösterecekleri etkiyi gözlemlemek amacıyla parafin kullanılmamıştır. Tutkallama işleminden sonra ise serme işlemine geçilmiştir. Bu amaçla, pres sacı zemine yerleştirilmiş üzerine 30x30 cm boyutlarında şekillendirme çerçevesi konulmuştur. Tutkallanmış lifler, çerçeve içerisine homojen bir şekilde yerleştirilerek serilmiştir. Serme işleminin ardından çerçevenin içerisine girebilen bir ahşap tabla yardımıyla taslak iyice bastırılarak bir ön preslemeye tabi tutulmuştur. Daha sonra tablayı bastırmak suretiyle çerçeve yavaş yavaş kaldırılarak levha taslağı oluşturulmuştur. Pres sacı üzerindeki taslağın kenarlarına 1 cm uzakta kalacak şekilde, 0.6 cm kalınlığında kalınlık takozları yerleştirildikten sonra diğer pres sacı da taslak üzerine yerleştirilmek suretiyle levha preslemeye hazır hale getirilmiştir.

2.2.2.6. Levha Taslağının Preslenmesi ve Pres Sonrası İşlemler

Preslenmek üzere hazır hale getirilen 30x30x0.6cm boyutlarındaki levha taslağı, Şekil 9'da görülen ve Tablo 13'te teknik özellikleri verilen, Cemil Usta Ağaç Makineleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. ürünü olan tek katlı pres yardımıyla preslenerek levha haline getirilmiştir.

Deneme levhalarının üretimi esnasında optimum koşulları belirlemek amacıyla çok sayıda levha üretilmiş ve optimum pres parametreleri, sıcaklık 190 °C, pres süresi 8 dk ve pres basıncı 30-35 kg/cm² olarak alınmıştır. Bu optimum parametreleri esas almak suretiyle; 69 deney grubu için 4'er levha olmak üzere toplam 276 adet levha üretilmiş ve ilgili testler bu levhalar üzerinden gerçekleştirilmiştir. Levha üretim işlemleri, KTÜ Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Levha üretiminde kullanılan pres

Prese ait teknik özellikler ise Tablo 13'te verildiği gibidir.

Tablo 13. Prese ait teknik bilgiler

Pres tablaları	550x550 mm
Faydalı alan	500x500 mm
Çalışma şekli	Altan kalkmalı otomatik açma
Zaman ayarı	5sn ile 12 saat ayarlanabilir
Piston sayısı	1x280mm+2x50 mm
Pres açıklığı	200 mm
Strok	200 mm
Toplam basınç	210 ton
Max. basınç	70 kg/cm ²
Max. çalışma sıcaklığı	250 °C

Presleme sonrası üretilen deneme levhaları daha sonra ilgili deneyleri yapmak üzere TS 642' ye göre klimatize edilmiş ve standartlara göre gerekli örnek boyutlarında kesilerek hazırlanmışlardır.

2.2.3. Deneme Levhalarının Özelliklerinin Belirlenmesi

Kontrol levhalarının ve çeşitli formülasyonlarda hazırlanan yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilerek üretilen levhaların bazı fiziksel, mekanik ve yanma özellikleri aşağıdaki yöntemlere göre belirlenmiştir.

2.2.3.1. Rutubet Miktarının Belirlenmesi

Deneme levhalarının rutubet miktarlarını belirlemek için 50x50xlevha kalınlığı(mm) boyutlarında örnekler hazırlanmış ve bu örneklerin ağırlıkları ± 0.01 g duyarlılıklı analitik terazide tartılmıştır. Daha sonra bu örnekler kurutma dolabında 103 ± 2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletildikten sonra alınmış ve yeniden tartım yapılarak ağırlıkları belirlenmiştir (EN 322, 1993).

Rutubet miktarları ise aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir.

$$r = \frac{m_r - m_o}{m_o} \times 100 \quad (2)$$

Eşitlikte;

r : Rutubet miktarı(%)

m_r : Örneğin klimatize edilmiş haldeki ağırlığı(g)

m_o : Örneğin tam kuru haldeki ağırlığı(g)

2.2.3.2. Yoğunluk Değerlerinin Belirlenmesi

Klimatize edilen ve 50x50xlevha kalınlığı(mm) örnek boyutlarında hazırlanan deney örneklerinin ağırlığı, kalınlığı ve iki kenar genişliği ölçüldükten sonra ilgili formüle göre yoğunluğu hesaplanmıştır (EN 323, 1993).

$$\delta = \frac{m}{a_1 \times a_2 \times t} \times 10^3 \text{ (gr / cm}^3\text{)} \quad (3)$$

Eşitlikte,

δ : Yoğunluk (gr/cm³)

M : Hava kurusu ağırlık (gr)

a_1, a_2 : Örnek genişliği (mm)

t : Örnek kalınlığı (mm)

2.2.3.3. Su Alma Oranının Belirlenmesi

Su alma oranlarının belirlenmesi amacıyla örnekler 50x50 mm ölçülerinde kesilerek hazırlandıktan sonra tartılmış ve 20±2 °C’ deki su banyosunda 24 saat bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda su banyosundan alınan örneklerin üzerinde kalan suyun fazlası temiz bir bez yardımıyla hafifçe silindikten sonra örnekler tartılmış ve su alma miktarları Formül 4’ e göre hesaplanmıştır (EN 317, 1993).

$$SA = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (4)$$

SA: Su alma oranı (%)

m_0 : Örneğin ilk ağırlığı (gr)

m: Örneğin suda bekletildikten sonraki ağırlığı (gr)

2.2.3.4. Kalınlık Artışının Belirlenmesi

Örneklerin kalınlığına şişme miktarlarının belirlenmesi için EN 317 (1993)’de belirtilen esaslara uygun olarak 50*50 mm boyutlarında örnekler hazırlanmıştır. Örnekler kalınlıkları tam orta noktasından 0,01 mm duyarlıklı mikrometreyle ölçülmüş ve su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmak suretiyle, 19–21 °C sıcaklıkta temiz suda bekletilmişlerdir. 24 saat sürenin sonunda sudan çıkartılan örneklerin fazla suları bir bez

yardımla alınmış ve kalınlıkları ilk ölçülen noktadan tekrar ölçülerek kalınlık artışları (KA); aşağıdaki formül yardımla belirlenmiştir.

$$KA = \frac{e_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (5)$$

KA= Kalınlık artışı oranı

e_y = Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

e_k = Klimatize edilmiş ilk örnek kalınlığı (mm)

2.2.3.5. Eğilme Direncinin Belirlenmesi

Eğilme Direnci EN 310 standardına göre yapılmıştır. Deney örnekleri ilgili standarta göre hazırlanmış ve eğilme direnci değerleri aşağıdaki formül yardımla belirlenmiştir (EN 310,1993).

$$E = \frac{3 * F_{\max} * l_1}{2 * b * t^2} \quad (6)$$

E = Eğilme Direnci(N/mm²)

F_{\max} = Kırılma anındaki maksimum açıklık(N)

l_1 = Dayanak açıklığı, örnek kalınlığının 20 katı (mm)

b = Örnek genişliği(mm)

t = Örnek kalınlığı(mm)

2.2.3.6. Yüzeye Dik Çekme Direncinin Belirlenmesi

Yüzeye dik yöndeki çekme direnci deneyi EN 319'da belirlenen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. 50 x 50 mm boyutlarında hazırlanan örneklerin yüzeye dik çekme dirençleri aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (EN 319, 1993).

$$\delta\epsilon d = \frac{F \max}{a * b} (N / mm^2) \quad (7)$$

Burada;

($\delta \epsilon d$) :Yüzeye dik çekme direnci (N/mm²)

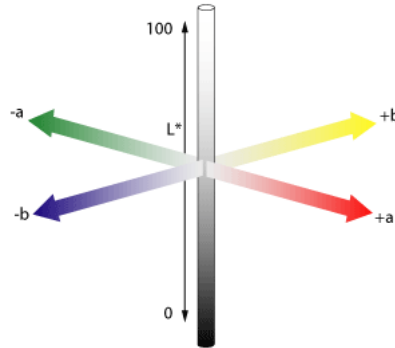
Fmax. :Kopma anındaki max. kuvvet (N)

a ve b: Örneğin uzunluk ve genişliği(mm)

2.2.3.7. Renk Değişimlerinin Belirlenmesi

Yanmayı geciktirici özellik gösteren kimyasal maddelerin levhaların direnç ve yanma özelliklerine olan etkileri dışında levha yapılarında meydana getirdikleri renk değişimlerini de belirlemek amacıyla L*a*b değerleri ISO 2470 (1977) standardına göre Minolta CM-2600d spektrofotometresi yardımıyla ölçülmüştür. Renk ölçümünde CIE L*a*b* sistemi tercih edilmiştir.

CIE L*a*b renk sistemi üç boyutlu bir modelle temsil edilir, algılanan renk farklılıkları renk değeri olarak ölçülmüş uzaklıklara denk gelir. Aydınlık (L) aşağıdan yukarıya gidildikçe azalır. Renkler rakamsal değerlerle ifade edilir (URL-12, 2006). L*a*b renk sistemi bir zıt renk sistemi olup renklerin açık-koyu, kırmızı-yeşil ve sarı-mavi olarak algılanması esasına dayanmaktadır. L* açık renklilik, a* ve b* ise kromatik koordinatları göstermektedir (Boardman vd., 1992).



Şekil 10. CIE L*a*b renk sistemi (URL-13, 2006)

+a*	Kırmızı yönü
-a*	Yeşil yönü
+b*	Sarı yönü
-b*	Mavi yönü

ΔE : Renk değişimi

ΔL : Açık renk farkını temsil etmektedir.

Merkez ise renksizdir. a* ve b* değerleri artarken renk noktası merkezden dışa doğru sapmakta ve rengin doygunluğu artmaktadır (Yeo vd., 2002).

L*a*b* değerleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmaktadır.

$$\Delta L^* = L_1^* - L_2^*$$

$$\Delta a^* = a_1^* - a_2^* \quad (8)$$

$$\Delta b^* = b_1^* - b_2^*$$

$$\Delta E^* = [\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}]^{1/2}$$

ΔE^* kontrol örneğine oranına oranla meydana gelen renk değişimini ifade etmektedir.

2.2.3.8. Mantar Çürüklük Testi

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilmiş levhaların aynı zamanda mantarlara karşı gösterdikleri direnci belirlemek amacıyla çürüklük testi yapılmıştır. Levha üretiminde kullanılan hammaddemizin büyük çoğunluğu yapraklı ağaç odunu olduğu için test örnekleri *Trametes-versicolor* mantarının saldırısına maruz bırakılmıştır. Bu test EN-113 standartına göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 25x50xörn.kalınlığı mm olacak şekilde 4 adet test 4 adet kontrol örneği hazırlanmıştır. Deney için 1 litre saf suya 48 g malt extract–agar çözeltisi konularak, 121 °C’de, 1.1 atmosferik basınçta 20 dakika süreyle sterilize edilmiştir. Ardından, çözelti her bir kollektür şişesine yaklaşık 100 cc oranında aktarılmış, şişelerin ağızları pamukla sıkıca kapatılmış ve tekrar 20 dakika süreyle sterilize edilmiştir. Daha sonra *Trametes-versicolor* mantar kültürleriyle besin ortamları aşılacaktır. 20 °C sıcaklık ve %65 bağıl nem şartlarında yaklaşık 10 gün süreyle mantar misellerinin besin ortamlarını sarması beklenilmiştir. Daha sonra, önceden tam kuru ağırlıkları belirlenmiş ve %12 rutubete getirilmiş test ve kontrol örneklerinin sterilizasyonu gerçekleştirilmiştir. Her bir kolle kültür şişesine sterilize edilen cam sehpa ve sehpa

üzerine de aynı varyasyona ait bir test ve bir kontrol örneği yerleştirilmiş, aynı işlem her varyasyon için 4 kez tekrarlanmıştır. Daha sonra kolle kültür şişeleri 20 °C sıcaklık ve % 65 bağıl nem ortamındaki steril klima dolabına yerleştirilmiştir (EN 113, 1997). *Trametes versicolor* mantarının saldırısına maruz bırakılan örneklerin ağırlık kayıpları yaklaşık 4 ay sonra ölçülerek belirlenmiştir. Şekil 11’de deney örneklerinin topluca görünüşü, Şekil 12’de ise bazı çürüklük test örneklerinin görünüşü verilmiştir.



Şekil 11. Mantar saldırısına maruz bırakılan deney örnekleri



(a)



(b)

Şekil 12. (a),(b) Mantar saldırısı sonucunda test ve kontrol örneklerinin görünüşü

İnkübasyon süresi bitiminde kontrol ve test örnekleri mantarlardan temizlenerek $103\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta bir gün süreyle etüvde değişmez ağırlığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. Örneklerin ağırlıkları tartılmış ve ağırlık kayıpları aşağıda verilen formülden hesaplanmıştır.

$$AK = \frac{t_{\ddot{o}} - t_s}{t_{\ddot{o}}} \times 100 \quad (8)$$

AK=Ağırlık Kaybı (%)

$t_{\ddot{o}}$ = Test öncesi tam kuru ağırlık (g)

t_s = Test sonrası tam kuru ağırlık (g)

2.2.3.9. Yanma Deneyleri

2.2.3.9.1. Yanma Mukavemetinin ASTM-E 69'a Göre Belirlenmesi

Yanmayı geciktirici karakterdeki çeşitli kimyasal maddelerle muamele edilerek üretilen levhaların ilgili yanma mukavemet deneyleri Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Mobilya ve Dekorasyon Bölümü laboratuvarlarında yapılmıştır.

Bu levhalara ait yanma deneyleri ASTM E-69 standartlarına uygun olarak yapılmıştır (ASTM-E-69, 2005). Belirtilen yanma standartının masif oduna yönelik olmasından dolayı levhalara uygulayabilmek adına bazı değişiklikler yapılarak modifiye edilmiştir. Bu amaçla, yanma esnasında meydana gelen ağırlık kaybını ölçmek için 0.01 g hassasiyetli dijital terazi kullanılmıştır. Yanmayı başlatmak için bütan gazı kullanılmıştır. Standartlarda belirtildiği gibi alev yüksekliği en fazla 25 cm ve sıcaklık en fazla 1000°C olacak şekilde düzenlenmiştir. Örnekler, yanma bacasının üst kısmından aşağıya doğru uzatılmış ve yanma başladığı andan itibaren optik algılayıcı yardımı ile ağırlık kaybı, sıcaklık ve açığa çıkan gazlardan CO, CO₂ ve O₂ her 30 saniyede bir ölçülmüştür. Yanma, doğal hava akışı olan bir bacanın altında gerçekleştirilmiştir. İlk 4 dakika boyunca yanma alev kaynaklı olarak, bundan sonraki 6 dakika boyunca da kendinden yanma olarak deney devam ettirilmiş ve toplam 10 dakikalık yanma sonucunda deney sonuçlandırılmıştır. Yanma düzeneği Şekil 10' da verilmiştir. Yanma sonucu oluşan sıcaklık ve açığa çıkan gazlar

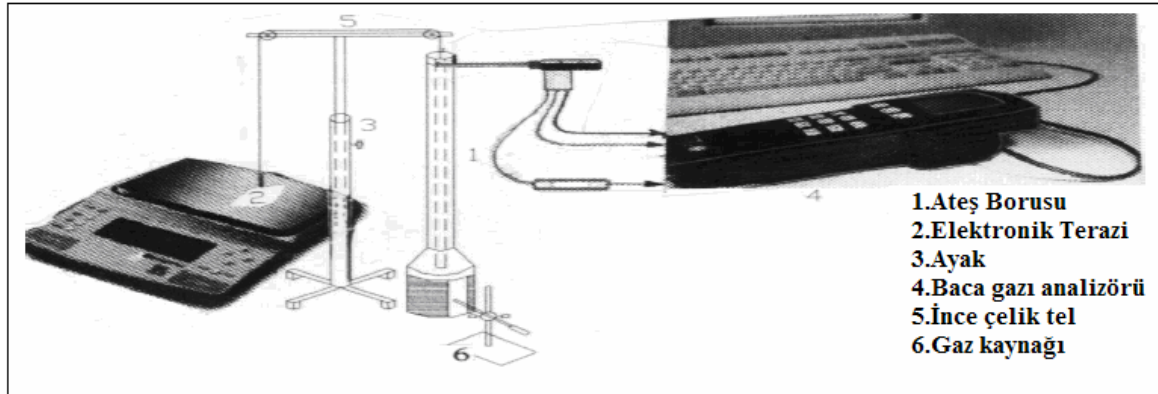
Testo 300 M ve XL analizörü ile ölçülmüştür. Testo 300 M ve XL analizörüne ait sıcaklık ölçüm bilgileri Tablo 14’te gaz ölçüm bilgileri ise Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo 14. Testo 300 M ve XL analizörüne ait sıcaklık ölçüm bilgileri

Sıcaklık Ölçüm Bilgileri	
Ölçüm aralığı	-40 / +1200 °C
Güven Aralığı	± 0.5 °C (0 +99.9 °C) ± 0.5 % of m.v.(+100 °C’de)
Hassasiyet	0.1/1 °C (+1000 °C)
Sensör Tipi	Sıcaklık Ölçer, Tipi K (NiCr-Ni)

Tablo 15. Testo 300 M ve XL analizörüne ait gaz ölçüm bilgileri

CO Ölçüm Bilgileri	
Ölçüm aralığı (ppm)	0-8000 ppm
Güven Aralığı	±20 ppm (to 400 ppm) ±5 % of m.v. (to 2000 ppm)
Hassasiyet	± 10 % of m.v. (to 8000 ppm)
Ölçüm prosedürü	Elektromekanik Ölçüm
Ölçüm Aralığı	t 90 < 30 s



Şekil 13. Yanma düzeneği

Yanma deneyi süresince 30 sn aralıklarla aşağıdaki ölçümler yapılmıştır:

- Ağırlık kaybı: Deneyin başlamasından itibaren her 30 saniyede bir 0,001g hassasiyette ölçüm yapabilen analitik terazi yardımı ile yanmada meydana gelen ağırlık değişimi ölçülmüştür.
- Sıcaklık: 30 saniye aralıkla yanma bacasının üstünde oluşan sıcaklık değişimi termoelementlerle kaydedilmiştir.
- O₂, CO, CO₂: 30 saniye aralıkla ortamda oluşan toplam yanmış gaz içerisinde açığa çıkan O₂ miktarı (%), CO miktarı (ppm), CO₂ miktarı (%) baca gazı analizörü yardımı ile ölçülmüştür.

2.2.3.9.2. TGA (Termogravimetrik Analiz) Yöntemiyle Yanma Mukavemetinin Belirlenmesi

Yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin, üretilen levhalar üzerindeki etkilerini daha hassas olarak enstrümental düzeyde belirlemek amacıyla; örnekler bir diğer yanma deneyine tabi tutulmuşlardır. Yöntem olarak, yanmayı belirleyici önemli bir analiz olan TGA tercih edilmiştir.

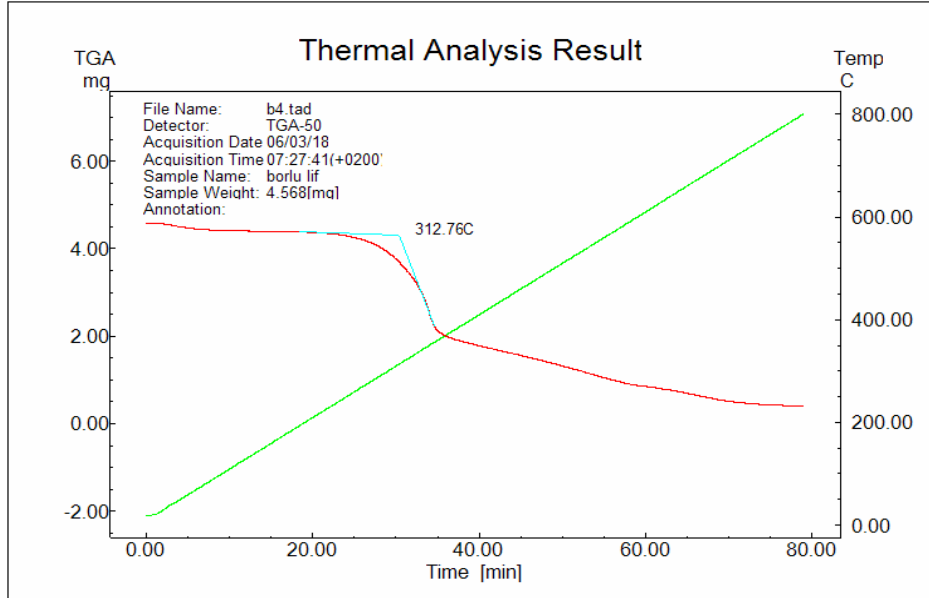
TGA testleri, bir odun örneği ısı kaynağına maruz kalırken o örnekte yapılan ağırlık ölçümlerini temel alan enstrümental yöntemlerden biridir. Mikro düzeyde örnekle çalışılması ve katı, sıvı örneklerin kolaylıkla analiz edilmesi sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemin temel kullanımı, polimerik materyallerin termal bozunmasını araştırmak ve bozunma esnasındaki kinetik verileri toplamaktır. Örnek hassas bir dengede asılı halde tutulmakta ve bu sırada bir fırın içinde ısıya maruz bırakılmaktadır. Örnek etrafında meydana gelen tutuşabilir ürünleri uzaklaştırmak üzere hava, azot veya diğer bir gaz dolaştırılmaktadır. Ağırlık kayıpları zamanın ve sıcaklığın fonksiyonu olarak kaydedilmektedir. İzotermal TGA'de, örnekteki ağırlık değişimi, sıcaklık sabit iken zamanın fonksiyonu olarak ele alınmaktadır. Dinamik veya non-izotermal TGA'de ise, örnekteki ağırlık kayıpları, sıcaklık verilen bir ısıtma oranında artarken hem zamanın hem sıcaklığın fonksiyonu olarak kaydedilmektedir. Derivativ (Türeyimsel) TGA'da, bilgisayar desteği ile sıcaklık pik geçiş değerleri elde edilmekte ve daha fazla bilgiye ulaşılabilmektedir (Yıldız, 2006; Peterson, 2002).

Test örneklerinin TGA ölçümleri, Kahramanmaraş Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarlarında bulunan Shimadzu marka TGA-50 cihazı

ile yapılmıştır. Bu amaçla, daha önce çeşitli kimyasal maddelerle muamele edilerek üretilmiş levhalar küçük parçalara ayrılarak bir öğütücü yardımıyla ufak toz haline getirilmiştir. Daha sonra bu toz halindeki liflerden yaklaşık 0,2 mg gibi mikro düzeyde örnek alınarak TGA panı içerisine yerleştirilmiş ve TGA cihazında enstrümental olarak ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 14. Schimadzu marka TGA-50 cihazı



Şekil 15. TGA cihazından alınan ölçüm grafik örneği

2.2.4. İstatistiksel Yöntem

Deneyisel çalışma sonucunda elde edilen veriler, SPSS istatistik paket programı kullanılarak %95 güven düzeyi esas alınarak analiz edilmiştir. %20 melamin katkıli tutkal ile 11 farklı kimyasal (BA, BX, NPB, ZNB, BA+BX, BA+NPB, MİN, MİNPB, MAF+BA+BX, MAF+BA+NPB, MAF+AL) ve dört farklı konsantrasyonda (%5, %10, %15 ve %20) üretilen MDF'lerin test örnekleri ile bunlara ait kontrol örneklerinin arasında, araştırılan her bir özelliikle ilgili olarak istatistiksel anlamda bir farklılık olup olmadığı basit varyans analizi(BVA) ile belirlenmiştir. Daha sonra %10 kimyasal madde konsantrasyonu sabit alınarak kimyasal madde türü, melamin katkı oranı ve bunların karşılıklı etkileşimleri çoğul varyans analizi(ÇVA) ile belirlenmiştir. Etkileşimlerin anlamlı çıkması durumunda, ortalama değerler Student Newman Keuls (SNK) testi ile karşılaştırılmıştır.

3. BULGULAR

Farklı konsantrasyonlarda çeşitli yanmayı geciktirici özellik gösteren kimyasal maddelerle muamele edilerek ve farklı melamin katkı oranında MÜF tutkalı kullanılarak üretilen deneme levhalarının ve kontrol levhalarının çeşitli özelliklerinin test edilmesi sonucu elde edilen bulgular sırasıyla verilmiştir.

3.1. Rutubet Miktarına Ait Bulgular

Kimyasal madde türü, kimyasal madde konsantrasyonu ve kullanılan tutkalın içerisindeki melamin katkı oranını değiştirmek suretiyle üretilen deneme levhalarının ve kontrol levhalarının rutubet miktarlarına ait ortalama değerler karşılaştırmalı olarak Tablo 16 ve Tablo 17 'de verilmiştir.

Tablo 16. Melamin katkı oranı % 20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri(%)

Deneme Varyasyonları	Kimyasal Madde Konsantrasyonu							
	%5		%10		%15		%20	
	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	7.76	0.11	7.75	0.12	7.74	0.28	7.88	0.06
BX	7.73	0.08	7.79	0.11	7.99	0.11	8.02	0.04
NPB	7.90	0.08	7.84	0.24	7.89	0.11	7.90	0.11
ZNB	7.81	0.12	8.16	0.05	8.15	0.12	8.10	0.03
BA+BX	7.88	0.05	7.89	0.02	8.12	0.10	8.19	0.09
BA+NPB	8.05	0.10	8.10	0.01	8.04	0.12	8.05	0.05
MİN	7.76	0.02	7.92	0.47	8.16	0.33	8.19	0.10
MİNPB	8.17	0.03	8.12	0.53	8.18	0.05	8.15	0.07
MAF+BA+BX	7.97	0.14	7.82	0.07	8.12	0.09	8.10	0.05
MAF+BA+NPB	7.60	0.31	7.62	0.36	8.03	0.08	7.97	0.13
MAF+AL	7.75	0.09	7.83	0.05	7.97	0.06	8.09	0.07
KONTROL	X				S			
	7.78				0.19			

Tablo 17. Melamin katkı oranı %15 ve %10 MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama rutubet değerleri(%)

Deneme Varyasyonları	Melamin katkı oranı			
	%15		%10	
	X	S	X	S
BA	7.85	0.06	7.88	0.02
BX	8.01	0.12	8.06	0.06
NPB	8.03	0.07	8.11	0.09
ZNB	8.15	0.05	8.17	0.03
BA+BX	8.15	0.06	8.12	0.04
BA+NPB	8.06	0.03	8.09	0.03
MİN	8.06	0.10	8.12	0.04
MİNPB	7.93	0.17	7.98	0.01
MAF+BA+BX	8.12	0.12	8.10	0.03
MAF+BA+NPB	8.01	0.14	8.05	0.09
MAF+AL	8.11	0.04	8.06	0.09
KONTROL	7.96	0.06	7.99	0.08

3.2. Yoğunluk Değerlerine Ait Bulgular

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5, %10, %15 ve %20 konsantrasyonlarda çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluklarına ait ortalama değerler karşılaştırmalı olarak Tablo 18'de, yine %15 ve %10 melamin katkıli MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluklarına ait ortalama değerler ise Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 18. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yoğunluk değerleri(kg/cm³)

Deneme Varyasyonları	Kimyasal Madde Konsantrasyonu							
	%5		%10		%15		%20	
	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	805	0.35	813	0.30	819	0.61	824	0.50
BX	806	0.71	809	0.44	818	0.50	825	0.25
NPB	801	0.28	806	0.14	816	0.26	827	0.41
ZNB	809	0.21	815	0.15	829	0.30	834	0.62
BA+BX	800	0.24	811	0.35	810	0.47	828	0.65
BA+NPB	803	0.40	810	0.44	814	0.20	816	0.56
MİN	808	0.32	815	0.35	820	0.30	831	0.43
MİNPB	810	0.26	814	0.73	820	0.51	825	0.52
MAF+BA+BX	803	0.35	806	0.75	815	0.20	825	0.65
MAF+BA+NP	806	0.31	817	0.52	818	0.30	821	0.41
MAF+AL	807	0.22	807	0.45	810	0.26	818	0.20
KONTROL	X				S			
	800				0.15			

Tablo 19. Melamin katkı oranı %15 ve %10 MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda farklı kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yoğunluk değerleri(kg/cm³)

Deneme Varyasyonları	Melamin katkı oranı			
	%15		%10	
	X	S	X	S
BA	817	0.35	815	0.30
BX	813	0.45	819	0.26
NPB	817	0.40	816	0.25
ZNB	824	0.30	819	0.65
BA+BX	822	0.56	822	0.30
BA+NPB	818	0.25	815	0.40
MİN	822	0.66	817	0.16
MİNPB	823	0.20	817	0.11
MAF+BA+BX	818	0.45	813	0.40
MAF+BA+NP	812	0.31	818	0.41
MAF+AL	808	0.26	813	0.31
KONTROL	804	0.20	808	0.55

Levha üretimi esnasında kullanılan MÜF tutkalının içeriğindeki melamin katkı oranı ve kullanılan kimyasal madde konsantrasyonu kendi içinde sabit alınmak koşuluyla, kullanılan kimyasal maddeleri birbirleri ve kontrolleri ile kıyaslamak amacıyla basit varyans analizi (BVA) yapılmış, ortaya anlamlı farklılıklar çıkması üzerine; bu farklılıklar

Newman Keuls (SNK) testi ile değerlendirilmiştir. Yoğunluk değerlerine ait BVA testi ve SNK testi ile elde edilen homojenlik grupları Tablo 20 ve Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 20. Yoğunluk değerlerine ait BVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Mel. Katkı Oranı	Kons (%)						
%20	%5	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	328.55	11	29.86	2.64	0.022
		G. içi	270.66	24	11.27		
		Toplam	599.22	35			
	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	808.97	11	73.54	3.52	0.005
		G. içi	500.66	24	20.86		
		Toplam	1309.63	35			
	%15	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1547.63	11	140.69	10.31	0.000
		G. içi	327.33	24	13.63		
		Toplam	1874.97	35			
%20	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.	
	G. arası	2480.22	11	225.47	9.78	0.000	
	G. içi	553.33	24	23.05			
	Toplam	3033.55	35				
%15	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1312.22	11	119.29	7.00	0.000
		G. içi	408.66	24	17.02		
		Toplam	1720.88	35			
%10	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	452.08	11	41.09	1.91	0.089
		G. içi	514.66	24	21.44		
		Toplam	966.75	35			

BVA sonuçlarına göre %10 melamin katkılı ve %10 konsantrasyondaki kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levha grupları ile bunların kontrolleri arasında istatistiksel bir farklılık saptanmamıştır. Ancak, diğer deneme varyasyonları arasında %5 yanılma olasılığıyla istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir.

Tablo 21. Yoğunluk değerlerine ait SNK testi sonuçları ve homojenlik grupları

Kimyasal madde	Melamin Katkı Oranı					
	%20			%15	%10	
	Konsantrasyon					
	%5	%10	%15	%20	%10	%10
	Homojenlik Grupları ⁽¹⁾					
BA	A	B	B	BCD	BCD	AB
BX	A	AB	B	BCD	ABCD	AB
NPB	A	AB	B	BCD	BCD	AB
ZNB	A	B	C	D	D	AB
BA+BX	A	AB	B	BCD	CD	B
BA+NPB	A	AB	B	B	BCD	AB
MIN	A	B	B	CD	CD	AB
MINPB	A	B	B	BCD	CD	AB
MAF+BA+BX	A	AB	B	BCD	BCD	AB
MAF+BA+NPB	A	B	B	BCD	ABC	AB
MAF+AL	A	AB	B	BC	AB	AB
KONTROL	A	A	A	A	A	A

*Harflerle ifade edilen homojenlik grupları, harf sırasına göre en düşük ortalamadan en yükseğe doğru sıralanmıştır. Aynı harfle işaretlenmiş varyasyonlar istatistiksel açıdan farksızdır.

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve 4 farklı konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerinin karşılaştırıldığı; buna bağlı olarak ta kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı çoğul varyans analizi (ÇVA) sonuçları ve bu analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek üzere uygulanan Student Newman Keuls (SNK) testi sonuçları sırasıyla Tablo 22 ve Tablo 23'te verilmektedir.

Tablo 22. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	1409.74	10	140.97	7.74	0.000
Konsantrasyon (B)	6620.30	3	2206.76	121.25	0.000
A*B (İnteraksiyon)	758.86	30	25.29	1.39	0.119
Hata	1638	90	18.20		
Toplam	89661895	135			

ÇVA sonuçlarına göre; kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun yoğunluk değerleri üzerine etkilerinin, istatistiksel açıdan %5 yanlışla olasılığıyla anlamlı olduğu; ancak karşılıklı etkileşimlerinin anlamsız olduğu bulunmuştur.

Tablo 23. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Yoğunluk değerleri (kg/cm ³)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BX	815	BCD
ZNB	822	E
BA+BX	816	BCD
BA	816	BCD
BA+NPB	811	B
NPB	813	BC
MİN	819	DE
MİNPB	817	CD
MAF+BA+BX	813	BC
MAF+BA+NPB	816	BCD
MAF+AL	811	B
KONTROL	800	A
Konsantrasyon		
%5	806	B
%10	811	C
%15	818	D
%20	825	E
KONTROL	800	A

Melamin katkı oranı %20, %15 ve %10 MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyondaki yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levha gruplarının yoğunluk değerlerinin karşılaştırıldığı; kimyasal madde türünün, tutkaldaki melamin katkı oranının ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı ÇVA sonuçları ve bunun sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek üzere gerçekleştirilen SNK testi sonuçları ve homojenlik grupları sırasıyla Tablo 24 ile Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 24. Melamin katkı oranı %20, %15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.005$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı (A)	763.38	2	381.69	19.29	0.000
Kimyasal Madde (B)	1936.66	11	176.06	8.90	0.000
A*B (İnteraksiyon)	636.61	22	28.93	1.46	0.116
Hata	1424	72	19.77		
Toplam	71643294	108			

ÇVA sonuçlarına göre; kimyasal maddenin ve melamin katkı oranının yoğunluk üzerine etkilerinin %5 yanılma olasılığıyla anlamlı, iki faktörün birbirleriyle karşılıklı etkileşimlerinin ise anlamsız olduğu belirlenmiştir.

Tablo 25. Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluklarına ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Yoğunluk değerleri (kg/cm ³)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BX	813	BCD
ZNB	819	D
BA+BX	818	CD
BA	815	BCD
BA+NPB	814	BCD
NPB	813	BCD
MİN	818	CD
MİNPB	818	CD
MAF+BA+BX	812	BC
MAF+BA+NPB	816	CD
MAF+AL	809	B
KONTROL	804	A
Melamin Katkı Oranı		
%10	816	B
%15	817	B
%20	811	A

3.3. Su Alma Oranına Ait Bulgular

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonda çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat süre ile su alma oranına (SAO) ait ortalama değerler Tablo 26’da, melamin katkı oranı %10, %15 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat süre ile su alma değerleri ise Tablo 27 ’de verilmiştir.

Tablo 26. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama 24 saat su alma değerleri(%)

Deneme Varyasyonları	Suda Bekl. Süresi (saat)	Kimyasal Madde Konsantrasyonu							
		% 5		% 10		% 15		% 20	
		X	S	X	S	X	S	X	S
BA	24	30.65	1.30	34.85	1.17	48.47	1.06	56.97	0.34
BX	24	35.47	0.78	39.46	0.84	56.58	1.51	59.55	1.48
NPB	24	37.81	1.47	40.94	1.28	55.51	0.76	61.53	1.05
ZNB	24	42.57	0.86	54.27	1.93	62.47	1.00	69.77	1.46
BA.+BX	24	31.13	2.15	34.25	1.02	44.98	1.36	58.41	0.87
BA+NPB	24	30.80	1.32	35.40	2.48	46.68	1.32	58.99	2.51
MİN	24	37.10	0.66	45.08	0.74	56.26	2.36	61.55	1.09
MİNPB	24	38.75	0.42	45.98	2.03	58.73	0.84	64.55	1.14
MAF+BA+BX	24	39.96	0.36	47.70	0.65	59.72	0.45	68.92	0.90
MAF+BA+NPB	24	44.25	0.63	51.25	1.05	62.18	0.29	68.01	2.49
MAF+AL	24	33.73	0.33	38.84	1.49	52.47	0.73	57.95	0.62
KONTROL	24	X				S			
		30.93				0.74			

Tablo 27. Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama 24 saat su alma değerleri(%)

Deneme Varyasyonları	Suda Bekl. Süresi (saat)	Melamin katkı oranı			
		% 15		% 10	
		X	S	X	S
BA	24	38.07	0.51	38.10	0.51
BX	24	40.95	0.51	44.04	0.74
NPB	24	41.55	0.52	45.55	0.58
ZNB	24	55.53	0.78	56.39	0.50
BA+BX	24	36.85	0.85	38.29	1.05
BA+NPB	24	38.59	0.44	40.01	0.40
MİN	24	45.51	0.66	48.24	0.96
MİNPB	24	46.98	0.05	48.46	0.68
MAF+BA+BX	24	47.67	0.55	51.22	1.90
MAF+BA+NPB	24	52.06	1.02	51.25	0.82
MAF+AL	24	38.67	0.89	43.29	0.94
KONTROL	24	32.59	1.40	33.38	0.77

Levha üretiminde kullanılan MÜF tutkalının içeriğindeki herbir melamin katkı oranı ve kullanılan kimyasal madde konsantrasyonu kendi içinde sabit alınmak koşuluyla, kullanılan kimyasal maddeleri kontrolleri ile kıyaslamak için BVA yapılmış, ortaya çıkan anlamlı farklılıklar SNK testi ile değerlendirilmiştir. 24 saat süredeki su alma değerlerine ait BVA testi ve SNK testine göre homojenlik grupları Tablo 28 ve Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 28. 24 saat su alma değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$)

Mel. Katkı Oranı	Kons (%)						
%20	%5	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	747.99	11	68.00	60.74	0.000
		G. içi	26.86	24	1.11		
		Toplam	774.86	35			
	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1760.15	11	160.01	80.83	0.000
		G. içi	47.50	24	1.98		
		Toplam	1807.66	35			
	%15	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	2681.58	11	243.78	178.86	0.000
		G. içi	32.71	24	1.36		
		Toplam	2714.29	35			
	%20	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	3378.33	11	307.12	159.36	0.000
		G. içi	46.25	24	1.92		
		Toplam	3424.59	35			
%15	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1493.71	11	135.79	235.52	0.000
		G. içi	13.83	24	0.57		
		Toplam	1507.55	35			
%10	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1458.68	11	132.60	160.96	0.000
		G. içi	19.77	24	0.82		
		Toplam	1478.46	35			

Tablo 28’de verilen 24 saat süre ile suda bekletme değerlerine ait BVA sonuçlarına göre; tüm deneme varyasyonları arasında istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir. Bu anlamlı farklılıkların değerlendirilmesi sonucunda belirlenen homojenlik grupları ise Tablo 29’daki şekilde sıralanmıştır.

Tablo 29. 24 saat su alma değerlerine ait SNK test sonuçları ve homojenlik grupları

Kimyasal madde	Melamin Katkı Oranı					
	%20			%15	%10	
	Konsantrasyon					
	%5	%10	%15	%20	%10	%10
Homojenlik Grupları						
BA	A	B	C	B	BC	B
BX	BC	C	C	BC	D	DE
NPB	DE	C	C	C	D	E
ZNB	F	F	G	E	H	H
BA+BX	A	B	B	BC	B	B
BA+NPB	A	B	BC	BC	C	C
MIN	CD	D	E	C	E	F
MINPB	DE	D	F	D	F	F
MAF+BA+BX	E	D	F	E	F	G
MAF+BA+NPB	F	E	G	E	G	G
MAF+AL	B	C	D	B	C	D
KONTROL	A	A	A	A	A	A

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile 4 farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının su alma değerlerinin karşılaştırıldığı; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı çoğul varyans analizinde tekrarlı ölçümler testi sonuçları ve bunun sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek üzere gerçekleştirilen SNK testi sonuçları ve homojenlik grupları sırasıyla Tablo 30 ve Tablo 31’de verilmiştir.

Tablo 30. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının su alma değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	5126.96	10	512.69	292.81	0.000
Konsantrasyon (B)	27801.37	3	9267.12	5292.75	0.000
A*B (İnteraksiyon)	409.08	30	13.63	7.78	0.000
Hata	157.58	90	1.751		

Deneme levhalarının 24 saat su alma değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki faktörün karşılıklı etkileşimlerinin istatistiksel olarak % 5 yanılma olasılığıyla etkili ve anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 31. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının su alma değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Su Alma Oranı (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BX	44.21	D
ZNB	53.08	J
BA+BX	39.64	B
BA	40.55	B
BA+NPB	40.37	B
NPB	45.17	E
MİN	46.31	F
MİNPB	48.18	G
MAF+BA+BX	50.04	H
MAF+BA+NPB	51.41	I
MAF+AL	43.02	C
KONTROL	28.118	A
Konsantrasyon		
%5	33.07	B
%10	38.79	C
%15	51.58	D
%20	59.10	E
KONTROL	28.11	A

Melamin katkı oranı %20, %15 ve %10 olan tutkal ile %10 konsantrasyondaki kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levha gruplarının su alma değerlerinin karşılaştırıldığı; kimyasal madde türünün, tutkaldaki melamin katkı oranının ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı çoğul varyans analizinde tekrarlı ölçümler testi sonuçları ve bu test sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek üzere gerçekleştirilen SNK testi sonuçları sırasıyla Tablo 32 ve Tablo 33'te verilmiştir.

Tablo 32. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının su alma değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı(A)	464.133	2	232.067	191.004	0.000
Kimyasal Madde (B)	7046.039	11	640.549	527.208	0.000
A*B (İnteraksiyon)	40.860	22	1.857	1.529	0.092
Hata	87.479	72	1.215		

ÇVA sonuçlarına göre; kimyasal madde ve melamin katkı oranının su alma değerleri üzerine etkilerinin, istatistiksel açıdan anlamlı oldukları ancak bunların karşılıklı etkileşimlerinin % 5 yanılma olasılığıyla anlamsız oldukları bulunmuştur.

Tablo 33. Melamin katkı oranı %20, %15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının su alma değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Su Alma Oranı (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	34.45	B
BX	37.34	D
NPB	38.93	E
ZNB	49.14	J
BA+BX	33.91	B
BA+NPB	35.82	C
MİN	42.12	F
MİNPB	43.73	G
MAF+BA+BX	45.35	H
MAF+BA+NPB	46.95	I
MAF+AL	37.48	D
KONTROL	29.27	A
Melamin katkı oranı		
%10	41.46	C
%15	39.26	B
%20	37.90	A

3.4. Kalınlık Artışına Ait Bulgular

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhası örneklerinin, 24 saat suda bekletilmesi sonucunda elde edilen % kalınlık artışı (KA) değerleri Tablo 34’de; yine melamin katkı oranı %10, %15 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhası örneklerinin, 24 saat suda bekletilmesi sonucu elde edilen % kalınlık artışı değerleri ise Tablo 35’te verilmiştir.

Tablo 34. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama 24 saat kalınlık artışı değerleri(%)

Deneme Varyasyonları	Suda Bekl. Süresi (saat)	Kimyasal Madde Konsantrasyonu							
		% 5		% 10		% 15		% 20	
		X	S	X	S	X	S	X	S
BA	24	9.42	0.31	15.72	0.43	25.42	0.70	40.01	0.15
BX	24	14.10	1.11	17.27	0.50	28.05	0.67	43.00	1.57
NPB	24	13.84	2.01	18.15	0.53	30.16	0.83	48.86	1.17
ZNB	24	17.15	0.93	21.61	0.44	34.17	1.02	58.83	0.78
BA+BX	24	9.57	0.53	16.34	0.49	22.03	0.86	40.63	0.59
BA+NPB	24	10.22	1.06	15.74	1.47	22.77	0.58	39.33	0.51
MİN	24	16.04	1.67	20.51	0.82	27.85	0.54	51.99	0.72
MİNPB	24	17.36	1.16	19.14	0.11	28.94	0.85	56.71	0.56
MAF+BA+BX	24	16.43	0.73	20.00	0.89	26.98	5.07	54.42	1.06
MAF+BA+NPB	24	16.38	0.54	21.77	0.56	30.84	0.25	56.55	1.52
MAF+AL	24	9.73	0.45	14.86	0.27	25.43	0.77	41.60	0.81
KONTROL	24	X				S			
		9.59				0.42			

Tablo 35. Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama 24 saat kalınlık artışı değerleri(%)

Deneme Varyasyonları	Suda Bekletme Süresi (saat)	Melamin katkı oranı			
		% 15		% 10	
		X	S	X	S
BA	24	14.66	0.52	15.74	0.65
BX	24	19.27	0.33	20.11	0.88
NPB	24	19.26	0.53	22.00	0.41
ZNB	24	26.05	0.09	29.46	0.91
BA+BX	24	14.84	0.22	15.32	0.94
BA+NPB	24	16.55	0.51	17.74	0.77
MİN	24	24.23	1.00	26.75	1.38
MİNPB	24	26.38	0.59	28.57	0.93
MAF+BA+BX	24	25.71	1.63	26.05	0.19
MAF+BA+NPB	24	26.96	1.10	28.81	0.31
MAF+AL	24	15.17	0.42	17.25	0.39
KONTROL	24	10.26	0.45	10.53	0.87

Deneme levhalarının üretimi esnasında kullanılan MÜF tutkalının içeriğindeki melamin katkı oranı ve levha üretiminde kullanılan kimyasal madde konsantrasyonu kendi içinde sabit alınmak koşuluyla, kullanılan kimyasal maddeleri kontrolleri ile birlikte kendi aralarında kıyaslamak amacıyla BVA yapılmıştır.

Bu analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek amacıyla ise SNK testi uygulanmıştır. 24 saat süredeki kalınlık artışı değerlerine ait BVA testi sonuçları ve SNK testine göre elde edilen homojenlik grupları sırasıyla Tablo 36 ve Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 36. 24 saat süre ile kalınlık artışı değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$)

Mel. Katkı Oranı	Kons (%)						
%20	%5	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	372.04	11	33.82	31.10	0.000
		G. içi	26.09	24	1.08		
		Toplam	398.13	35			
	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	368.90	11	33.53	74.49	0.000
		G. içi	10.80	24	0.45		
		Toplam	379.70	35			
	%15	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1262.44	11	114.76	43.85	0.000
		G. içi	62.80	24	2.61		
		Toplam	1325.25	35			
	%20	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	5878.08	11	534.37	624.42	0.000
		G. içi	20.53	24	0.85		
		Toplam	5898.61	35			
%15	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1097.01	11	99.72	179.70	0.000
		G. içi	13.31	24	0.55		
		Toplam	1110.32	35			
%10	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1388.34	11	126.21	199.76	0.000
		G. içi	15.16	24	0.63		
		Toplam	1403.51	35			

Tablo 36'da verilen BVA sonuçlarına göre; deneme levhası örneklerinin 24 saatlik kalınlık artışı değerleri açısından tüm deneme varyasyonları arasında % 5 yanılma olasılığıyla istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir.

Tablo 37. 24 saat süre ile kalınlık artışı değerlerine ait SNK test sonuçları

Kimyasal madde	Melamin Katkı Oranı					
	%20			%15	%10	
	Konsantrasyon					
	%5	%10	%15	%20	%10	%10
	Homojenlik Grupları					
BA	A	B	BC	BC	B	B
BX	BC	BC	CD	D	D	D
NPB	B	CD	D	E	D	E
ZNB	D	G	E	I	F	G
BA+BX	A	B	B	BC	B	B
BA+NPB	A	B	B	B	C	C
MIN	CD	FG	CD	F	E	F
MINPB	D	DE	CD	H	F	G
MAF+BA+BX	CD	EF	CD	G	F	F
MAF+BA+NPB	CD	G	D	H	F	G
MAF+AL	A	BC	BC	CD	B	B
KONTROL	A	A	A	A	A	A

BVA sonucunda belirlenen homojenlik grupları ise Tablo 37’de gösterildiği şekilde farklılıklar göstermiştir. %5, %10, %15 ve %20 konsantrasyonlarda kimyasal madde ile muamele edilerek üretilen ve tutkal olarak %20 melamin katkılı MÜF tutkalı kullanılan deneme levhalarının % kalınlık artışı değerlerinin karşılaştırılması; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırılması amacıyla, deney verilerine çoğul varyans analizinde tekrarlı ölçümler testi yapılmıştır. Test sonuçlarına göre, anlamlı farklılıklar elde edilmiş olup bu anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında gerçekleştiğini belirlemek amacıyla SNK testi gerçekleştirilmiştir. ÇVA ve SNK testi sonuçları ile homojenlik grupları sırasıyla Tablo 38 ve Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 38. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının kalınlık artışı değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	2983.475	10	298.348	349.855	0.000
Konsantrasyon (B)	41888.700	3	13962.900	16373.483	0.000
A*B (İnteraksiyon)	1147.968	30	38.266	44.872	0.000
Hata	76.750	90	0.853		

Tablo 38' den görüldüğü üzere, deney verilerine uygulanan ÇVA sonuçlarına göre; %20 melamin katkılı MÜF tutkalı ve %5,%10, %15 , %20 konsantrasyonlardaki kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levhaların % kalınlık artışı değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin % 5 yanılma olasılığıyla istatistiksel açıdan anlamlı oldukları bulunmuştur. Tablo 39'dan görüldüğü üzere; SNK testi sonucunda varyasyon kaynakları farklı homojenlik gruplarında yer almıştır.

Tablo 39. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının kalınlık artışı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Kalınlık artımı (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	19.15	B
BX	21.46	C
NPB	23.19	D
ZNB	28.45	H
BA+BX	19.2	B
BA+NPB	19.25	B
MİN	25.3	E
MİNPB	26.28	F
MAF+BA+BX	25.56	E
MAF+BA+NPB	27.07	G
MAF+AL	19.84	B
KONTROL	7.81	A
Konsantrasyon		
%5	11.041	B
%10	14.94	C
%15	23.00	D
%20	43.66	E
KONTROL	7.81	A

Melamin katkı oranı %20, %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlardaki kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levha gruplarının % kalınlık artışı değerlerini karşılaştırmak; kimyasal madde türünün, tutkaldaki melamin katkı oranının ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerini tespit etmek üzere, çoğul varyans analizinde tekrarlı ölçümler testi yapılmış, bu test sonuçları ile ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek üzere ise SNK testi

gerçekleştirilmiştir. Bu iki teste ait sonuçlar ve homojenlik grupları sırasıyla Tablo 40 ile Tablo 41’ de verilmiştir.

Tablo 40. Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhaların kalınlık artışı değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı(A)	311.153	2	155.577	322.708	0.000
Kimyasal Madde (B)	3256.285	11	296.026	614.037	0.000
A*B (İnteraksiyon)	227.052	22	10.321	21.408	0.000
Hata	34.711	72	0.482		

Tablo 40’da belirtildiği üzere ÇVA sonuçlarına göre; % kalınlık artışı değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, melamin katkı oranının etkilerinin ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin %5 yanılma olasılığıyla istatistiksel açıdan anlamlı oldukları görülmüştür.

Tablo 41. Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının kalınlık artışı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Kalınlık artımı (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	12.98	C
BX	15.84	D
NPB	16.09	D
ZNB	20.88	H
BA+BX	12.05	B
BA+NPB	13.11	C
MİN	18.99	F
MİNPB	20.52	GH
MAF+BA+BX	18.46	E
MAF+BA+NPB	20.11	G
MAF+AL	12.88	C
KONTROL	8.12	A
Melamin katkı oranı		
%10	17.29	C
%15	15.88	B
%20	14.35	A

3.5. Eğilme Direncine Ait Bulgular

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile 4 farklı konsantrasyonda kimyasal madde ve yine melamin katkı oranı %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 kimyasal madde kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerleri, istatistiksel olarak incelenmiş ve buna göre varyasyonlar arasındaki farklılıklar kontrolleri ile karşılaştırmalı olarak tablolar halinde özetlenmiştir.

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5, %10, %15 ve %20 konsantrasyonlarda kimyasal madde kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direncine ait ortalama değerler Tablo 42’de, %15,%10 melamin katkılı MÜF tutkalı ile %10 kimyasal madde kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direncine ait ortalama değerler ise Tablo 43’te verilmiştir.

Tablo 42. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değerleri(N/mm²)

Deneme Varyasyonları	Kimyasal Madde Konsantrasyonu							
	%5		%10		%15		%20	
	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	30.85	1.56	30.52	1.08	32.95	1.22	34.05	3.90
BX	29.99	2.54	30.14	0.98	24.41	0.65	20.81	2.51
NPB	27.98	1.62	26.75	1.46	22.15	2.96	18.10	1.03
ZNB	31.01	0.77	30.74	1.49	22.61	1.52	20.12	1.01
BA+BX	33.11	0.65	34.36	1.40	36.13	1.06	32.11	2.01
BA+NPB	32.72	4.14	33.94	2.48	34.70	3.52	29.36	1.06
MİN	33.62	1.34	36.62	1.32	36.82	1.58	38.00	2.55
MİNPB	34.67	1.41	38.14	2.00	38.84	2.52	36.38	3.06
MAF+BA+BX	31.35	1.08	32.58	2.58	33.21	2.94	30.21	0.87
MAF+BA+NPB	30.15	1.01	30.46	1.52	30.60	1.68	28.40	1.12
MAF+AL	35.46	3.05	40.57	0.67	39.08	0.95	36.75	1.21
KONTROL	X				S			
	34.59				0.70			

Tablo 43. Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ve kontrol levhasına ait ortalama eğilme direnci değerleri(N/mm²)

Deneme Varyasyonları	Melamin katkı oranı			
	%15		%10	
	X	S	X	S
BA	31.02	2.98	30.23	0.74
BX	27.61	0.56	27.89	0.69
NPB	26.67	0.82	25.96	1.08
ZNB	28.27	0.39	25.66	0.49
BA+BX	34.01	3.08	33.33	1.34
BA+NPB	33.05	1.88	31.35	0.78
MİN	36.92	0.31	31.29	4.12
MİNPB	37.06	0.84	35.81	1.43
MAF+BA+BX	30.31	1.21	29.78	0.53
MAF+BA+NPB	29.75	3.50	28.23	0.27
MAF+AL	38.28	1.32	34.61	3.20
KONTROL	32.73	1.97	31.25	1.45

Çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerleri arasında farklılıklar olup olmadığını belirlemek amacıyla; deneme levhalarının üretiminde kullanılan MÜF tutkalının içeriğindeki melamin katkı oranı ve kimyasal madde konsantrasyonu sabit alınmış ve buna bağlı olarak ta, kullanılan kimyasal maddeleri kontrolleri ile kıyaslamak amacıyla BVA yapılmıştır. Ortaya çıkan anlamlı farklılıklar ise SNK testi ile değerlendirilmiştir.

Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine uygulanan BVA testi ve SNK testine göre homojenlik grupları Tablo 44 ve Tablo 45'te verilmiştir. BVA test sonuçlarına göre, tüm deneme varyasyonları arasında istatistiksel anlamda farklılıklar belirlenmiş ve tüm varyasyonların eğilme direnci değerleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. SNK testi sonucuna göre ise, kimyasal madde türüne bağlı olarak levha grupları farklı homojenlik grubunda yer almıştır.

Tablo 44. Eğilme direnci değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$)

Mel. Katkı Oranı	Kons (%)						
%20	%5	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	172.35	11	15.66	4.11	0.002
		G. içi	91.36	24	3.80		
		Toplam	263.72	35			
	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	492.50	11	44.77	17.67	0.000
		G. içi	60.78	24	2.53		
		Toplam	553.29	35			
	%15	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1152.98	11	104.81	26.03	0.000
		G. içi	96.64	24	4.02		
		Toplam	1249.62	35			
	%20	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1555.84	11	141.44	34.78	0.000
		G. içi	97.60	24	4.06		
		Toplam	1653.44	35			
%15	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	486.91	11	44.26	12.25	0.000
		G. içi	86.66	24	3.61		
		Toplam	573.57	35			
%10	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	365.57	11	33.23	10.85	0.000
		G. içi	73.45	24	3.06		
		Toplam	439.03	35			

Tablo 45. Eğilme direnci değerlerine ait SNK test sonuçları

Kimyasal madde	Melamin Katkı Oranı					
	%20				%15	%10
	Konsantrasyon					
	%5	%10	%15	%20	%10	%10
	Homojenlik Grupları					
BA	AB	BCD	B	CDE	ABC	CD
BX	AB	B	A	A	A	AB
NPB	A	A	A	A	A	AB
ZNB	AB	B	A	A	BCD	A
BA+BX	B	CDE	BC	ABC	CD	D
BA+NPB	AB	BCD	BCD	B	BCD	BCD
MIN	B	DE	CD	E	BE	BCD
MINPB	B	EF	D	DE	DE	D
MAF+BA+BX	AB	BC	BC	BC	ABC	D
MAF+BA+NPB	AB	B	B	B	ABC	AB
MAF+AL	B	F	D	DE	E	D
KONTROL	B	CDE	BCD	CDE	BCD	BCD

Deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine uygulanan ÇVA ve SNK testi sonuçları Tablo 46 ve Tablo 47’de verilmiştir.

Tablo 46. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	2644.96	10	264.49	69.31	0.000
Konsantrasyon (B)	282.02	3	94.00	24.63	0.000
A*B (İnteraksiyon)	608.99	30	20.30	5.32	0.000
Hata	343.40	90	3.81		
Toplam	139577.26	135			

ÇVA sonuçlarına göre; eğilme direnci değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki faktörün birlikte etkilerinin %5 yanlış olasıyla istatistiksel açıdan anlamlı oldukları gözlenmiştir.

Tablo 47. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Eğilme direnci (N/mm ²)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	32.09	CD
BX	26.34	B
NPB	23.75	A
ZNB	26.12	B
BA+BX	33.92	DE
BA+NPB	32.68	DE
MİN	36.26	FG
MİNPB	37.01	G
MAF+BA+BX	31.84	CD
MAF+BA+NPB	29.98	C
MAF+AL	37.96	G
KONTROL	34.59	EF
Konsantrasyon		
%5	32.09	BC
%10	33.55	CD
%15	31.41	B
%20	29.48	A
KONTROL	34.59	D

Farklı oranlarda melamin katkı oranlı tutkal ile %10 konsantrasyonlardaki çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levha gruplarının eğilme direnci değerlerinin karşılaştırıldığı; kimyasal madde türünün, tutkaldaki melamin katkı oranının ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı ÇVA sonuçları ile bunun sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek üzere gerçekleştirilen SNK testi sonuçları ve homojenlik grupları sırasıyla Tablo 48 ile Tablo 49’ da verilmektedir.

Tablo 48. Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı(A)	133.78	2	66.89	21.80	0.000
Kimyasal Madde (B)	1241.90	11	112.90	36.79	0.000
A*B (İnteraksiyon)	103.08	22	4.68	1.52	0.092
Hata	220.90	72	3.06		
Toplam	113892.31	108			

Tablo 48’de verilen ÇVA sonuçlarından görüldüğü üzere; melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün ve tutkaldaki melamin katkı oranının birbirlerinden bağımsız olarak etkileri % 5 yanılma olasılığıyla istatistiksel açıdan anlamlı bulunurken, birlikte etkileri ise yine % 5 yanılma olasılığıyla anlamsız olarak bulunmuştur. Tablo 49’dan görüldüğü üzere ise denemelerde kullanılan varyasyon kaynakları farklı homojenlik grubu içerisinde yer almıştır.

Tablo 49. Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Eğilme direnci (N/mm ²)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	32.26	D
BX	28.54	AB
NPB	26.86	A
ZNB	28.22	AB
BA+BX	35.07	E
BA+NPB	32.78	D
MİN	34.95	E
MİNPB	37.00	F
MAF+BA+BX	30.89	CD
MAF+BA+NPB	29.48	BC
MAF+AL	37.82	F
KONTROL	32.86	D
Melamin katkı oranı		
%10	30.91	A
%15	32.13	B
%20	33.63	C

3.6. Yüze Dik Çekme Direncine Ait Bulgular

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5,%10,%15,%20 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ve kontrol levhasının ortalama yüze dik çekme değerleri Tablo 50’de, %10 ve %15 konsantrasyonda melamin katkı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama yüze dik çekme direnci değerleri ise Tablo 51’de verilmektedir.

Tablo 50. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal madde kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri(N/mm²)

Deneme Varyasyonları	Kimyasal Madde Konsantrasyonu							
	% 5		% 10		% 15		% 20	
	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	0.82	0.02	0.87	0.02	0.83	0.04	0.72	0.03
BX	0.74	0.05	0.71	0.02	0.64	0.03	0.61	0.03
NPB	0.74	0.03	0.73	0.05	0.59	0.03	0.51	0.02
ZNB	0.75	0.01	0.72	0.02	0.54	0.04	0.45	0.04
BA+BX	0.85	0.04	0.9	0.03	0.89	0.05	0.75	0.05
BA+NPB	0.82	0.05	0.84	0.01	0.83	0.05	0.74	0.03
MİN	0.93	0.04	0.95	0.03	0.97	0.04	0.92	0.03
MİNPB	1.03	0.03	1.04	0.03	0.99	0.03	0.87	0.02
MAF+BA+BX	0.83	0.04	0.85	0.02	0.89	0.04	0.74	0.01
MAF+BA+NPB	0.83	0.02	0.84	0.04	0.88	0.02	0.75	0.01
MAF+AL	0.96	0.03	1.13	0.02	1.15	0.03	0.98	0.03
KONTROL	X				S			
	0.88				0.03			

Tablo 51. Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda farklı kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri(N/mm²)

Deneme Varyasyonları	Melamin katkı oranı			
	% 15		% 10	
	X	S	X	S
BA	0.83	0.02	0.77	0.02
BX	0.71	0.06	0.68	0.04
NPB	0.73	0.07	0.69	0.05
ZNB	0.71	0.03	0.65	0.02
BA+BX	0.87	0.03	0.85	0.04
BA+NPB	0.83	0.03	0.84	0.02
MİN	0.93	0.04	0.90	0.01
MİNPB	0.98	0.05	0.98	0.06
MAF+BA+BX	0.82	0.03	0.81	0.04
MAF+BA+NPB	0.86	0.01	0.81	0.03
MAF+AL	1.07	0.06	1.08	0.02
KONTROL	0.87	0.02	0.82	0.03

Levha üretiminde kullanılan MÜF tutkalının içeriğindeki her bir melamin katkı oranı ve kullanılan kimyasal madde konsantrasyonu kendi içinde sabit alınmak koşuluyla, kullanılan kimyasal maddeleri kontrolleri ile kıyaslamak için BVA yapılmış, ortaya çıkan anlamlı farklılıklar SNK testi ile değerlendirilmiştir. Yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait BVA testi ve SNK testine göre homojenlik grupları Tablo 52 ve Tablo 53'te verilmiş olup tüm varyasyonlar arasında istatistiksel farklılıklar olduğu bulunmuştur.

Tablo 52. Yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$)

Mel.Katkı Oranı	Kons (%)						
%20	%5	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	0.28	11	0.02	18.41	0.000
		G. içi	0.03	24	0.001		
		Toplam	0.31	35			
	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	0.52	11	0.04	47.99	0.000
		G. içi	0.02	24	0.001		
		Toplam	0.55	35			
	%15	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	0.99	11	0.09	53.25	0.000
		G. içi	0.04	24	0.002		
		Toplam	1.03	35			
%20	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.	
	G. arası	0.85	11	0.07	70.48	0.000	
	G. içi	0.02	24	0.001			
	Toplam	0.88	35				
%15	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	0.38	11	0.03	18.36	0.000
		G. içi	0.04	24	0.002		
		Toplam	0.43	35			
%10	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	0.49	11	0.04	31.93	0.000
		G. içi	0.03	24	0.001		
		Toplam	0.53	35			

Tablo 53. Yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait SNK test sonuçları

Kimyasal madde	Melamin Katkı Oranı					
	%20				%15	%10
	Konsantrasyon					
	%5	%10	%15	%20	%10	%10
Homojenlik Grupları						
BA	AB	B	C	D	B	B
BX	A	A	B	C	A	A
NPB	A	A	AB	B	A	A
ZNB	A	A	A	A	A	A
BA+BX	B	BC	CD	D	B	BC
BA+NPB	AB	B	C	D	B	BC
MIN	C	C	DE	E	BC	C
MINPB	D	D	E	E	C	D
MAF+BA+BX	AB	B	CD	D	B	BC
MAF+BA+NPB	AB	B	CD	D	B	BC
MAF+AL	C	E	F	F	D	E
KONTROL	B	BC	CD	E	B	BC

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile 4 farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerinin karşılaştırıldığı; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı ÇVA sonuçları ve bunun sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek üzere gerçekleştirilen SNK testi sonuçları ve homojenlik grupları sırasıyla Tablo 54 ve Tablo 55'te verilmektedir.

Tablo 54. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	2.330	10	0.233	181.019	0.000
Konsantrasyon (B)	0.368	3	0.123	95.207	0.000
A*B (İnteraksiyon)	0.253	30	0.008	6.559	0.000
Hata	0.116	90	0.001		
Toplam	95.005	135			

Tablo 54'te verilen ÇVA sonuçlarına göre; 4 farklı konsantrasyonda kimyasal madde ve %20 melamin katkılı MÜF tutkalı kullanılarak üretilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerine, kullanılan kimyasal madde türünün, ve kimyasal madde konsantrasyonunun etkisinin %5 yanılma olasılığıyla anlamlı olduğu bulunmuştur. Yine Tablo 54'ten görüldüğü üzere; kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun karşılıklı etkileşimlerinin de %5 yanılma olasılığıyla istatistiksel açıdan anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 55. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm ²)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	0.81	C
BX	0.67	B
NPB	0.64	A
ZNB	0.61	A
BA+BX	0.85	C
BA+NPB	0.81	C
MİN	0.94	E
MİNPB	0.98	F
MAF+BA+BX	0.82	C
MAF+BA+NPB	0.82	C
MAF+AL	1.05	G
KONTROL	0.88	D
Konsantrasyon		
%5	0.85	BC
%10	0.87	BC
%15	0.83	B
%20	0.73	A
KONTROL	0.88	C

Farklı oranda melamin katkılı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değerlerinin karşılaştırıldığı; kimyasal madde türü, melamin katkı oranı ile bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı ÇVA sonuçları ile bu analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkları değerlendirmek üzere gerçekleştirilen SNK testi sonuçları Tablo 56 ile Tablo 57' de verilmektedir.

Tablo 56. Melamin katkı oranı %20, %15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı(A)	0.038	2	0.019	13.206	0.000
Kimyasal Madde (B)	1.392	11	0.127	87.698	0.000
A*B (İnteraksiyon)	0.020	22	0.001	0.630	0.888
Hata	0.104	72	0.001		
Toplam	79.822	108			

Tablo 56'daki ÇVA sonuçlarına göre; yüzeye dik çekme direnci üzerine, kimyasal madde türünün ve melamin katkı oranının etkilerinin istatistiksel açıdan anlamlı oldukları ancak bunların karşılıklı etkileşimlerinin %5 yanılma olasılığıyla anlamsız olduğu görülmektedir.

Tablo 57. Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yüzeye dik çekme direnci değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Yüzeye Dik Çekme Direnci (N/mm ²)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	0.82	B
BX	0.70	A
NPB	0.71	A
ZNB	0.69	A
BA+BX	0.87	B
BA+NPB	0.84	B
MİN	0.92	C
MİNPB	1.00	D
MAF+BA+BX	0.83	B
MAF+BA+NPB	0.83	B
MAF+AL	1.09	E
KONTROL	0.86	B
Melamin katkı oranı		
%10	0.82	A
%15	0.85	B
%20	0.87	C

3.7. Renk Değişimlerine Ait Bulgular

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve %5,%10,%15,%20 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler ile melamin katkı oranı %15,%10 olan MÜF tutkalı ve %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yapılarında meydana gelen renk değişimlerini tespit etmek amacıyla ΔE değerleri belirlenmiştir. Deneme levhalarının kontrol grubuna oranla renk farklılığını gösteren bu ortalama değerler karşılaştırmalı olarak Tablo 58 ve Tablo 59'da verilmiştir.

Tablo 58. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama ΔE değerleri

Deneme Varyasyonları	Kimyasal Madde Konsantrasyonu							
	%5		%10		%15		%20	
	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	10.25	0.91	14.55	0.38	16.11	0.31	19.05	0.09
BX	8.37	0.49	11.26	0.46	12.71	0.35	13.14	0.93
NPB	16.50	0.89	26.14	0.06	31.44	0.55	38.08	0.08
ZNB	15.11	0.86	20.81	0.61	26.84	0.28	30.28	0.19
BA+BX	7.68	5.58	13.31	0.55	15.34	0.91	16.35	0.43
BA+NPB	15.04	1.01	18.60	0.37	21.69	0.40	28.28	0.14
MİN	9.61	0.52	10.59	0.29	11.40	0.50	13.82	0.11
MİNPB	13.57	0.82	16.62	0.53	20.34	1.04	25.51	0.60
MAF+BA+BX	9.20	0.20	11.24	0.21	14.44	0.59	16.60	0.51
MAF+BA+NPB	11.29	0.28	16.29	0.64	19.29	0.42	23.39	0.63
MAF+AL	6.53	0.25	7.05	0.05	8.97	0.30	10.01	0.02

Tablo 59. Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait ortalama ΔE değerleri

Deneme Varyasyonları	Melamin katkı oranı			
	%15		%10	
	X	S	X	S
BA	13.65	0.55	15.27	0.03
BX	12.29	0.32	13.71	0.06
NPB	27.51	0.39	29.27	0.23
ZNB	20.40	0.80	22.11	0.10
BA+BX	14.04	0.16	14.25	0.44
BA+NPB	19.73	0.66	21.33	0.48
MİN	10.64	0.55	9.59	0.42
MİNPB	17.55	0.48	18.25	0.27
MAF+BA+BX	12.30	0.32	11.90	0.26
MAF+BA+NPB	16.03	0.07	16.06	0.06
MAF+AL	8.04	0.07	7.62	0.49

Levha üretiminde kullanılan MÜF tutkalının içeriğindeki her bir melamin katkı oranı ve kullanılan kimyasal madde konsantrasyonu kendi içinde sabit alınmak koşuluyla, kullanılan kimyasal maddeleri kontrolleri ile kıyaslamak için BVA yapılmış, ortaya çıkan anlamlı farklılıklar SNK testi ile değerlendirilmiştir. Renk değişimi değerlerine ait BVA testi ve SNK testine göre homojenlik grupları Tablo 60 ve Tablo 61’de verilmiştir.

Tablo 60. Renk değişimi değerlerine ait BVA testi($p \leq 0.05$)

Mel. Katkı Oranı	Kons (%)						
%20	%5	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	340.19	10	34.02	10.38	0.000
		G. içi	72.09	22	3.27		
		Toplam	412.29	32			
	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	865.92	10	86.59	470.81	0.000
		G. içi	4.04	22	0.18		
		Toplam	869.97	32			
	%15	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1368.22	10	136.82	418.42	0.000
		G. içi	7.19	22	0.32		
		Toplam	1375.41	32			
	%20	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	2204.09	10	220.41	1104.60	0.000
		G. içi	4.39	22	0.20		
		Toplam	2208.48	32			
%15	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	887.59	10	88.75	418.50	0.000
		G. içi	4.66	22	0.21		
		Toplam	892.25	32			
%10	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1148.01	10	114.80	1176.27	0.000
		G. içi	2.14	22	0.09		
		Toplam	1150.16	32			

Tablo 61. Renk değişimi değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Kimyasal madde	Melamin Katkı Oranı					
	%20			%15	%10	
	Konsantrasyon					
	%5	%10	%15	%20	%10	%10
	Homojenlik Grupları					
BA	AB	D	C	D	D	F
BX	A	B	E	B	C	D
NPB	D	H	J	I	H	K
ZNB	CD	G	I	H	G	J
BA+BX	A	C	DE	C	D	E
BA+NPB	CD	F	H	G	G	I
MIN	AB	B	B	B	B	B
MINPB	BCD	E	G	F	F	H
MAF+BA+BX	AB	B	D	C	C	C
MAF+BA+NPB	ABC	E	F	E	E	G
MAF+AL	A	A	A	A	A	A

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile 4 farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levhaların ΔE değerlerinin karşılaştırıldığı; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı ÇVA sonuçları ve ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirildiği SNK testi sonuçları sırasıyla Tablo 62 ve Tablo 63'te verilmektedir.

Tablo 62. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ΔE değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	4258.25	10	425.82	427.14	0.000
Konsantrasyon (B)	1835.35	3	611.78	613.68	0.000
A*B (İnteraksiyon)	520.19	30	17.34	17.39	0.000
Hata	87.72	88	0.99		
Toplam	42327.35	132			

Tablo 62'deki ÇVA sonuçlarına göre; deneme levhalarının ΔE değerleri üzerine kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin istatistiksel açıdan %5 yanılma olasılığıyla anlamlı oldukları gözlenmiştir.

Tablo 63. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ΔE değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	ΔE	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	14.99	D
BX	11.37	B
NPB	28.04	I
ZNB	23.26	H
BA+BX	13.17	C
BA+NPB	20.90	G
MİN	11.35	B
MİNPB	19.01	F
MAF+BA+BX	12.87	C
MAF+BA+NPB	17.56	E
MAF+AL	8.14	A
Konsantrasyon		
%5	11.19	A
%10	15.13	B
%15	18.05	C
%20	21.32	D

Melamin katkı oranı %20, %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levha gruplarının ΔE değerlerine uygulanan ÇVA ve SNK testi sonuçları ile homojenlik grupları sırasıyla Tablo 64 ile Tablo 65’ te verilmiştir.

Tablo 64. Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ΔE değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı(A)	22.76	2	11.38	69.17	0.000
Kimyasal Madde (B)	2869.64	10	286.96	1744.09	0.000
A*B (İnteraksiyon)	31.88	20	1.59	9.69	0.000
Hata	10.85	66	0.16		
Toplam	27339.23	99			

Tablo 64’te verilen ÇVA sonuçlarına göre; ΔE değerleri üzerine kimyasal maddenin, melamin katkı oranının ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin istatistiksel açıdan %5 yanılma olasılığıyla anlamlı oldukları görülmektedir.

Tablo 65. Melamin katkı oranı %20, %15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ΔE değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	ΔE	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	14.49	F
BX	12.42	D
NPB	27.64	K
ZNB	21.11	J
BA+BX	13.87	E
BA+NPB	19.89	I
MİN	10.27	B
MİNPB	17.47	H
MAF+BA+BX	11.81	C
MAF+BA+NPB	16.13	G
MAF+AL	7.57	A
Melamin katkı oranı		
%10	16.30	C
%15	15.65	B
%20	15.13	A

3.8. Mantar Çürüklük Testi

Beyaz çürüklük mantarı *Trametes versicolor*'a maruz bırakılan levha gruplarının test ve kontrol örneklerine ait yüzde ağırlık kaybına ilişkin ortalama değerler Tablo 66 ve Tablo 67'de gösterilmektedir.

Tablo 66. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5 ve %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait çürüklük testi ağırlık kayıpları(%)

Deneme Varyasyonları	%5 Konsantrasyon				%10 Konsantrasyon			
	Test		Kontrol		Test		Kontrol	
	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	4.65	0.46	17.62	0.37	3.86	0.52	17.77	0.64
BX	2.29	0.25	18.38	0.76	1.48	0.50	18.66	0.43
NPB	6.14	0.49	19.49	0.60	5.00	0.49	19.47	0.62
ZNB	2.76	0.42	18.79	1.00	2.24	0.30	19.42	0.52
BA+BX	3.82	0.46	17.61	0.95	3.62	0.44	18.22	0.51
BA+NPB	5.81	0.57	18.36	1.25	4.98	0.67	18.20	0.76
MİN	8.98	0.64	18.64	0.48	7.98	0.26	18.82	0.25
MİNPB	9.11	0.40	18.81	0.57	7.94	0.78	18.45	0.68
MAF+BA+BX	6.15	0.44	18.27	0.51	5.15	0.24	18.46	0.34
MAF+BA+NPB	6.15	0.15	19.66	1.08	5.67	0.49	18.47	0.49
MAF+AL	11.14	0.82	18.39	0.51	10.99	0.71	18.28	0.39

*Bu test, diğer testlerden farklı olarak %20 melamin katkı tutkal ile birlikte %5 ve %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılarak üretilen levha gruplarına uygulanmıştır.

Tablo 67. Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarına ait çürüklük testi ağırlık kayıpları(%)

Deneme Varyasyonları	%15				%10			
	Test		Kontrol		Test		Kontrol	
	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	4.20	0.28	18.74	0.45	4.46	0.29	18.79	0.50
BX	1.94	0.15	18.38	0.62	2.55	0.37	18.02	0.57
NPB	5.50	0.60	19.96	0.69	5.83	1.07	18.81	0.79
ZNB	2.54	0.38	18.76	0.50	2.80	0.55	18.33	0.37
BA+BX	5.93	0.25	18.27	0.84	6.62	0.61	18.42	0.52
BA+NPB	5.41	0.62	18.71	0.43	5.45	0.46	18.20	0.23
MİN	8.37	0.39	19.88	0.65	8.66	0.37	18.52	0.48
MİNPB	8.71	0.42	18.41	0.55	8.74	0.69	18.56	0.39
MAF+BA+BX	6.11	0.20	18.57	0.31	6.22	0.44	18.62	0.42
MAF+BA+NPB	6.53	0.36	18.12	0.16	6.24	0.32	18.66	0.37
MAF+AL	11.79	0.78	18.63	0.34	11.55	0.55	17.94	0.55

Ağırlık kaybı değerlerine ait BVA testi ve SNK testine göre homojenlik grupları Tablo 68 ve Tablo 69’da verilmiştir.

Tablo 68. Ağırlık Kaybı (%) değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$)

Mel. Katkı Oranı	Kons (%)						
		Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
%20	%5	G. arası	303.22	10	30.32	122.72	0.000
		G. içi	8.15	33	0.24		
		Toplam	311.37	43			
		Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
	%10	G. arası	302.76	10	30.27	110.22	0.000
		G. içi	9.06	33	0.27		
		Toplam	311.83	43			
%15	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	315.79	10	31.57	157.88	0.000
		G. içi	6.60	33	0.20		
		Toplam	322.39	43			
%10	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	279.57	10	27.95	87.72	0.000
		G. içi	10.51	33	0.31		
		Toplam	290.09	43			

Tablo 69. Ağırlık kaybı değerlerine ait SNK test sonuçları ve homojenlik grupları

Kimyasal madde	Melamin Katkı Oranı			
	%20		%15	%10
	Konsantrasyon			
	%5	%10	%10	%10
	Homojenlik Grupları			
BA	C	C	B	B
BX	A	A	A	A
NPB	D	D	C	CD
ZNB	A	B	A	A
BA+BX	B	C	CD	D
BA+NPB	D	D	C	C
MIN	E	E	E	E
MINPB	E	E	E	E
MAF+BA+BX	D	D	CD	CD
MAF+BA+NPB	D	D	D	CD
MAF+AL	F	F	F	F

Tablo 68 ve Tablo 69’den görüldüğü üzere *T. versicolor* mantarının tahribatına maruz bırakılan test örnekleri arasında istatistiksel açıdan %5 yanılma olasılığıyla anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir.

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5,%10 konsantrasyonlardaki kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levha gruplarına uygulanan ÇVA ve SNK testi sonuçları Tablo 70 ile Tablo 71’de verilmektedir.

Tablo 70. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5 ve %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının çürüklük testi ağırlık kaybı değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	603.474	10	60.347	231.328	0.000
Konsantrasyon (B)	11.892	1	11.892	45.587	0.000
A*B (İnteraksiyon)	2.516	10	0.252	0.964	0.482
Hata	17.218	66	0.261		
Toplam	3521.072	88			

ÇVA sonuçlarına göre; ağırlık kaybı üzerine kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun etkileri; %5 yanılma olasılığıyla anlamlı bulunurken bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimleri ise anlamsız olarak bulunmuştur.

Tablo 71. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5 ve %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının çürüklük testi ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Ağırlık Kaybı (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	4.25	D
BX	1.89	A
NPB	5.57	E
ZNB	2.50	B
BA+BX	3.72	C
BA+NPB	5.39	E
MİN	8.48	F
MİNPB	8.52	F
MAF+BA+BX	5.65	E
MAF+BA+NPB	5.91	E
MAF+AL	11.07	G

Farklı oranlarda melamin katkılı tutkal ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levha gruplarının ağırlık kaybı üzerine, bu faktörlerin

etkisini belirlemek üzere yapılan ÇVA sonuçları ve ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirildiği SNK testi sonuçları sırasıyla Tablo 72 ile Tablo 73'te verilmektedir.

Tablo 72. Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile 10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ağırlık kaybına ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı(A)	885.742	10	88.574	334.913	0.000
Kimyasal Madde (B)	21.161	2	10.580	40.006	0.000
A*B (İnteraksiyon)	12.397	20	0.620	2.344	0.003
Hata	26.182	99	0.264		
Toplam	5563.204	132			

Tablo 72'deki ÇVA sonuçlarından, deneme levhalarının ağırlık kaybı üzerinde, kimyasal madde türünün, melamin katkı oranının ve bunların karşılıklı etkileşimlerinin %5 yanılma olasılığıyla anlamlı oldukları görülmektedir.

Tablo 73. Melamin katkı oranı %20, %15, %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda farklı kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ağırlık kaybına ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	Ağırlık Kaybı (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	4.17	C
BX	2.01	A
NPB	5.44	D
ZNB	2.53	B
BA+BX	5.39	D
BA+NPB	5.28	D
MİN	8.34	G
MİNPB	8.46	G
MAF+BA+BX	5.83	DF
MAF+BA+NPB	6.15	F
MAF+AL	11.44	H
Melamin katkı oranı		
%20	5.35	A
%15	6.09	B
%10	6.28	B

3.9. Yanma Deneyleri

Çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilerek üretilen levhaların yanma özellikleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonlarının, kullanılan tutkaldaki melamin katkı oranlarının etkilerini belirlemek üzere yapılan yanma deneyleri iki yöntem yardımıyla belirlenmiştir. Birinci olarak, yanma özelliklerinin belirlenmesi amacıyla; alev kaynaklı yanma(AKY) ve kendi kendine yanma(KKY) olmak üzere iki aşamada gerçekleşen yanma mukavemet deneyleri yapılmıştır. İkinci olarak ise enstrümental bir analiz olan ve yüksek ısı altında örnek ağırlığında meydana gelen değişimlerin hesaplanması esasına dayanan Termogravimetrik analiz(TGA) ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

3.9.1.Yanma Mukavemeti Deneyine Ait Bulgular

Deney örneklerinden AKY ve KKY sırasında elde edilen ağırlık kaybı(%), sıcaklık($^{\circ}$ C), O_2 (%), CO_2 (%), CO(ppm) miktarlarına ait ortalama değerler ve verilerin istatistiksel olarak değerlendirmeleri ilgili tablolarda sırasıyla verilmiştir.

3.9.1.1.Alev Kaynaklı Yanmaya(AKY) Ait Bulgular

Farklı konsantrasyonda yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilmiş ve %20 melamin katkılı tutkal kullanılarak üretilmiş deneme levhalarının alev kaynağı açıkken(AKY) yapılan ölçümlerinin sonucunda tespit edilen ortalama ağırlık kaybı(%), sıcaklık($^{\circ}$ C), O_2 (%), CO_2 (%), CO(ppm) değerleri sırasıyla Tablo 74 ve Tablo 75'te verilmiştir. %15 ve %10 melamin katkılı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda farklı kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme ve kontrol levhalarının AKY sonucunda elde edilen ortalama ağırlık kaybı(%), sıcaklık($^{\circ}$ C), O_2 (%), CO_2 (%), CO(ppm) değerleri ise Tablo 76 ve Tablo 77' de verilmiştir.

Tablo 74. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama AKY ağırlık kaybı(%) ve sıcaklık (°C) değişim değerleri

%20 Melamin katkılı MÜF																
Deneme vary.	Ağırlık Kaybı(%)								Sıcaklık(°C)							
	%5		%10		%15		%20		%5		%10		%15		%20	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	6.93	1.94	5.61	1.09	4.42	0.58	3.46	0.84	173.34	53.84	138.46	45.86	101.79	40.21	91.12	31.55
BX	7.21	2.18	6.37	1.93	5.01	1.17	4.01	1.18	167.75	57.21	127.47	50.59	111.81	45.12	98.96	29.17
NPB	11.5	3.35	8.11	1.67	6.89	2.21	5.21	2.88	259.00	65.89	190.13	45.53	145.91	53.14	123.41	33.17
ZNB	8.99	1.25	7.25	2.07	5.63	1.91	4.30	2.47	262.91	62.20	183.23	49.46	169.34	45.77	92.33	21.97
BA+BX	7.04	0.95	5.52	2.12	4.12	2.12	3.31	1.60	185.62	57.47	145.34	43.25	127.62	39.60	109.94	35.69
BA+NPB	11.1	3.52	7.13	3.07	6.51	1.30	4.53	1.23	205.78	65.99	182.26	59.30	150.06	51.78	121.39	37.74
MIN	9.93	3.21	7.85	3.11	7.12	2.17	5.01	2.15	200.29	74.22	171.92	57.76	160.51	44.48	114.72	32.09
MINPB	13.1	2.12	8.79	3.99	8.24	1.01	5.32	2.76	288.73	68.40	200.05	63.59	171.86	53.72	131.08	39.92
MAF+BA+BX	8.56	1.25	6.01	2.21	4.79	1.53	3.69	1.13	198.58	59.14	163.33	41.29	113.68	39.17	103.04	23.96
MAF+BA+NPB	9.23	2.13	7.03	2.01	5.90	1.99	4.23	2.74	185.59	68.28	175.43	50.28	158.95	43.62	124.19	37.02
MAF+AL	7.24	1.54	5.34	1.69	4.18	1.10	3.40	1.42	190.73	50.84	157.67	49.99	139.83	38.17	111.07	28.14
	X				S				X				S			
KONTROL	35.2				7.21				306.8				118			

Tablo 75. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama AKY O₂(%), CO₂(%) ve CO(ppm) değişim değerleri

%20 Melamin katkıli MÜF																								
Deneme vary.	O ₂ (%)								CO ₂ (%)								CO(ppm)							
	%5		%10		%15		%20		%5		%10		%15		%20		%5		%10		%15		%20	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	19.03	0.16	19.62	0.22	20.54	0.32	20.59	0.18	1.41	0.32	1.24	0.25	1.14	0.13	0.78	0.09	159.19	24.76	103.5	32.12	88.03	30.11	59.06	22.26
BX	19.85	0.19	20.08	0.23	20.31	0.29	20.47	0.09	0.96	0.23	0.73	0.08	0.56	0.18	0.30	0.18	106.81	35.98	83.26	24.26	58.44	29.72	39.61	17.83
NPB	19.52	0.21	20.09	0.13	20.35	0.23	20.79	0.13	1.83	0.22	1.27	0.28	0.64	0.25	0.78	0.22	152.56	38.24	143.78	39.12	85.75	55.19	62.69	37.75
ZNB	19.39	0.18	19.51	0.49	20.09	0.33	19.97	0.24	1.41	0.96	1.35	0.42	0.95	0.27	0.69	0.33	146.49	25.99	139.69	40.21	100.66	43.82	55.94	27.13
BA+BX	19.48	0.17	19.56	0.26	19.76	0.26	20.33	0.12	0.99	0.22	0.81	0.21	0.59	0.31	0.41	0.09	157.21	33.37	122.06	38.12	88.69	26.21	58.13	29.88
BA+NPB	19.11	0.73	19.81	0.15	20.09	0.46	20.13	0.23	1.34	0.81	1.23	0.27	0.99	0.21	0.47	0.17	194.13	56.59	137.38	40.98	91.50	41.18	86.25	31.14
MIN	19.96	0.82	19.99	0.36	20.1	0.23	20.38	0.04	1.67	0.16	1.44	0.19	0.94	0.31	0.79	0.21	275.13	66.42	166.50	50.14	116.44	53.37	80.81	30.63
MINPB	19.54	0.17	19.71	0.52	19.86	0.46	20.11	0.31	1.37	0.22	1.14	0.21	0.97	0.22	0.87	0.31	255.25	69.61	169.94	39.21	112.09	58.61	89.69	29.27
MAF+BA+BX	19.79	0.16	20.04	0.15	20.18	0.06	20.63	0.09	1.09	0.32	0.47	0.13	0.63	0.26	0.38	0.29	116.88	30.75	93.63	31.61	80.63	26.66	49.63	15.85
MAF+BA+NPB	19.77	0.25	19.87	0.05	20.19	0.15	20.18	0.29	1.11	0.28	0.92	0.36	0.78	0.33	0.79	0.44	178.01	40.62	136.81	50.33	117.85	40.94	79.75	23.85
MAF+AL	18.59	0.19	19.91	0.04	20.1	0.03	20.35	0.11	1.16	0.19	0.75	0.23	0.59	0.25	0.22	0.08	115.5	36.01	82.88	30.22	93.50	33.31	51.75	22.52
	X				S				X				S				X				S			
KONTROL	18.8				0.96				2.24				0.78				183.5				30.79			

Tablo 76. Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama AKY ağırlık kaybı(%) ve sıcaklık değişim değerleri(°C)

%10 konsantrasyonda kimyasal madde								
Deneme vary.	Ağırlık Kaybı(%)				Sıcaklık(°C)			
	Melamin katkı oranı				Melamin katkı oranı			
	%15		%10		%15		%10	
	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	7.03	1.89	8.14	2.01	150.13	24.43	165.49	30.25
BX	7.22	2.02	8.85	1.35	140.08	32.83	160.62	28.25
NPB	11.56	3.36	13.02	5.02	221.44	35.09	266.71	42.76
ZNB	8.81	2.86	10.36	3.94	194.43	39.94	218.03	40.07
BA+BX	7.24	2.35	8.53	2.14	152.94	27.29	168.33	47.51
BA+NPB	9.13	2.41	10.08	2.75	211.08	24.37	232.26	35.02
MIN	9.74	2.90	11.13	4.04	182.01	31.01	195.60	63.87
MINPB	10.06	2.94	12.75	3.88	227.71	43.72	238.13	45.61
MAF+BA+BX	7.31	2.27	8.95	2.27	172.94	20.61	184.21	34.34
MAF+BA+NPB	8.99	3.01	10.09	3.51	190.97	36.04	200.62	56.20
MAF+AL	6.96	2.05	7.89	2.18	165.21	35.46	170.22	27.59
KONTROL	39.03	6.12	42.01	6.91	338.96	84.02	380.43	90.3

Tablo 77. Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama AKY O₂(%), CO₂(%), CO(ppm) değişim değerleri

%10 konsantrasyonda kimyasal madde												
Deneme vary.	O ₂ (%)				CO ₂ (%)				CO(ppm)			
	Melamin katkı oranı											
	%15		%10		%15		%10		%15		%10	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	19.16	0.31	19.06	0.16	1.06	0.27	0.37	0.17	117.09	27.35	134.63	39.65
BX	19.73	0.27	19.64	0.26	0.91	0.34	0.27	0.18	97.13	32.55	127.69	41.50
NPB	20.04	0.41	20.01	0.19	1.29	0.22	1.33	0.37	155.87	37.58	162.36	26.73
ZNB	19.34	0.29	19.12	0.24	1.33	0.18	1.42	0.48	142.53	22.37	152.63	29.81
BA+BX	19.36	0.15	19.13	0.12	1.10	0.24	1.04	0.38	137.33	26.10	142.38	27.45
BA+NPB	19.73	0.22	19.67	0.25	1.78	0.33	1.85	0.21	163.75	37.85	178.15	34.89
MIN	20.02	0.27	20.01	0.17	1.53	0.19	1.39	0.28	158.91	27.18	172.31	35.06
MINPB	19.61	0.24	19.53	0.31	1.61	0.25	1.72	0.38	172.56	31.35	183.88	48.59
MAF+BA+BX	19.85	0.31	19.80	0.29	1.16	0.37	1.73	0.37	121.56	32.77	136.25	44.21
MAF+BA+NPB	19.83	0.29	19.85	0.42	1.28	0.52	1.34	0.22	149.06	37.20	155.13	35.66
MAF+AL	19.12	0.30	19.01	0.30	0.73	0.29	0.81	0.49	101.76	22.27	118.31	33.01
KONTROL	18.59	0.09	18.07	0.29	1.89	0.17	1.91	0.29	190.45	65.55	197.50	72.90

3.9.1.1.1. AKY’da Ağırlık Kaybı Değerlerine Ait Bulgular

Kimyasal madde türü, konsantrasyonu ve kullanılan tutkaldaki melamin katkı oranı değiştirilmek suretiyle üretilen deneme levhalarının AKY sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişimlerin karşılaştırılması amacıyla uygulanan istatistiksel değerlendirmeler sırasıyla Tablo 78, Tablo 79, Tablo 80, Tablo 81, Tablo 82 ve Tablo 83’te verilmiştir. Kullanılan kimyasal madde konsantrasyonu ve tutkaldaki melamin katkı oranı kendi içinde sabit alınmak koşuluyla, kimyasal maddeleri birbirleri ve kontrolleri ile kıyaslamak amacıyla BVA yapılmış, ortaya çıkan anlamlı farklılıklar ise SNK testi ile değerlendirilmiştir.

Tablo 78. AKY ağırlık kaybı değerlerine ait BVA testi($p \leq 0.05$)

Mel. Katkı Oranı	Kons (%)						
%20	%5	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	1996.591	11	181.508	165.604	.000
		G. içi	26.305	24	1.096		
		Toplam	2022.895	35			
	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	2256.427	11	205.130	262.396	.000
		G. içi	18.762	24	.782		
		Toplam	2275.190	35			
	%15	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	2450.430	11	222.766	221.337	.000
		G. içi	24.155	24	1.006		
		Toplam	2474.585	35			
%20	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.	
	G. arası	2667.978	11	242.543	293.185	.000	
	G. içi	19.855	24	.827			
	Toplam	2687.832	35				
%15	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	2706.674	11	246.061	241.356	.000
		G. içi	24.468	24	1.019		
		Toplam	2731.142	35			
%10	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	2911.721	11	264.702	371.708	.000
		G. içi	17.091	24	.712		
		Toplam	2928.812	35			

Tablo 79. AKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Kimyasal	Melamin Katkı Oranı					
	%20			%15	%10	
	Konsantrasyon					
	%5	%10	%15	%20	%10	%10
Homojenlik Grupları ⁽¹⁾						
BA	A	A	AB	A	A	AB
BX	A	AB	AB	A	A	AB
NPB	CD	BC	ABC	A	C	D
ZNB	AB	ABC	AB	A	AB	BC
BA+BX	A	A	A	A	A	AB
BA+NPB	CD	ABC	ABC	A	AB	BC
MIN	BC	ABC	BC	A	ABC	C
MINPB	D	C	C	A	BC	D
MAF+BA+BX	AB	AB	AB	A	A	AB
MAF+BA+NPB	ABC	ABC	AB	A	AB	BC
MAF+AL	A	A	A	A	A	A
KONTROL	E	D	D	E	D	E

*Harflerle ifade edilen homojenlik grupları, harf sırasına göre en düşük ortalamadan en yükseğe doğru sıralanmıştır. Aynı harfle işaretlenmiş varyasyonlar istatistiksel açıdan farksızdır.

BVA sonuçlarına göre tüm deneme varyasyonları arasında %5 yanılma olasılığıyla istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir.

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve 4 farklı konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levhaların AKY aşamasındaki ağırlık kaybı değerlerinin karşılaştırıldığı; ve buna bağlı olarak ta kimyasal madde türü, kimyasal madde konsantrasyonu ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı ÇVA sonuçları ve bu analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirildiği SNK testi sonuçları ile homojenlik grupları sırasıyla Tablo 80 ve Tablo 81’de verilmektedir.

Tablo 80. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	201.545	10	20.155	43.860	0.000
Konsantrasyon (B)	432.740	3	144.247	313.905	0.000
A*B (İnteraksiyon)	36.359	30	1.212	2.637	0.000
Hata	41.357	90	.460		

Tablo 80'den de görüldüğü üzere; yapılan ÇVA ile deneme levhalarının AKY sonucunda elde edilen ağırlık kayıpları üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki faktörün birlikte etkilerinin % 5 yanılma olasılığıyla istatistiksel açıdan anlamlı olduğu tespit edilmiştir

Tablo 81. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY Ağırlık(%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	5.11	A
BX	5.65	B
NPB	7.93	A
ZNB	6.54	A
BA+BX	5.00	C
BA+NPB	7.31	C
MİN	7.48	C
MİNPB	8.85	D
MAF+BA+BX	5.76	A
MAF+BA+NPB	6.60	B
MAF+AL	5.04	A
KONTROL	35.21	E
Konsantrasyon		
%5	9.16	D
%10	6.82	C
%15	5.71	B
%20	4.22	A
KONTROL	35.21	E

Tablo 81'den görüldüğü üzere, ÇVA sonucunda meydana gelen anlamlı farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan SNK testi sonuçlarına göre; kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonu varyasyonları farklı homojenlik grupları içerisinde yer almaktadır.

Üç farklı oranda melamin katkılı MÜF tutkalı ve %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ve kontrol levhasının AKY sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, melamin katkı oranının ve bu iki faktörün birlikte etkilerini gözlemlemek amacıyla ÇVA yapılmış ve bu deneylerin sonuçları Tablo 82'de verilmiştir.

ÇVA testi sonucunda meydana gelen anlamlı farklılıkların hangi varyasyonlar arasında olduğunu belirlemek amacıyla yapılan SNK testi sonuçları ve homojenlik grupları ise Tablo 83'te sunulmuştur.

Tablo 82. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Tutkal Katkı Oranı (A)	221.001	2	110.500	131.895	0.000
Kimyasal Madde (B)	7843.765	11	713.070	851.130	0.000
A*B (İnteraksiyon)	31.057	22	1.412	1.685	0.051
Hata	60.321	72	.838		

Tablo 83. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY Ağırlık(%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	6.95	A
BX	7.47	A
NPB	10.92	C
ZNB	8.80	B
BA+BX	7.10	A
BA+NPB	8.77	B
MİN	9.51	B
MİNPB	10.51	C
MAF+BA+BX	7.44	A
MAF+BA+NPB	8.70	B
MAF+AL	6.74	A
KONTROL	38.91	D
Melamin Katkı Oranı		
%10	12.66	C
%15	11.13	B
%20	9.16	A

Tutkal türünün ve kimyasal madde türünün etkilerini gözlemlemek üzere yapılan ÇVA sonuçlarına göre deneme levhalarının ağırlık kayıpları üzerinde melamin katkı oranının, kimyasal madde türünün etkisinin ve bu iki faktörün birlikte etkileşiminin istatistiksel olarak %5 yanılma olasılığıyla anlamlı olduğu bulunmuştur.

Anlamli farkliliklari tespit etmek üzere yapılan SNK testi sonuçlarına göre ise; Tablo 83' ten görüldüğü üzere, tüm kimyasal madde türü ve melamin katkı oranı varyasyonları çeşitli homojenlik grupları içerisinde yer almıştır.

3.9.1.1.2. AKY'da Sıcaklık Değerlerine Ait Bulgular

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve %5,%10,%15,%20 konsantrasyonlarda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levha örneklerinin AKY sırasında elde edilen sıcaklık değişim değerleri ÇVA tekrarlı test ölçümleri ile değerlendirilmiş olup ilgili istatistik sonuçları Tablo 84 ve Tablo 85' ta sunulmuştur.

Tablo 84. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	319352.214	10	31935.221	4.100	0.000
Konsantrasyon (B)	942447.328	3	314149.109	40.332	0.000
A*B (İnteraksiyon)	147491.407	30	4916.380	.631	0.907
Hata	350508.109	45	7789.069		

Tablo 84'ten de görüldüğü üzere; yapılan ÇVA sonuçlarına göre, %20 melamin katkılı MÜF tutkalı ve %5,%10,%15,%20 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levhaların AKY sıcaklıkları üzerinde; kimyasal maddenin ve kimyasal madde konsantrasyonunun etkisi %5 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunurken bu iki faktörün birlikte etkileşimi ise istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 85. Melamin katkı oranı % 20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY Sıcaklık(°C)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	126.17	A
BX	126.49	A
NPB	179.61	AB
ZNB	176.95	AB
BA+BX	142.12	AB
BA+NPB	164.87	AB
MİN	161.86	AB
MİNPB	197.92	B
MAF+BA+BX	144.65	AB
MAF+BA+NPB	161.03	AB
MAF+AL	149.82	AB
KONTROL	306.77	C
Konsantrasyon		
%5	210.75	C
%10	166.84	B
%15	141.03	AB
%20	111.02	A
KONTROL	306.77	D

ÇVA sonuçlarına göre anlamlı farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere yapılan SNK testi sonucunda, kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak deneme varyasyonlarının homojenlik grupları Tablo 85'teki gibi sıralanmıştır.

Melamin katkı oranı farklı tutkal ve %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY'da sıcaklık değerleri üzerinde, bu faktörlerin etkilerini belirlemek üzere ÇVA tekrarlı ölçüm testi yapılmış olup sonuçlar Tablo 86'da verilmiştir. Bu ölçüm sonuçlarında meydana gelen anlamlı farklılıkların yorumlanması için yapılan SNK testi sonuçları ve homojenlik grupları ise Tablo 87'de verilmiştir.

Tablo 86. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	1500592.331	11	136417.485	35.093	0.000
Melamin katkı oranı (B)	128394.449	2	64197.224	16.514	0.000
A*B (İnteraksiyon)	39001.378	22	1772.790	.456	0.973
Hata	139943.965	36	3887.332		

Tablo 87. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY Sıcaklık(°C)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	151.35	AB
BX	142.72	A
NPB	226.09	F
ZNB	198.56	CDEF
BA+BX	155.53	AB
BA+NPB	208.53	DEF
MİN	183.17	BCD
MİNPB	221.96	EF
MAF+BA+BX	173.49	ABCD
MAF+BA+NPB	189.00	BCDE
MAF+AL	164.36	ABC
KONTROL	342.05	G
Melamin Katkı Oranı		
%10	178.50	A
%15	195.65	B
%20	218.05	C

ÇVA sonuçlarına göre, kimyasal madde türünün ve tutkaldaki melamin katkı oranının etkileri %5 yanılma olasılığı ile anlamlı çıkmıştır. Bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimleri ise istatistiksel açıdan %5 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunmamıştır. Tablo 87'deki SNK testi sonuçlarına göre ise, varyasyon kaynakları farklı homojenlik grupları içerisinde yer almıştır.

3.9.1.1.3. AKY'da O₂ Değerlerine Ait Bulgular

Çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilerek üretilen deneme levhalarının ve kontrol levhalarının AKY sonucunda O₂ değerlerinde meydana gelen değişimleri karşılaştırmak amacıyla ÇVA yapılmış ve bu analizin sonuçları ile bu analiz sonucunda meydana gelen anlamlı farklılıkların değerlendirildiği SNK testi sonuçları sırasıyla Tablo 88, Tablo 89, Tablo 90 ve Tablo 91'de verilmiştir.

Tablo 88. Melamin katkı oranı % 20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	30.821	10	3.082	7.130	0.000
Konsantrasyon (B)	84.587	3	28.196	65.227	0.000
A*B (İnteraksiyon)	31.925	30	1.064	2.462	0.003
Hata	19.452	45	0.432		

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve 4 farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levha örneklerinde, kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki faktörün etkileşimlerini tespit edebilmek amacıyla uygulanan ÇVA tekrarlı ölçüm testi sonuçları; örneklerin AKY'da O₂ değerleri üzerinde, kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun birbirlerinden bağımsız olarak etkilerinin ve de bu iki varyasyon kaynağının birlikte etkileşimlerinin istatistiksel açıdan %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 89. Melamin katkı oranı % 20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY O ₂ (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	19.87	BCD
BX	20.18	D
NPB	20.19	D
ZNB	19.74	BC
BA+BX	19.78	BCD
BA+NPB	19.79	BCD
MİN	20.14	D
MİNPB	19.81	BCD
MAF+BA+BX	20.16	D
MAF+BA+NPB	20.00	CD
MAF+AL	19.55	B
KONTROL	18.79	A
Konsantrasyon		
%5	19.46	B
%10	19.76	C
%15	20.14	D
%20	20.36	D
KONTROL	18.79	A

Tablo 89'daki SNK testi sonuçlarına göre; kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonuna ait varyasyonlar çeşitli homojenlik gruplarında yer almaktadır.

Melamin katkı oranı farklı tutkal ile %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY'da O₂ değerleri üzerinde; bu faktörlerin etkisini belirlemek amacıyla yapılan ÇVA ve SNK testi sonuçları Tablo 90 ve Tablo 91'de verilmiştir.

Tablo 90. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı (A)	29.749	2	14.874	19.169	0.000
Kimyasal Madde (B)	73.537	11	6.685	8.615	0.000
A*B (İnteraksiyon)	28.816	22	1.310	1.688	0.080
Hata	27.934	36	.776		

Tablo 91. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY O ₂ (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	19.18	B
BX	19.82	B
NPB	20.05	B
ZNB	19.32	B
BA+BX	19.35	B
BA+NPB	19.74	B
MİN	20.05	B
MİNPB	19.62	B
MAF+BA+BX	19.90	B
MAF+BA+NPB	19.85	B
MAF+AL	19.09	B
KONTROL	18.49	A
Melamin Katkı oranı		
%10	19.52	C
%15	19.62	B
%20	19.75	A

Deneme ve kontrol levhalarından AKY sonucunda elde edilen O₂ değerleri üzerinde varyasyon kaynaklarının etkilerini belirlemek üzere yapılan ÇVA tekrarlı ölçüm test sonuçlarına göre; melamin katkı oranı ile kimyasal madde türünün etkisinin, istatistiksel açıdan %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu; ancak, bu iki faktör arasındaki etkileşimin ise anlamsız olduğu bulunmuştur.

Tablo 91’de verilen SNK testine göre; kimyasal madde grupları aynı homojenlik grubunda, melamin katkı oranı grupları ise farklı homojenlik grubunda yer almaktadır.

3.9.1.1.4. AKY’da CO₂ Değerlerine Ait Bulgular

Levha örneklerine uygulanan yanma deneyinin AKY aşaması sonucunda elde edilen CO₂ değerleri üzerinde; kullanılan kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının birlikte etkileşimlerini belirlemek üzere yapılan ÇVA tekrarlı test ölçümü sonuçları ile bu analiz sonucundaki anlamlı

farklılıkların ve homojenlik gruplarının tespiti amacıyla uygulanan SNK testi sonuçları sırasıyla Tablo 92 ve Tablo 93'te verilmiştir.

Tutkaldaki melamin katkı oranının, kimyasal madde türünün ve bu iki varyasyon kaynağının birlikte etkileşimlerini belirlemek üzere yapılan ÇVA sonuçları ile bu analiz sonucunda meydana gelen anlamlı farklılıkların tespiti için yapılan SNK testi sonuçları ise sırasıyla Tablo 94 ve Tablo 95'te verilmiştir.

Tablo 92. Melamin katkı oranı % 20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Konsantrasyon (A)	49.981	3	16.660	112.184	0.000
Kimyasal Madde (B)	32.119	10	3.212	21.628	0.000
A*B (İnteraksiyon)	10.738	30	.358	2.410	0.004
Hata	6.683	45	.149		

AKY aşamasında elde edilen CO₂ değerlerine uygulanan ÇVA tekrarlı ölçüm testi sonuçlarına göre; örneklerin CO₂ değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının birlikte etkisinin %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu bulunmuştur.

Tablo 93. Melamin katkı oranı % 20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY CO ₂ (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	1.14	C
BX	0.64	A
NPB	1.13	C
ZNB	1.10	BC
BA+BX	0.70	A
BA+NPB	1.01	BC
MİN	1.21	C
MİNPB	1.09	BC
MAF+BA+BX	0.64	A
MAF+BA+NPB	0.90	B
MAF+AL	0.68	A
KONTROL	2.24	D
Konsantrasyon		
%5	1.30	D
%10	1.03	C
%15	0.80	B
%20	0.59	A
KONTROL	2.24	E

ÇVA ile elde edilen anlamlı farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu ve ortalamaları belirlemek üzere uygulanan SNK testi sonuçlarına göre varyasyon kaynakları değişik homojenlik gruplarında yer almaktadır.

Tablo 94. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı (A)	3.105	2	1.553	5.466	0.005
Kimyasal Madde (B)	80.268	11	7.297	25.693	0.000
A*B (İnteraksiyon)	30.639	22	1.393	4.904	0.000
Hata	10.224	36	0.284		

Tablo 95. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY CO ₂ (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	0.89	ABC
BX	0.64	A
NPB	1.30	DEF
ZNB	1.37	DEFG
BA+BX	0.98	BC
BA+NPB	1.62	G
MİN	1.45	EFG
MİNPB	1.49	FG
MAF+BA+BX	1.12	CD
MAF+BA+NPB	1.18	CDE
MAF+AL	0.76	AB
KONTROL	2.01	H
Melamin Katkı Oranı		
%10	1.26	B
%15	1.30	B
%20	1.13	A

Tablo 94’te verilen ÇVA sonuçları göz önüne alındığında deneme levhalarının CO₂ değerleri üzerinde; melamin katkı oranının, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki faktörün etkileşiminin istatistiksel olarak %5 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunduğu görülmektedir. Tablo 95’deki SNK testi sonuçlarına göre ise, varyasyon kaynakları çeşitli homojenlik gruplarında yer almaktadır.

3.9.1.1.5. AKY’da CO Değerlerine Ait Bulgular

Kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun etkisini gözlemlemek amacıyla; AKY aşamasında elde edilen CO değerlerine uygulanan ÇVA sonuçları, Tablo 96’da; ÇVA ile elde edilen sonuçlardaki anlamlı farklılıkları tespit etmek amacıyla uygulanan SNK testi sonuçları ise Tablo 97’de verilmiştir.

Tablo 96. Melamin katkı oranı % 20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Konsantrasyon (A)	1045950.070	3	348650.023	28.297	0.000
Kimyasal Madde (B)	504416.167	10	50441.617	4.094	0.000
A*B (İnteraksiyon)	217043.014	30	7234.767	.587	0.937
Hata	554441.146	45	12320.914		

Melamin katkı oranı %20 MÜF tutkalı ve %5, %10, %15, %20 konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levhalardan elde edilen CO verilerinin ÇVA sonuçlarına göre; CO değerleri üzerinde, kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun etkisinin %5 yanılma olasılığıyla anlamlı olduğu; bu iki kaynağın birlikte etkileşimlerinin ise istatistiksel olarak anlam göstermediği bulunmuştur.

Tablo 97. Melamin katkı oranı % 20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY CO(ppm)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	102.44	AB
BX	72.03	A
NPB	110.17	AB
ZNB	110.69	AB
BA+BX	106.52	AB
BA+NPB	127.31	ABC
MİN	159.72	BC
MİNPB	156.74	BC
MAF+BA+BX	85.19	A
MAF+BA+NPB	128.10	ABC
MAF+AL	85.91	A
KONTROL	183.50	C
Konsantrasyon		
%5	168.83	D
%10	125.02	C
%15	93.96	AB
%20	64.85	A
KONTROL	183.50	D

Melamin katkı oranının ve %10 konsantrasyonda kullanılan kimyasal madde türünün etkisini ve bu iki faktörün birlikte etkileşimlerini belirlemek amacıyla yapılan ÇVA tekrarlı test ölçüm sonuçları Tablo 98’de verilirken, test sonucunda meydana gelen anlamlı farklılıkların değerlendirildiği ve homojenlik gruplarının belirlendiği SNK testi sonuçları ise Tablo 99’da verilmiştir.

Tablo 98. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı (A)	60957.882	2	30478.941	2.367	0.108
Kimyasal Madde (B)	430509.560	11	39137.233	3.039	0.004
A*B (İnteraksiyon)	19090.998	22	867.773	.067	0.980
Hata	463545.016	36	12876.250		

Deneme örneklerinden AKY aşamasında elde edilen verilere uygulanan ÇVA tekrarlı test ölçümleri sonucuna göre; CO miktarları üzerinde melamin katkı oranının etkisi anlamlı bulunmazken, kimyasal madde türünün etkisi istatistiksel olarak %5 yanılma olasılığıyla anlamlı bulunmuştur.

Yine Tablo 98’den görüldüğü üzere, ÇVA analizi sonuçlarına göre, tutkaldaki melamin katkı oranı ile kimyasal madde türünün birlikte etkileşimleri de istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. SNK testi sonuçlarına göre ise, varyasyon kaynakları Tablo 99’dan görüleceği üzere aynı homojenlik grupları içerisinde yer almıştır.

Tablo 99. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY CO(ppm)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	118.40	A
BX	102.69	A
NPB	152.63	A
ZNB	144.94	A
BA+BX	133.91	A
BA+NPB	159.75	A
MİN	165.90	A
MİNPB	175.45	A
MAF+BA+BX	117.14	A
MAF+BA+NPB	147.00	A
MAF+AL	100.98	A
KONTROL	190.48	B
Melamin katkı oranı		
%10	155.09	A
%15	142.33	A
%20	129.90	A

3.9.1.2. Kendi Kendine Yanmaya(KKY) Ait Bulgular

Yanma deneyinin bir diğer aşaması, alev kaynağının ortamdaki uzaklaştırılmasıyla yapılan kendi kendine yanma aşamasıdır. Bu aşama sonucunda elde edilen ortalama ağırlık kaybı(%), sıcaklık(°C), O₂(%), CO₂(%), CO(ppm) değerleri ve bu değerlere uygulanan istatistik değerlendirmeler aşağıda sırasıyla verilmiştir. %5,%10,%15,%20 konsantrasyonda yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilmiş ve %20 melamin katkılı tutkal kullanılarak üretilmiş deneme levhalarının KKY aşamasında yapılan ölçümlerinin sonucunda tespit edilen ortalama ağırlık kaybı, sıcaklık,O₂,CO₂,CO değerleri Tablo 100 ve Tablo 101’de verilmiştir. Melamin katkı oranı %15 ve %10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda farklı kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme ve kontrol levhalarının KKY aşamasında elde edilen ortalama ağırlık kaybı, sıcaklık, O₂, CO₂, CO değerleri ise Tablo 102 ve Tablo 103’te verilmiştir.

Tablo 100. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama KKY ağırlık kaybı(%) ve sıcaklık (°C) değişim değerleri

%20 melamin katkılı MÜF																
Deneme vary.	Ağırlık Kaybı(%)								Sıcaklık(°C)							
	%5		%10		%15		%20		%5		%10		%15		%20	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	24.70	3.42	21.15	2.24	19.01	1.24	13.81	2.91	91.91	29.14	78.76	12.68	60.49	20.30	50.31	12.18
BX	27.57	3.13	21.07	2.30	20.71	1.54	11.95	1.93	87.08	20.14	63.68	27.60	52.91	6.28	47.87	17.36
NPB	45.17	4.31	30.53	3.66	28.86	3.97	16.01	3.40	152.85	43.27	113.27	33.82	96.27	20.47	89.91	21.86
ZNB	33.40	3.72	28.96	3.42	23.88	3.20	14.94	1.46	164.41	35.58	126.28	31.34	100.19	21.22	78.42	18.61
BA+BX	19.86	4.15	17.37	2.24	14.49	2.10	10.95	1.37	106.32	21.39	81.80	21.94	65.60	14.79	57.04	14.54
BA+NPB	40.21	3.47	25.09	2.90	21.01	4.23	14.64	1.40	131.91	37.22	111.22	24.34	85.85	14.78	75.54	17.10
MİN	38.78	3.21	27.18	3.49	25.14	3.22	15.04	2.43	122.96	23.06	96.92	17.93	90.92	18.48	80.75	24.91
MİNPB	42.72	4.02	29.05	3.17	26.82	3.78	16.28	3.09	134.40	26.89	117.47	12.75	96.53	22.40	87.31	22.20
MAF+BA+BX	31.98	2.47	24.13	2.03	15.33	0.90	11.66	1.02	97.28	14.35	78.41	10.08	56.04	14.30	50.94	8.39
MAF+BA+NPB	37.05	5.01	28.12	2.90	19.21	3.69	12.97	2.33	117.10	29.31	101.34	21.92	84.96	22.90	83.14	15.83
MAF+AL	24.8	2.92	18.44	1.34	16.23	0.18	10.86	2.89	98.78	26.68	83.26	11.62	63.05	13.42	56.22	17.39
	X				S				X				S			
KONTROL	73.59				9.41				180				67.1			

Tablo 101. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama KKY O₂(ppm), CO₂(ppm) ve CO(ppm) değişim değerleri

%20 melamin katkılı MÜF																								
Deneme vary.	O ₂ (%)								CO ₂ (%)								CO(ppm)							
	%5		%10		%15		%20		%5		%10		%15		%20		%5		%10		%15		%20	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	19.58	0.21	20.35	0.25	20.56	0.21	20.67	0.19	0.99	0.34	0.89	0.22	0.75	0.45	0.53	0.21	467.38	83.21	301.88	73.91	225.71	80.12	129.37	55.63
BX	20.21	0.32	20.25	0.65	20.38	0.19	20.48	0.21	0.72	0.21	0.63	0.34	0.40	0.35	0.31	0.28	479.01	94.12	272.96	80.25	172.92	74.25	110.16	62.56
NPB	19.85	0.59	20.19	0.83	20.42	0.24	20.60	0.18	0.83	0.27	0.73	0.31	0.57	0.25	0.47	0.23	501.38	105.54	325.29	92.58	249.21	69.24	173.42	70.12
ZNB	18.81	0.62	19.79	1.28	20.19	0.33	20.50	0.32	1.37	0.37	0.79	0.41	0.57	0.35	0.41	0.12	545.57	89.02	304.96	89.43	224.17	73.21	165.57	60.92
BA+BX	20.37	0.40	20.40	0.91	20.43	0.44	20.53	0.41	0.56	0.34	0.51	0.34	0.43	0.46	0.34	0.11	505.58	87.21	249.96	71.15	191.67	80.31	153.04	51.21
BA+NPB	19.90	0.56	20.33	0.65	20.36	0.11	20.59	0.33	1.09	0.25	0.81	0.34	0.69	0.39	0.47	0.27	565.92	95.14	316.33	78.39	275.58	70.21	191.25	75.32
MIN	19.95	0.67	20.18	0.74	20.44	0.26	20.51	0.37	1.19	0.39	0.98	0.25	0.75	0.27	0.54	0.21	549.71	88.89	291.88	87.65	233.08	73.21	182.01	68.24
MINPB	18.45	0.97	20.28	0.81	20.25	0.39	20.41	0.22	1.34	0.69	0.91	0.35	0.88	0.34	0.66	0.23	589.5	97.24	396.92	81.21	301.17	81.34	198.58	71.27
MAF+BA+BX	19.64	0.23	20.23	0.68	20.49	0.43	20.59	0.36	0.90	0.26	0.74	0.31	0.49	0.22	0.37	0.14	494.96	78.98	259.38	81.21	261.04	80.46	241.67	68.61
MAF+BA+NPB	19.86	0.65	19.93	1.01	19.99	0.79	20.42	0.51	1.01	0.36	0.86	0.49	0.69	0.34	0.48	0.26	536.63	95.85	392.83	90.12	252.29	70.03	184.03	56.54
MAF+AL	19.7	0.25	20.28	0.67	20.28	0.37	20.38	0.21	0.96	0.23	0.5	0.39	0.45	0.32	0.29	0.12	433.83	77.02	265.38	79.21	193.46	80.24	107.71	71.34
	X				S				X				S				X				S			
KONTROL	19				1.7				1.79				0.89				625.75				121.23			

Tablo 102. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama KKY ağırlık kaybı(%), sıcaklık (°C) değerleri

Deneme vary.	%10 konsantrasyonda kimyasal madde							
	Ağırlık Kaybı(%)				Sıcaklık(°C)			
	Melamin katkı oranı				Melamin katkı oranı			
	%15		%10		%15		%10	
	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	23.12	2.25	26.27	2.79	84.03	24.42	95.22	8.53
BX	24.01	2.69	25.41	2.09	78.35	17.71	90.32	11.89
NPB	32.68	4.89	33.96	6.38	120.05	9.73	130.14	11.46
ZNB	29.96	2.81	31.15	4.06	129.43	20.42	135.00	26.69
BA+BX	19.65	3.18	23.21	3.49	99.54	41.25	103.46	14.89
BA+NPB	27.24	3.62	31.54	2.53	118.75	22.85	129.05	37.65
MIN	30.25	3.69	33.27	2.79	116.38	10.37	120.17	3.63
MINPB	32.13	4.43	35.01	2.49	131.22	71.95	137.08	12.22
MAF+BA+BX	25.56	4.77	27.98	4.22	88.11	10.11	95.79	16.19
MAF+BA+NPB	30.88	2.29	31.99	1.78	114.48	45.28	119.83	17.74
MAF+AL	20.9	1.48	23.89	1.04	89.05	11.32	91.18	14.85
KONTROL	81.17	4.30	87.47	12.18	188.79	60.64	190.72	19.25

Tablo 103. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının ortalama KKY O₂(%), CO₂(%), CO(ppm) değerleri

Deneme vary.	%10 konsantrasyonda kimyasal madde											
	O ₂ (%)				CO ₂ (%)				CO(ppm)			
	Melamin katkı oranı								Melamin katkı oranı			
	%15		%10		%15		%10		%15		%10	
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S
BA	20.26	0.17	20.21	0.26	0.90	0.35	0.93	0.24	317.08	94.01	365.50	71.20
BX	20.14	0.31	20.01	0.23	0.68	0.41	0.73	0.15	298.96	81.41	321.42	55.49
NPB	19.92	0.23	19.93	0.32	1.71	0.55	1.79	0.35	369.00	75.85	447.92	67.14
ZNB	19.60	0.39	19.51	0.43	0.88	0.45	1.31	0.58	350.13	95.05	435.63	98.21
BA+BX	20.30	0.22	20.12	0.31	0.73	0.53	0.79	0.38	285.57	92.66	317.38	68.36
BA+NPB	20.12	0.28	20.02	0.33	1.22	0.49	1.27	0.87	394.54	72.29	454.33	96.92
MIN	19.90	0.52	19.78	0.44	1.00	0.65	1.14	0.69	373.46	80.08	461.17	95.73
MINPB	19.18	0.39	19.04	0.56	1.17	0.71	1.40	0.65	440.33	93.17	472.50	103.45
MAF+BA+BX	20.17	0.41	20.04	0.35	0.94	0.27	1.05	0.58	285.29	90.55	348.79	95.12
MAF+BA+NPB	19.70	0.45	19.59	0.44	1.17	0.35	1.19	0.45	417.25	81.07	480.29	69.29
MAF+AL	20.12	0.52	19.93	0.50	0.62	0.45	0.73	0.31	301.29	63.18	357.13	79.59
KONTROL	18.99	0.65	18.64	0.58	1.82	1.21	1.90	0.30	640.25	123.35	653.58	135.13

3.9.1.2.1. KKY'da Ağırlık Kaybı Değerlerine Ait Bulgular

Alev kaynağının uzaklaştırılmasından sonra, KKY aşamasında deneme örneklerinde meydana gelen ağırlık kaybı değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının etkisini belirlemek üzere yapılan ilgili istatistik değerlendirmeler sırasıyla Tablo 104, Tablo 105, Tablo 106 ve Tablo 107'de verilmiştir.

Kullanılan kimyasal madde konsantrasyonu ve tutkaldaki melamin katkı oranı kendi içinde sabit alınmak koşuluyla, kimyasal maddeleri birbirleri ve kontrolleri ile kıyaslamak amacıyla BVA yapılmış, ortaya çıkan anlamlı farklılıklar ise SNK testi ile değerlendirilmiştir.

Tablo 104. KKY ağırlık kaybı değerlerine ait BVA test sonuçları($p \leq 0.05$)

Mel. Katkı Oranı	Kons (%)						
%20	%5	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	7021.795	11	638.345	283.995	.000
		G. içi	53.946	24	2.248		
		Toplam	7075.740	35			
	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	7811.481	11	710.135	303.493	.000
		G. içi	56.157	24	2.340		
		Toplam	7867.638	35			
	%15	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	8950.794	11	813.709	348.116	.000
		G. içi	56.099	24	2.337		
		Toplam	9006.893	35			
%20	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.	
	G. arası	10773.137	11	979.376	612.347	.000	
	G. içi	38.385	24	1.599			
	Toplam	10811.522	35				
%15	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	9112.726	11	828.430	392.540	.000
		G. içi	50.650	24	2.110		
		Toplam	9163.377	35			
%10	%10	Varyasyon Kaynağı	Kare. Top.	Ser. Der.	Kare. Ort.	F-Hesap	Önem Der.
		G. arası	9807.921	11	891.629	309.063	.000
		G. içi	69.239	24	2.885		
		Toplam	9877.160	35			

Tablo 104'teki BVA sonuçlarına göre tüm deneme varyasyonları arasında istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir.

Tablo 105. KKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Kimyasal madde	Melamin Katkı Oranı					
	%20			%15	%10	
	Konsantrasyon					
	%5	%10	%15	%20	%10	%10
	Homojenlik Grupları ⁽¹⁾					
BA	B	BC	BC	ABCD	BC	AB
BX	B	BC	C	ABC	C	AB
NPB	G	F	E	D	E	C
ZNB	C	F	D	CD	E	C
BA+BX	A	A	A	A	A	A
BA+NPB	EF	DE	C	BCD	D	C
MIN	DE	DEF	D	CD	E	C
MINPB	FG	F	DE	D	E	C
MAF+BA+BX	C	CD	A	AB	CD	B
MAF+BA+NPB	D	EF	BC	ABCD	E	C
MAF+AL	B	AB	AB	A	AB	A
KONTROL	H	G	F	E	F	D

*Harflerle ifade edilen homojenlik grupları, harf sırasına göre en düşük ortalamadan en yükseğe doğru sıralanmıştır. Aynı harfle işaretlenmiş varyasyonlar istatistiksel açıdan farksızdır.

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve 4 farklı konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerinin karşılaştırıldığı; ve buna bağlı olarak ta kimyasal madde türü, kimyasal madde konsantrasyonu ve bu iki varyasyon kaynağının karşılıklı etkileşimlerinin araştırıldığı ÇVA sonuçları ve bu analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıkların değerlendirildiği SNK testi sonuçları sırasıyla Tablo 106 ve Tablo 107'de verilmiştir.

Tablo 106. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	2581.292	10	258.129	153.909	0.000
Konsantrasyon(B)	6671.440	3	2223.813	1325.940	0.000
A*B (İnteraksiyon)	892.867	30	29.762	17.746	0.000
Hata	150.944	90	1.677		

Deneme levha örneklerinin KKY sırasında elde edilen ağırlık kaybı değerlerine uygulanan ÇVA sonucunda, örneklerin ağırlık kaybı değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki varyasyon kaynağının birlikte etkileşimlerinin Tablo 106'dan da görüleceği üzere istatistiksel açıdan %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 107. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	KKY Ağırlık Kaybı(%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	19.67	C
BX	20.33	C
NPB	30.14	G
ZNB	25.30	DE
BA+BX	15.67	A
BA+NPB	25.24	DE
MİN	26.54	E
MİNPB	28.72	F
MAF+BA+BX	20.78	C
MAF+BA+NPB	24.34	D
MAF+AL	17.58	B
KONTROL	73.59	H
Konsantrasyon		
%5	33.29	D
%10	24.64	C
%15	20.97	B
%20	13.55	A
KONTROL	73.59	E

Tablo 107'deki SNK testi sonuçları incelendiğinde; kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonu varyasyonlarının farklı homojenlik gruplarında yer aldığı görülmektedir. Melamin katkı oranı farklı tutkallar ve %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY'da ağırlık kayıpları üzerinde; melamin katkı oranının, kimyasal madde türünün etkilerini ve bu iki faktörün birlikte etkileşimlerini değerlendirmek amacıyla yapılan ÇVA sonuçları Tablo 108'de, anlamlı farklılıkların belirlendiği SNK testi sonuçları ise Tablo 109'da gösterilmiştir.

Tablo 108. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Tutkal Katkı Oranı (A)	509.582	2	254.791	104.205	0.000
Kimyasal Madde (B)	26629.095	11	2420.827	990.079	0.000
A*B (İnteraksiyon)	103.033	22	4.683	1.915	0.021
Hata	176.046	72	2.445		

Tablo 109. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY ağırlık kaybı(%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	23.21	B
BX	23.45	B
NPB	32.39	F
ZNB	30.02	E
BA+BX	20.08	A
BA+NPB	27.96	D
MİN	30.23	EF
MİNPB	32.06	F
MAF+BA+BX	25.89	C
MAF+BA+NPB	30.33	EF
MAF+AL	21.08	A
KONTROL	80.74	G
Melamin Katkı Oranı		
%10	34.26	C
%15	31.56	B
%20	28.94	A

Tutkaldaki melamin katkı oranı farkının ve kimyasal madde türünün KKY esnasında örneklerde meydana gelen ağırlık kayıpları üzerindeki etkisini belirlemek üzere yapılan ÇVA sonuçlarına göre, bu iki faktörün ayrı ayrı etkisinin ve birlikte etkileşimlerinin %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Tablo 109'dan görüldüğü üzere; tüm varyasyon kaynakları çeşitli homojenlik gruplarında yer almaktadır.

3.9.1.2.2. KKY'da Sıcaklık Değerlerine Ait Bulgular

Kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonunun; KKY sonucunda elde edilen sıcaklık değişim değerleri üzerindeki etkilerini araştırmak ve bu iki faktörün etkileşimlerini kıyaslamak için yapılan ÇVA sonuçları Tablo 110' da, bu analiz sonucunda meydana gelen anlamlı farklılıkları karşılaştırmak ve bu anlamlı farklılıkların hangi homojenlik gruplarında yer aldığını belirlemek amacıyla yapılan SNK testi sonuçları ise Tablo 111'de verilmiştir.

Tablo 110. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerine ilişkin yapılan ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Kimyasal Madde (A)	357888.340	10	35788.834	36.508	0.000
Konsantrasyon(B)	384022.890	3	128007.630	130.578	0.000
A*B (İnteraksiyon)	32908.698	30	1096.957	1.119	0.360
Hata	44114.070	45	980.313		

Tablo 110'dan da görüleceği üzere, yapılan ÇVA sonuçlarına göre, örneklerin KKY aşamasında elde edilen sıcaklık değerleri üzerine; kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun birbirlerinden bağımsız olarak etkilerinin istatistiksel açıdan %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu bulunmuştur. Buna karşılık, kimyasal madde türüyle kimyasal madde konsantrasyonunun birlikte gösterdikleri etkileşimlerin ise %5 yanılma olasılığıyla anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Tablo 111'deki SNK testi sonuçlarından görüleceği üzere, deneme varyasyonları farklı homojenlik gruplarında yer almaktadır.

Tablo 111. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	KKY Sıcaklık(°C)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	70.37	AB
BX	62.89	A
NPB	113.07	DE
ZNB	117.32	E
BA+BX	77.69	B
BA+NPB	101.13	CD
MİN	97.89	C
MİNPB	108.93	CDE
MAF+BA+BX	70.67	AB
MAF+BA+NPB	96.63	C
MAF+AL	75.33	AB
KONTROL	180.25	F
Konsantrasyon		
%5	118.64	C
%10	95.67	B
%15	77.53	A
%20	68.86	A
KONTROL	180.25	D

Melamin katkı oranının ve kimyasal madde türünün etkilerini görmek amacıyla; deney örneklerinin KKY’da sıcaklık verilerine uygulanan ÇVA sonuçları ve bu sonuçların anlamlı farklılıklarını yorumlamak için yapılan SNK testi sonuçları sırasıyla Tablo 112 ve Tablo 113’te verilmiştir.

Tablo 112. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı (A)	42837.443	2	21418.722	15.923	0.000
Kimyasal Madde (B)	695674.928	11	63243.175	47.016	0.000
A*B (İnteraksiyon)	6341.248	22	288.239	.214	0.990
Hata	48425.430	36	1345.151		

Tablo 125. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	KKY CO(ppm)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	328.15	ABC
BX	297.78	AB
NPB	380.74	CDE
ZNB	363.57	A
BA+BX	284.30	CDE
BA+NPB	388.40	CDE
MİN	375.50	E
MİNPB	436.58	E
MAF+BA+BX	297.82	AB
MAF+BA+NPB	430.12	DE
MAF+AL	307.93	AB
KONTROL	639.86	F
Melamin katkı oranı		
%10	426.30	C
%15	372.76	B
%20	333.62	A

Tablo 124' teki ÇVA sonuçlarına göre; melamin katkı oranı ve kimyasal madde türünün CO değerleri üzerine etkisinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu; bu iki faktörün etkileşimlerinin ise anlamsız olduğu belirlenmiştir.

3.9.2. TGA Ölçümlerine Ait Bulgular

Farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler ile %20 melamin katkılı MÜF tutkalı kullanılarak üretilen deneme ve kontrol levhası örneklerinin TGA sonucunda kalan ağırlık oranları Tablo 126'da; %15 ve %10 melamin katkılı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme ve kontrol levha örneklerinin kalan ağırlık oranları ise Tablo 127'de verilmiştir.

Tablo 113. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	AKY sıcaklık(°C)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	86.00	A
BX	77.44	A
NPB	121.15	BC
ZNB	130.23	C
BA+BX	94.93	A
BA+NPB	119.66	A
MİN	111.15	BC
MİNPB	128.58	B
MAF+BA+BX	87.43	A
MAF+BA+NPB	111.88	B
MAF+AL	87.83	A
KONTROL	186.58	D
Melamin katkı oranı		
%10	119.82	C
%15	113.17	B
%20	102.72	A

Tablo 112 incelendiğinde, deneme levhalarının KKY’da sıcaklık değerleri üzerinde melamin katkı oranının ve kimyasal madde türünün etkisinin %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu; bu iki faktörün birlikte gösterdikleri etkileşimlerinin ise anlamsız olduğu görülmektedir. Tablo 113’teki homojenlik gruplarının tespit edildiği SNK testi sonuçlarına göre ise varyasyon kaynakları farklı homojenlik gruplarında yer almaktadır.

3.9.1.2.3. KKY’da O₂ Değerlerine Ait Bulgular

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile %5,%10,%15,%20 konsantrasyonlarda kimyasal madde kullanılarak üretilen deneme levha örneklerinin KKY’da O₂ değerleri üzerinde, bu faktörlerin etkilerini belirlemek üzere yapılan ÇVA sonuçları Tablo 114’te, bu test sonucunda meydana gelen değişimlerin ve anlamlı farklılıkların karşılaştırılması için yapılan SNK testi sonuçları ise Tablo 115’te verilmiştir.

Tablo 114. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Konsantrasyon(A)	101.043	3	33.681	49.874	0.000
Kimyasal Madde (B)	39.289	10	3.929	5.818	0.000
A*B (İnteraksiyon)	60.030	30	2.001	2.963	0.000
Hata	30.390	45	.675		

Tablo 114'teki ÇVA sonuçlarına göre, deneme levhalarının O₂ değerleri üzerinde; kimyasal madde konsantrasyonunun, kimyasal madde türünün ve bu iki faktörün karşılıklı etkileşimlerinin % 5 yanılma olasılığıyla istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulunmuştur.

Tablo 115. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	KKY O ₂ (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	20.22	C
BX	20.33	C
NPB	20.26	C
ZNB	19.82	B
BA+BX	20.43	C
BA+NPB	20.29	C
MİN	20.27	C
MİNPB	19.79	B
MAF+BA+BX	20.24	C
MAF+BA+NPB	20.04	BC
MAF+AL	20.16	C
KONTROL	19.45	A
Konsantrasyon		
%5	19.66	A
%10	20.23	B
%15	20.28	B
%20	20.50	B
KONTROL	19.45	A

Tablo 115'teki SNK testi sonuçlarına göre KKY'da O₂ ortalamaları, bazı varyasyonlarda aynı bazı varyasyonlarda ise farklı homojenlik gruplarında yer almaktadır.

Tutkaldaki melamin katkı oranı dikkate alındığında; katkı oranının ve kimyasal madde türünün, KKY'da O₂ değerleri üzerinde etkilerinin ve birlikte etkileşimlerinin anlamlı olup olmadığını tespit edebilmek amacıyla yapılan ÇVA ve anlamlı farklılıkların değerlendirilmesi için uygulanan SNK testi sonuçları sırasıyla Tablo 116 ve Tablo 117'de verilmiştir.

Tablo 116. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı (A)	8.379	2	4.190	3.506	0.041
Kimyasal Madde (B)	85.793	11	7.799	6.526	0.000
A*B (İnteraksiyon)	60.000	22	2.727	2.282	0.014
Hata	43.026	36	1.195		

Tablo 117. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	KKY O ₂ (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	20.55	D
BX	20.37	BCD
NPB	20.01	ABCD
ZNB	20.01	ABCD
BA+BX	20.39	BCD
BA+NPB	20.49	CD
MİN	20.34	BCD
MİNPB	19.84	AB
MAF+BA+BX	19.95	ABC
MAF+BA+NPB	19.76	A
MAF+AL	19.95	ABC
KONTROL	19.49	A
Melamin katkı oranı		
%10	20.12	AB
%15	19.97	A
%20	20.20	B

Tablo 116’da verilen ÇVA sonucuna göre, levha örneklerinin KKY aşamasında O₂ değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün etkisi %5 yanılma olasılığıyla anlamlı bulunurken melamin katkı oranının ve bu iki varyasyon kaynağının birlikte gösterdikleri etkilerin ise yine %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olmadığı bulunmuştur.

Varyasyon kaynaklarının ortalamalarına göre homojenlik gruplarının verildiği Tablo 117 incelendiğinde ise; kimyasal madde türü ve melamin katkı oranına göre elde edilen ortalama değerlerin farklı homojenlik gruplarında yer aldığı görülmektedir.

3.9.1.2.4. KKY’da CO₂ Değerlerine Ait Bulgular

Deney örneklerinin KKY sırasında elde edilen CO₂ değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki faktörün birlikte etkilerini belirlemek üzere yapılan ÇVA sonuçları Tablo 118’de, bu analiz sonucunda meydana gelen anlamlı farklılıkları yorumlamak ve homojenlik gruplarını belirlemek için yapılan SNK testi sonuçları ise Tablo 119’ da sunulmuştur.

Tablo 118. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO₂ değerlerine ait yapılan ÇVA sonuçları(p≤0.05).

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Konsantrasyon(A)	44.136	3	14.712	43.697	0.000
Kimyasal Madde (B)	22.412	10	2.241	6.657	0.000
A*B (İnteraksiyon)	6.972	30	.232	.690	0.857
Hata	15.151	45	.337		

Tablo 119. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	KKY CO ₂ (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	0.79	BCD
BX	0.51	AB
NPB	0.65	ABC
ZNB	0.78	BCD
BA+BX	0.46	A
BA+NPB	0.77	BCD
MİN	0.86	CD
MİNPB	0.95	D
MAF+BA+BX	0.63	ABC
MAF+BA+NPB	0.76	BCD
MAF+AL	0.55	AB
KONTROL	1.79	E
Konsantrasyon		
%5	1.00	C
%10	0.76	B
%15	0.61	AB
%20	0.44	AB
KONTROL	1.79	D

Yapılan ÇVA sonuçlarına göre, levha gruplarının KKY sırasında elde edilen CO₂ miktarları üzerinde kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun etkisi birbirlerinden bağımsız olarak %5 yanılma olasılığı ile anlamlı bulunurken, bu iki faktörün birlikte etkileşimleri istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır. Tablo 119'daki SNK testi sonuçlarına bakıldığında ise varyasyon kaynaklarının ortalamalarının farklı gruplarda yer aldığı görülmektedir.

Tutkaldaki melamin katkı oranı ve kimyasal madde türünün, deney örneklerinin KKY sırasındaki CO₂ değerleri üzerine etkilerini tespit etmek amacıyla yapılan ÇVA sonuçları Tablo 120'de, farklılıkların değerlendirildiği SNK testi sonuçları ise Tablo 121'de verilmiştir.

Tablo 120. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO₂ değerlerine ait ÇVA sonuçları(p≤0.05)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı (A)	11.408	2	5.704	9.685	0.000
Kimyasal Madde (B)	86.457	11	7.860	13.345	0.000
A*B (İnteraksiyon)	13.671	22	.621	1.055	0.432
Hata	21.203	36	.589		

Tablo 120'den de görüldüğü üzere, KKY'da CO₂ verilerine uygulanan ÇVA sonucunda; bu değerler üzerinde, tutkaldaki melamin katkı oranının ve kimyasal madde türünün etkilerinin anlamlı olduğu, melamin katkı oranının ve kimyasal madde türünün birlikte etkilerinin ise %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 121. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO₂ değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	KKY CO ₂ (%)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	0.90	ABC
BX	0.63	ABC
NPB	1.21	C
ZNB	0.99	ABC
BA+BX	0.64	ABC
BA+NPB	1.02	BC
MİN	1.03	BC
MİNPB	1.15	C
MAF+BA+BX	0.90	ABC
MAF+BA+NPB	1.07	C
MAF+AL	0.61	ABC
KONTROL	1.83	D
Melamin katkı oranı		
%10	1.11	B
%15	1.06	B
%20	0.84	A

SNK testi sonuçlarına göre; varyasyon kaynaklarının ortalamaları Tablo 121'den de görüldüğü üzere farklı homojenlik grupları içerisinde yer almaktadır.

3.9.1.2.5. KKY'da CO Değerlerine Ait Bulgular

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve %5, %10,%15, %20 konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarından, KKY aşamasında elde edilen CO değerleri üzerinde; kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonunun etkisini belirlemek amacıyla yapılan ÇVA sonuçları ve bu analiz sonucunda ortaya çıkan anlamlı farklılıklar ile homojenlik gruplarını tespit etmek amacıyla uygulanan SNK testi sonuçları sırasıyla Tablo 122 ve Tablo 123'te verilmiştir.

Tablo 122. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Konsantrasyon(A)	18025945.125	3	6008648.375	117.191	0.000
Kimyasal Madde (B)	1310969.582	10	131096.958	2.557	0.005
A*B (İnteraksiyon)	538555.423	30	17951.847	.350	0.998
Hata	2307256.573	45	51272.368		

Tablo 122'de verilen ÇVA sonuçları incelendiğinde; KKY'da CO değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun birbirlerinden bağımsız olarak etkilerinin istatistiksel açıdan %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olduğu, bu iki faktörün birlikte gösterdikleri etkilerin ise yine %5 yanılma olasılığı ile anlamlı olmadığı görülmektedir.

Tablo 123'teki SNK testi sonuçlarından görüleceği üzere; kimyasal maddeli deneme grupları aynı homojenlik grubunda yer alırken, konsantrasyon grupları farklı homojenlik grubunda yer almaktadır.

Tablo 123. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerine ait SNK testi ve homojenlik grupları

Varyasyon kaynakları	KKY CO(ppm)	Gruplar
Kimyasal Madde		
BA	281.08	A
BX	258.76	A
NPB	312.32	A
ZNB	310.07	A
BA+BX	275.06	A
BA+NPB	337.27	A
MİN	314.17	A
MİNPB	371.54	A
MAF+BA+BX	314.26	A
MAF+BA+NPB	341.44	A
MAF+AL	250.09	A
KONTROL	625.75	B
Konsantrasyon		
%5	515.40	C
%10	307.06	B
%15	234.57	A
%20	166.97	A
KONTROL	625.75	D

Tutkaldaki melamin katkı oranının ve kimyasal madde türünün etkilerini belirlemek amacıyla yapılan ÇVA sonuçları Tablo 124'te, ÇVA sonucu elde edilen anlamlı farklılıkların hangi homojenlik gruplarında yer aldığını belirlemek amacıyla yapılan SNK testi sonuçları ise Tablo 125'te verilmiştir.

Tablo 124. Melamin katkı oranı %20,%15,%10 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerine ait ÇVA sonuçları($p \leq 0.05$)

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Melamin katkı oranı (A)	1246790.479	2	623395.239	31.123	0.000
Kimyasal Madde (B)	7494239.099	11	681294.464	34.013	0.000
A*B (İnteraksiyon)	240094.529	22	10913.388	.545	0.932
Hata	721091.326	36	20030.315		

Tablo 126. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda kalan ağırlık miktarları(%)

Deneme vary.	%20 melamin katkıli MÜF			
	% 5 kons.	% 10 kons.	% 15 kons.	% 20 kons.
	Kalan kısım (%)	Kalan kısım (%)	Kalan kısım (%)	Kalan kısım (%)
BA	6.01	9.01	14.19	18.99
BX	5.32	7.20	11.61	15.09
NPB	3.22	6.16	8.09	14.01
ZNB	5.69	7.76	10.21	15.76
BA+BX	5.99	8.03	11.9	16.9
BA+NPB	4.78	6.03	9.09	14.79
MİN	3.36	5.88	8.47	13.89
MİNPB	3.09	5.18	8.01	13.19
MAF+BA+BX	5.91	8.21	12.66	18.72
MAF+BA+NPB	5.49	6.80	10.99	17.89
MAF+AL	5.70	8.91	14.01	19.79
KONTROL	0.69	0.69	0.69	0.69

* Tablodaki değerler analiz sonucunda 800° C yüksek sıcaklıkta elde edilen en son değerlerdir

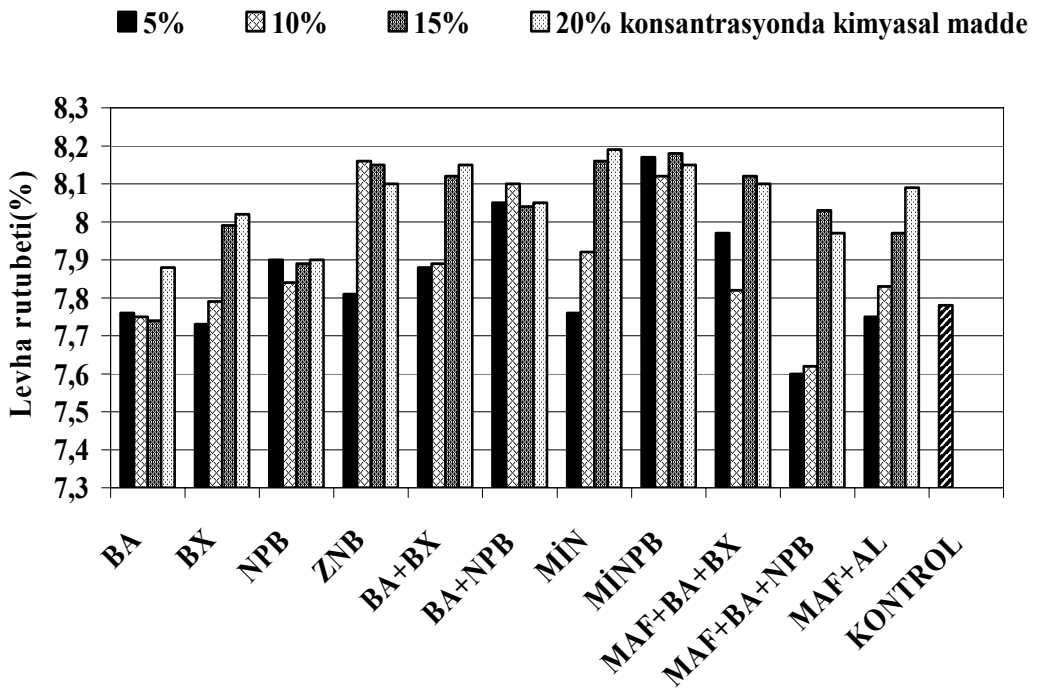
Tablo 127. Melamin katkı oranı %15 ve %20 olan MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda kalan ağırlık miktarları(%)

Deneme Vary.	%10 konsantrasyonda kimyasal madde	
	% 15 mel. katkı MÜF	% 10 mel. katkı MÜF
	Kalan kısım(%)	Kalan kısım(%)
BA	8.27	6.95
BX	6.23	5.75
NPB	5.06	4.56
ZNB	6.15	5.58
BA+BX	7.23	6.01
BA+NPB	5.46	4.93
MİN	4.99	3.58
MİNPB	4.28	3.21
MAF+BA+BX	7.89	6.21
MAF+BA+NPB	6.01	5.39
MAF+AL	8.3	6.45
KONTROL	0	0

4. İRDELEME

4.1.Rutubet Miktarına Ait Bulguların İrdelenmesi

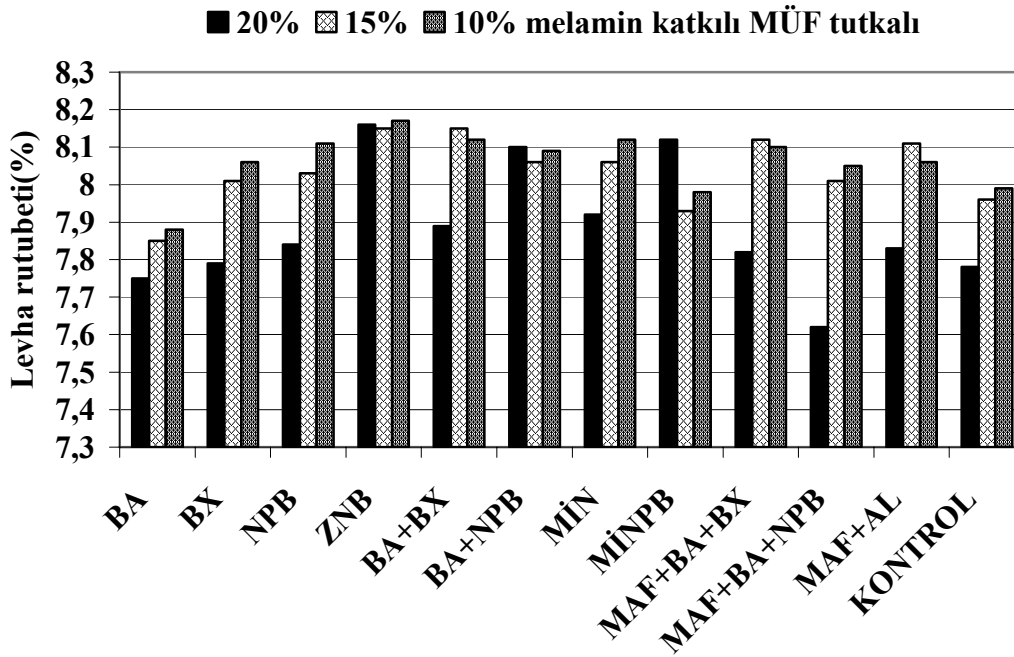
Farklı konsantrasyonlarda çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ile farklı oranlarda melamin içeriğine sahip MÜF tutkalı kullanılarak üretilmiş deneme levhaların rutubet değerlerindeki değişimler Şekil 16 ve Şekil 17 'de gösterilmiştir.



Şekil 16. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının rutubetlerindeki değişim

Şekil 16'dan tüm kimyasal madde muameleli levha örneklerinin rutubet değerlerinin, kontrol grubu levha örneklerinin rutubet değerinden daha yüksek olduğu ve bu değerlerin konsantrasyon miktarı artışıyla artış gösterdiği görülmektedir. Bu durum levhalarda kullanılan kimyasal maddelerin inorganik tuz olmalarından ve buldukları ortamdaki rutubeti daha kolay çekme özelliği göstermelerinden kaynaklanmaktadır (Raff,1966; LeVan ve Collet, 1989; Denizli, 1997).

Genel itibariyle tüm kimyasal madde grupları ile daha yüksek rutubet içeriği elde edilmesine rağmen MİN, MİNPB, MAF+BA+BX, MAF+BA+NPB, MAF+AL ve ZNB grupları ile daha yüksek sonuçlar bulunmuştur. Özellikle, karışım halindeki maddelerin yapılarında birden çok inorganik madde bulunması, dolayısıyla da birbirlerinin etkinliklerini arttırması bu duruma sebep olarak düşünülebilir. Yine ZNB’inde göstermiş olduğu bu etki; yapısında rutubet çekme özelliği yüksek çinko iyonu bulundurmasından kaynaklanmış olabilir. Çünkü iyonlar ve elektrolitler şişmeyi artırıcı özellik göstermektedir (Hafizoğlu,1987; Levan ve Collet, 1989).

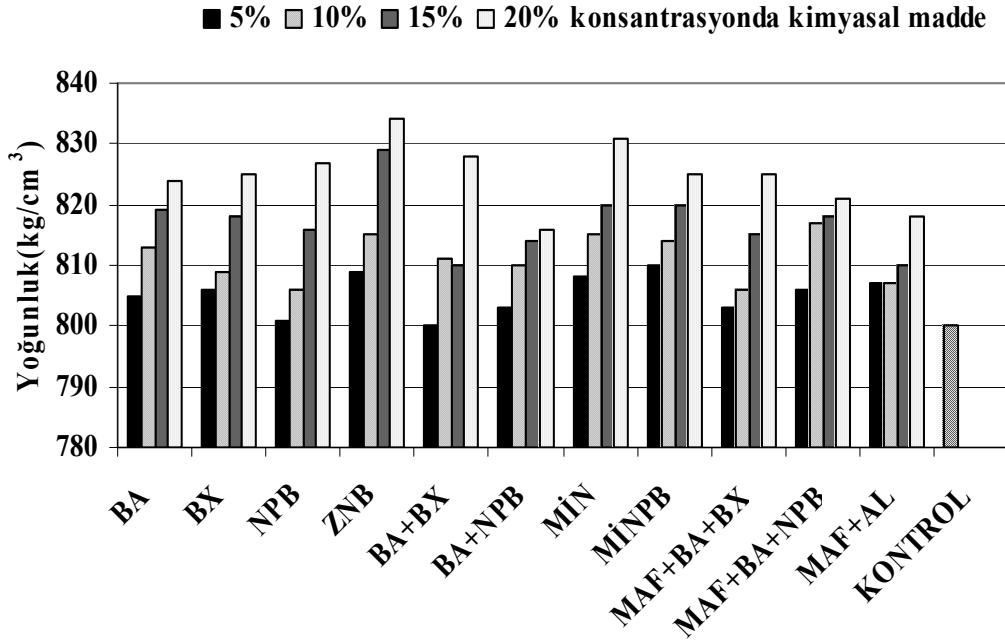


Şekil 17. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının rutubetlerindeki değişim

Şekil 17’den görüldüğü üzere; levha örneklerinin rutubet değerleri melamin katkı oranı ile kimyasal madde türüne bağlı olarak değişim göstermiş ve melamin katkı oranı artışıyla birlikte azalmıştır. Buna göre; en düşük rutubetli levhalar %20 katkı oranında melamin içeren MÜF tutkalı ile üretilen deneme levhalarında tespit edilmiştir. Bu durum muhtemelen tutkalın içerdiği melamin sebebiyle suya ve rutubete daha fazla dayanım göstermesinden kaynaklanmaktadır (Selbo, 1975; Huş, 1977).

4.2. Yoğunluk Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi

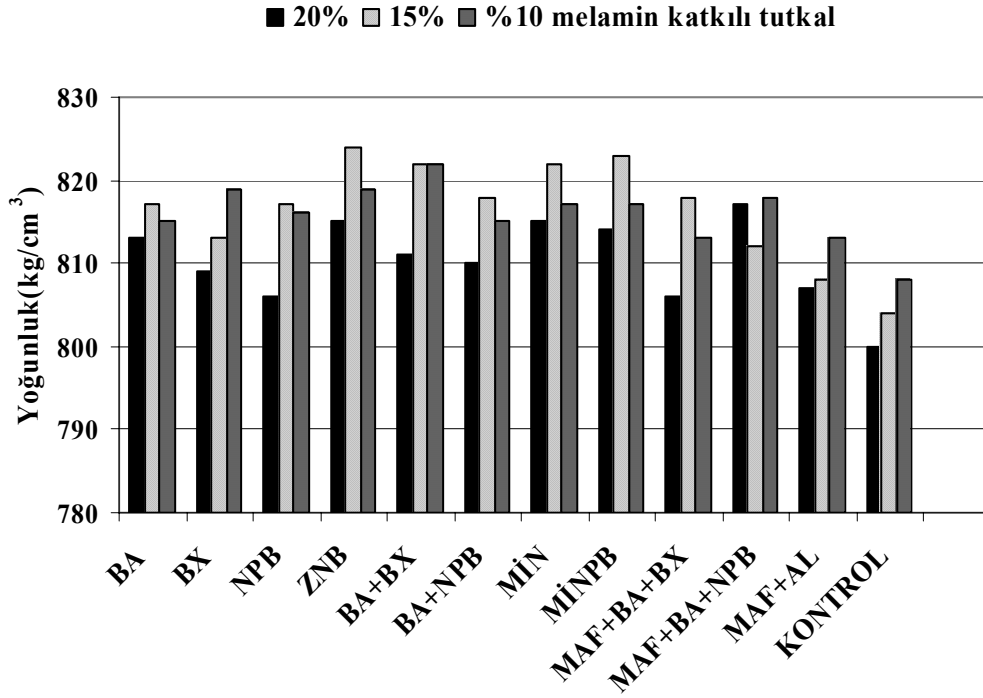
Deneme levhaların yoğunluk değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve tutkaldaki melamin katkı oranının etkileri sırasıyla Şekil 18 ve Şekil 19’da verilmiştir.



Şekil 18. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluk değerlerindeki değişim

Şekil 18’den görüldüğü üzere, yanmayı geciktirici kimyasal maddeler kullanılarak üretilen levhaların yoğunluk değerleri $800\text{--}829\text{ kg/cm}^3$ arasında değişmektedir. Kimyasal madde türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak yoğunluk değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunurken bu iki faktörün etkileşimi ise fark göstermemiştir. Şekil 18’den görüldüğü üzere; yoğunluk değerleri kimyasal madde türüne ve konsantrasyon oranına bağlı olarak artış göstermiş ve tüm değerler kontrol levhalarının değerlerinden yüksek bulunmuştur. En yüksek yoğunluk değerleri, kimyasal maddelerin en yüksek konsantrasyon oranlarında kullanılması durumunda elde edilmiştir. Bu durum, lifle muamele edilen kimyasal madde miktarının artışının bir sonucudur. Tüm konsantrasyon oranları dikkate alındığında; kimyasal madde türüne bağlı olarak yoğunluk değerlerinin değiştiği, özellikle çinko borat ile en yüksek yoğunluk değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Bu durum, çalışmamızda kullanılan pudra halindeki çinko boratın su

içerisinde tam olarak çözünmemesi sonucunda lif yüzeylerinde birikmesi ve böylece lif hacminin artışına sebep olmasından kaynaklanabilir. Yine; kullanılan tüm kimyasal maddelerin, yapısal özellikleri gereği benzer şekilde lif yapısına hacimlilik kazandırdığı ve bunun neticesinde kontrolden daha yüksek değerlerin elde edilmesine sebep oldukları düşünülmektedir.

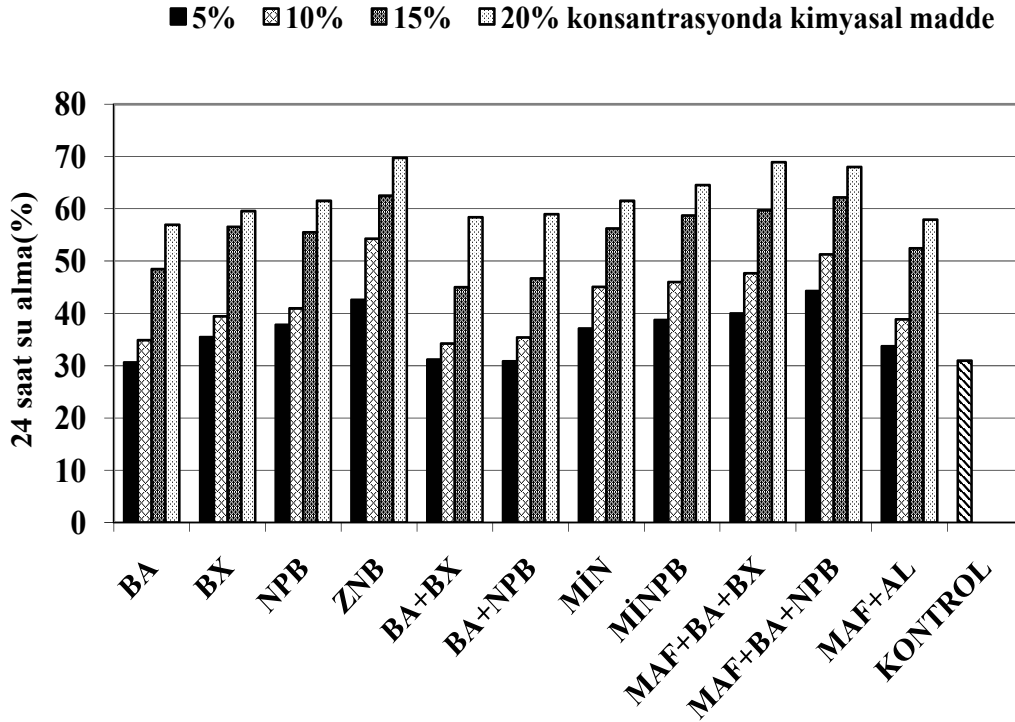


Şekil 19. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının yoğunluklarındaki değişim

Şekil 19' dan görüldüğü üzere; yoğunluk değerleri, melamin miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu değişim üzerinde melaminin etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Grafikten görüldüğü üzere, genel olarak melamin artışıyla daha düşük yoğunluk değerleri elde edilmiştir. Bu durumun, tutkaldaki melamin miktarının azalmasıyla, kimyasal maddelerin; lif-lif bağlanmasının olumsuz etkilenmesi sebebiyle levha yüzeyinde toplanarak ilave bir ağırlık artışına sebep olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

4.3. Su Alma Oranına Ait Bulguların İrdelenmesi

Çeşitli yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ile muamele edilerek üretilmiş deneme levhalarının ve kontrol levhalarının 24 saat su alma oranları üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının etkileri karşılaştırmalı olarak sırasıyla Şekil 20 ve Şekil 21’de verilmiştir.

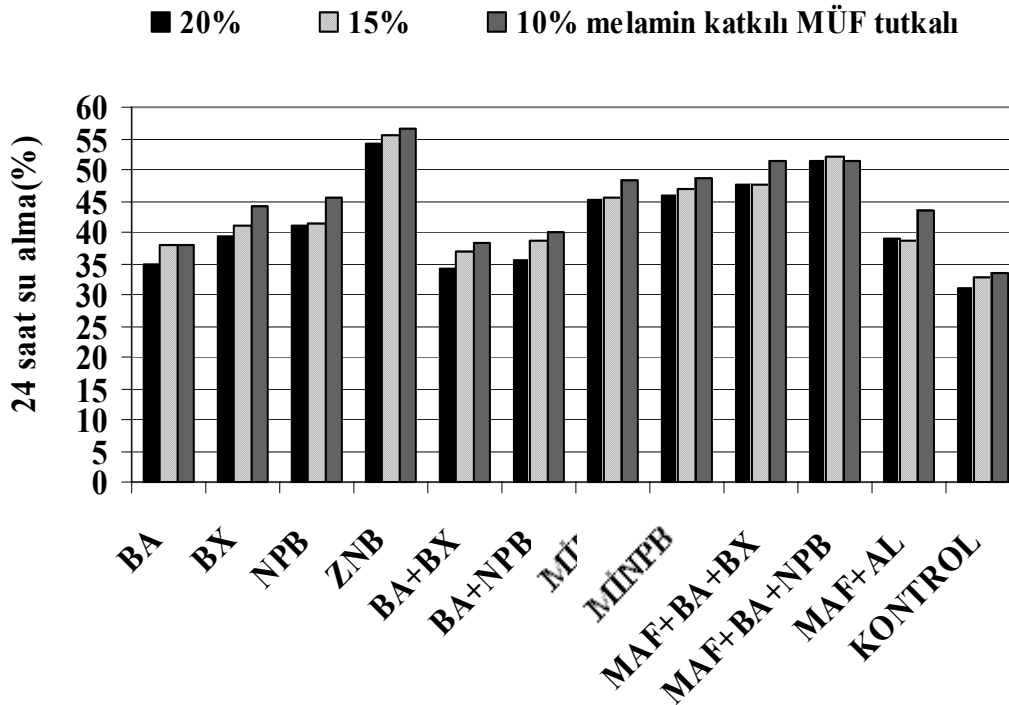


Şekil 20. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat su alma değerlerindeki değişim

Deneme levha örneklerinin 24 saat süredeki su alma değerleri üzerine; kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun etkileri Şekil 20’de ki gibidir. Ayrıca, bu varyasyon kaynaklarının 24 saat su alma değerleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak ta anlamlı bulunmuştur. Şekil 20’ye bakıldığında, tüm kimyasal maddeli gruplar için 24 saat süredeki su alma değerlerinin, kontrol grubunun değerinden (%30.93) daha yüksek olduğu ve bu değerlerin konsantrasyon artışına bağlı olarak artış gösterdiği görülmektedir. Buna göre; en düşük ve kontrol grubuna en yakın değerler %5

konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplarda elde edilirken, en yüksek değerler ise %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplarda tespit edilmiştir.

Sonuçlar genel itibariyle değerlendirildiğinde, %5 ve %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplardan elde edilen değerlerin EN 317 standartındaki değerlere yakınlık ve uygunluk gösterdiği, %15 ve %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplardan elde edilen değerlerin ise standart değerlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Şekil 20 genel olarak incelendiğinde; en yüksek su alma değerlerinin ZNB, MAF+BA+BX, MAF+BA+NPB kullanılan gruplar ile en düşük ve birbirine yakın değerlerin ise BA, BA+BX, MAF+AL kullanılan gruplar ile elde edildiği görülmektedir.



Şekil 21. Melamin katkı oranı farklı MUF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat su alma değerlerindeki değişim

Deneme levha örneklerinin 24 saat süredeki su alma değerleri üzerinde; melamin katkı oranının etkisi Şekil 21’de verilmiştir. Buradan görüleceği üzere; 24 saat süredeki su alma değerleri melamin katkı oranına bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu değişim üzerinde; varyasyon kaynaklarının etkisi istatistiksel olarak ta anlamlı bulunmuştur. Şekil 21’deki değişim grafiğinden, %10 konsantrasyonda kullanılan kimyasal maddeli grupların su alma değerlerinin, tutkal içerisindeki melamin katkı oranının artmasına bağlı olarak azalma gösterdiği görülmektedir.

Su alma deneyi sonucunda elde edilen bu bulgular genel olarak değerlendirildiğinde şu sonuçları söylemek mümkündür.

1. Tüm kimyasal madde muameleli gruplar ile elde edilen sonuçların kontrol grubundan daha yüksek çıkması beklenen bir durumdur. Çünkü literatürde de belirtildiği üzere; FR kimyasalları higroskopik özellik gösteren inorganik maddelerdir. Özellikle amonyum sülfat, monoamonyum fosfat, diamonyum fosfat gibi çalışmamızda da kullanılan inorganik yapıdaki tuzlar yüksek su alıcı özelliğe sahiptirler (Yalınkılıç, 2000; LeVan ve Collet, 1989; Baysal, 2006). Doğal olarak bu özelliğe sahip maddeler levha örneklerinin su alma oranını önemli ölçüde artırmaktadır. Yalınkılıç ve arkadaşları(1995), yaptıkları bir çalışmalarında kızılçam odununda monoamonyum fosfat ve Pyresote'un higroskopisiteyi yüksek oranda artırdığını bildirmişlerdir.

2. Özellikle, MAF+BA+NPB, MAF+BA+BX, MİN, MİNPB gibi birden fazla kimyasal maddenin karışımı olarak hazırlanan formülasyonların levhaların su alma değerlerini, tek olarak kullanılan kimyasal maddelere göre daha yüksek oranda arttırdığı görülmektedir. Bu durum, higroskopik karakterdeki her bir maddenin ayrı ayrı gösterdikleri etkilerin bir araya gelmeleri durumunda daha yüksek bir seviyeye ulaşmasının muhtemel bir sonucudur. Bilindiği üzere; inorganik tuzlar özellikleri gereği su ile temas ettiklerinde doğal olarak şişmekte ve kullandıkları materyallerin yapılarını suya karşı daha dayanıksız hale getirmektedir (Yalınkılıç, 2000; Raff, 1966; Bozkurt vd., 1993). Şekil 20 incelenerek kimyasal madde kıyaslaması yapıldığında; ZNB ile tüm tek başına ve karışım halinde kullanılan maddelerden daha yüksek su alma değerleri elde edildiği görülmekte, bu durumun ZNB'nin yapısında bulunan çinko iyonlarının selülozu şişirici etkisinden kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Bilindiği üzere, elektrolitlerin ve metalik iyonların selülozu şişirici etkisi bulunmaktadır (Hafizoğlu, 1987; Andrews ve Ober, 1963; Lindström ve Carlsson, 1978).

3. Genel itibari ile düşük konsantrasyonlarda kimyasal madde kullanılması durumunda standartlara yakın değerler elde edilirken, %10 konsantrasyondan sonra bu değerler standartların üzerine çıkmaya başlamıştır. Bu durum, yüksek oranda inorganik tuz kullanımının muhtemel bir sonucudur. Özellikle lif yapısına nüfuz edemeyen fazla miktardaki kimyasal madde tutkallama sırasında lif-lif bağlanmasını olumsuz etkilemekte ve levha oluşumu esnasında yüzeylere yakın ya da yüzeyler de kalarak ortamdaki rutubetin daha kolay çekilmesine sebep olmaktadır (Cremonini vd., 1996).

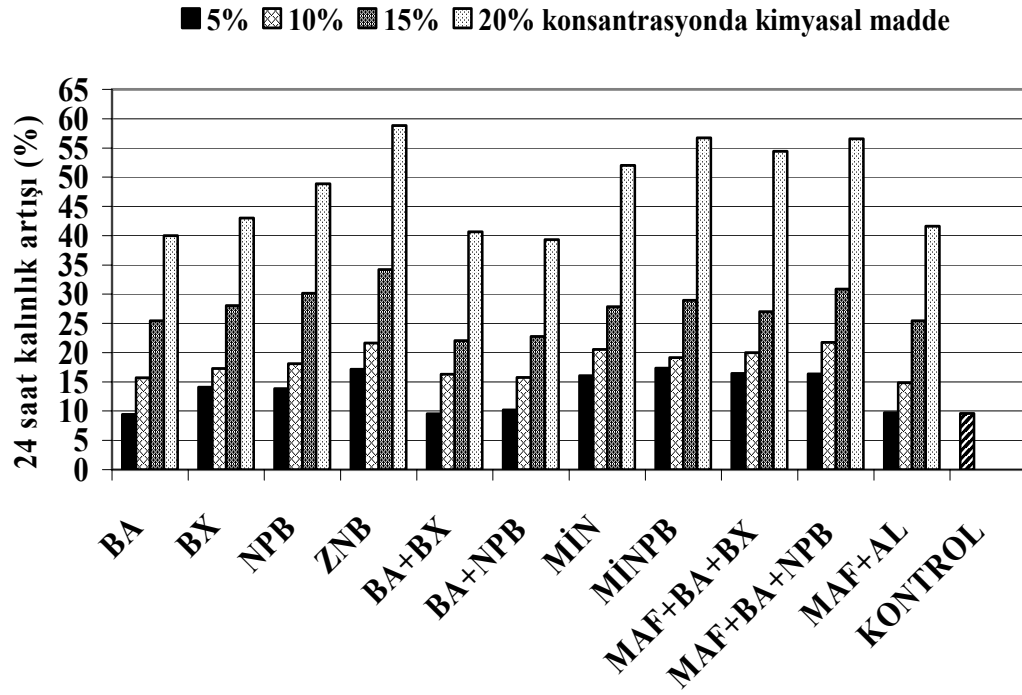
4. Ayrıca deneysel çalışmamızda, yalnızca FR kimyasal maddelerinin etkisini gözlemleyebilmek amacıyla parafin kullanılmamış olup, bu durumun da su alma değerlerinin daha yüksek çıkmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

5. Çalışmada ki tüm değerler gözönüne alındığında yine de literatürde belirtilen oranda yüksek su alma değerleri elde edilmemiştir. Bu durum, ön çalışmalarda ki optimizasyon işlemleri sonucunda, levha yoğunluğunun artırılması suretiyle sağlanmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla, yoğunluğu artırılarak direnç özellikleri bir ölçüde iyileştirilmeye çalışılan deneme levhalarının daha sağlam bağlanma gösterdiği ve bunun sonucunda, suyun lifler arasına nüfuzunun zorlaştığı ve şişme olayının bir ölçüde sınırlı kaldığı düşünülmektedir.

6. Melamin katkı oranının artmasıyla, levhaların 24 saat su alma değerlerinin azalmasının ise melaminin yapısal özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Melaminin çapraz bağ sayısının fazlalığı ve su da az çözünmesi tutkala su iticilik özelliği kazandırmaktadır. Bilindiği üzere, günümüzde ÜF tutkalı daha yaygın kullanılan ve ekonomik bir tutkal olmasına rağmen suya dayanımı diğer tutkallara göre daha azdır (Selbo, 1975; Eroğlu ve Usta, 2000). Bu sebeple bu tutkala su iticilik kazandırmak amacıyla melamin ilavesi yapılmaktadır. Cremonini ve arkadaşları(1997)'da, üre formaldehit tutkalının su itici özeliğini artırmak için melamin ilavesinin oldukça etkili olduğunu bildirmişlerdir. Buna göre; çalışmamızın sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında, tutkala katılan melamin oranı artışının su alma özelliklerini olumlu etkilediği görülmekte Cremoninin çalışması paralelinde bu durum desteklenmektedir.

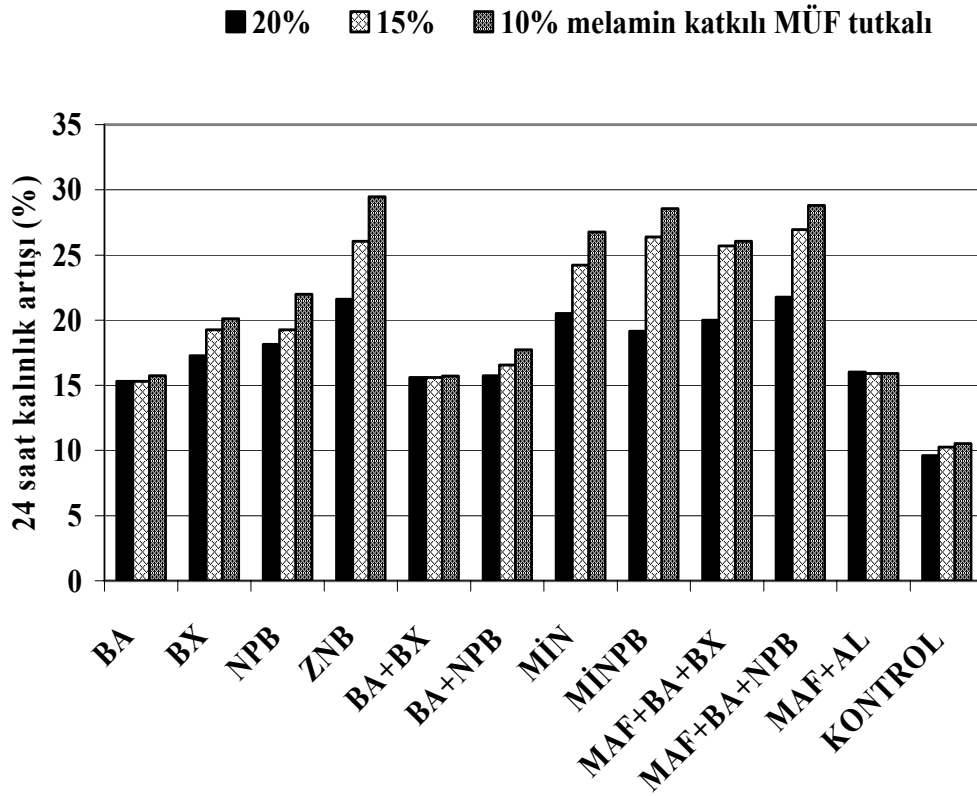
4.4. Kalınlık Artışına Ait Bulguların İrdelenmesi

Deneme ve kontrol levhalarının 24 saat süredeki kalınlığına şişme değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının etkileri Şekil 22 ve Şekil 23' te verilmiştir.



Şekil 22. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat kalınlık artışı değerlerindeki değişim

Deneme levhalarının 24 saat süre ile kalınlığına şişme değerlerindeki değişim ise Şekil 22’de görüldüğü gibidir. Bu şekil incelendiğinde, tüm kimyasal maddeli levha gruplarının 24 saat kalınlığına şişme değerlerinin, kontrol grubunun (%9.59) değerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. %5 madde konsantrasyonu dikkate alındığında; bazı kimyasal maddeli grupların kontrole yakın değerler verdiği, %10, %15, %20 konsantrasyonlarda elde edilen değerlerin ise kontrolden oldukça yüksek seviyede olduğu gözlenmektedir. Konsantrasyon oranları arttıkça; tüm kimyasal maddeli levha gruplarının kalınlığına şişme değerleri artış göstermiştir. Şekil 22’ dende görüleceği üzere genel bir değerlendirme yapıldığında; kimyasal maddeye bağlı olarak elde edilen 24 saat süre ile kalınlığına şişme değerleri ZNB> MAF+BA+NPB > MİNPB> MAF+BA+BX> MİN> NPB> BX > MAF+AL> BA+NPB> BA+BX> BA şeklinde bir sıralama göstermiştir.



Şekil 23. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının 24 saat kalınlık artışı değerlerindeki değişim

Melamin katkı oranının, kalınlığına şişme özelliği üzerinde etkisi Şekil 23'te verildiği gibi değişim göstermiştir. Bu değişim üzerinde; varyasyon kaynaklarının etkisi istatistik açıdan da anlamlı bulunmuştur. Tablo 35 ve Şekil 23 birlikte incelendiğinde; melamin katkı oranı arttıkça 24 saat süredeki kalınlığına şişme değerlerinin artış gösterdiği, %20 melamin katkılı MÜF tutkalının %10 konsantrasyondaki kimyasal maddelerle birlikte kullanılması ile elde edilen değerlerin; %15,%10 melamin katkılı MÜF tutkalı kullanılarak elde edilen değerlere göre daha iyi olduğu görülmekte ve melamin katkısının kalınlığına şişmede olumlu bir etki sağladığı düşünülmektedir.

Kimyasal madde türü, kimyasal madde konsantrasyonu ve melamin katkı oranına bağlı olarak levha örneklerinden elde edilen 24 saat süredeki kalınlığına şişme değerleri genel olarak değerlendirildiğinde, şu yargılara varılmıştır.

1. Kimyasal madde muameleli örnekler ile kontrol örneklerinden daha yüksek kalınlığına şişme değerleri elde edilmesi; higroskopik özelliği yüksek inorganik yapıdaki

FR kimyasalları kullanılması nedeniyle beklenen bir sonuçtur (Baysal, 2005; Yalınkılıç, 2000).

2. Genel olarak deney sonucunda elde edilen ZNB> MAF+BA+NPB> MİNPB> MAF+BA+BX> MİN> NPB> BX > MAF+AL> BA+NPB> BA+BX> BA kimyasal madde sıralamasına bakıldığında, ZNB dışında yapılarında birden çok inorganik madde barındıran kimyasal madde karışımları ile daha yüksek kalınlığına şişme değerleri elde edildiği görülmektedir. Bu durum; FR karışımlarının amonyum sülfat, mono amonyum fosfat, diamonyum fosfat gibi yüksek higroskopisiteye sahip inorganik tuzu bir arada ihtiva etmesinin doğal bir sonucudur (Rowell vd, 1984; Levan ve Collet,1989). Formülasyonların içeriğinde bulunan bu tuzların bir araya gelerek etkinliklerinin daha yüksek seviyeye ulaşmış olduğu düşünülmektedir. Sıralama incelendiğinde, tek başına kullanılmasına rağmen ZNB'nin, BX ve BA ile karşılaştırıldığında çok daha yüksek kalınlığına şişme değerleri verdiği görülmektedir. Bu durum, ZNB'nin su da fazla çözünmemesi nedeniyle liflerle muamele işlemi sırasında liflere tam olarak nüfuz edemeyip yüzeylerde birikmesinin ve tutkallama esnasında lif-bağ yapısını etkilemiş olmasının bir sonucu olabilir. Levha üretimi sonucunda; yüzeye yakın biriken ZNB ortamdaki rutubeti böylece daha kolay çekebilme özelliği göstermiş olabilir. Ayrıca, ZNB'nin yapısında bulunan çinko iyonunun varlığı, bu maddenin şişme özelliğini artırıcı etkenlerin başında yer alabilir. Bilindiği üzere, elektrolitler ve iyonik metallerin selülozu şişirici etkisi bulunmaktadır. (Hafızoğlu, 1987; Andrews ve Ober, 1963).

3. Konsantrasyon artışına bağlı olarak; deneme levhalarının kalınlığına şişme değerlerinde meydana gelen artış ise, higroskopik karakterdeki bu maddelerin özellikle %15, %20 gibi yüksek konsantrasyonlarda kullanılmasının bir sonucu olabilir. Yüksek oranda kullanılan bu kimyasal maddeler, bir ölçüde lif-lif bağlanmasını etkilediği için tam anlamıyla bir bağlanma gerçekleşmemekte ve levhaların şişme oranları artış gösterebilmektedir. Yine aynı şekilde; fazla miktardaki kimyasal maddeler, kristal toz şeklinde lif yüzeyinde birikebilmekte dolayısıyla presleme sonrası yüzeyde kalarak ortamın rutubetini çekmekte ve daha hızlı su alımına sebep olmaktadır.

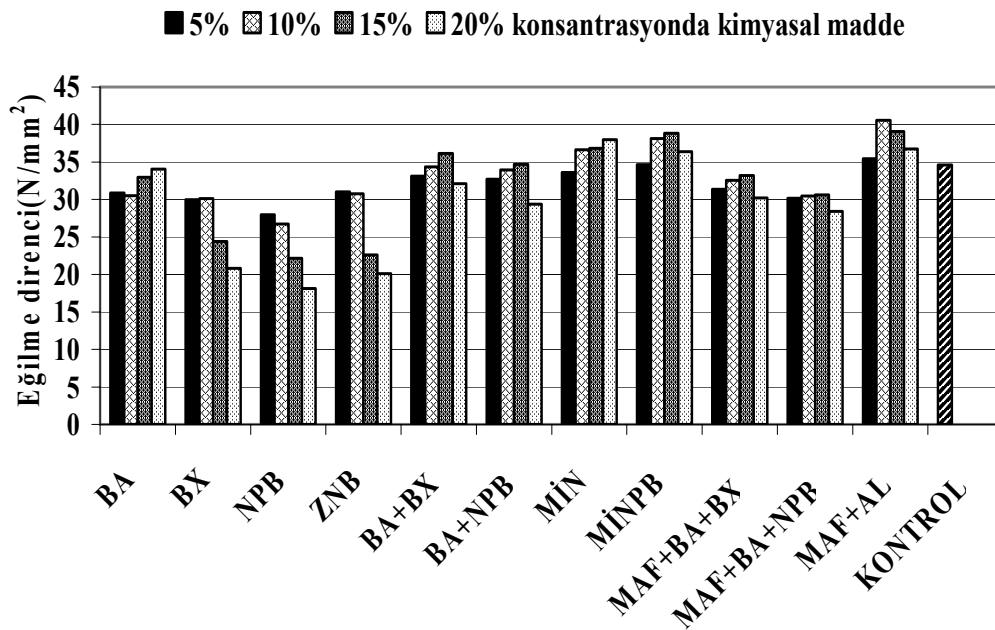
4. Ayrıca, çalışma da parafin kullanılmamış olması da kalınlığına şişme değerlerinin yüksek çıkmasına sebep olmuştur.

5. Melamin katkı oranına bağlı olarak, levha örneklerinin kalınlığına şişme değerlerinin artması ise melaminin yapısal özelliğinden kaynaklanmaktadır. Su da zor çözülen ve çapraz bağ sayısı fazla olan melaminin su itici özelliğinin olması, dolayısıyla

ilave edildiği tutkalla üretilen deneme levhalarına da bir ölçüde su iticilik kazandırmaktadır (Selbo, 1975; Creminini, 1997).

4.5. Eğilme Direncine Ait Bulguların İrdelenmesi

Kimyasal madde türü, kimyasal madde konsantrasyonu ve melamin katkı oranına bağlı olarak deneme levhalarının eğilme direnci değerlerinde görülen değişimler Şekil 24 ve Şekil 25'te verilmiştir.



Şekil 24. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerindeki değişim

Şekil 24 ve Tablo 42'den görüldüğü üzere; eğilme direnci değerleri, kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişim göstermiştir. Bu değişim üzerinde; bu faktörlerin ayrı ayrı ve bir arada gösterdikleri etkiler Tablo 44 ve Tablo 46'dan görüldüğü üzere, istatistiksel olarak ta %5 yanılma düzeyiyle anlam taşımaktadır.

Şekil 24 incelendiğinde; tüm kimyasal maddeli grupların eğilme direnci değerlerinin konsantrasyon artışına bağlı olarak birbirinden farklı bir seyir izlediği görülmektedir. Buna göre; genel olarak bazı kimyasal madde muameleli gruplar ile kontrol grubunun

değerinden daha düşük değerler elde edilirken bazı kimyasal maddeli gruplarla kontrole daha yakın ya da daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu anlamda tüm kimyasal maddeler eğilme direnci üzerinde farklı bir etki mekanizması göstermiştir. Genel olarak bakıldığında,

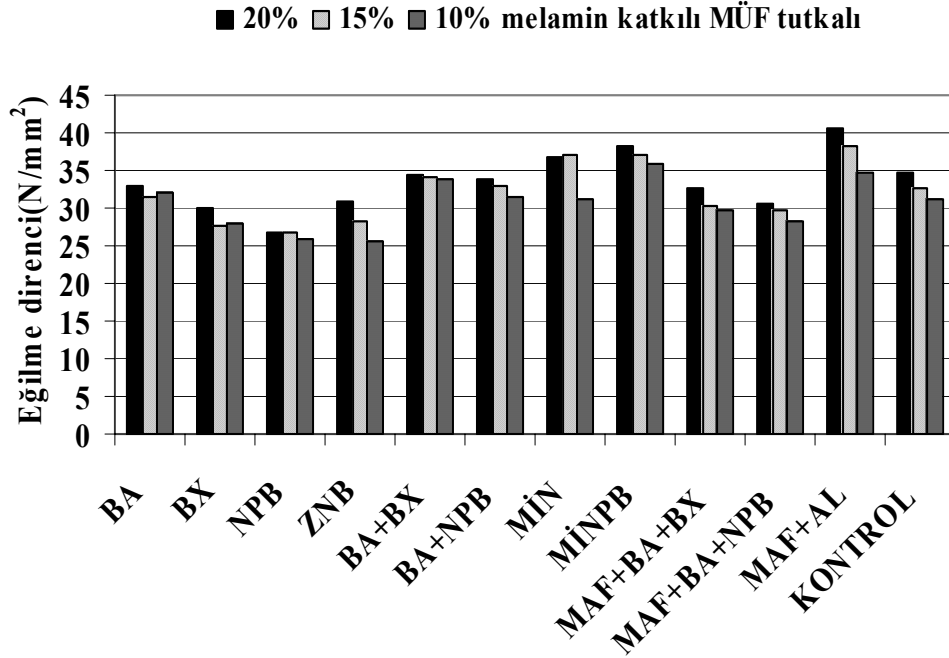
1. BX ve NPB, ZNB ile konsantrasyon artışına bağlı olarak eğilme direnci değerlerinde bir azalma olduğu görülmektedir. BX ve NPB alkali karakterde kimyasal maddelerdir ve alkali karakterdeki maddelerin selülozu şişirici özellikleri bulunmaktadır (Maximino vd., 1987; Fengel ve Wegener, 1984). Yine nötr özellik gösteren ZNB’de yapısında şişmeyi arttırıcı çinko iyonu ihtiva etmektedir. İyonlar ve elektrolitlerde bulunduğu üzere şişmeyi arttırmaktadır (Hafizoğlu, 1987; Nikitin, 1966; Lindström ve Carlsson, 1978). Bu üç maddenin, şişmeyi arttırıcı özelliğe sahip olmaları nedeniyle lif yapısına hacimlilik kazandırmalarından ve su da tam olarak çözünmeyip yüzeylerde birikerek lif-lif bağlanmasını olumsuz etkilemelerinden dolayı bu durumun gerçekleştiği düşünülmektedir.

2. Bu üç madde dışındaki FR kimyasallarıyla muameleli örneklerin eğilme direnci değerlerinin, konsantrasyon artışıyla artış eğilimi gösterdiği görülmektedir. Bu maddelerle muameleli gruplar ile elde edilen değerler; özellikle %15 konsantrasyona kadar artmış, %20 konsantrasyonda ise azalmaya başlamıştır. Bu duruma; %20 konsantrasyon gibi yüksek miktarda madde kullanımıyla birlikte lif yüzeyinde madde birikmesinin ve lif-lif bağlanmasının bir ölçüde olumsuz etkilenmesinin sebep olduğu düşünülmektedir.

3. Genel olarak bakıldığında; özellikle MAF+AL, MİNPB, BA+BX, MİN, BA kimyasalları ile kontrole kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bu durumun, kimyasal maddelerin yapısal özelliklerinden ve birbirleri ile gösterdikleri etkileşimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4. Literatürde, FR kimyasallarıyla yapılan çalışmalarda, bu kimyasal maddelerin odun ve odun esaslı levha ürünlerinin direnç özelliklerini düşürdükleri bildirilmiştir. Asidik veya alkali karakterdeki FR kimyasalları, selülozun hidrolizi yoluyla odunun direnç özelliklerini azaltmaktadır (Sweet, 1993; Denizli, 1997; Laks ve Palardy, 1990; LeVan vd., 1990b; Winandy, 1997; Rowell vd., 1984). Ancak, çalışmamız sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında, yüksek oranda kimyasal madde kullanılmasına rağmen direnç değerlerinin çok düşük oranda seyretmediği gözlenmiştir. Bu durumu sağlamak için, ön çalışmalar sırasında yapılan çok sayıda denemelerde düşük değerlerin elde edildiği parametreler belirlenmiş ve bir ölçüde bu parametreleri iyileştirme çalışmalarına

gidilmiştir. Buna göre, levha yoğunluğu arttırılmış, pres parametreleri optimize edilmiş ve tutkal olarak ta MÜF tutkalı tercih edilmiştir.



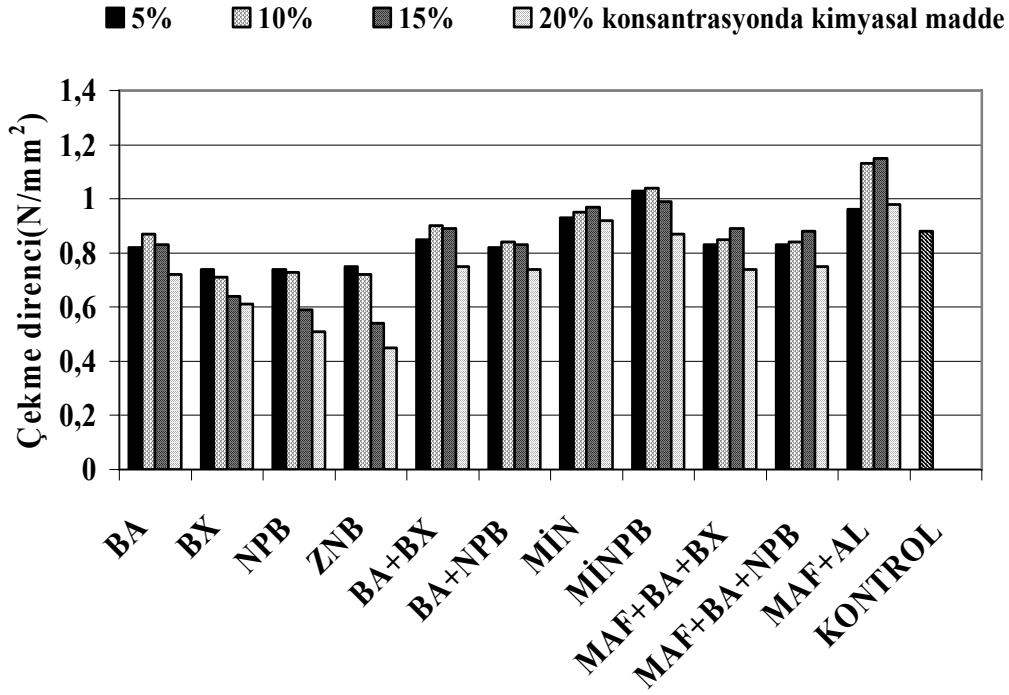
Şekil 25. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının eğilme direnci değerlerindeki değişim

Şekil 25'teki eğilme direnci değerleri incelendiğinde; bu değerlerin melamin katkı oranına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Bu değişim üzerinde; melamin katkı oranının ve kimyasal madde türünün etkisinin istatistiksel olarak %5 yanılma olasılığıyla anlamlı olduğu bulunmuştur.

Şekil 25'e bakıldığında; melamin katkı oranı artışıyla birlikte eğilme direnci değerlerinin de artış gösterdiği, en yüksek değerlerin %20, en düşük değerlerin ise %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılması durumunda elde edildiği görülmektedir. Buna göre melamin katkılı tutkal kullanımı, eğilme direnci değerleri üzerinde olumlu bir etki sağlamıştır. Tutkala melamin ilavesi tutkalın ve kullanıldığı odun esaslı malzemenin özelliklerinin iyileşmesine katkıda bulunmaktadır (Selbo, 1975; Pizzi, 1994; Gindi ve Gupta, 2002).

4.6.Yüzeye Dik Çekme Direncine Ait Bulguların İrdelenmesi

Yüzeye dik çekme direnci değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun etkileri Şekil 26'da, melamin katkı oranının etkisi ise Şekil 27'de gösterildiği gibidir.



Şekil 26. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının çekme direnci değerlerindeki değişim

Şekil 26 ve Tablo 50 incelendiğinde; tüm kimyasal madde muameleli levha gruplarının çekme direnci değerlerinin; kimyasal madde türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. Tablo 52 ve Tablo 54'teki istatistiksel değerlendirmelere de bakıldığında; yanmayı geciktirici kimyasal maddelerle muamele edilmiş levha örneklerinin çekme direnci değerleri üzerinde; madde türü ve konsantrasyonunun ayrı ayrı etkileri ile bu faktörlerin birlikte etkilerinin %5 yanılma olasılığıyla anlamlı bulunduğu görülmektedir.

Şekil 26'dan görüldüğü üzere, bazı kimyasal madde muameleli levha gruplarıyla, kontrol grubuna kıyasla daha düşük değerler elde edilirken; bazı kimyasal madde muameleli levha gruplarıyla ise daha yüksek değerler elde edilmiştir. En düşük

konsantrasyon grubu olan %5 dikkate alındığında; BX(0.74), NPB(0.74), ZNB(0.75), BA(0.82), BA+NPB(0.82), BA+BX(0.85), MAF+BA+NPB(0.83), MAF+BA+BX(0.83) ile kontrol grubunun(0.88) değerine yakın değerler, MİN(0.93), MİNPB(1.03), MAF+Al(0.96) ile kontrol grubunun değerinden daha yüksek değerler elde edilmiştir. Konsantrasyon oranı arttıkça, bazı kimyasal maddelerle muameleli örnek gruplarının çekme direnci değerlerinin, genel olarak azalma gösterdiği, ancak bu azalmanın özellikle %15 ve %20 konsantrasyon gruplarında daha belirgin düzeyde olduğu görülmektedir.

Tablo 50 incelendiğinde, %5 ve %10 konsantrasyondaki çoğu değerlerin EN 319 standartına göre belirtilen değere (0.7 N/mm^2) yakın ya da daha yüksek olduğu, özellikle %15, %20 konsantrasyonlarda elde edilen değerlerin bazılarının ise bu standart değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir.

Genel olarak elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeleri şu şekilde özetlenebilir.

1. Literatürde yapılan çalışmalarda; yanmayı geciktirici kimyasal maddelerin, malzemelerin direnç değerlerinde olumsuz etki yaptığı bilinmektedir (Rowell vd., 1984; LeVan, 1984; Denizli, 1997; Lebow ve Winandy, 1999). Ancak; çalışmamız sonucunda, bazı kimyasal maddelerle literatürde belirtilen şekilde düşük değerler elde edilirken bazı kimyasal maddelerle ise daha yüksek değerler elde edilmiştir. Daha önce çalışmanın ön denemelerinde, ÜF kullanılarak üretilen levhalardan elde edilen direnç değerleri literatürde belirtilen şekilde düşük çıkmış ve bunun üzerine bu olumsuzluğun bir ölçüde azaltılması amaçlanarak deney planında değişiklik yapılmıştır. Bu plan doğrultusunda, levha yoğunlukları arttırılmış ve tutkal olarak ta MÜF tercih edilerek direnç özelliklerinde meydana gelebilecek olumsuzlukların azaltılması hedeflenmiştir. Çalışma neticesinde elde edilen yüksek değerlerin bu durumdan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

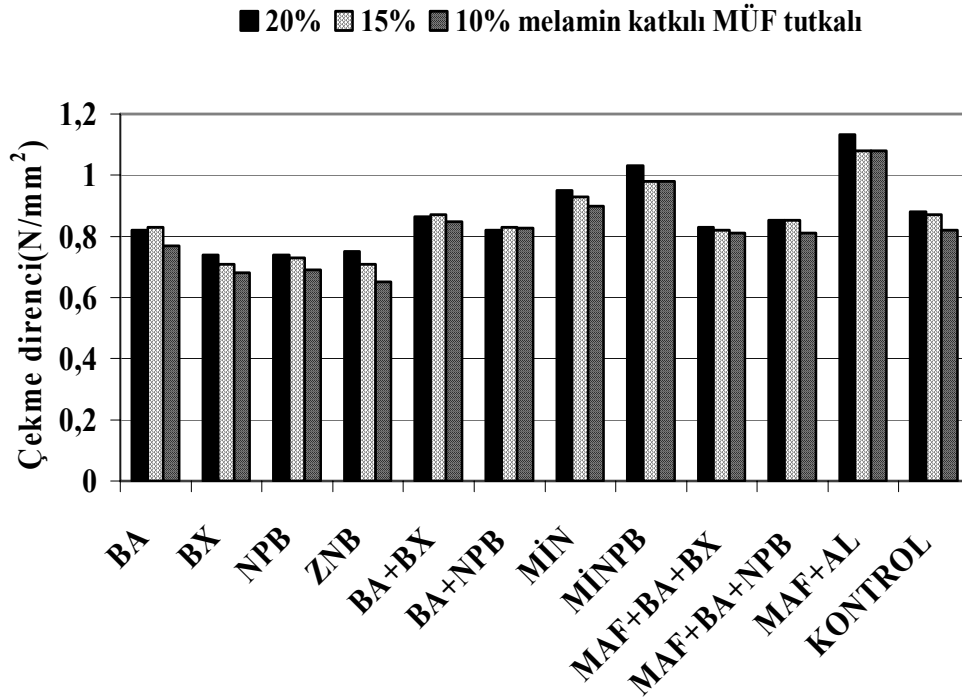
2. Özellikle %15, %20 konsantrasyondaki değerlerde görülen düşmenin ise kimyasal maddelerin yüksek konsantrasyonda kullanılmalarının doğal bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Kimyasal maddelerin yüksek konsantrasyonlarıyla muamele edilen liflerde, fazla miktardaki madde lif yüzeylerinde birikmekte, lif ve tutkal temasını düşürerek tutkallama esnasında bağlanmayı etkilemekte ve böylece lif yapılarında bazı değişimlere ve bozunmalara sebep olarak direnç özelliklerini düşürmektedir.

3. Tüm kimyasal madde grupları genel olarak incelendiğinde; en düşük sonuçlar ZNB, BX, NPB kullanılarak üretilmiş levha gruplarında elde edilmiştir. Bu durumun, kimyasal maddelerin yapısı ve pH'ı ile de ilgili olduğu düşünülmektedir. Asidik kimyasal maddeler ve nötre yakın kimyasal maddelerle muamele sonucu elde edilen değerler Şekil

26'dan görüleceği üzere, bazik karakterdeki kimyasallarla elde edilen değerlere oranla biraz daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun; alkali özellik gösteren BX, NPB gibi kimyasalların tutkalın jelleşme süresi üzerine etki ederek daha uzun sürede sertleşmeye neden olmalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, alkali yapıdaki emprenye maddelerinin lifleri hidratlandırma ve şişirme özelliğinin, liflerin esnekliğini arttırmış olabileceği ve bu duruma bağlı olarak ta çekme direnci değerlerinin olumsuz etkilenmiş olabileceği düşünülmektedir. Yine literatürde, alkali özellikteki sulu çözeltilerle emprenye edilen liflerin asidik çözeltilerle muamele edilenlere oranla daha kolay bozunduğu belirtilmiştir (Rowell, 2005). Çinko boratla(ZNB) muamele edilen örneklerin çekme direnci değerlerinde görülen düşmenin ise su da tam çözünemeyen bu maddenin lif yüzeylerinde toplanarak tutkallama gücünü çıkartmasından ve yapısında ki çinko elementinin şişirici etkisinden kaynaklanmış olabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca, borlu bileşikler ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda; bor iyonları ile tutkal moleküllerinde bulunan fonksiyonel metilol grupları(CH₂OH) arasında oluşan etkileşime bağlı olarak tutkalın, presleme sırasında istenilenden önce sertleştiği ve böylece lif ile tutkalın yüzey oluşturmasını engelleyerek yapışma direncinin düşmesine sebep olduğu bildirilmektedir (Sean vd., 1999; Lee vd., 2001).

Manning (2002), ZNB ile yapılan çalışmalarda; çinko borat kullanım oranı arttıkça yapışma direnci değerlerinde azalma gerçekleştiğini, bu azalmanın özellikle kimyasalın %5 ve %8 konsantrasyon oranında kullanılması durumunda daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

Parsapajouh ve arkadaşları (2003), MAF+BX, boraks, minalith, pyresote'in %5.8, %12 konsantrasyonlarıyla yaptıkları çalışma sonucunda, direnç özellikleri bakımından en iyi sonucu MAF+BX karışımının verdiği tespit etmişlerdir.

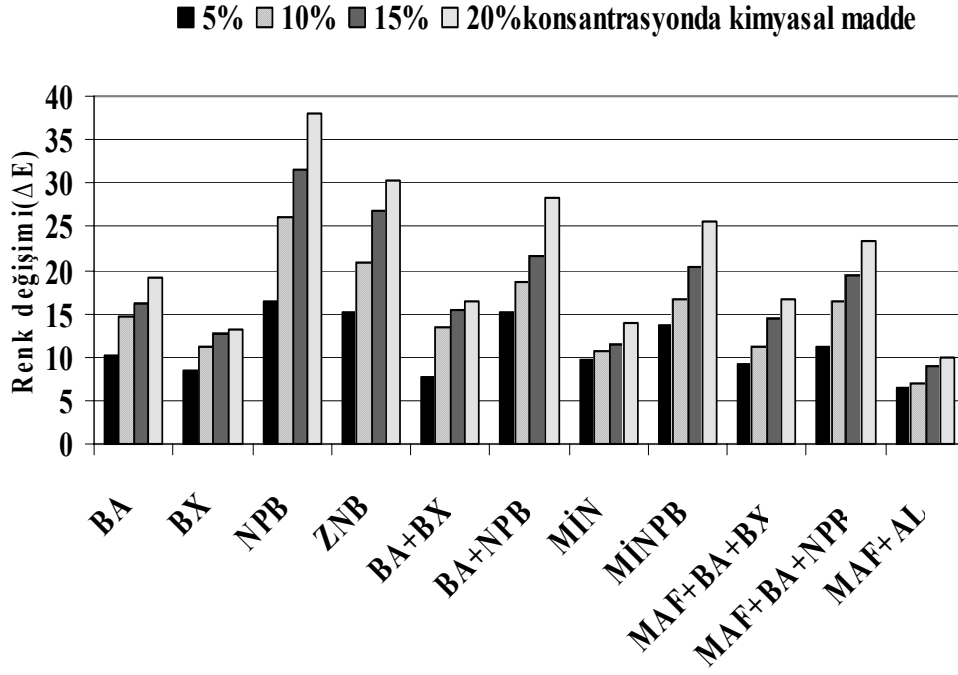


Şekil 27. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının çekme direnci değerlerindeki değişim

Şekil 27'den görüldüğü üzere; çekme direnci değerleri, melamin katkı oranına bağlı olarak değişim göstermektedir. Tablo 52 ve Tablo 56'daki istatistiksel değerlendirme sonuçlarına göre de, melamin katkı oranının ve kimyasal madde etkisinin, bu değişim üzerinde %5 yanılma olasılığıyla anlamlı olduğu, iki faktör etkileşiminin ise anlamsız olduğu bulunmuştur. Şekil 27'den de görüldüğü üzere; tutkaldaki katkı oranı artışının çekme direnci değerlerini artırdığı, bu durumun tutkalla kimyasal madde uyumunun bir sonucu olduğunu söylemek mümkündür. Buna göre, en yüksek çekme direnci değerleri %20 melamin katkıli tutkal kullanılan gruplarda, en düşük çekme direnci değerleri ise %10 melamin katkıli tutkal kullanılan gruplarda elde edilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda da melamin katkısının tutkalın özelliklerini iyileştirdiği, ayrıca melamin katkıli bileşiklerle muamele işleminin, odun esaslı malzemelerin yapısal ve direnç özelliklerini artırdığı bildirilmiştir (Golbabaie, 2006; Gindi ve Gupta, 2002).

4.7. Renk Değişimine Ait Bulguların İrdelenmesi

Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının; levha örneklerinin renk değişimleri üzerinde gösterdikleri etkiler karşılaştırmalı olarak Şekil 28 ve Şekil 29’da sunulmuştur.



Şekil 28. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının renk değişim değerleri

Tablo 58 ve Şekil 28 incelendiğinde; ΔE değerlerinin kimyasal madde türüne ve kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişim gösterdiği görülmektedir. Bu değişim, istatistiksel açıdan da % 5 yanılma olasılığıyla anlamlı bulunmuştur. Şekil 28’den görüleceği üzere; herbir kimyasal madde grubu kendi içerisinde değerlendirildiğinde konsantrasyon artışıyla birlikte ΔE değerleri doğru orantılı olarak artış göstermiş, en yüksek değerler ise %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplarda elde edilmiştir. Tüm kimyasal madde ve konsantrasyon grupları toplu olarak ele alındığında ise referans grup olan kontrole göre en düşük ΔE değerleri sırasıyla; MAF+AL, BX, MİN ile muamele edilmiş örneklerde elde edilirken, en yüksek ΔE değerleri ise özellikle NPB ile muamele edilmiş örneklerde tespit edilmiştir. NPN’nin ardından en fazla renk değişim değerleri sırasıyla ZNB, BA+NPB, MİNPB, MAF+AL+NPB kullanılarak üretilen örnek

gruplarından elde edilmiştir. Şekil 28 ve Tablo 58'den de görüldüğü üzere özellikle diğer gruplarla kıyaslandığında en yüksek ΔE değerlerinin NPB katkılı kimyasal madde formülasyonları kullanılarak üretilen levha gruplarında olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum FR formülasyonlarında ortak madde olan NPB'den kaynaklanmaktadır.

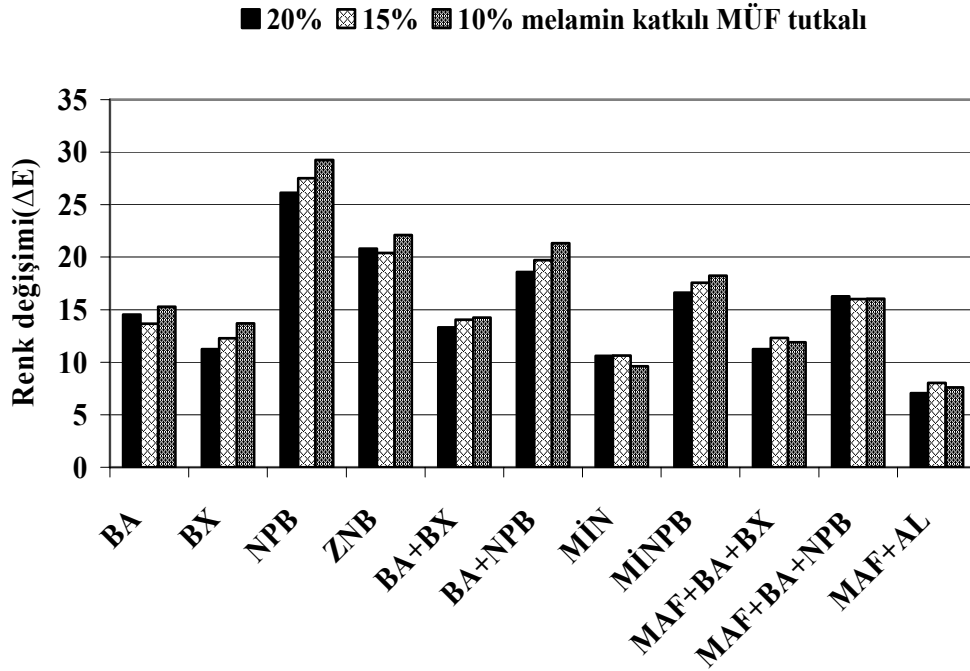


Şekil 29. (a) Kontrol levhası ve NPB muameleli levha örneği, (b) ZNB muameleli levha örneği ve MAF+AL muameleli levha örneği arasındaki renk farklılıkları

Bilindiği üzere; NPB, hidrojen peroksit gibi perhidroksi iyonu verebilen, oksijen bazlı güçlü bir ağartıcı kimyasal maddedir ve günümüzde özellikle deterjan sanayinde ağartıcı özelliği sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır (URL-6, 2005; Peşman vd., 2006; Koroğlu,2003). Bu nedenle, çalışmada kullanılan tüm NPB katkılı bileşikler diğerlerine nazaran daha fazla değişikliğe sebep olmuşlardır. Deneysel çalışmalar sırasında özellikle bu madde kullanılarak üretilen levha gruplarında Şekil 29 a'dan da görüldüğü üzere, gözle görülebilir seviyede bariz açık sarı renk elde edilmiştir. Bu maddenin diğer maddelerle kıyaslandığında daha yüksek renk değişimine sebep olması bu güçlü ağartıcı etkisinin bir sonucudur.

Yine Şekil 28'den görüldüğü üzere; BA, BX ve bu iki madde katkılı kimyasalların renk değiştirme etkisi NPB'ye oranla çok daha düşük seviyede kalmıştır. Ancak en düşük renk değişim etkisi MAF+AL ile elde edilmiştir. Bu formülasyonla muamele edilmiş levhalarda kontrole yakın bir renk gözlemlenmiştir. Yine Şekil 28'den görüleceği üzere, en yüksek 2. ΔE değeri çinko borat ile elde edilmiştir. Bu madde ile Şekil 29 b'den görüleceği üzere açık gri renkte levhalar üretilmiştir. Bu durumun ZNB'nin yapısal özelliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü ZNB diğer maddelere oranla daha yüksek bor içeriğine sahiptir ve yapısında açık gri renkte metalik bir madde olan çinko ihtiva

etmektedir (URL-17, 2007). Dolayısıyla, levhalara bu rengi lif yapısını değiştirmek suretiyle metalik bir madde olan çinkonun kazandırdığı söylenebilir.

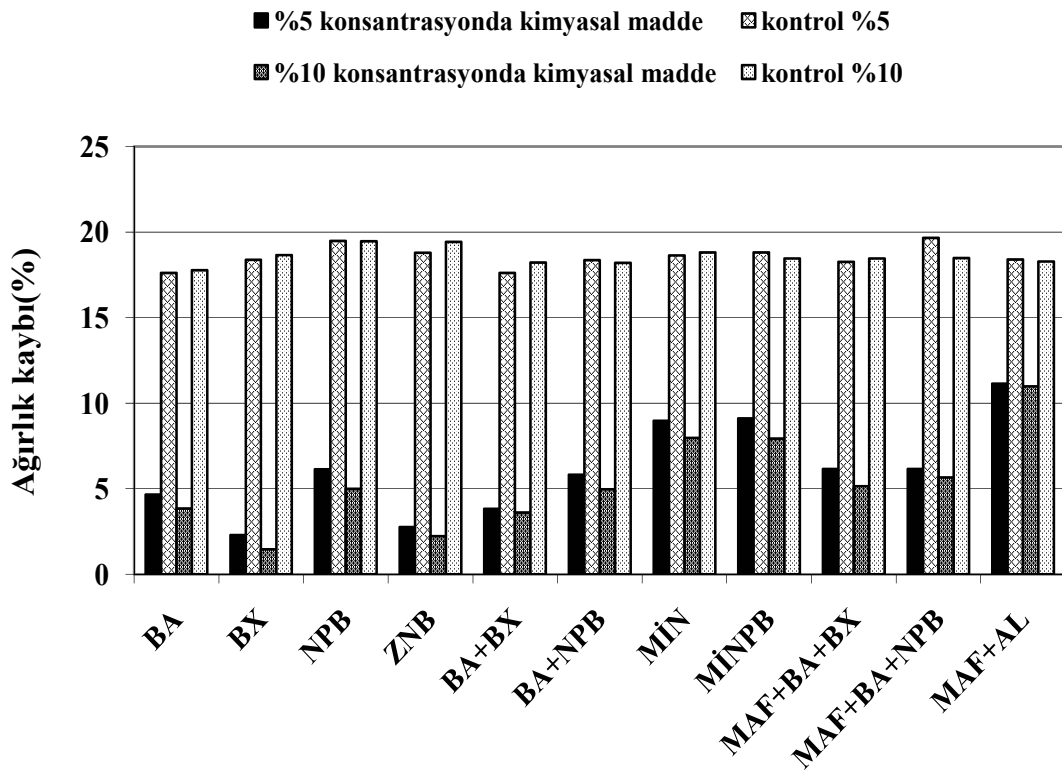


Şekil 30. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının renk değişim değerleri

Melamin katkı oranının ve kimyasal madde türünün etkisini gözlemlemek amacıyla yapılan deneyler sonucunda bu faktörlerin etkisi Şekil 30'da görüldüğü gibi seyretmiştir. Melamin katkı oranının ΔE üzerine etkisi; istatistiksel olarak ta anlamlı bulunmuştur. En az renk değişikliği, %20 melamin katkıli levha gruplarında elde edilirken, en fazla renk değişikliği ise %10 melamin katkıli MÜF tutkalı ile üretilen levha gruplarında elde edilmiştir. %10 konsantrasyondaki NPB' nin %20 melamin katkıli MÜF ile kullanılması durumunda ΔE değeri % 26.14 olarak bulunurken, %10 melamin katkıli MÜF tutkalı kullanılması durumunda ise bu değer % 29.17 olarak tespit edilmiştir. Bu değerlerden de görüleceği üzere; melamin katkısının artması renk değişim değerlerinin azalmasına sebep olmaktadır.

4.8. Mantar Çürüklük Testine ait Bulguların İrdelenmesi

Yanmayı geciktirici özellik gösteren çeşitli kimyasal maddelerle muamele edilerek üretilen deneme levhalarının, beyaz çürüklük mantarı *Trametes versicolor*'a maruz bırakılması sonucu elde edilen ağırlık kaybı değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve kullanılan tutkaldaki melamin katkı türünün etkisi Şekil 31 ve Şekil 32'de görüldüğü gibidir.



Şekil 31. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının mantar deneyi sonucunda ağırlık kaybı değerlerindeki değişim

Mantar deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun etkileri Şekil 31'deki gibidir. Tablo 68 ve Tablo 70'de bu etkilerin istatistiksel olarak anlamlılığı değerlendirilmiş ve buna göre, %20 melamin katkılı MÜF tutkalı ile %5, %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılarak üretilen levha gruplarının ağırlık kaybı üzerinde; kimyasal madde türünün ve konsantrasyonunun etkisinin % 5 yanılma olasılığıyla anlamlı, bu iki faktör birlikteliğinin

etkisinin ise anlamsız olduğu bulunmuştur. Tablo 66 ve Tablo 67’de verilen deney sonuçları incelendiğinde, elde edilen tüm kontrol ağırlık değerlerinin %18 ile %19 arasında değiştiği ve bu değerlerin EN 113 standartında belirtilen değerlere uygunluk gösterdiği görülmektedir.

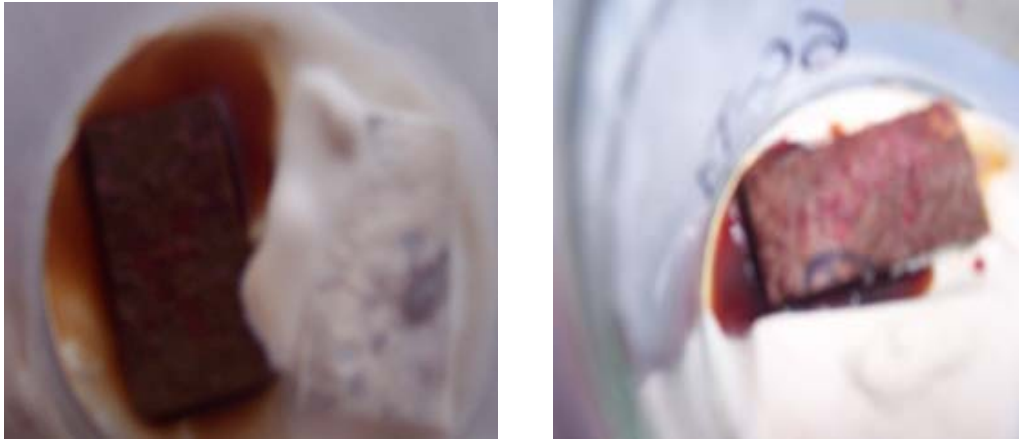
Şekil 31 incelendiğinde; kimyasal madde ile muamele edilerek üretilmiş tüm levha örneklerinin ağırlık kaybı değerlerinin kontrol grubu değerlerinden oldukça düşük olduğu ve bu değerlerin konsantrasyon artışına bağlı olarak azaldığı görülmektedir. İki konsantrasyon grubu da dikkate alındığında en düşük değerler; %5 konsantrasyonda BX(%2.29), ZNB(%2.76), BA+BX(%3.82), BA(%4.65) kimyasallarıyla muamele edilmiş örneklerden elde edilirken, en yüksek değerler ise MİN(%8.98), MİNPB(%9.11) ve MAF+AL(%11.14) kimyasalları ile muamele edilmiş örneklerden elde edilmiştir. %10 konsantrasyonda ise yine aynı şekilde en düşük değerler sırasıyla BX(1.48), ZNB(%2.24), BA+BX(%3.62), BA(%3.86), BA+NPB(%4.98) kimyasallarıyla muamele edilmiş örneklerden elde edilmiş, en yüksek değerler ise MİNPB(%7.94), MİN(%7.98), MAF+AL(%10.99) kimyasalları kullanılan örneklerde tespit edilmiştir.

Tüm kimyasal madde grupları dikkate alındığında; en düşük ağırlık kaybı değerleri boraks ve çinko borat ile elde edilmiştir. Bu durum bu maddelerin içerdikleri aktif bor sayısına bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir. Bor iyonları biyolojik olarak hücre çeperine kolaylıkla nüfuz edebilmekte ve oluşturduğu komplekslerle yaşayan organizmalarda açlık etkisi oluşturarak toksik etki yapmaktadırlar (Yamaguchi, 2003; Williams vd., 1990; Grace vd., 1992). Tsunada ve arkadaşları (2002) tarafından yapılan bir çalışmada; çinko borat ile muamele edilmiş *Pinus radiata*’dan üretilen MDF levhalarına mantar çürüklük testi uygulanmış ve test sonucunda ağırlık kaybı değerlerinin, çinko borat oranı arttıkça azaldığı ve sağlanan koruma oranının ise % 97’lere kadar çıktığı bulunmuştur.

Ayrıca, literatürde yapılan çalışmalarda bor kullanılarak muamele edilen materyallerin mantara karşı oldukça iyi direnç gösterdikleri, bor kullanım oranının düşük alınması durumunda bile etkin bir koruma sağladıkları bildirilmiştir (Kartal ve Ayrılmış, 2005; Kartal vd., 2004; Kartal vd., 2005; Lloyd, 1998). Ayrıca Murphy ve arkadaşları (1993), %0.5 BAE retansiyonunda bor ile muamele edilmiş odun kompozitlerinin esmer ve beyaz çürüklük mantarlarına karşı yüksek bir direnç sağladığını belirtmişlerdir.

Çalışmamızda yüksek konsantrasyonda kimyasal madde kullanılmasına rağmen literatürdekenden biraz daha yüksek ağırlık kaybı değerleri tespit edilmiştir. Bu durumun aşağıdaki sebeplerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

1. Borlu bileşikler, yüksek rutubetli ortamlarda kaldıklarında kolaylıkla yıkanabilmekte (leaching) ve böylelikle bu bileşiklerin büyük çoğunluğu muamele edildikleri materyalden uzaklaşabilmektedir (Östman vd., 2001; Ellis ve Rowell, 1989; Yalınkılıç, 2000). Deney sırasında örneklerin bünyesinde bulunan borlu bileşiklerin bir kısmının yüzeye yakın ya da yüzeyde kristaller halinde biriktiği ve ortamın rutubetine bağlı olarak kolaylıkla uzaklaştığı, böylelikle de bir miktar madde kaybının olduğu görülmüştür. Ayrıca, deney esnasında yapılan periyodik kontrol gözlemlerinde özellikle test örneğinin etrafında dikkate değer miktarda kahverengi su biriktiği izlenmiştir (Şekil 32). Bu durumun özellikle borlu bileşiklerin örneklerden kolaylıkla uzaklaştığının bir kanıtı olduğu düşünülmektedir. Borun stabilitesi, B-O bağlarının kuvvetliliğine bağlıdır. Bor-odun etkileşimi sırasında B-O bağlarının direnci su molekülü-odun bağlarının direncinden daha zayıftır. Bu da borlu bileşiklerin kolaylıkla yıkanmasına ve uzaklaşmasına sebep olmaktadır (Yalınkılıç, 2000).



Şekil 32. Deney sırasında kimyasal maddeli test örneklerinin etrafında biriken kahverengi sıvı örneği

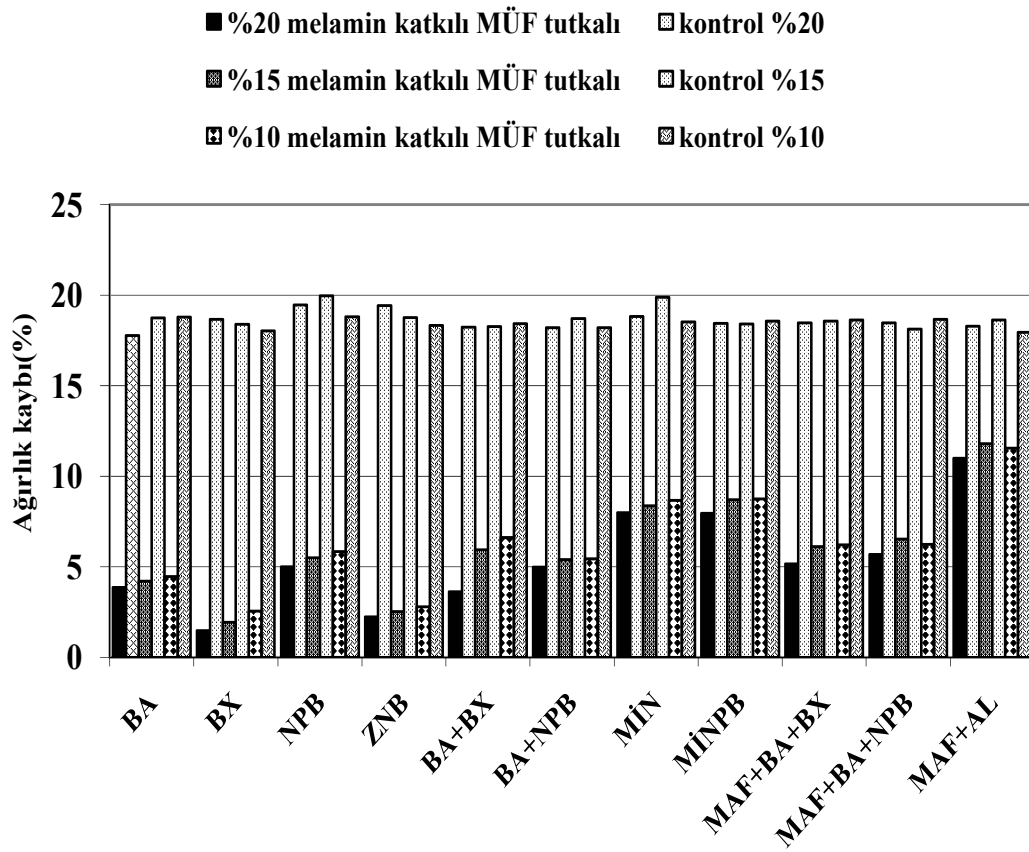
2. Liflevhalar bilindiği üzere küçük lif demetlerinin preslenmesiyle elde edilen kompozit malzemelerdir. Bu sebeple, yapıları deneysel işlemler sırasında kolaylıkla bozulabilmekte ve bu bozulan yapıdan kimyasalların rutubet etkisiyle uzaklaşmaları daha

kolay olabilmektedir. Dolayısıyla buna bağılı olarakta örneklerin içerdikleri kimyasal maddelerin etkinliğı azalabilmektedir.

3. Yine test örneklerinin ağırlık kayıplarının beklenilenden biraz daha yüksek bulunmasının bir diğere sebebi de, bu örneklerin içerdığı tüm kimyasal maddelerin higroskopik karakterde olmasıdır. Muhtemelen bu maddelerle muameleli örnekler yüksek bağılı nem ortamında oldukça uzun süre bekletilmelerinin bir sonucu olarak aşırı şişme göstermiştir. Test örneklerinin kavanozlara konulmadan önce belirlenen rutubetlerinin yaklaşık %200-250 civarında olması da bu durumu doğrulamaktadır. Yine örneklerin auto-cleavage da sterilizasyon işlemleri sırasında, lif yapılarının bir miktar yumuşaması sebebiyle de yapılarına su girişi kolaylaşmış ve ilave bir ağırlık artışı söz konusu olmuş olabilir.

Ayrıca Şekil 31'den de görüldüğü üzere; MAF+AL, MİN, MİNPB, MAF+BA+BX, MAF+BA+NPB gibi kimyasal formülasyonlarla elde edilen ağırlık kaybı sonuçları, borlu bileşiklerle elde edilen sonuçlardan daha yüksek çıkmıştır. Bu formülasyonların yapısında amonyum sülfat, mono amonyum fosfat, di amonyum fosfat gibi higroskopikliğı yüksek inorganik maddeler bulunduğu için bu maddelerle muameleli örnekler rutubet ortamından daha kolay etkilenmektedir. Dolayısıyla, bu maddelerle elde edilen ağırlık kayıpları borlu bileşiklerle elde edilen ağırlık kayıplarına göre daha fazla olmakta ve bu durum örnek ağırlıklarına yansımaktadır. Ayrıca, birlikte kullanılan bu maddelerin birbirlerinin özelliklerini baskılayarak, mantara karşı koruma etkinliklerini ve zehirlilik derecelerini azaltmış olabileceğı düşünölmektedir.

Kartal ve arkadaşları (2007), %3-%6 oranında borik asit(BA), boraks(BX) ile %3-%11 oranında monoamonyum fosfat(MAP), diamonyum fosfat(DAP) kullanarak yaptıkları çalışmalarının sonucunda; MAP-DAP ile borlu bileşikler kullanılarak tespit edilen sonuçlara göre daha yüksek ağırlık kaybı değerleri elde etmiş ve bu kimyasal maddelerin koruma etkinliğinin borlu bileşiklere kıyasla daha az olduğunu bulmuşlardır .



Şekil 33. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının mantar deneyi sonucunda ağırlık kaybı değerlerindeki değişim

Şekil 33'te ise melamin katkı oranına bağlı olarak ağırlık kayıplarında meydana gelen değişimler görülmektedir. Bu değişim üzerinde; melamin katkı oranının ve kimyasal maddenin etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Şekil 33'ten görüldüğü üzere, ağırlık kaybı değerleri melamin katkı oranındaki artışa bağlı olarak azalma göstermektedir. En iyi değerler, %20 melamin katkı oranında tespit edilmiştir.

Artan melamin oranına bağlı olarak örnek ağırlıklarında meydana gelen bu azalış, muhtemelen, melamin katkı tutkalların kimyasal maddelerle daha iyi uyum göstererek levhaların direnç özelliklerini iyileştirmesinden kaynaklanmaktadır. Direnç özellikleri daha iyi olan örneklerde ortamın etkisiyle meydana gelen kayıplar azalmakta, rutubetin etkisiyle oluşan şişme bir ölçüde engellenmekte, dolayısıyla bu da örnek ağırlıklarına yansımaktadır. Ayrıca; tüm termosetting tutkalların, direnç özelliklerini iyileştirerek odunun biyotik ve abiyotik bozunmasını sınırlandırdığı yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Deka, 2002).

4.9. Yanma Deneylerine Ait Bulguların İrdelenmesi

4.9.1. Yanma Mukavemeti Deneyine Ait Bulguların İrdelenmesi

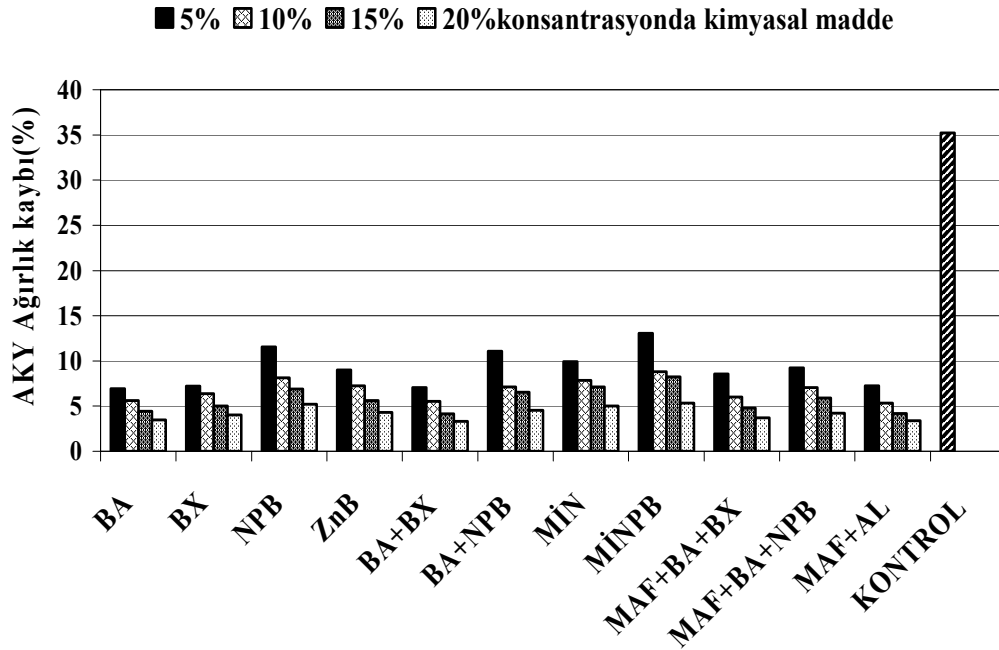
Kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının, deneme levhalarının yanma özelliklerine olan etkilerini belirlemek üzere yapılan yanma mukavemet deneyine ait sonuçlar AKY ve KKY olarak iki kısma ayrılarak irdelenmiştir.

4.9.1.1. AKY'ya Ait Bulguların İrdelenmesi

AKY sonucunda elde edilen ağırlık kaybı, sıcaklık, O_2 , CO_2 , CO değerlerindeki değişimler sırasıyla ele alınmıştır.

4.9.1.1.1. AKY'da Ağırlık Kaybı Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi

Deneme levha örneklerinin AKY sonucunda elde edilen ağırlık kayıplarının karşılaştırılmalı gösterimleri Şekil 34 ve Şekil 35' deki gibidir.



Şekil 34. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim

Şekil 34'te verilen grafik incelendiğinde, AKY'da ağırlık kaybı değerlerinin kimyasal madde türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişim gösterdiği görülmektedir. Bu değişim üzerinde kimyasal maddenin ve konsantrasyonun etkileri Tablo 78 ve Tablo 80'den görüleceği üzere istatistiksel olarak ta anlam taşımaktadır.

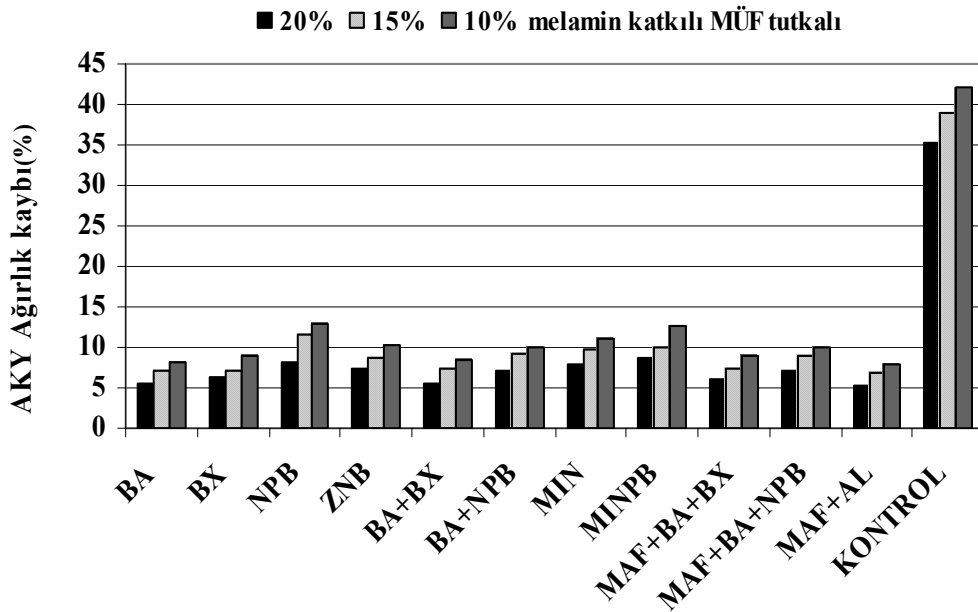
Şekil 34 incelendiğinde; AKY sonucunda en yüksek ağırlık kaybı değerlerinin kontrol grubu levhalarından (%35.2) elde edildiği; tüm kimyasal madde muameleli levha gruplarının kontrol grubu levhalarına oranla oldukça düşük ağırlık kaybı değerleri verdiği ve konsantrasyon arttıkça bu değerlerin azalarak iyileşme gösterdiği görülmektedir. Konsantrasyon oranları dikkate alınmaksızın, kimyasal maddelerin ağırlık kaybı üzerinde yaptığı etki sıralaması ise küçükten büyüğe doğru BA+BX, MAF+AL, BA, BX, MAF+BA+BX, ZNB, MAF+BA+NPB, BA+NPB, MIN, NPB, MINPB şeklinde tespit edilmiştir. Ağırlık kayıplarında meydana gelen bu değişimler, kimyasal maddelerin yapısal özelliklerinden kaynaklandığı gibi birçok faktörün etkileşiminden de kaynaklanmış olabilir. FR kimyasalları; polimerizasyon ve dehidrasyon reaksiyonlarını katalizlemek suretiyle piroliz sıcaklığını düşürmekte, kömürleşme miktarını arttırmakta ve tutuşabilen uçucu gazların miktarını azaltarak yanma mekanizmasını değiştirmektedir (Holmes, 1974; Vick, 1994; Stevens, 2006; LeVan, 1989).

Çalışmamızda kullanılan tüm FR kimyasalları, bu şekilde bir etki göstererek ağırlık kaybı üzerinde oldukça etkili sonuçlar vermiştir. Elde edilen ağırlık kaybı sıralamalarına bakılacak olursa pH'ları birbirine yakın olan kimyasalların benzer etkiler gösterdiği, özellikle nötre yakın ya da asidik karakterdeki kimyasalların bazik olanlara kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Literatür çalışmalarında; genellikle asidik karakterdeki kimyasal maddeler ile muamele edilmiş örneklerde daha olumlu sonuçların elde edildiği, asidik tuzların yanma esnasında oluşan uçucu gazların oranını düşürdüğü ve kömürleşme miktarını artırmak üzere asit ayrışmasına sebep oldukları bildirilmektedir (Vick, 1994; Ayrılmış, 2007; Stevens, 2006). Çolak (2002), yaptığı bir çalışmada; borik asit ile muamele edilmiş kaplama örneklerinden boraks ile muamele edilen örneklere nazaran daha düşük ağırlık kaybı değerleri elde etmiştir. Ayrıca, kimyasalların yukarıda açıklanan etkilerine ilave olarak bazı faktörlerin de yanmaya karşı dayanımı arttırdığı düşünülmektedir. Bunlardan birisi de levha üretimi esnasında ki sıcak preslemedir. Bu işlem sırasında uygulanan sıcaklığın ve basıncın sebep olduğu etki, kimyasal maddenin yüzeydeki konsantrasyonunu ve levhanın yoğunluğunu arttırmaktadır. Artan yoğunluğa bağlı olarak kömürleşme oranı

da artmakta, bu durumda alev yayılımının ve penetrasyonunun bir ölçüde azalmasına sebep olmaktadır (Getto ve Ishihara, 1998; White ve Nordheim, 1992).

Şekil 34'ten görüldüğü üzere; ağırlık kaybı değerleri, kimyasal madde konsantrasyonunun artışına bağlı olarak azalma göstermiştir. Kimyasal maddelerin %5 konsantrasyonda kullanılması durumunda bile, ağırlıklarda etkili oranda bir koruma gözlemlenmiş olup tüm kimyasal madde grupları ile kontrol grubu levhalarından oldukça düşük ağırlık kaybı değerleri elde edilmiştir. En yüksek konsantrasyon olan %20' de ise artan madde miktarına bağlı olarak kimyasal maddelerin etkinliği yükselmiş ve bu maddelerle muameleli örneklerden hemen hemen kontrol değerinin 1/7'si oranında ağırlık kaybı değerleri elde edilmiştir. Bu durum; artan konsantrasyon oranına paralel olarak birim lif başına düşen madde miktarının artmasının doğal bir sonucudur. Lif yapısına nüfuz edemeyen fazla miktardaki kimyasal madde, yüzeyde birikerek bir tabaka oluşumuna sebep olmakta ve alevle direkt temas halinde kalarak tutuşmayı geciktirici gazlar oluşturmak suretiyle daha kuvvetli bir etki göstermektedir.



Şekil 35. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim

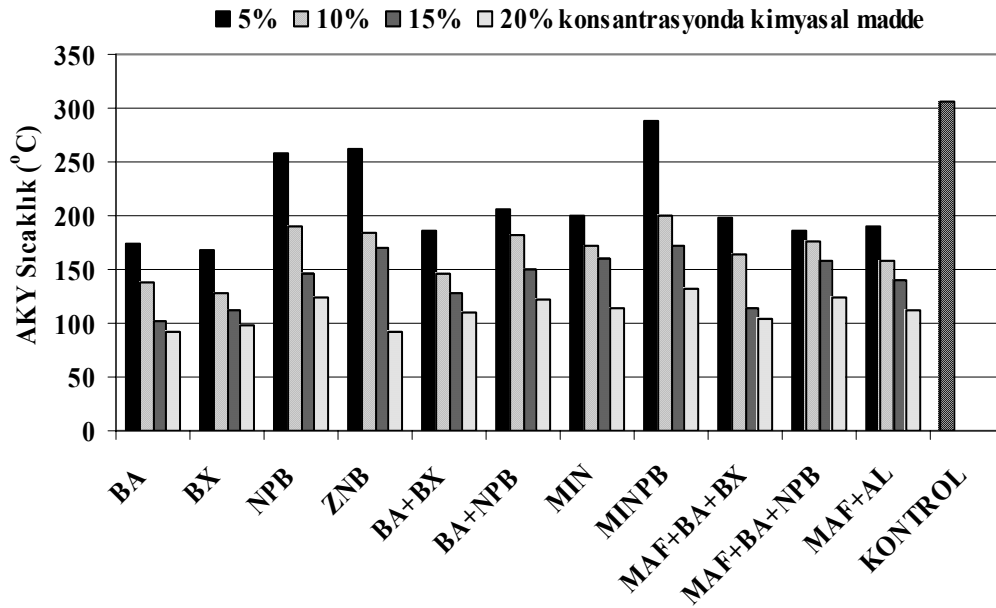
Şekil 35'teki grafik ve Tablo 76'daki değerlere bakıldığında; melamin katkı oranı artışının levha gruplarının ağırlık kaybı değerlerinde azalmaya sebep olduğu; %10 melamin katkılı levha gruplarında diğer gruplara oranla daha yüksek ağırlık kaybı değerleri

elde edildiği görülmektedir. Kimyasal madde konsantrasyonu %10 olarak sabit alınmak koşuluyla melamin katkı oranının etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunurken kimyasal madde türü, konsantrasyon etkileşimi ise anlamlı bulunmamıştır.

Literatürde, amino-reçine sistemlerinin FR kimyasalı olarak kullanımı ve performanslarının iyileştirilmesi yönünde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar neticesinde, melaminin yanmayı geciktirici etkisinin olduğu ve FR kimyasalı olarak yaygın bir şekilde kullanıldığı bildirilmektedir. Melamin ısı ve alev maruz kaldığında; dekompoze olmakta, böylece ortamdaki ısıyı absorplayarak soğutma etkisi göstermekte ve azot salıvermek suretiyle alevlerin sönmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, kondenze fazdaki melamin çapraz bağ yapısına dönüşerek kömür oluşumunu artırmakta ve böylece ağırlık kaybını azaltmaktadır (Juneja ve Richardson, 1974; Vick, 1974; Alexiou vd., 1986; URL-15, 2007).

4.9.1.1.2. AKY'da Sıcaklık Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi

Yanma sıcaklık değerleri üzerinde; kimyasal madde türü, kimyasal madde konsantrasyonu ve melamin katkı oranına bağlı olarak meydana gelen değişimler Şekil 36 ve Şekil 37' de verilmiştir.



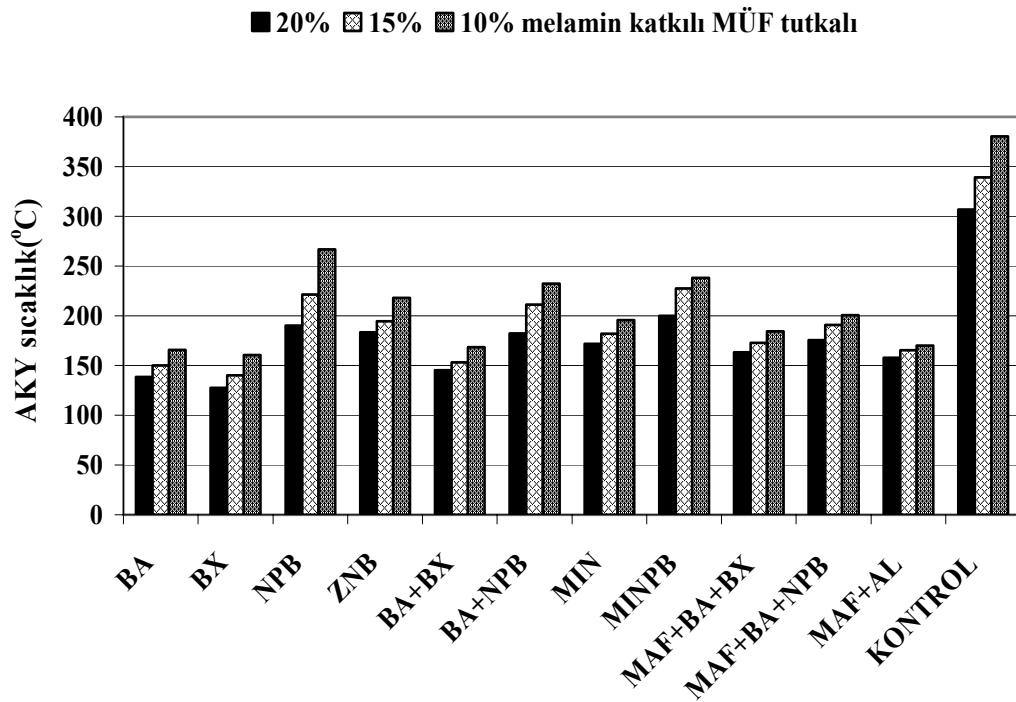
Şekil 36. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerindeki değişim

Şekil 36' dan görüldüğü üzere, sıcaklık değerleri kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişim göstermiş ve bu değişim üzerinde faktörlerin etkisi Tablo 84'teki istatistiksel değerlendirmeden de görüldüğü üzere anlamlı bulunmuştur.

Şekil 36'ya bakıldığında, tüm kimyasal maddeli levha gruplarının AKY sıcaklık değerinin kontrol grubunun (306.8°C) değerinden daha düşük seyrettiği ve yanmayı önleyici etkinin önemli bir göstergesi sayılan AKY sıcaklık değerlerinde, önemli oranda bir azalma gerçekleştiği görülmektedir. Kimyasal madde muameleli grupların sıcaklığının, kontrol grubuna kıyasla daha düşük olması; kullanılan FR kimyasallarının etkinliğinin bir sonucudur ve yanmaya karşı bir dayanım olduğunu göstermektedir. Örneklerin, yanma esnasında tespit edilen sıcaklıklarının düşmesi; kimyasal maddelerin lif yapısına iyi bir şekilde nüfuz etmesi, sertleşmeyi artırması, yanma sırasında tutuşma ve alevlenmeyi geciktirici gazlar veya kömür tabakası oluşturmaları gibi etkilerden dolayı meydana gelmiş olabilir. Ayrıca, FR amaçlı kullanılan tüm kimyasal maddelerin, yangına maruz kalan malzemenin tutuşma sıcaklığını düşürdükleri bildirilmektedir. Yine, borik asit, boraks gibi suda çözünebilen maddelerin yanma esnasında tutuşmayı önleyici gaz veya eriyikler oluşturdukları da belirtilmektedir (Var, 2000; Barnes ve Amburgey, 1993; URL-14, 2007).

Kimyasal maddeli örnek grupları genel olarak ele alındığında; sıcaklık değişimlerinin kimyasal madde konsantrasyonu artışına bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Bu durum; artan madde miktarına bağlı olarak kimyasalların etkinliğinin hız kazanması sebebiyledir. Şekil 36'ya bakıldığında, %5 konsantrasyonda NPB' nin, MİNPB'nin ve ZNB'nin etkilerinin diğer kimyasallara oranla, daha az olduğu görülmektedir. Bu muhtemelen, NPB'nin ve ZNB'nin yapısal özelliklerine bağlı olarak etkinliklerinin bu konsantrasyondan sonra başlamasından kaynaklanmıştır. ZNB' nin ağırlık kaybında iyi sonuçlar vermesine rağmen sıcaklık düşüşündeki etkisi daha tedricidir. Özellikle %5 konsantrasyonda etkisinin daha az olması, kimyasalın lif yapısına tam anlamıyla tutunamamış olmasından kaynaklanabilir. Çünkü ZNB, pudra şeklinde ve suda tam anlamıyla çözünemeyen bir kimyasal maddedir. %10 konsantrasyonda ise; tüm kimyasal maddelerin etkileri hız kazanmış ve NPB' li ve ZNB'li levha gruplarında da diğer örneklere yakın sonuçlar elde edilmiştir. %15 ve %20 konsantrasyonda ise tüm kimyasal maddeler ile oldukça düşük sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

Şekil 36'daki değişim grafiğinden görüldüğü üzere, birçok maddenin bir araya gelmesiyle oluşan formülasyonların bazılarının etkinliği daha iyi seviyede iken, bazılarının etkinliği ise daha düşük seviyede seyretmiştir. Bu, biraraya gelen kimyasal maddelerin farklı yapısal etkileşim göstermelerinin bir sonucudur. Yapılan çalışmalarda herbir kimyasal maddenin ayrı ayrı bir etkiye sahip olduğu ve bazı durumlarda birbirlerinin olumlu özelliklerini bastırabileceği belirtilmektedir (Chigwada, 2005; Juneja, 1995).



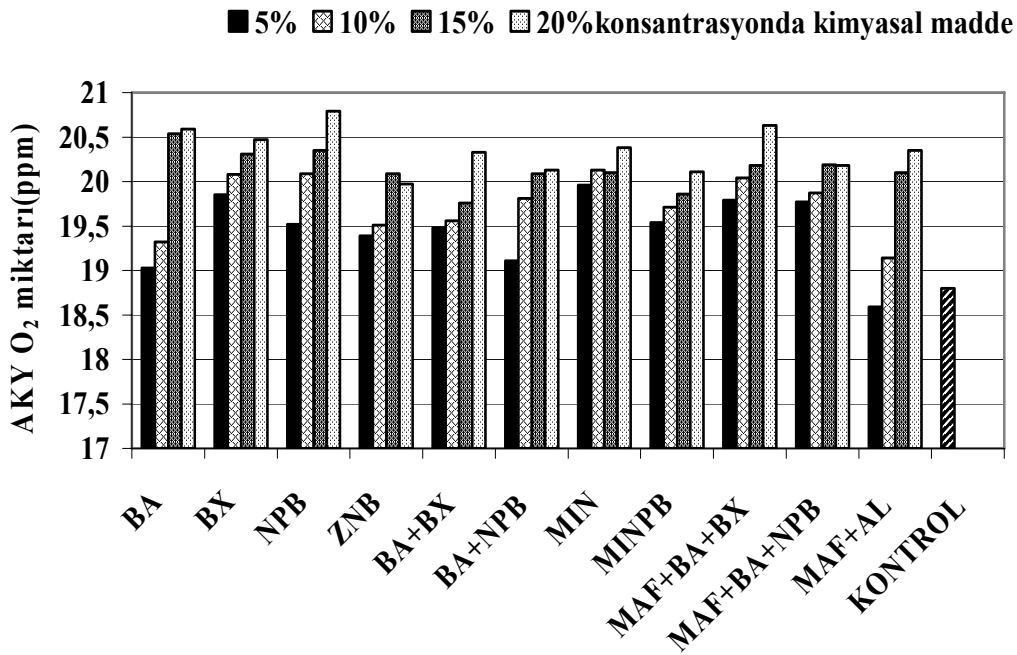
Şekil 37. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY sıcaklık değerlerindeki değişim

Melamin katkı oranının, AKY sıcaklık üzerindeki etkisi ise Şekil 37'de verildiği gibidir. Buradan, melamin katkısının levha örneklerinin sıcaklık değişim değerleri üzerinde etkili olduğu görülmektedir. İstatistiksel değerlendirmeler sonucunda da AKY sıcaklık değerleri üzerinde; melamin katkı oranının ve kimyasal madde türünün etkisinin anlamlı, ikili etkileşimlerinin ise anlamsız olduğu bulunmuştur. Şekil 37 incelendiğinde, melamin katkı oranı arttıkça, tüm kimyasal madde grupları için; sıcaklık değişim değerlerinin azaldığı görülmektedir. Melamin artışına bağlı olarak sıcaklıklarda meydana gelen bu iyileşme, melaminin kimyasal maddelerle tutkallama esnasında reaksiyona girmesinden,

yanma sırasında tutuşmayı engelleyici gazlar meydana getirerek (amonyak vb.) ortamdaki ısıyı absorplamasından kaynaklanmaktadır (Levchick,1997; Vick, 1974; URL-16, 2007).

4.9.1.1.3. AKY'da O₂ Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi

Kimyasal madde türünün ve kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının AKY'da O₂ miktarı üzerindeki etkileri Şekil 38 ve Şekil 39'da sunulmuştur.

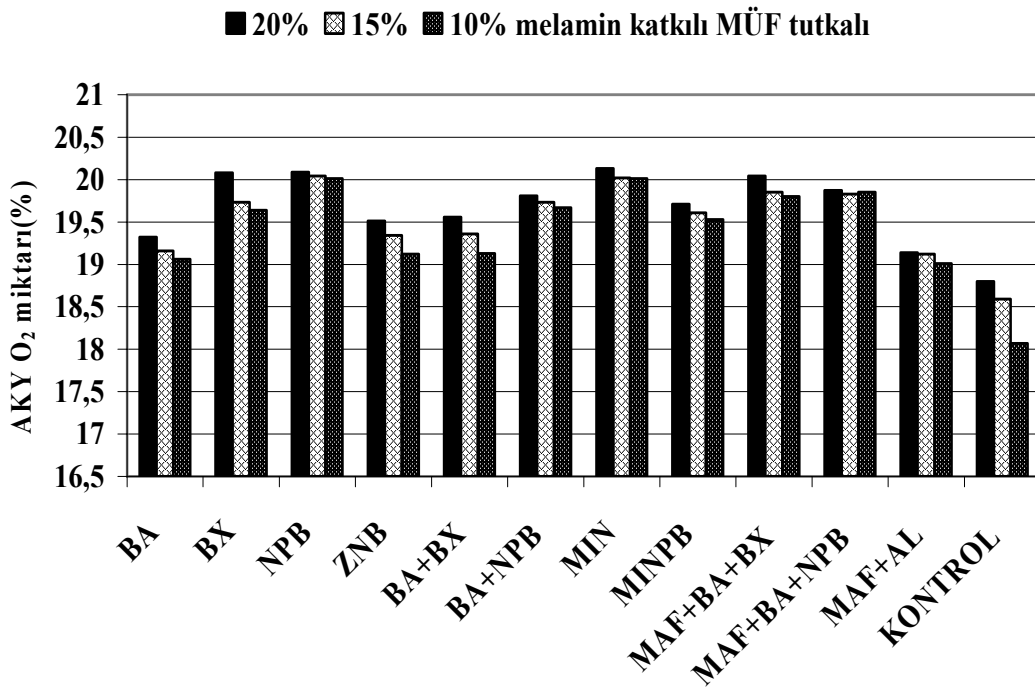


Şekil 38. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O₂ değerlerindeki değişim

Şekil 38'den görüldüğü üzere; kimyasal madde gruplarına bağlı olarak O₂ değerleri çeşitlilik göstermektedir. Tablo 88'deki sonuçlardan görüleceği üzere, AKY'da O₂ değerleri üzerinde kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki faktörün birlikte etkilerinin anlamlı olduğu bulunmuştur.

Şekil 38 incelendiğinde; AKY'da O₂ değerlerinin; tüm kimyasal maddeli levha grupları için kontrol grubunun değerinden(% 18.8) daha yüksek olduğu ve konsantrasyon artışına bağlı olarak artış gösterdiği görülmektedir. O₂ değerlerindeki artış özellikle %10, %15 ve %20 konsantrasyonlarda daha yüksek seviyede seyretmiştir.

Bu durum; kimyasal maddelerin, muamele edildikleri levhaların yanma mekanizmalarını değiştirerek yanmaya karşı gösterdikleri dayanımlarını arttırmasının ilave bir sonucu olabilir. Çünkü, FR kimyasallarının etkisiyle yanma özellikleri iyileşen ve yanması sınırlandırılan örnekler doğal olarak ortamdaki gazların oranını değiştirerek O₂ miktarının artmasına sebep olmaktadır. Kurt ve Uysal (2005b) sarıçam ve kayın örneklerini boraks- borik asit ve boraks–borik asitle muamele ederek yaptıkları bir çalışmada; emprenyeli örneklerin O₂ değerlerinin kontrol örneğinin değerinden daha fazla olduğunu bulmuşlardır.



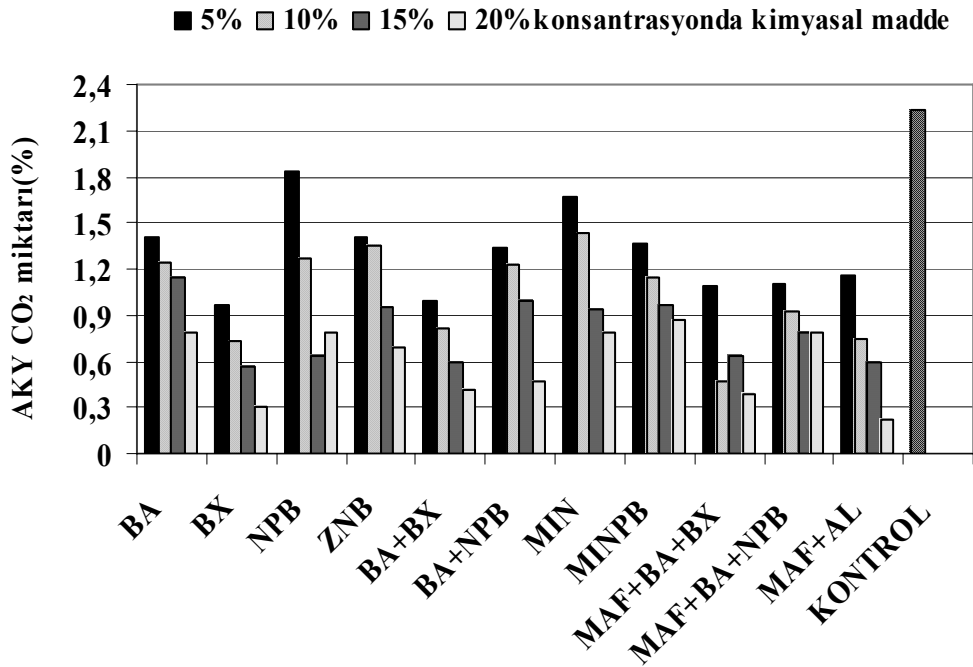
Şekil 39. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY O₂ değerlerindeki değişim

Şekil 39'dan görüldüğü üzere; AKY'da O₂ değerleri, melamin katkı oranı ve kimyasal madde türüne bağlı olarak değişim göstermekte ve bu değişim üzerinde bu iki faktörün etkisi istatistiksel olarakta anlam taşımaktadır. Buna göre, melamin katkı oranı arttıkça O₂ değişim değerleri artış göstermiş, en yüksek O₂ değerleri %20 melamin katkıli tutkal kullanılarak üretilen gruptan elde edilmiştir. Bu durumun, kimyasal madde etkinliğine bağlı olarak yanmanın azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Melamin yapısal özelliği gereği; ısı ve alev maruz kaldığında azot salıvermekte ve yangının

sönmesine katkıda bulunmak suretiyle yanmayı sınırlandırmaktadır(URL-16, 2007). Yanmanın azalmasına bağlı olarak melamin katkılı tutkal, kimyasal maddelerle de birlikte olumlu bir etki göstererek ortamdaki zehirli gazların etkinliğini bastırması ve O₂ miktarının artmasına sebep olmuş olabilir.

4.9.1.1.4. AKY'da CO₂ Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi

AKY'da CO₂ değerleri üzerinde; kimyasal madde türü, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının etkisi Şekil 44 ve Şekil 45'teki gibidir.



Şekil 40. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO₂ değerlerindeki değişim

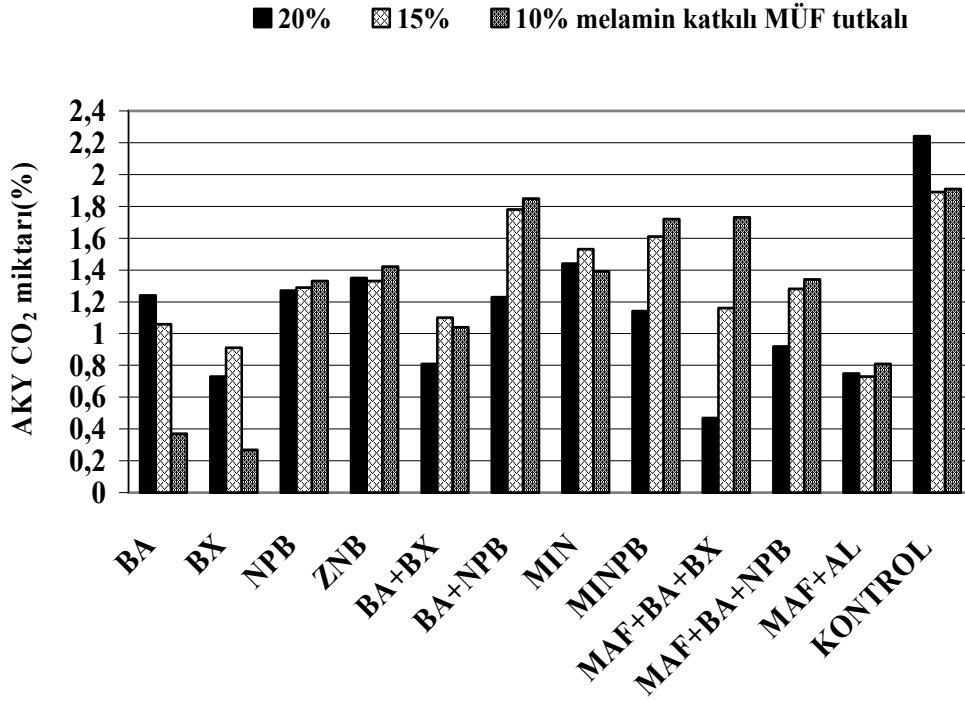
Şekil 40 incelendiğinde; tüm AKY'da CO₂ değerlerinin, kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişim gösterdiği, Tablo 92 incelendiğinde ise bu değişim üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve birlikte etkileşimlerinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmektedir.

Şekil 40'a göre tüm kimyasal madde muameli levha gruplarının CO₂ değerleri kontrol grubunun (%2.24) değerinden daha düşük bulunmuştur. Tüm örnek gruplarının AKY'da CO₂ değerleri konsantrasyon artışına bağlı olarak azalmıştır.

Kontrol değerlerinden sonra en yüksek CO₂ değeri, %5 NPB (%1.83) ile elde edilirken en düşük CO₂ değeri %20 MAF+AL (%0.22) ile elde edilmiştir. Tüm kimyasal maddeli gruplar göz önüne alındığında, bu maddelerin ortamdaki CO₂ değerlerini azaltarak iyileştirdikleri görülmektedir. Bu iyileşme, kimyasal maddelerin yanma olayının seyrini değiştirerek yanmayı önlemesi ya da baskılamasıyla gerçekleşmektedir. Tüm kimyasal maddeler, muamele edildikleri malzeme yüzeyinde ya da yüzeyine yakın bir koruyucu tabaka oluşturarak alevleri bastırıcı gazlar salıvermekte ve böylece yanmanın azalmasına ve ortamdaki zehirli gazların miktarının daha düşük kalmasına sebep olmaktadır (Levan ve Winandy, 1995).

Genel olarak; kimyasal madde grupları kıyaslandığında; azdan çoğa doğru CO₂ değerleri; BX, MAF+BA+BX, MAF+AL, BA+BX, MAF+BA+NPB, BA+NPB, MİNPB, ZNB, BA, MİN, kontrol şeklinde bir sıralama göstermiştir. Yanma deneyinde ağırlık kaybı ve sıcaklık parametreleri göz önüne alındığında bu sıralama biraz daha farklı seyretmiştir. Ağırlık kaybı ve sıcaklıklarda daha iyi sonuçlar veren maddeler ortamdaki gazların oluşumunda daha farklı sonuçlar göstermişlerdir. Bu durum, FR kimyasallarının yanma olayında farklı tesir göstermesi, her bir maddenin farklı etkinlik grubunda yer almasıyla açıklanabilir. Örnek olarak; bir madde duman yoğunluğunu azaltırken bir diğer maddenin tutuşma sıcaklığını düşürücü etkisi söz konusu olabilmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalarda bu durum açıklanmakta her bir madde etkinliğinin ve bir araya gelerek oluşturdukları olumlu ya da olumsuz etkilerin farklılık gösterdikleri bildirilmektedir (Juneja, 1995; Chigwada, 2005; Genovese, 2007; Xiao vd., 2006). Bu ifade doğrultusunda, özellikle BX, MAF, NPB maddelerinin duman yoğunluğunu bastırıcı ve CO₂ değerlerini azaltıcı etkileri, diğer maddelerle karışım halinde kullanılmaları durumunda artış göstermiştir.

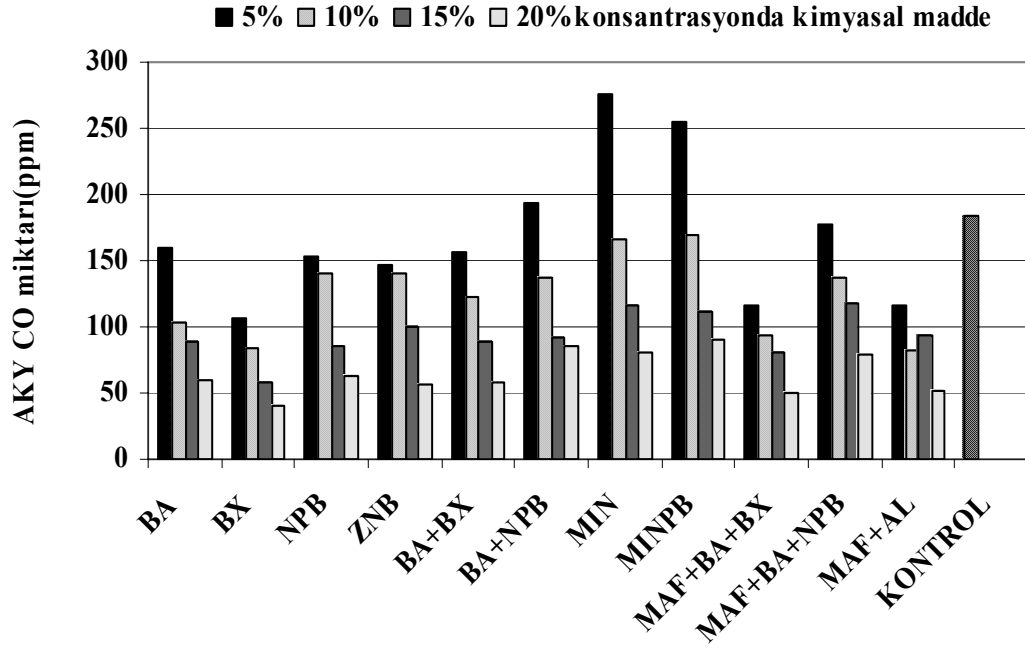


Şekil 41. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO₂ değerlerindeki değişim

Şekil 41’de sunulan AKY’da CO₂ grafiği incelendiğinde; örneklerin CO₂ değerlerinin, melamin katkı oranına ve kimyasal madde türüne bağlı olarak değiştiği ve genel itibariyle melamin artışıyla azalma gösterdiği görülmektedir. Bu durum, Tablo 94’te verildiği üzere; istatistiksel olarak ta %5 yanılma olasılığıyla anlamlı bulunmuş ve melamin katkı oranının CO₂ değerleri üzerinde etkisi bulunduğu saptanmıştır. Şekil 41’den görüldüğü üzere; herbir kimyasal madde grubunda elde edilen etkiler farklılık göstermiştir. Genel olarak melamin katkı oranı artışıyla olumlu sonuçlar elde edilmesine karşın birkaç örnek grubunda melamin-kimyasal etkileşimi görülmemiş ya da daha sınırlı düzeyde kalmıştır. Buna göre; melaminin, yanmanın önlenmesi adına iyi bir etkinlik sağladığını buna bağlı olarak ta yanma esnasında oluşan gazların oranını düşürdüğünü söylemek mümkündür. Melamin, bilindiği üzere FR uygulamalarında yapısal özelliği nedeniyle sıkça kullanılan ve örneklerin yanma esnasında kömürleşme oranını arttıran bir maddedir. Bu özellikleri nedeniyle yanma oranının azalmasına, salıverdiği gazlarla ortamdaki alevlerin sönmesine ve gaz oluşumunun sınırlandırılmasına neden olmaktadır (URL-16, 2007; Xiao, 2006).

4.9.1.1.5. AKY'da CO Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi

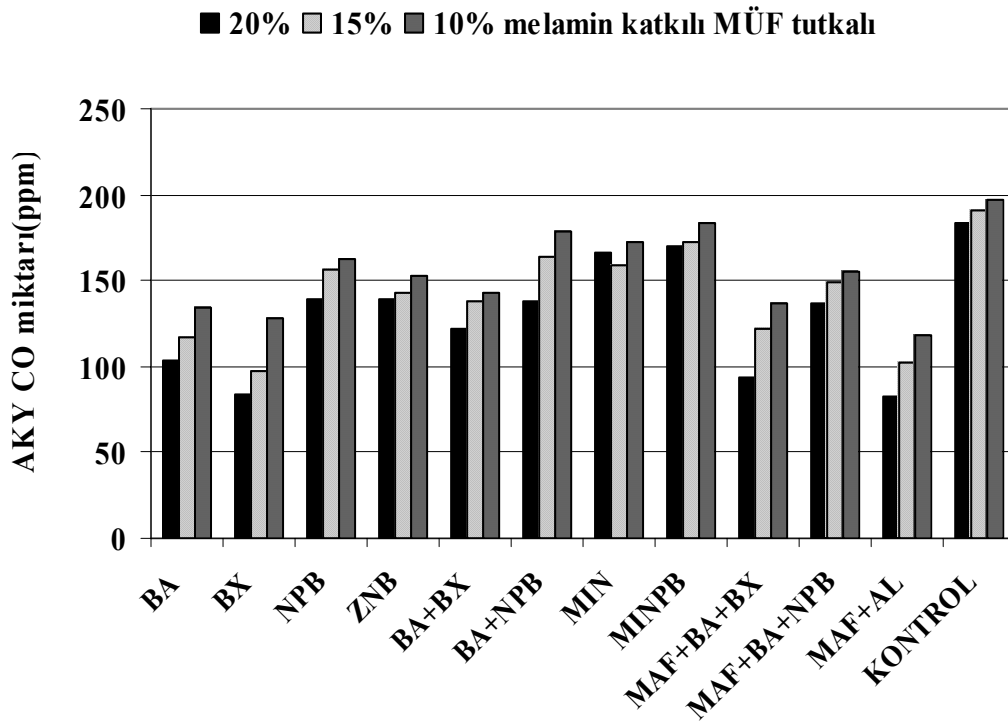
AKY CO değerleri üzerinde; kimyasal madde türü, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının etkisi Şekil 42 ve Şekil 43' te verilmiştir.



Şekil 42. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerindeki değişim

Şekil 42 incelendiğinde, AKY'da CO değerlerinin kimyasal madde gruplarına ve kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Bu değişim üzerinde bu iki faktörün etkisi; Tablo 96'dan incelenerek görüleceği üzere, istatistiksel açıdan %5 yanılma olasılığıyla anlamlı bulunmuştur. Tablo 75'teki ortalama CO değerleri incelendiğinde, kontrol grubunun değeri (183.5 ppm) olarak bulunurken, özellikle %5 konsantrasyonda kimyasal madde ile muameleli levha gruplarından elde edilen değerlerin bazılarının bu değere yakın ya da daha yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 42'den görüldüğü üzere, % 5 konsantrasyonda kullanılan MİN ve MİNPB'li örneklerde kontrol grubundan daha yüksek CO değerleri elde edilmiştir. Bu durum, muhtemelen bu formülasyonların yapılarındaki kimyasalların etkilerinin %10 konsantrasyondan sonra başlamış olmasından kaynaklanabilir. %10 konsantrasyondan sonra tüm maddelerin etkinliği hız kazanmış tüm değerler kontrol grubundan daha düşük olarak seyretmiştir.

Genel itibariyle bu değişim grafiğine bakıldığında; CO değerlerinin konsantrasyon oranı ayrılmaksızın MAF+AL> BX> MAF+BA+BX> BA> BA+BX> ZNB> MAF+BA+NPB> NPB> BA+NPB> MİN> MİNPB> KONTROL şeklinde bir sıralama izlediği görölmektedir. Bu sıralamaya göre; özellikle yapısında MAF, BX ve BA bulunan formölasyonlar daha etkili sonuçlar göstermiştir. Bu kombinasyonların yanma ağırlık kaybı deneyinde de daha iyi sonuçlar verdikleri gözlemine dayanarak, yanmayı azalttıkları ve dolayısıyla ortamda istenmeyen gaz oluşumunu düşük seviyede tuttıkları düşünölmektedir.



Şekil 43. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının AKY CO değerlerindeki değişim

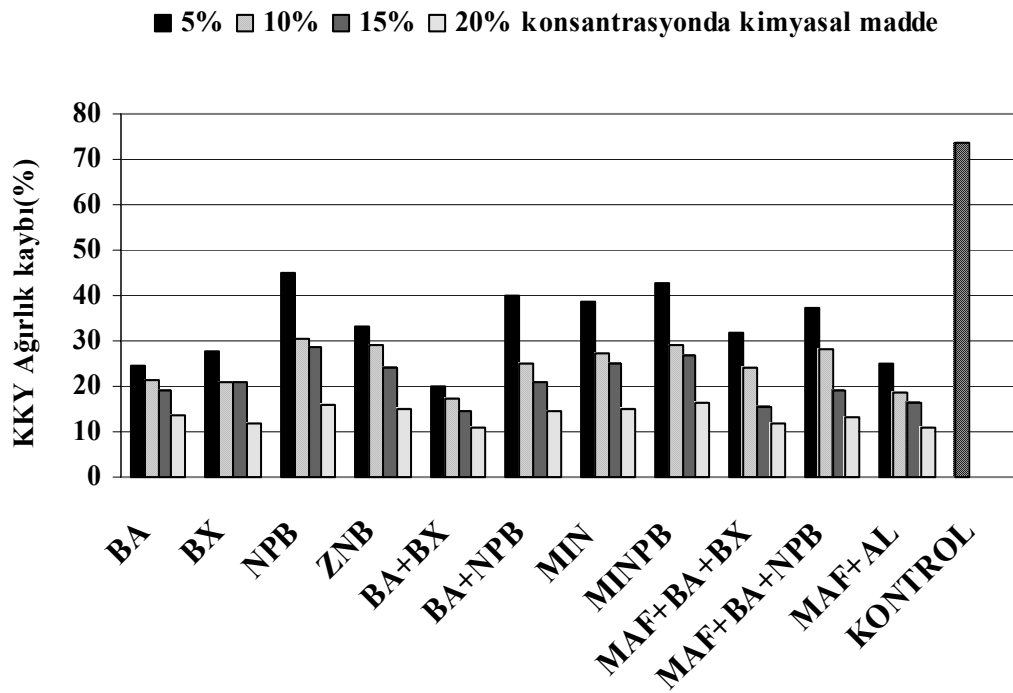
Şekil 43 incelendiğinde; CO değerlerinin melamin katkı oranına ve kimyasal madde türüne bağlı olarak değişim gösterdiği, melamin katkı oranı arttıkça azaldığı görölmektedir. Melamin katkı oranının etkisi, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamasına rağmen Şekil 43'te verilen değişim grafiğinde bu faktörün etkisi açıkça gözlenmektedir. Bu grafikten göröldüğü üzere; melamin katkı oranı arttıkça CO değerleri azalmış, en düşük CO değerleri, %20 melamin katkı oranında tutkal kullanılan levha gruplarında elde edilmiştir. Bu sonuçlar, melamin içeriğinin yanmaya karşı dayanım özelliklerini iyileştirdiğini

göstermektedir. Melamin, azot salıvermek suretiyle ortamda meydana gelen bozunma ürünü zehirli gazların oranını azaltmaktadır (URL-16, 2007).

4.9.1.2.KKY'ye Ait Bulguların İrdelenmesi

4.9.1.2.1.KKY'da Ağırlık Kaybı Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi

Deneme levhalarından KKY sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının etkileri Şekil 44 ve Şekil 45'te gösterilmektedir.



Şekil 44. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim

Tablo 100'deki değerler ve Şekil 44 incelendiğinde; tüm levha gruplarının KKY'da ağırlık kaybı değerlerinin kontrol grubunun değerinden (%73.59) belirgin şekilde düşük olduğu görülmektedir. Bu durumun, kimyasal madde muameleli örneklerin kendiliğinden yanma sürelerinin kontrol örneklerinin kendiliğinden yanma süresinden daha uzun sürmesinin bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Çünkü kontrol grubu; bünyesinde hiçbir

koruyucu kimyasal madde barındırmadığı için kısa sürede kolaylıkla yanmakta, Şekil 45'ten görüleceği üzere, kömürleşme göstermeden büyük çoğunluğu kül haline dönüşmekte ve böylece örnek ağırlığı büyük ölçüde kayıp göstermektedir. Oysa ki FR kimyasalları ile muameleli gruplarda kimyasal maddeler bariyer etkisi göstererek ya da çeşitli gazlar salıvererek yanan kısımların etkinliğini bastırmakta ve Şekil 46'dan görüleceği üzere yanmayan kısımların oranını artırarak ağırlık kaybını dikkate değer ölçüde azaltmaktadır.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 45. (a), (b), (c), (d) KKY aşaması sonucunda kontrol grubu örneklerinin görünüşleri



(a)



(b)

Şekil 46. (a), (b) KKY aşaması sonucunda muameleli deneme levha örneklerinden bazılarının görünümü

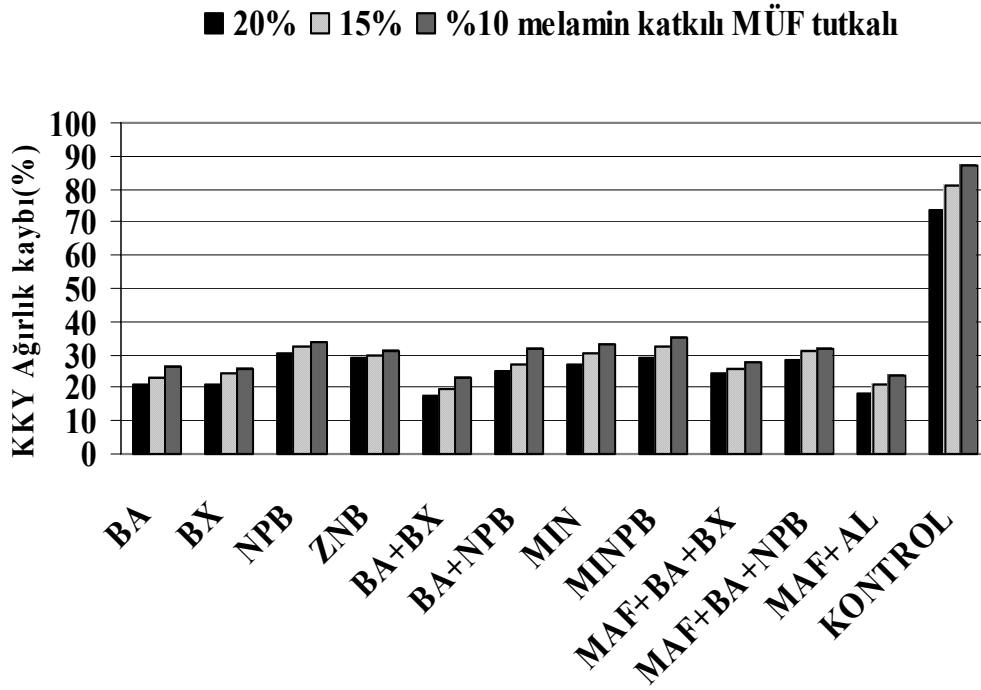
Şekil 44' ten görüldüğü üzere; ağırlık kaybı değerleri; kimyasal madde türüne ve konsantrasyon artışına bağlı olarak azalma göstermektedir. Tablo 104 ve Tablo 106'daki istatistik değerlendirmeler sonucunda da kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve bu iki faktör etkileşiminin KKY'da ağırlık kaybı değerleri üzerindeki etkilerinin anlamlı olduğu bulunmuştur.

Değerler incelendiğinde, %5 konsantrasyon oranında bile tüm kimyasal maddeli grupların, kontrolden bariz şekilde daha az ağırlık kaybı gösterdikleri tespit edilmiştir. Konsantrasyon arttıkça değerlerdeki iyileşme oldukça yüksek seviyelere çıkmıştır.

Dolayısıyla, en etkin sonuçlar %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılarak üretilen levha gruplarında elde edilmiştir. Bu durum; kullanılan madde konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak lif yapısına giren ve lif yüzey alanıyla temas eden madde miktarının artış göstermesinin bir sonucudur. Ayrıca, yüksek konsantrasyonlarda life tutunamayan fazla miktardaki maddeler, yüzeye yakın ve yüzeyde birikerek ilave bir koruyucu tabaka meydana getirmekte ve bu tabaka da malzemenin yanma hızını düşürerek dayanım süresini artırmaktadır.

Tüm konsantrasyon oranları genel olarak dikkate alındığında; levha gruplarının ağırlık kaybı sıralaması azdan çoğa doğru BA+BX, MAF+AL, BA, BX, MAF+BA+BX, MAF+BA+NPB, BA+NPB, ZNB, MIN, MINPB, NPB, KONTROL şeklinde olmuştur. Kimyasal madde türüne bağlı olarak meydana gelen bu değişimler; maddelerin yapısal özelliklerinden kaynaklanmış olabilir. Özellikle, bu aşamada ağırlık kaybı az olan örnek gruplarında kullanılan tüm kimyasal maddelerin, örneklerin kömürleşme oranını arttırarak yanma miktarını azalttığını söylemek mümkündür. Örneklerde kömürleşmiş kısım arttıkça yanma olayı zorlaşmakta, bu kısım bariyer görevi görerek yanmayı sınırlandırmaktadır (Holmes, 1974; Vick, 1994; White ve Nordheim, 1992).

Genel olarak; kimyasal maddeli gruplara bakılacak olursa, aynı ya da benzer madde içerikli kombinasyonların etkilerinin de birbirine benzer olduğu ve özellikle BA, BX, MAF ihtiva eden formülasyonların etkinliğinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda da, borlu bileşiklerin ve fosfor içerikli bileşiklerin odunun piroliz sıcaklığını düşürmek suretiyle kömürleşme miktarlarını arttırdıkları bildirilmiştir (Ellis vd., 1987; Stewens, 2006). Özellikle de MAF'ın, tutuşma sıcaklığına ulaşmadan fosforik asit salıvererek yanma mekanizması üzerinde olumlu özellik gösteren oldukça etkili bir kimyasal madde olduğu belirtilmiştir. Elde edilen değerlere bakıldığında da özellikle bor ve fosfor içerikli karışımların sinerjik bir etki gösterdiği ve daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir (Tzomtzis, 2002; Spirckel, 2002; Ayrılmış, 2007; Stevens vd., 2006).



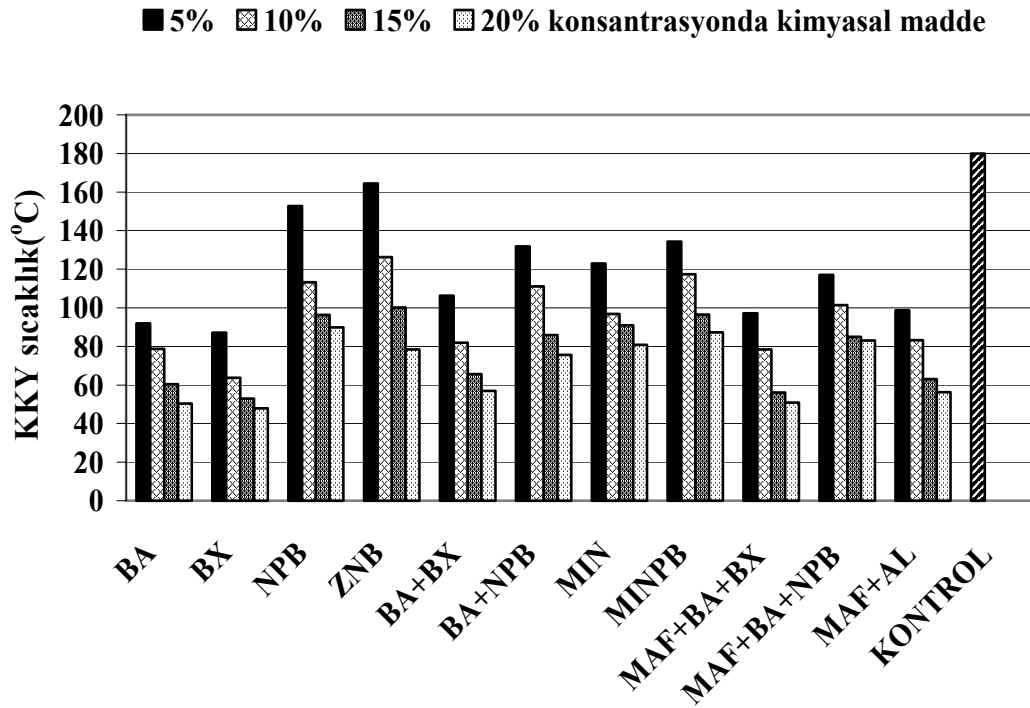
Şekil 47. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY ağırlık kaybı değerlerindeki değişim

Şekil 47'den, melamin katkı oranı artışının KKY'da ağırlık kaybı değerlerini azalttığı; Tablo 104 ve Tablo 108'den ise melamin katkı oranının, kimyasal madde türünün etkilerinin ve birlikte etkileşimlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Tüm melamin katkı kimyasal madde grupları, kendi kontrol grubu değerlerine kıyasla daha düşük değerler vermişlerdir. Melamin katkı oranı düştükçe örneklerin ağırlık kayıpları artmıştır. En düşük KKY'da ağırlık kaybı değerleri ise %20 melamin katkı MÜF tutkalı kullanılarak üretilen levha gruplarında elde edilmiştir. Bu değerlerden, melamin ilavesinin yanmaya karşı direnç özelliklerini iyileştirdiği görülmektedir. Bilindiği üzere; melamin yanmaya karşı dayanıklı ve ısı toleransı yüksek sentetik bir polimerdir ve son yıllarda üre formaldehit tutkalına katılarak bu tutkalın özelliklerini iyileştirmek amaçlı kullanılmaktadır. Ayrıca, FR uygulamalarında yaygın olarak tercih edilmektedir. Melamin ısı ve alev maruz kaldığında; dekompoze olarak ısı absorplamak suretiyle ortamda soğutucu etki oluşturmakta ve azot salıvererek yangının sönmeye katkısında bulunmaktadır. Ayrıca; kristal halde melamin kullanımının, yangına maruz kalan malzemelerde kömür tabakası oluşumunu artırdığı ve yangında zaman kazanmak adına önemli bir parametre

olan materyalin öz kısmının korunmasına yardımcı olduğu belirtilmektedir (URL-15, 2007; Xiao vd., 2006; Alexiou vd., 1998; LeVan ve Winandy, 1990).

4.9.1.2.2. KKY'da Sıcaklık Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi

Yanma deneyi KKY aşamasında elde edilen sıcaklık değerlerinde, kimyasal madde türüne, kimyasal madde konsantrasyonuna ve melamin katkı oranına bağlı olarak meydana gelen değişimler Şekil 52 ve Şekil 53'te verilmiştir.



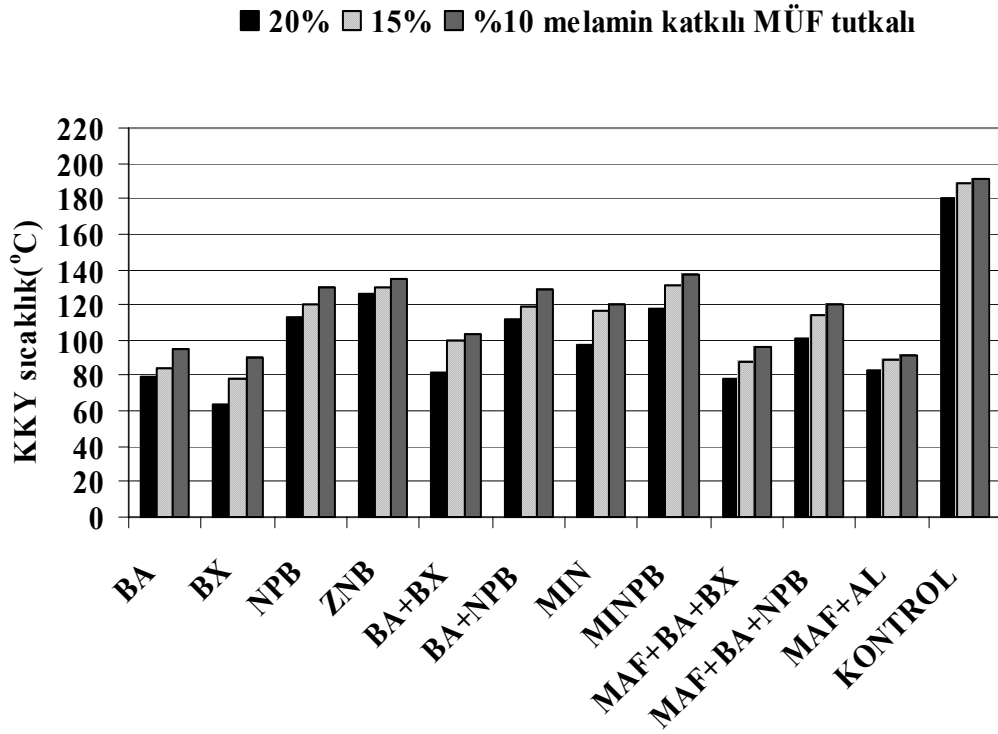
Şekil 48. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerindeki değişim

Şekil 48' den görüleceği üzere; tüm sıcaklık değerleri, kimyasal madde türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişim göstermiştir. Tablo 110'daki istatistiksel değerlendirme sonuçlarından da; KKY aşamasındaki sıcaklık değerlerinin değişimi üzerinde, konsantrasyon oranının ve kimyasal madde türünün ayrı ayrı etkilerinin anlamlı, birlikte etkileşimlerinin ise anlamsız olduğu görülmektedir. Şekil 48 ve Tablo 100'de görüleceği üzere; tüm kimyasal maddeli levha gruplarının sıcaklık değişim değerleri,

kontrol grubunun (180 °C) değerinden daha düşük bulunmuştur. Bu durum; kullanılan kimyasal maddelerin etkinliğinin beklenen bir sonucudur. Bilindiği üzere; borlu bileşikler, fosforlu bileşikler, amonyum sülfat gibi kimyasallar tutuşmayı geciktiren gazlar (amonyak vb.) veya eriyikler oluşturmakta ve ortamdaki yüksek ısıyı absorplamaktadır (URL-14, 2007; White ve Dietenberger, 2001). Çalışmada kullanılan FR formülasyonlarındaki maddeler de, benzer şekilde tutuşmayı ve yanmayı önleyici çeşitli gazlar salıvererek ortamdaki yüksek ısıyı absorplamış ve buna bağlı olarak ta sıcaklık değerlerinin düşmesini sağlamıştır.

Ayrıca; Şekil 48'den, konsantrasyon oranı arttıkça sıcaklık değişim değerlerinin azalma eğilimi gösterdiği görülmektedir. En yüksek değişim değerleri, %5 konsantrasyonda kimyasal madde uygulanan levha grubu örneklerinden elde edilirken, en düşük değişim değerleri ise %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan levha grubu örneklerinde tespit edilmiştir. Kimyasal madde konsantrasyonunun artması ile yanma sıcaklık değerlerinin düşmesi; daha fazla madde kullanımına paralel olarak maddelerin göstereceği etkinlik gücünün artış göstermesi sebebiyledir. Kimyasal maddelerin bir kısmı lif yapısına iyice nüfuz ettikten sonra, kalan kısmı da lif yüzeylerinde birikmekte ve bu liflerden yapılan levha yüzeylerinde toplanmaktadır. Dolayısıyla, yüzeyde biriken bu kimyasallar alevle karşılaştıklarında daha çabuk etki sağlamakta ve bariyer tabaka oluşturmak suretiyle sıcaklığı izole edici, bastırıcı özellik göstermektedir.

Tüm levha grupları genel olarak değerlendirildiğinde; kullanılan tüm kimyasal maddelerin levha örneklerin KKY sıcaklık değerleri üzerinde etkili olduğu ve önemli ölçüde düşüş sağladığı görülmektedir. En yüksek ortalama sıcaklık değerleri, KONTROL >MİNPB> NPB> ZNB> BA+NPB> MİN> MAF+BA+NPB> MAF+AL> MAF+BA+BX> BA+BX > BX> BA şeklinde elde edilmiştir.



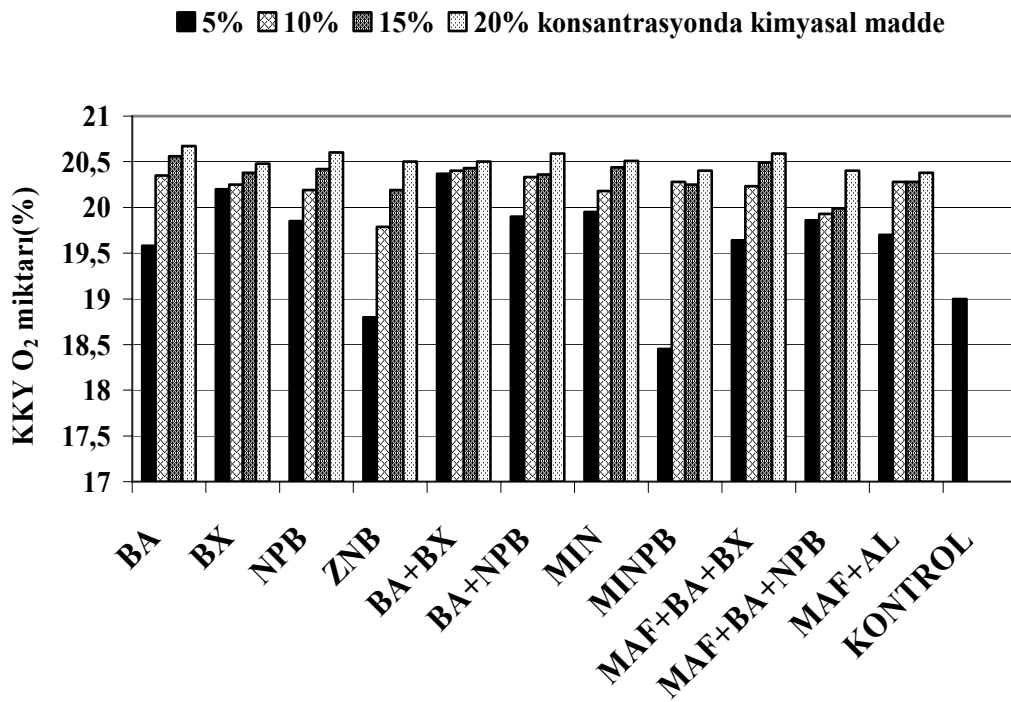
Şekil 49. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY sıcaklık değerlerindeki değişim

Şekil 49’da, melamin katkı oranına bağlı olarak kimyasal madde muameleli levha gruplarının ve kontrol gruplarının sıcaklıklarında meydana gelen değişimler grafiklendirilmiştir. Bu değişim, istatistiksel olarak ta değerlendirilmiş ve sıcaklık değerleri üzerinde melamin katkı oranının ve kimyasal madde türünün etkisi anlamlı bulunurken; bu iki varyans kaynağının birlikte etkisi anlamsız olarak bulunmuştur. Tablo 100 ve Tablo 102 incelendiğinde, ortalama kontrol sıcaklık değerleri, %10 melamin katkıli levha grubu için; 190.72 °C, %15 melamin katkıli levha grubu için 188.79 °C, %20 melamin katkıli levha grubu için 180 °C olarak bulunmuştur. Tüm kimyasal maddeli levha gruplarının KKY sıcaklık değerleri, kontrol levhalarının bu değerlerinden düşüktür. Şekil 49’ danda görüleceği üzere; melamin katkı oranı arttıkça KKY sıcaklık değerleri azalmıştır. %20 melamin katkı oranında en düşük değerler elde edilirken, %10 melamin katkı oranında en yüksek değerler elde edilmiştir. Bu durum; artan melamin içeriğinin çapraz bağ oluşumuyla birlikte yanmayı azaltıcı etki sağlamasından ve amonyak salıvererek tutuşma sıcaklığını düşürmesinden kaynaklanabileceği gibi, FR kimyasal maddeleriyle etkisinin

birleşerek sıcaklık üzerinde baskılayıcı bir özellik göstermesinden de kaynaklanmış olabilir.

4.9.1.2.3. KKY'da O₂ Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi

Kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının KKY aşamasında elde edilen O₂ değerleri üzerindeki etkileri; Şekil 50 ve Şekil 51'de gösterildiği gibidir.

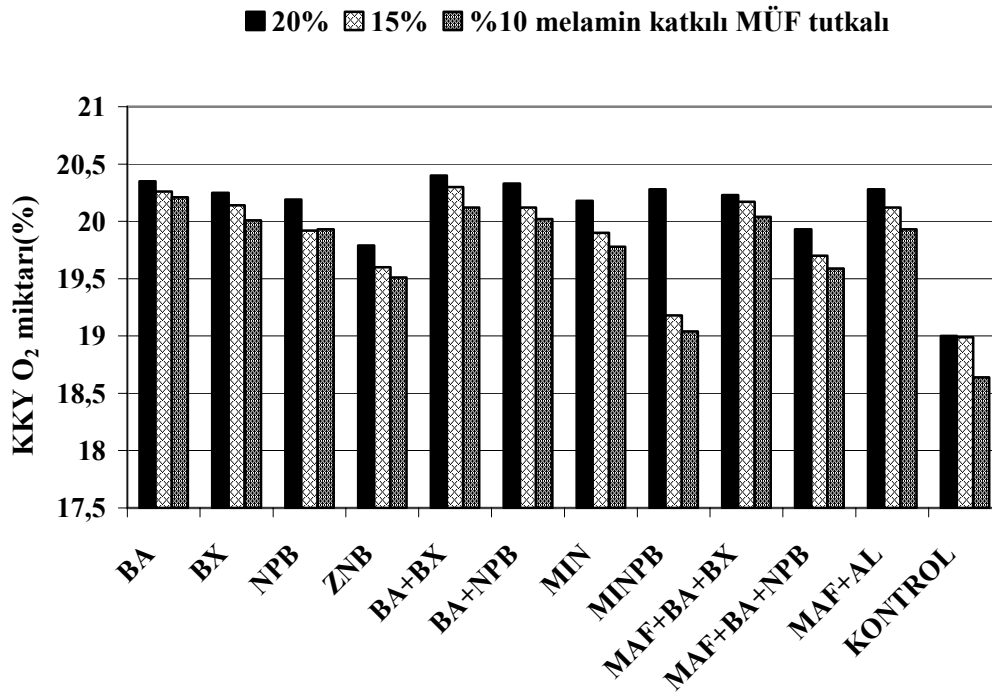


Şekil 50. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O₂ değerlerindeki değişim

Şekil 50'den görüldüğü üzere; tüm O₂ değerleri kimyasal madde türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişim göstermiştir. Bu değişim üzerinde, bu faktörlerin etkileri de istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Tablo 101'deki değerlere bakıldığında; kontrol grubunun KKY aşamasındaki O₂ değişim değerinin % 19 olduğu, tüm kimyasal maddeli levha gruplarının O₂ değişim değerlerinin, kontrol grubunun bu değerinden yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, kimyasal madde türüne bağlı olarak yanmaya

karşı gösterilen dayanımın iyileşmesinden ve alev yayılımının azalması sonucu ortamdaki O₂ miktarının artış göstermesinden kaynaklanmış olabilir.

Şekil 50'ye bakıldığında; tüm O₂ değerlerinin kimyasal madde konsantrasyonu artışına bağlı olarak artış gösterdiği görülmektedir. Buna göre en yüksek değerler %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplarda elde edilmiştir. Bu durumun; kimyasal maddelerin çeşitli gazlar salıvermesi, bariyer etki göstererek yanma miktarını azaltmasına bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir. Yanma miktarı azaldıkça ortamdaki O₂ değerleri artış göstermiştir. Uysal ve Kurt (2005), BA, BX ve BA+BX karışımı kullanarak yaptıkları bir çalışmada, bazı kimyasal maddeli gruplarla elde edilen O₂ değerlerini kontrole kıyasla daha yüksek bulmuşlardır.



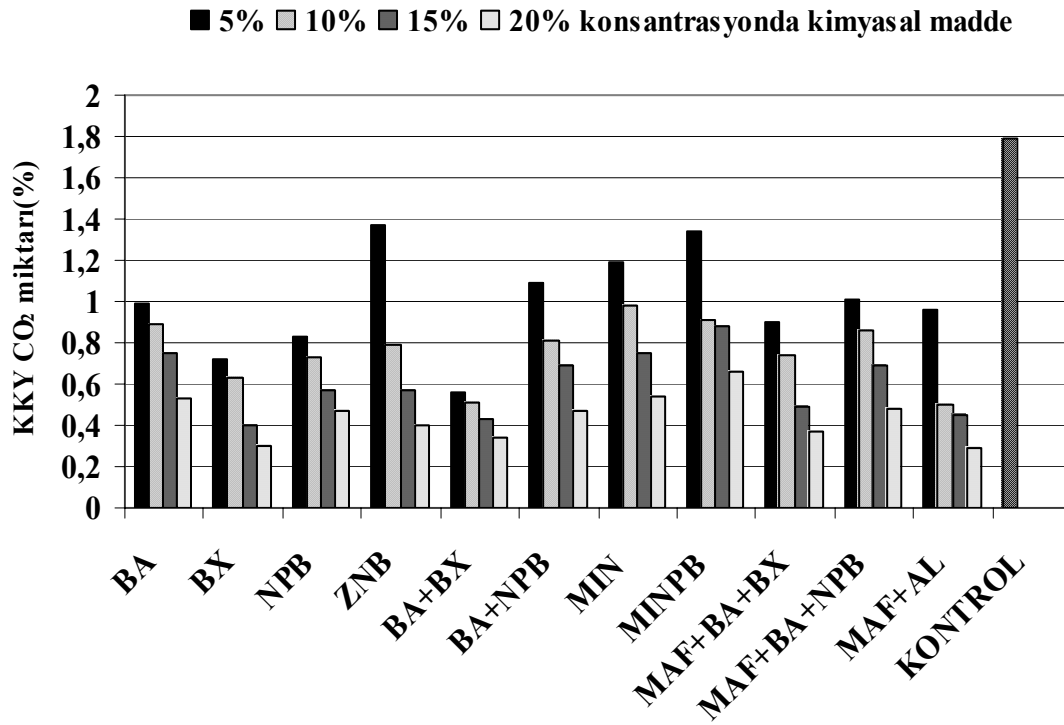
Şekil 51. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY O₂ değerlerindeki değişim

Şekil 51'den görüldüğü üzere; melamin katkı oranına bağlı olarak KKY'da O₂ değerleri değişiklik göstermektedir. Bu değişim üzerinde; melamin katkı oranının ve kimyasal maddelerin etkisi, Tablo 116'dan da görüleceği üzere, istatistiksel olarak ta anlamlı bulunmuştur. Tüm melamin katkı MÜF tutkalıyla üretilen levha gruplarından elde edilen ortalama değerlerin kontrol gruplarından elde edilen değerlerden daha yüksek olduğu ve melamin katkı oranı arttıkça O₂ değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu durum,

melaminin diğ er kimyasal maddelerle birlikte olumlu bir etki göstererek yanmayı azaltmasından ve buna bağı lı olarak ta ortamdaki zehirli gazların etkinliğini bastırmasından dolayı gerç ekleş miş olabilir.

4.9.1.2.4. KKY'da CO₂ Değ erlerine Ait Bulguların İ rdelenmesi

KKY'da CO₂ değ erleri üzerinde; kimyasal madde tür ünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının etkileri Ş ekil 52 ve Ş ekil 53'te verildiğ i gibidir.

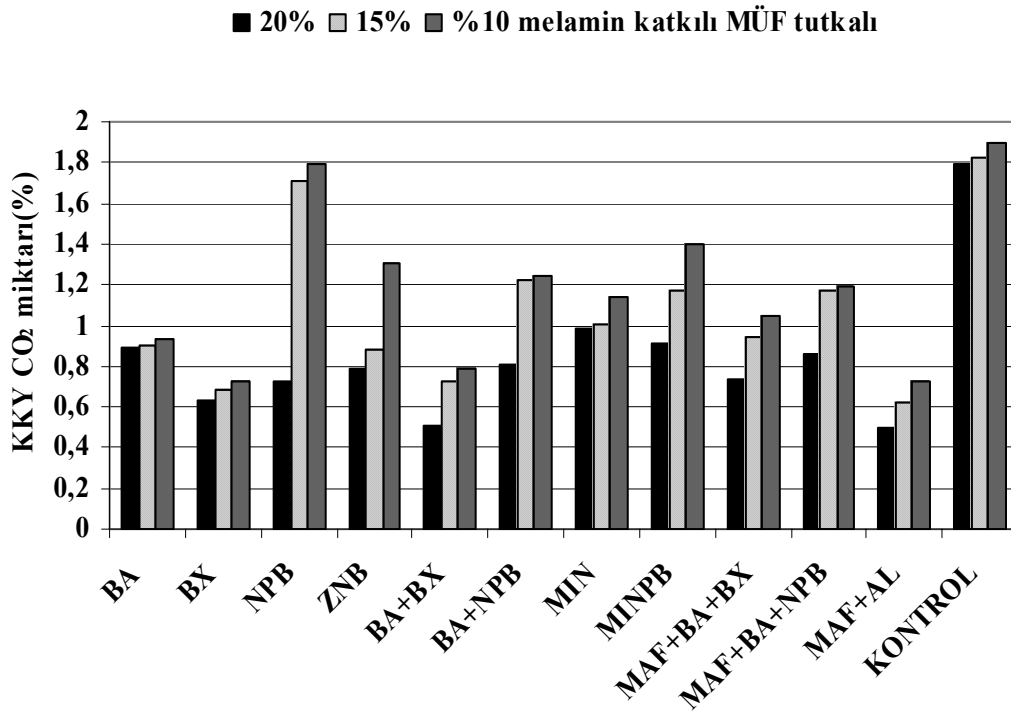


Ş ekil 52. Melamin katkı oranı %20 olan MÜ F tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeş itli kimyasal maddeler kullanılarak ü retilen deneme levhalarının KKY CO₂ değ erlerindeki değ iş im

Ş ekil 52'de verilen değ iş im grafiğ i incelendiğ inde; kontrol grubunun CO₂ değ eri nin(%1.79), kimyasal maddeler ile muameleli levha gruplarının KKY'da CO₂ değ erlerinden belirgin şekilde yüksek olduğ u ve tüm CO₂ değ erlerinin konsantrasyon artış ına bağı lı olarak azalma gösterdiğ i görü lmektedir. Buna göre kimyasal madde tür ü ve

konsantrasyonu CO₂ değişim değerleri üzerinde etkili olmuş bu etki istatistiksel değerlendirmeler sonucunda da anlamlı bulunmuştur.

Şekil 52'den görüldüğü üzere; en düşük değerler, %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanımı ile elde edilmiştir. Bu durumun; kimyasal maddelerin, kullanım oranlarına da bağlı olarak yanmayı önleyici gazların oluşumunu hızlandırmalarından ve yanma oranını düşürerek zehirli gazların oluşumunu azaltmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tüm gruplar, konsantrasyon oranı ayırımı yapılmaksızın bir bütün olarak değerlendirildiğinde; KKY CO₂ değerleri KONTROL > MINPB > MIN > BA > ZNB > BA+NPB > MAF+BA+NPB > NPB > MAF+BA+BX > MAF+AL > BX > BA+BX şeklinde sıralanmıştır. Bu sıralamadan görüldüğü üzere; özellikle bileşiminde MAF, BA, BX, Al(OH)₃ bulunan karışımlar en etkili sonuçları vermişlerdir. Bu durum, muhtemelen monoamonyum fosfatın, alüminyum hidroksitin ve boraksın duman yoğunluğunu ve zehirli gazların oluşumunu bastırıcı etki gösteren maddeler olmalarından ve bir araya gelerek etki güçlerinin artırmalarından kaynaklanmaktadır (Grexa, 2000; URL-14, 2007).

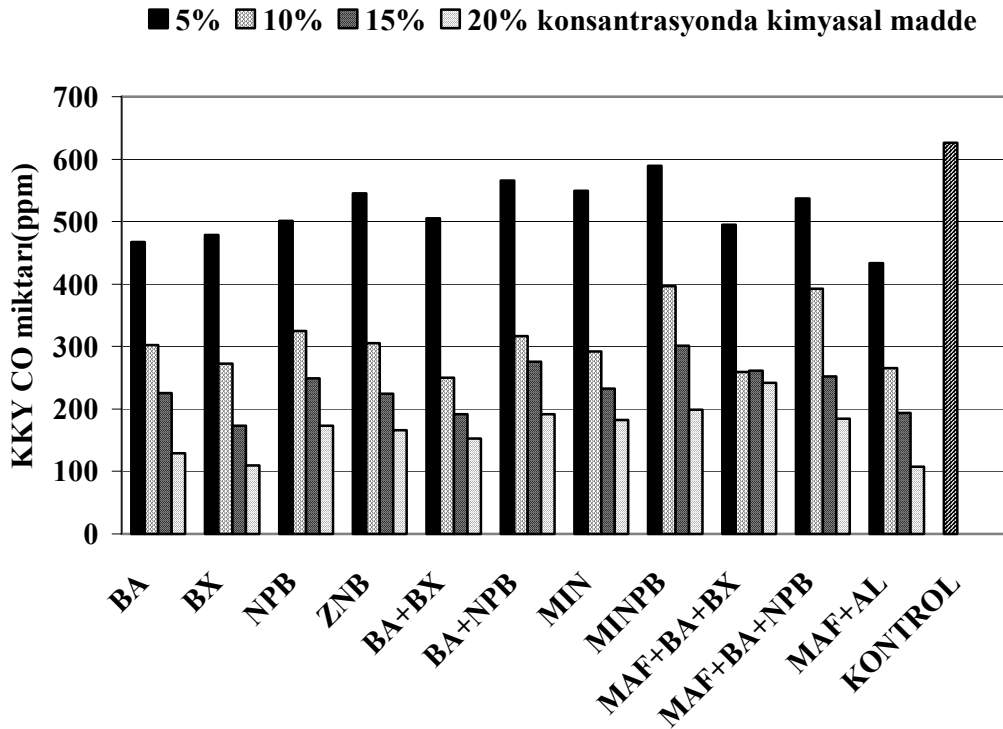


Şekil 53. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO₂ değerlerindeki değişim

Şekil 53'e bakıldığında; örneklerin CO₂ değerlerinin, melamin katkı oranına bağlı olarak değişim gösterdiği görülmektedir. Bu değişim, istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En düşük CO₂ değişim değerleri Şekil 53'ten görüldüğü üzere, %20 melamin katkılı tutkal ile üretilen levha gruplarında elde edilirken en yüksek değişim değerleri ise %5 melamin katkılı tutkal ile üretilen levha gruplarında elde edilmiştir. Bu durum, CO₂ değerleri üzerinde melamin katkı oranı artışının etkisi olduğunu göstermektedir. Melamin, amonyak gazı salıvermek suretiyle yanma olayını sınırlandırmakta ve böylece ortamda oluşacak istenmeyen gazların miktarının azalmasına yardımcı olmaktadır (URL-16, 2007).

4.9.1.2.3. KKY'da CO Değerlerine Ait Bulguların İrdelenmesi

KKY'da CO değerleri üzerinde; kimyasal madde türünün, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının etkisi Şekil 54 ve Şekil 55'te sunulmuştur.

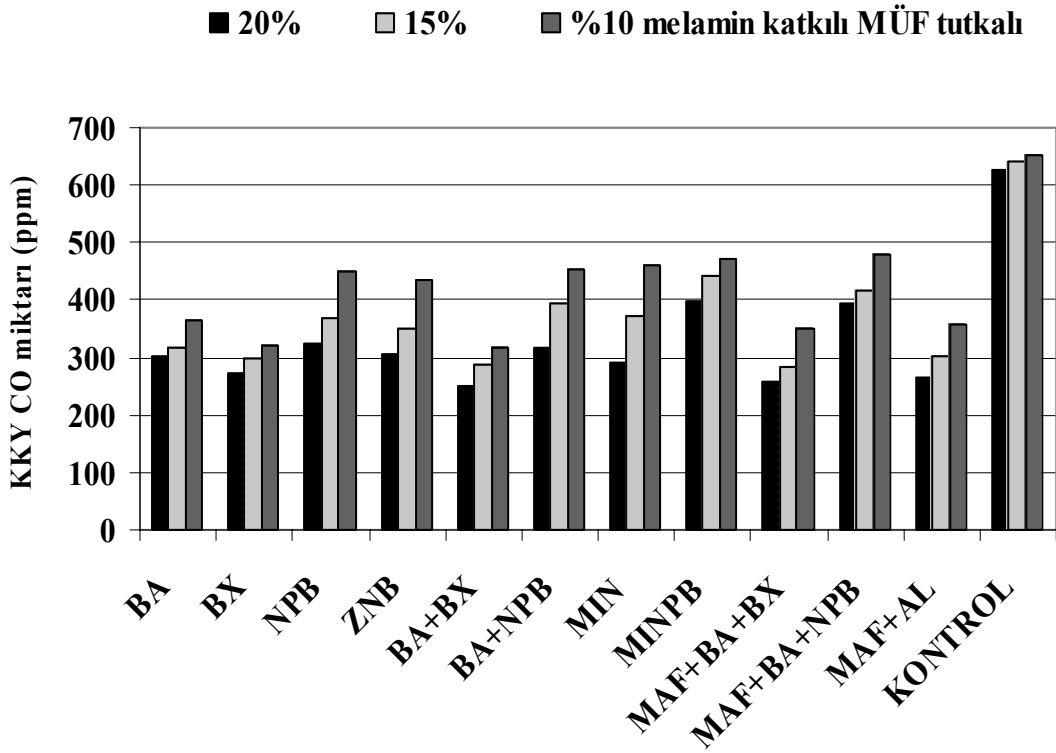


Şekil 54. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerindeki değişim

Şekil 54 incelendiğinde, tüm CO değerlerinin kimyasal madde türüne ve kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Bu değişim üzerinde bu iki faktörün ayrı ayrı etkisi istatistiksel olarak ta anlam taşımaktadır.

Tablo 101 ve Şekil 54 birlikte incelendiğinde; tüm kimyasal madde muameleli gruplardan elde edilen CO değişim değerlerinin, kontrol levhasının değerinden(625.75 ppm) daha düşük olduğu ve konsantrasyon artışına bağlı olarak bu değerlerin önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Bu durum; kullanılan kimyasal madde ve formülasyonların etkinliğine bağlı olarak yanmanın önlenmesi ve bunun sonucunda ortamda meydana gelebilecek zehirli gazların oranının azalması esasına dayalı olarak gerçekleşmiş olabilir. Bilindiği üzere; yanma ortamında yanma şiddetine bağlı olarak zehirli gazların oluşumu artış göstermektedir. Bu durum neticesinde, O₂ miktarı süratle azalmakta ve mevcut ortamda zehirlenmeler meydana gelebilmektedir. Yanmayı önleyici mekanizmaların temel amaçlarından birisi de; FR kimyasalları ile yanma olayını sınırlandırmak, yanma dayanımını arttırarak ortamdaki gaz çıkışının minimum düzeyde kalmasını sağlamaktır (White ve Dietenberger, 1999; Siau vd., 1975; Hull vd., 2002).

Şekil 54'ten görüldüğü üzere; kimyasal madde etkinlikleri, konsantrasyon gruplarında ayırım yapılmaksızın bir arada topluca değerlendirildiğinde, MAF+AL> BX> BA+BX> BA> ZNB> NPB> MİN> MAF+BA+BX> BA+NPB> MAF+BA+NPB> MİNPB> KONTROL şeklinde bir sıralama gerçekleşmiştir. Deney sonucunda kullanılan FR kimyasallarının tümünün, yanma karakteristiklerinde etkili olmaları aynı zamanda CO değerlerinin azalmasına sebep olmuştur. Özellikle, mono amonyum fosfat, alüminyum hidroksit, boraks, borik asit, kimyasalları duman yoğunluğunu ve gaz çıkışını azaltıcı etki göstermektedir (Grexa, 2000; LeVan ve Winandy, 1995; URL-14, 2007). Dolayısıyla, bu kimyasal maddelerin karışım halinde kullanıldıkları kombinasyonlarda daha iyi değerler elde edilmiştir. NPN'nin diğer yanma özelliklerinde göstermiş olduğu etki burada da gözlemlenmiş olup bu maddenin kullanıldığı kombinasyonlar aynı karakterde alkali bir madde olan BX'in kullanıldığı kombinasyonlara oranla daha düşük etki göstermiştir.

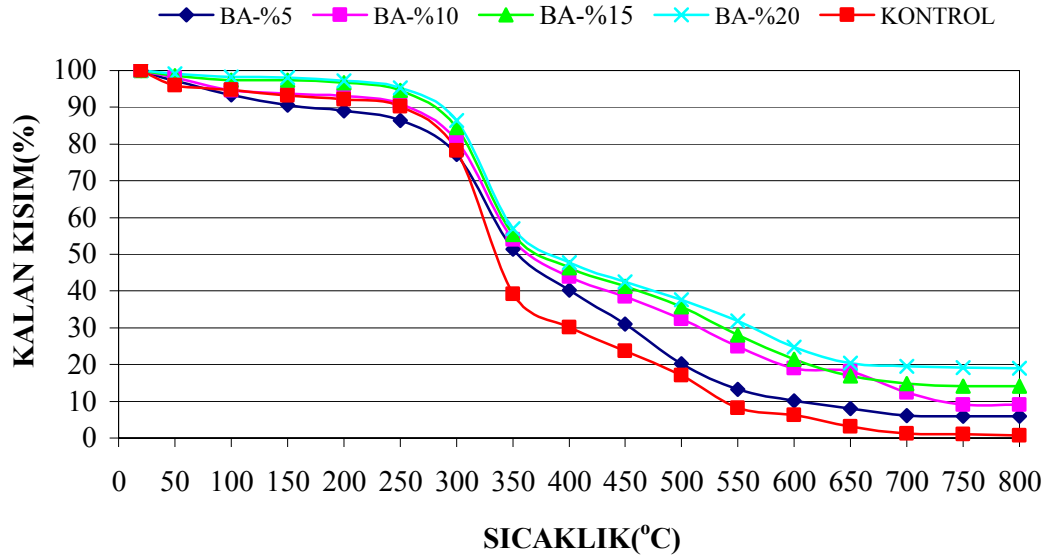


Şekil 55. Melamin katkı oranı farklı MÜF tutkalı ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının KKY CO değerlerindeki değişim

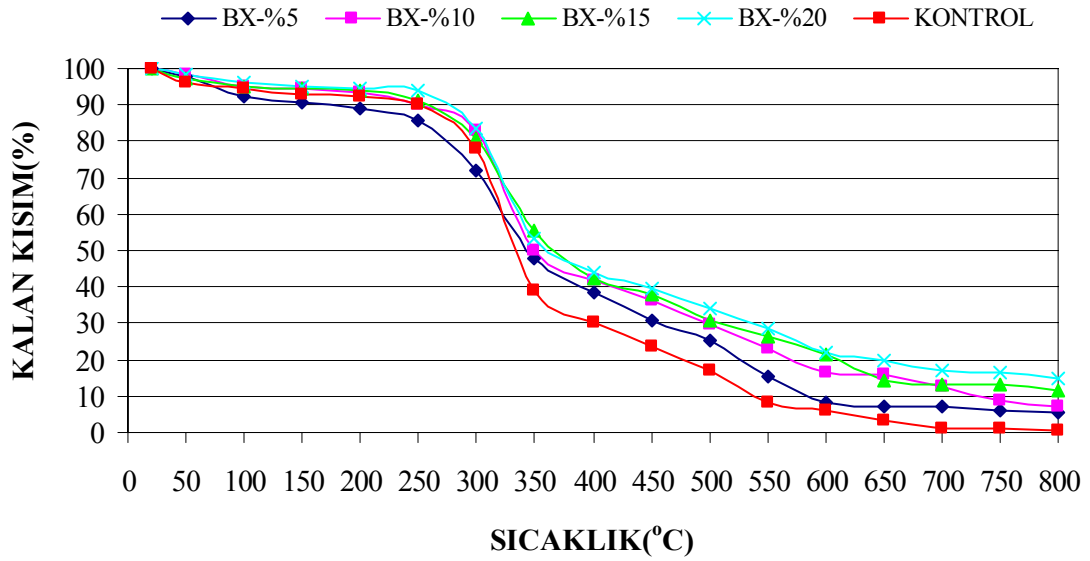
Şekil 55 incelendiğinde; KKY'da CO değerlerinin, melamin katkı oranına bağlı olarak değiştiği ve melamin katkı oranı arttıkça azalma gösterdiği görülmektedir. Bu CO değerleri üzerinde; melamin katkı oranının ve kimyasal madde türünün etkileri istatistiksel olarak ta ayrı ayrı anlamlı bulunmuştur. Buna göre; en yüksek CO değişim değerleri %10 melamin katkılı tutkalla üretilmiş kimyasal madde muameleli levha gruplarında elde edilirken, en düşük CO değerleri %20 melamin katkılı tutkalla üretilmiş kimyasal madde muameleli levha gruplarında elde edilmiştir. Bu değerlerden de anlaşılacağı üzere; melaminin CO değişimi üzerindeki etkisi belirgindir. Bu durum, melaminin deneme örneklerinin yanma dayanımını arttırmasının ilave bir sonucudur. Çünkü melamin, ısı ve alev maruz kaldığında dekompoze olur, ısıyı absorbe ederek bir soğutucu etki sağlar. Bu etki, dekompozisyon sırasında azot salıvererek yangının sönmeye yardımcı olur. Bu durum ayrıca alevlerin yayılmasını ve toksik gazların oluşumunu sınırlandırır (URL-16, 2007).

4.9.2. TGA Ölçümlerine Ait Bulgularının İrdelenmesi

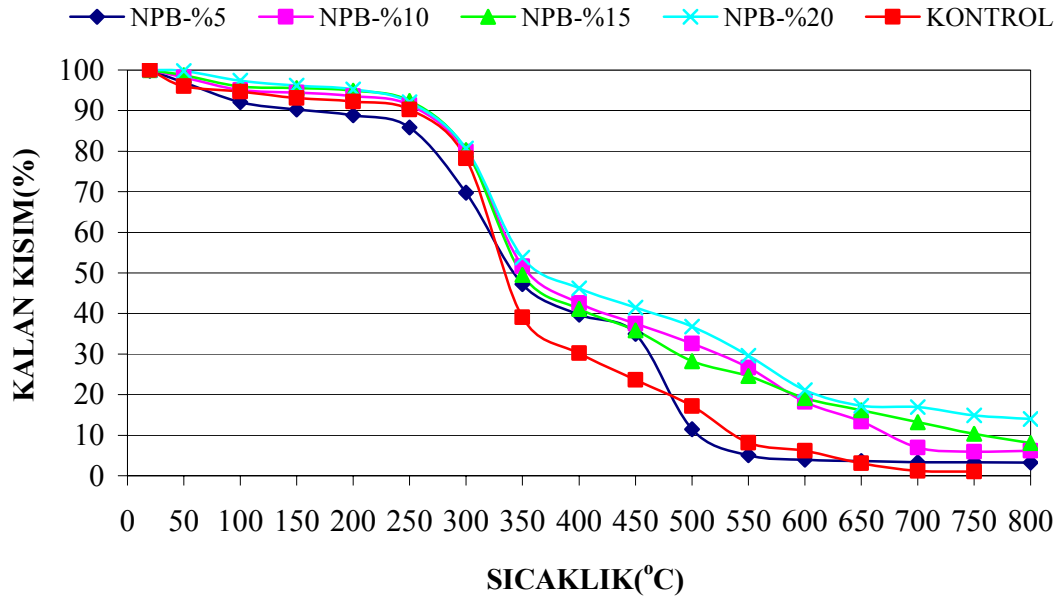
Deneme levhalarının TGA sonuçları kimyasal madde türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak tek tek ve toplu halde karşılaştırmaları yapılmak suretiyle ilgili şekillerde sırasıyla verilmiştir.



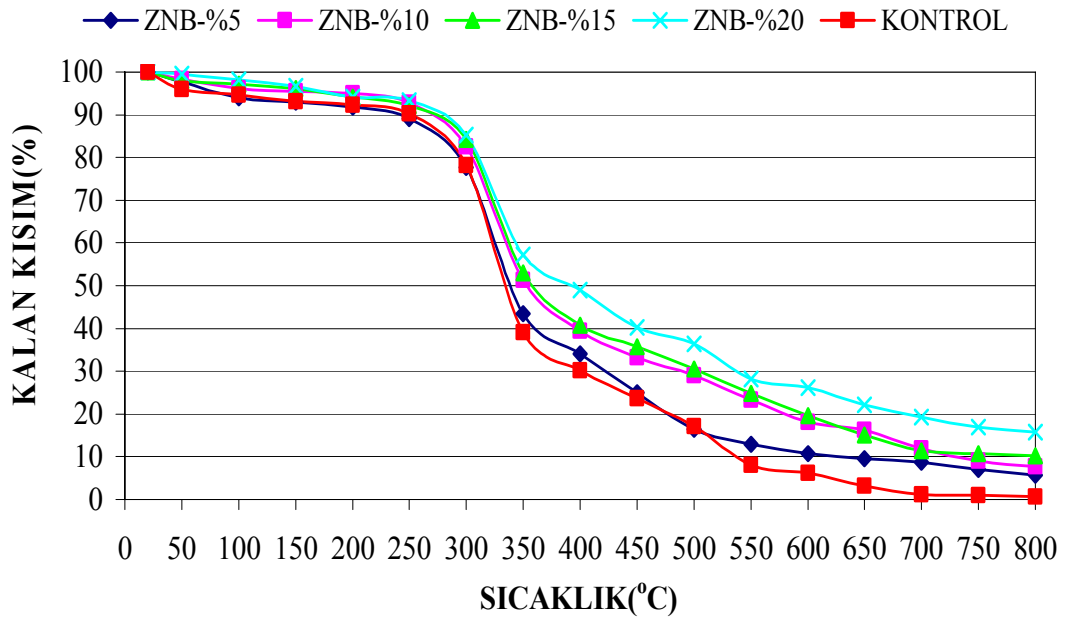
Şekil 56. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda BA kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



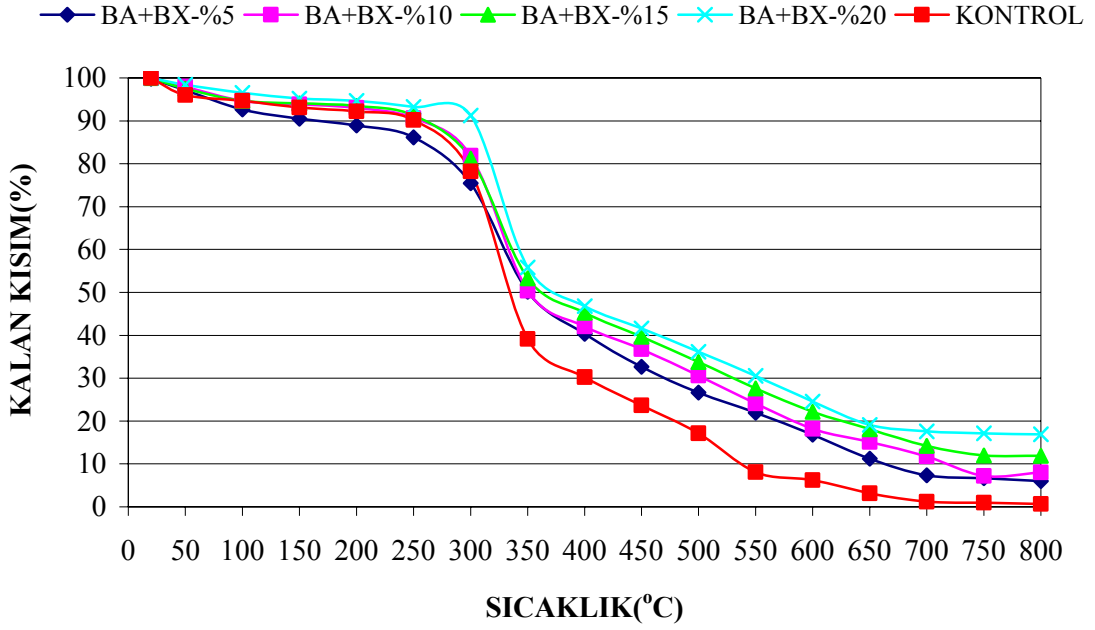
Şekil 57. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda BX kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



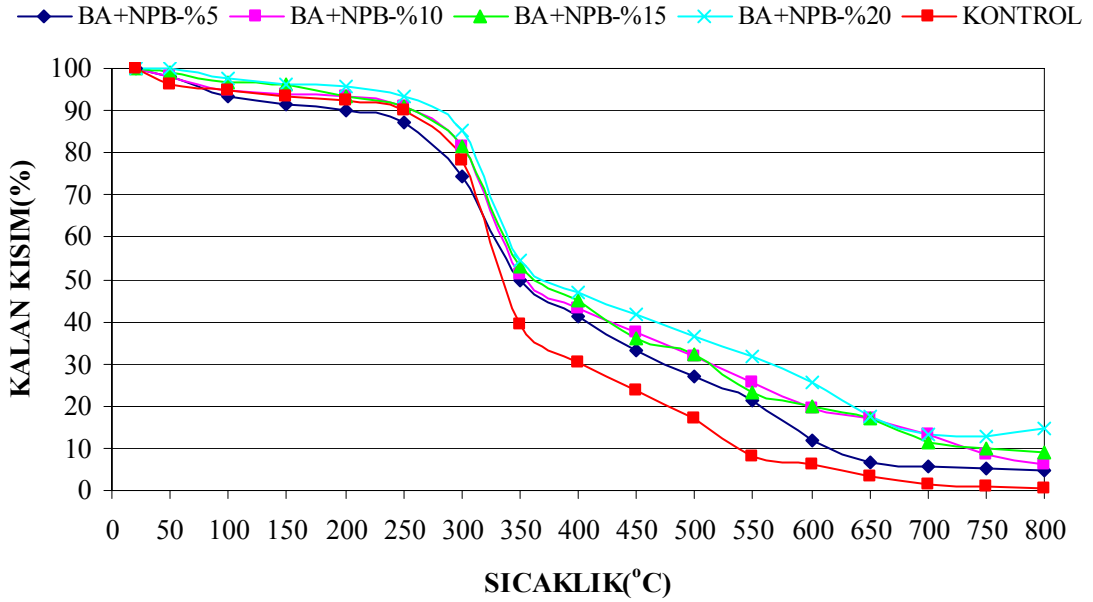
Şekil 58. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda NPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



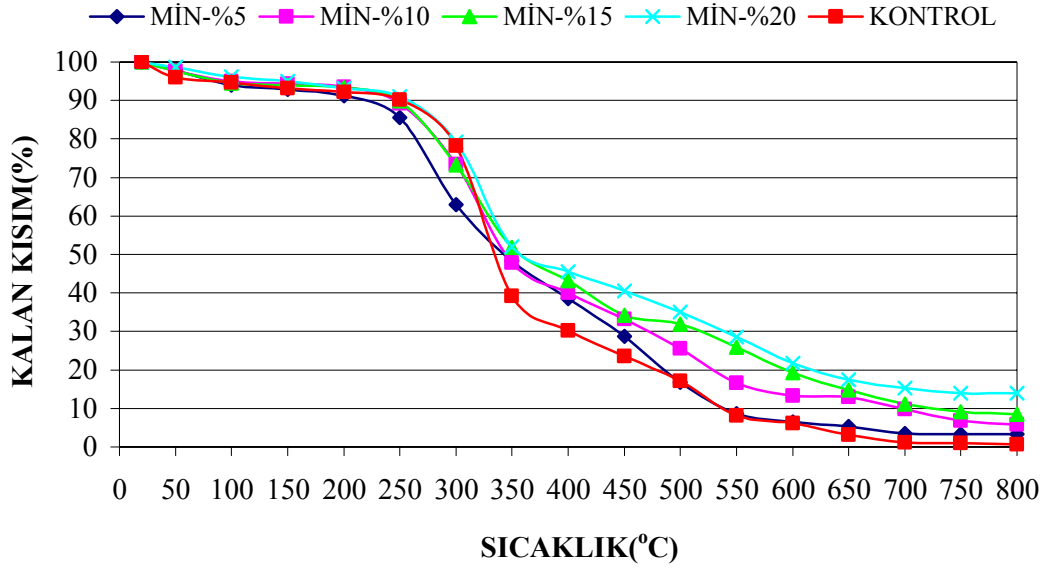
Şekil 59. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda ZNB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



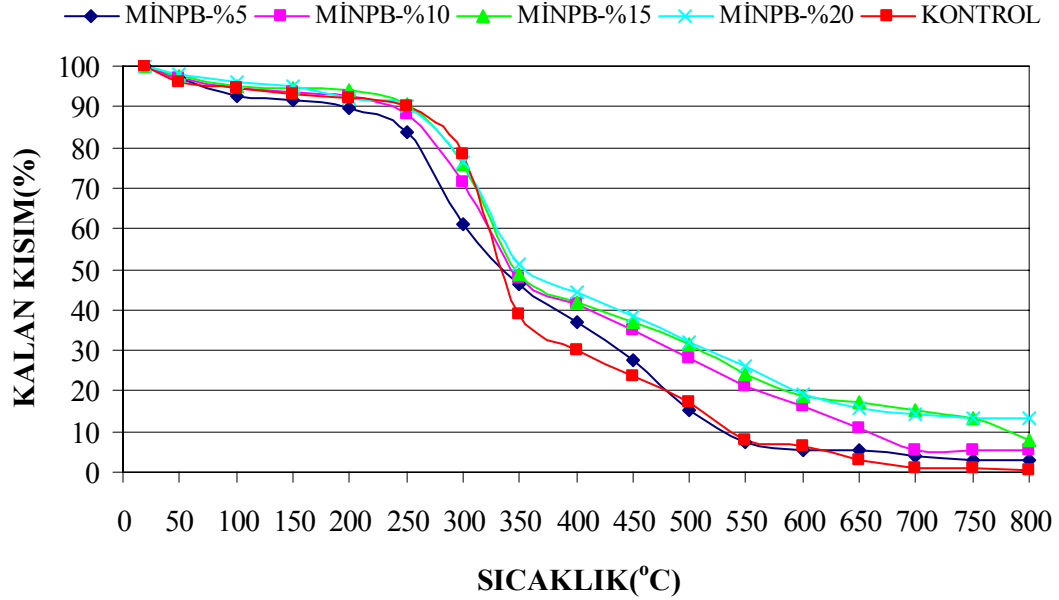
Şekil 60. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda BA+BX kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



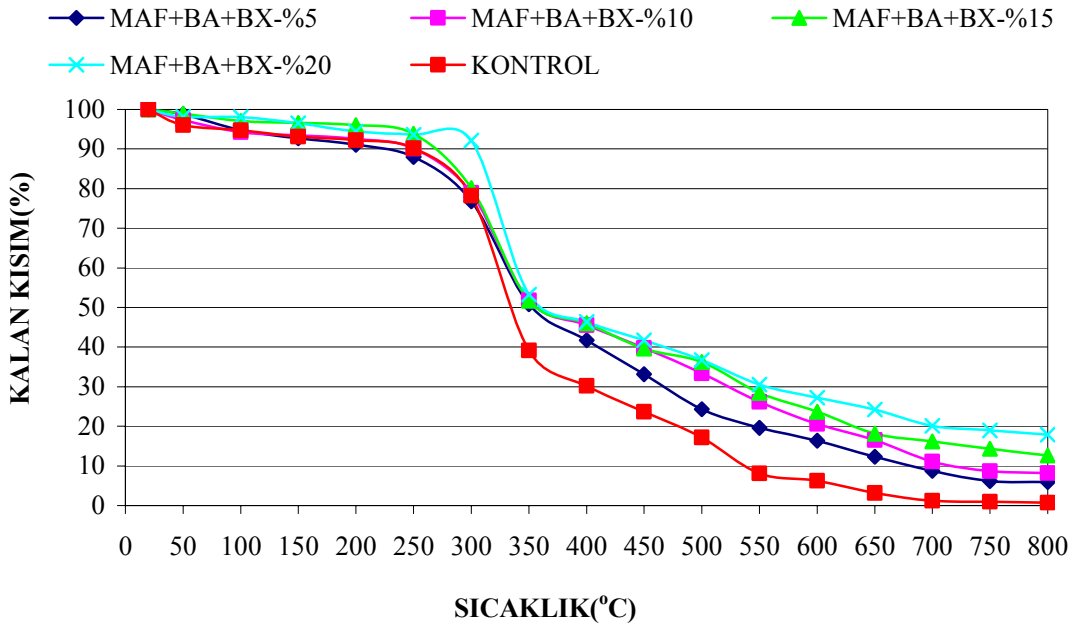
Şekil 61. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda BA+NPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



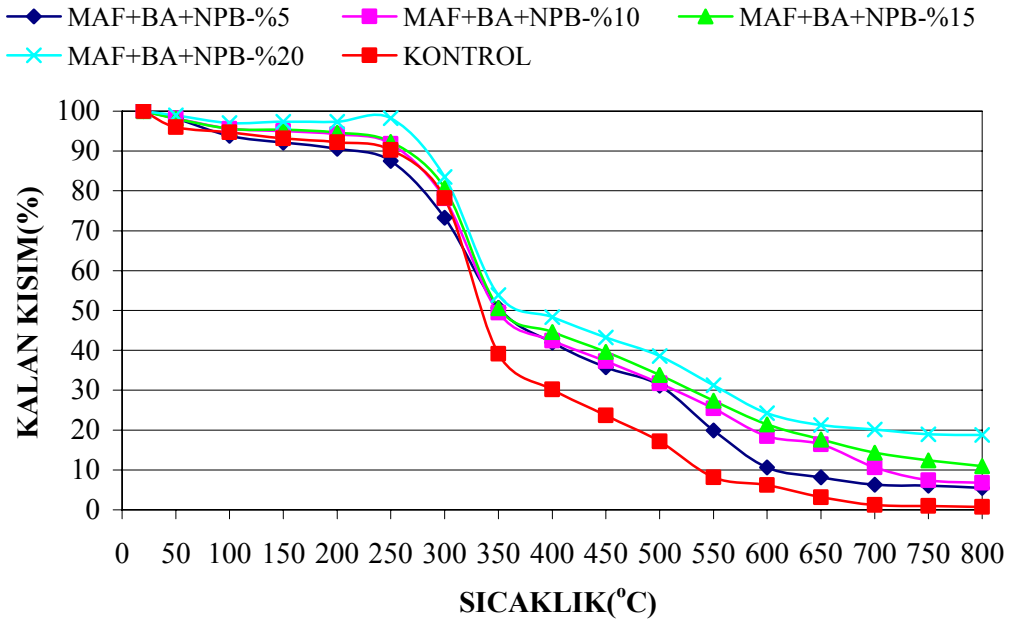
Şekil 62. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda MİN kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



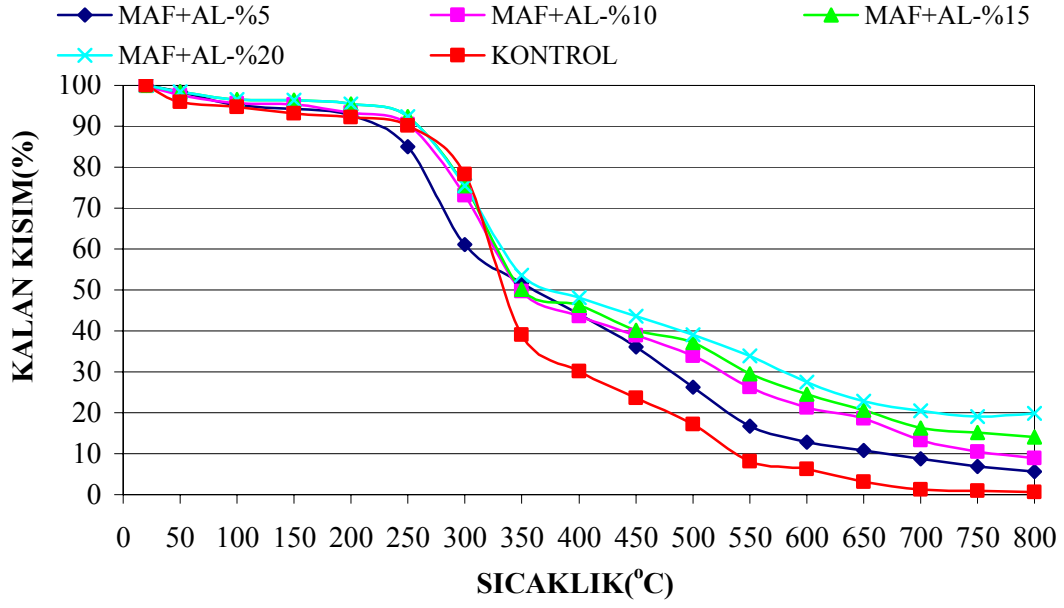
Şekil 63. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda MİNPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



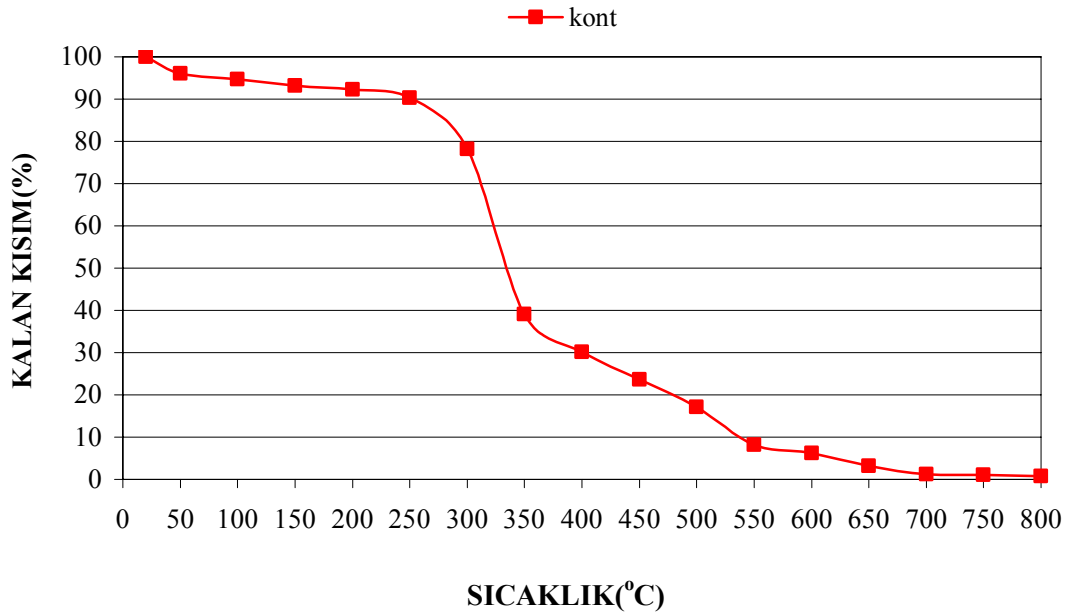
Şekil 64. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda MAF+BA+ BX kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



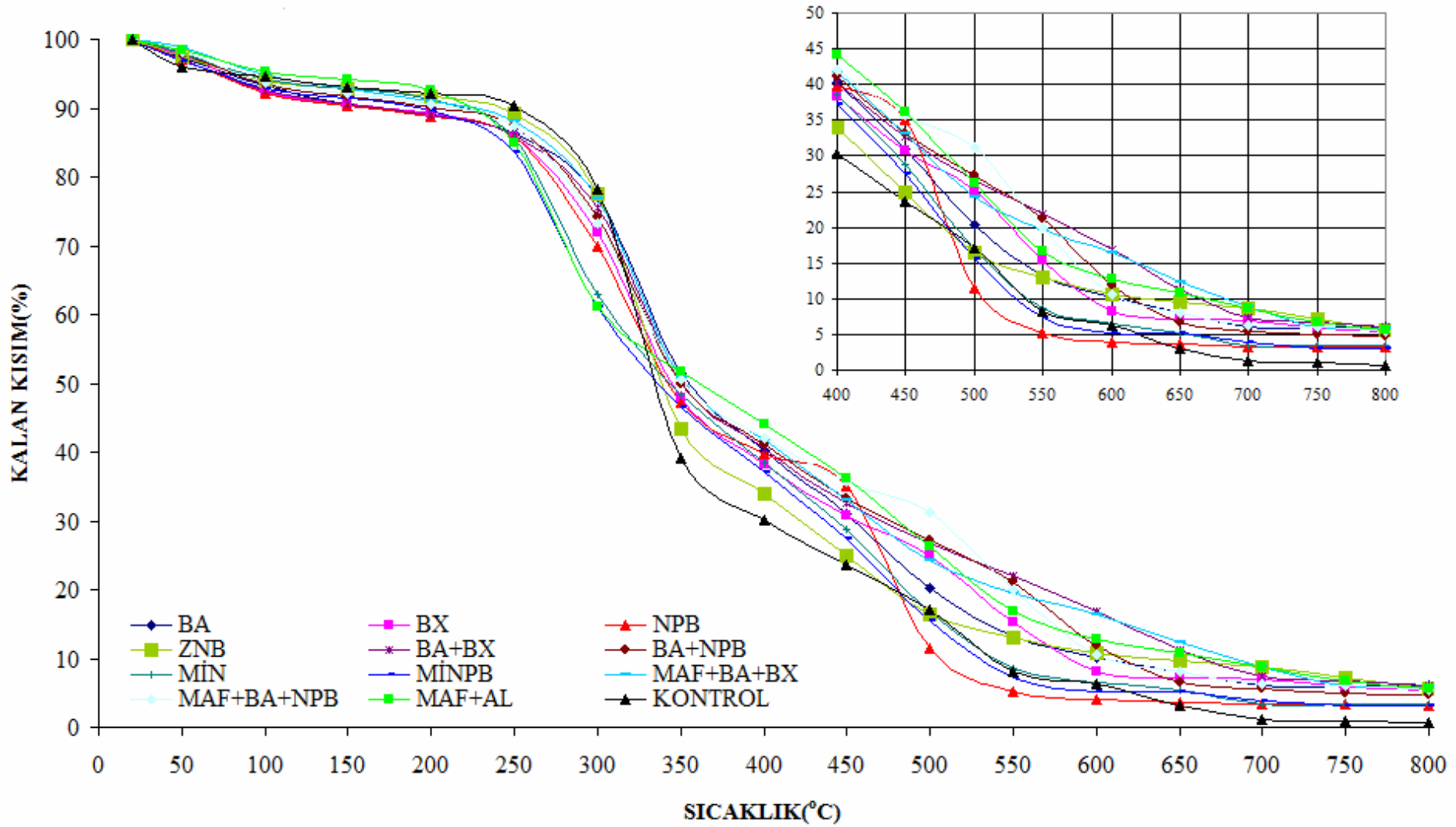
Şekil 65. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda MAF+BA+NPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



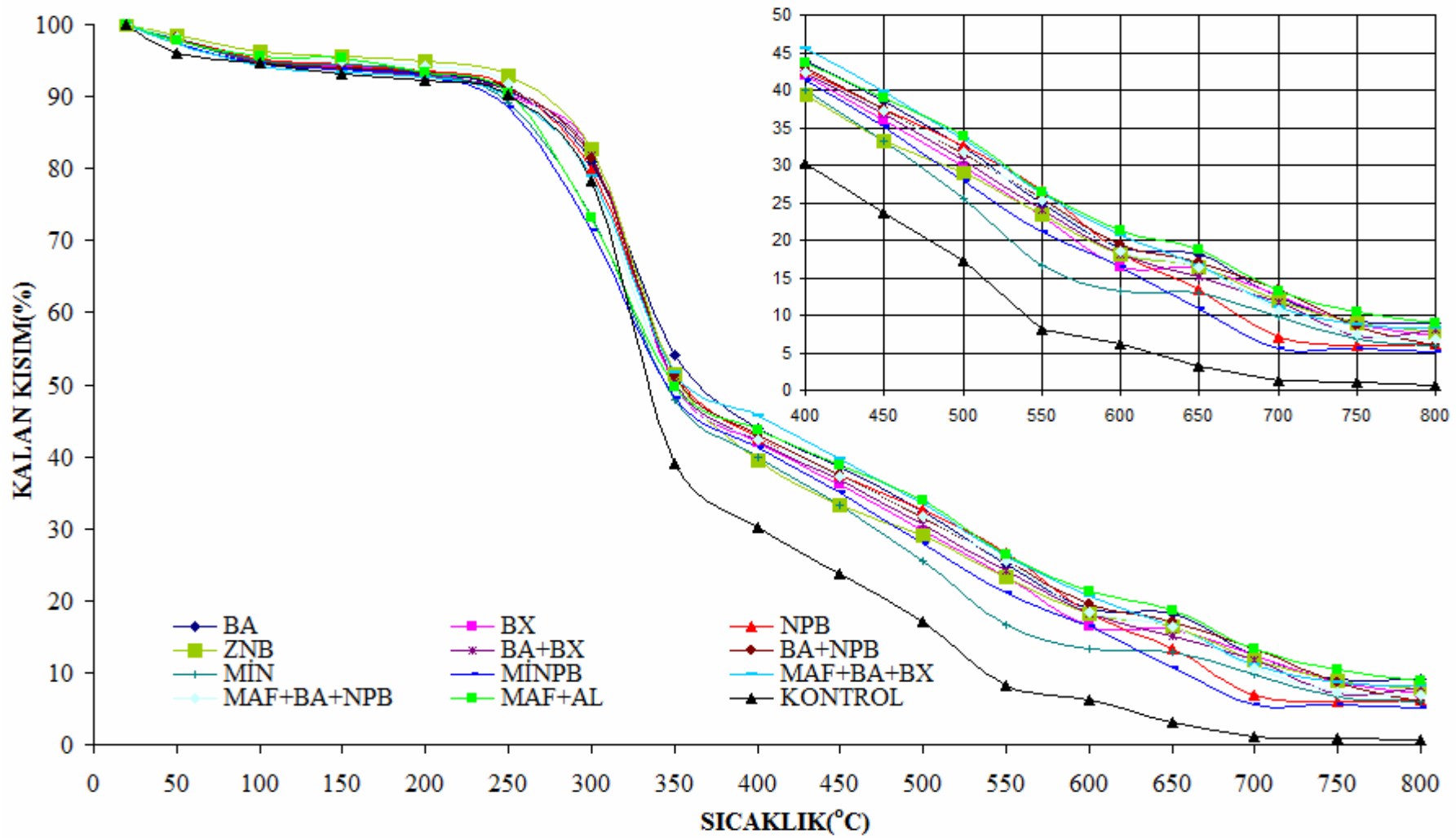
Şekil 66. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonlarda MAF+AL kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



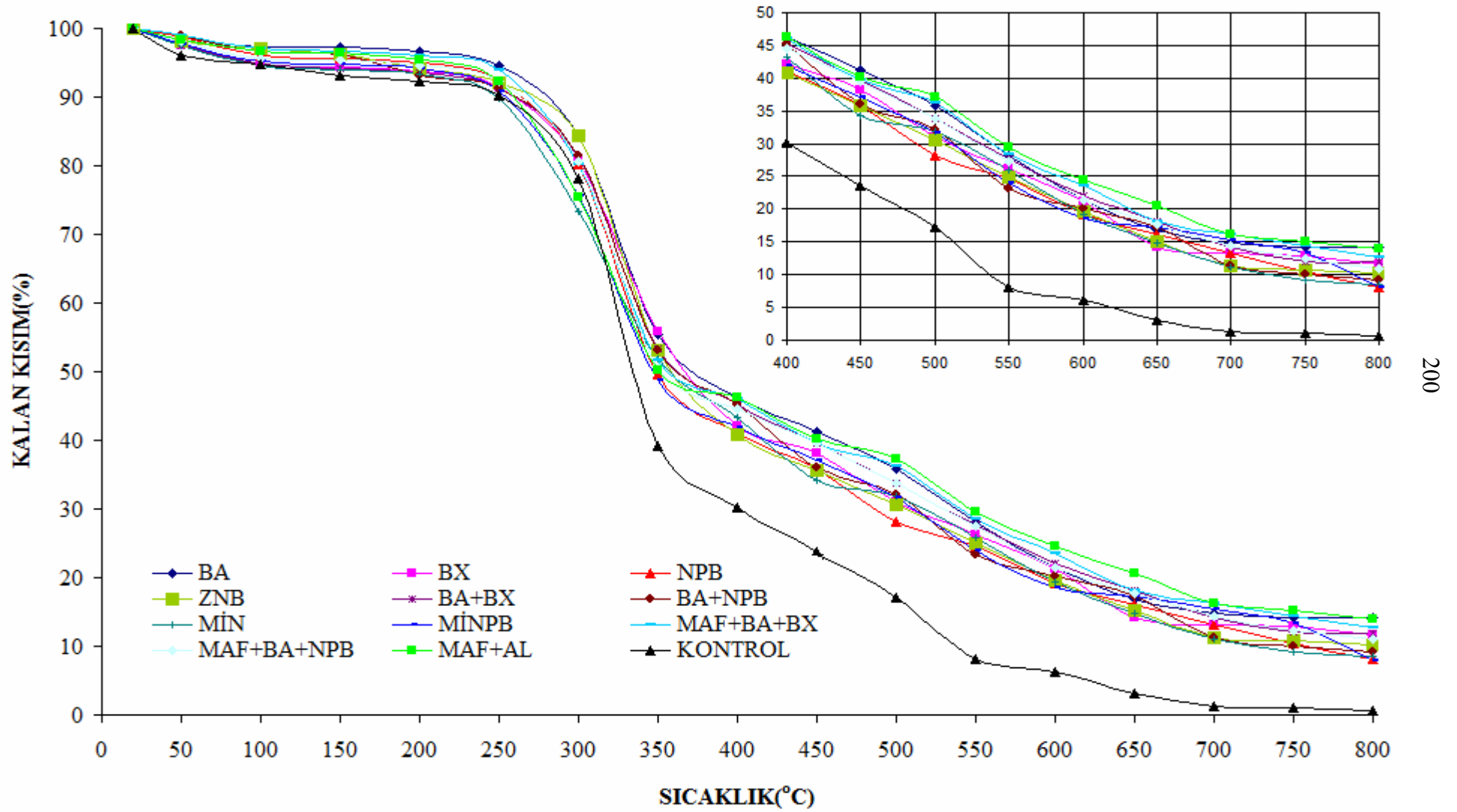
Şekil 67. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı kullanılarak üretilen kontrol levhasının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



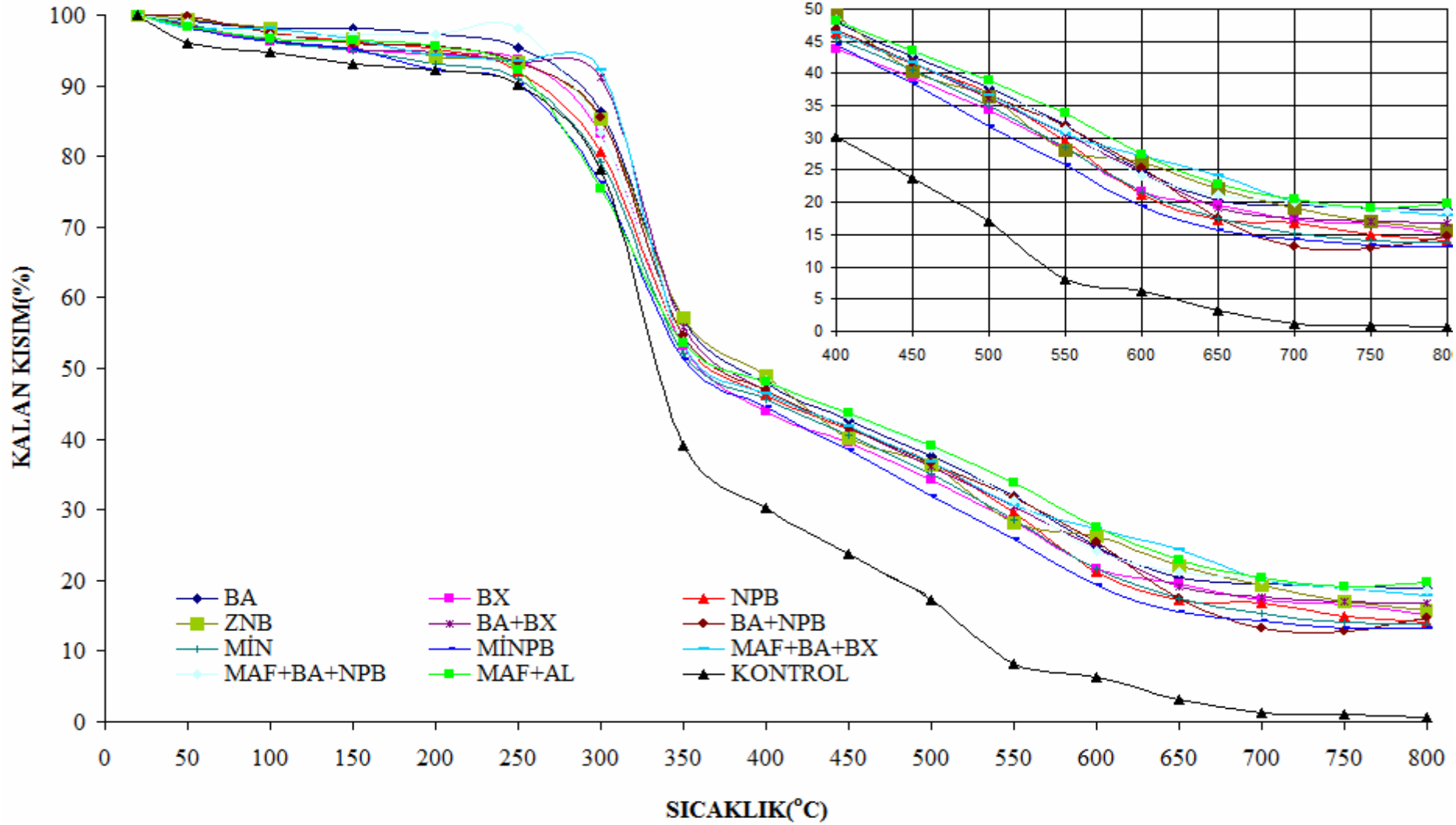
Şekil 68. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve %5 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



Şekil 69. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



Şekil 70. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve % 15 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



Şekil 71. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve %20 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim

Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ve farklı konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddelerle muamele edilerek üretilen deneme levhalarının; artan sıcaklıklar altında, süreye bağlı olarak ağırlıklarında meydana gelen değişimler incelenmiş ve bunun sonucunda; tüm muameleli örnek gruplarının kontrole kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Tablo 126'dan da görüldüğü üzere; 800°C'de elde edilen tüm değerlerin, kontrol grubunun %0.69'luk değerinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Buna göre; bütün kimyasal maddeler, yüksek sıcaklıklar altında örneklerin ağırlık kayıplarını azaltmış ve dolayısıyla yanmaya karşı dayanımını arttırmış ve iyi bir etkinlik sağlamıştır. Bu durum; tüm FR kimyasallarının odun ve odun esaslı materyallerin termal bozunma mekanizmasına müdahale ederek bozunma sıcaklıklarını etkilemesi ve düşük sıcaklıklarda dehidrasyon vb. reaksiyonları katalizleyerek kömür tabakası oluşumunu arttırmasının doğal bir sonucudur (Grexa ve Lübke, 2001; Stevens, 2006; Liu vd., 2004; Wang vd., 2004).

Tablo 126'daki değerler ile Şekil 56, Şekil 57, Şekil 58, Şekil 59, Şekil 60, Şekil 61, Şekil 62, Şekil 63, Şekil 64, Şekil 65, Şekil 66 ve Şekil 67'de verilen her bir kimyasal maddeli grubun ayrı ayrı kıyaslandığı değişim grafikleri incelendiğinde; tüm FR kimyasal madde muameleli örnek gruplarının kalan örnek miktarının, kullanılan kimyasal madde konsantrasyonunun artışına bağlı olarak arttığı; dolayısıyla da bu örneklerdeki ağırlık kayıplarının azaldığı görülmektedir.

Şekil 68, Şekil 69, Şekil 70, Şekil 71'de ise tüm kimyasal maddeli örnek grupları konsantrasyon gruplarına göre ayrı ayrı değerlendirilmiş ve madde türüne bağlı olarak örnek ağırlıklarında meydana gelen değişimler verilmiştir. Tüm bu şekillerdeki değişimler incelendiğinde; en yüksek ve en düşük değerleri veren kimyasal madde sıralamasınının herbir konsantrasyon grubunda hemen hemen aynı veya benzer şekilde seyrettiği gözlenmiştir.

Artan konsantrasyon ve dolayısıyla artan madde etkinliğinin bir sonucu olarak en iyi sonuçların elde edildiği %20 konsantrasyon oranı değerlendirilecek olursa; Şekil 74'ten görüleceği üzere; MAF+AL> BA> MAF+BA+BX> MAF+BA+NPB> BA+BX> BX> ZNB> BA+NPB> MİN> NPB> MİNPB> KONTROL şeklinde bir etki sıralaması gerçekleşmiştir. Bu sıralamadan görüldüğü üzere; en iyi sonuçlar, özellikle; MAF, BA, BX kimyasallarını içeren karışımlarla ve ZNB ile muameleli örnek gruplarında elde edilmiştir. Bu durum muhtemelen, bu maddelerin yapısal özelliklerinden ve birarada gösterdikleri sinerjik etkilerden kaynaklanmaktadır. NPB ilaveli madde grupları da iyi bir yanma

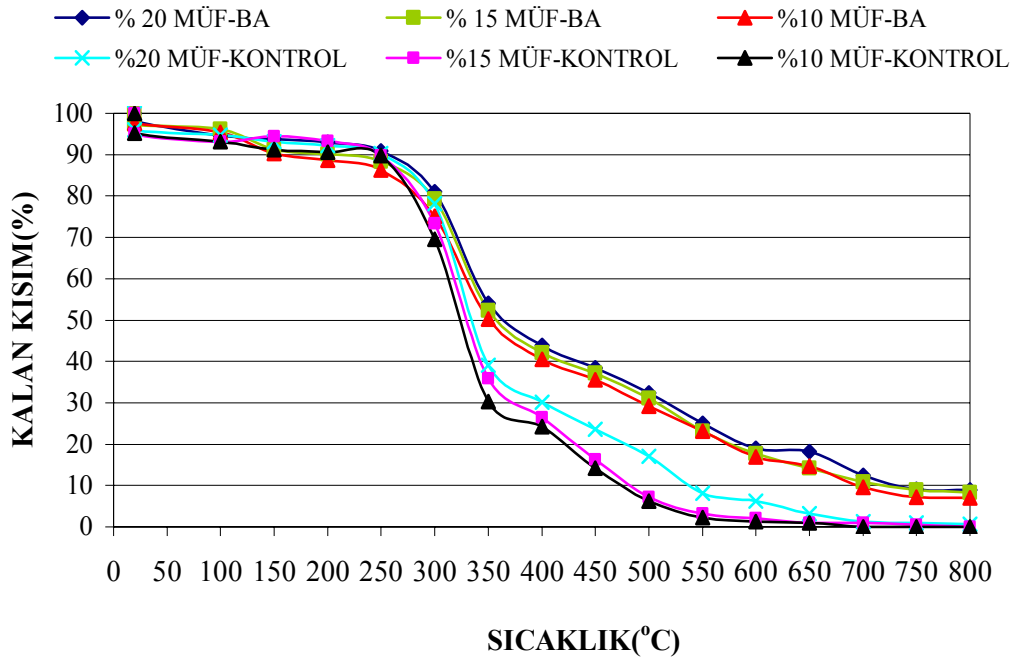
etkinliği göstermesine rağmen kendisi gibi alkali karakterde bir madde olan BX ile muameleli gruplarla kıyaslandığında daha düşük sonuçlar vermiştir. Tüm kimyasal madde grupları içerisinde en düşük sonuçlar ise MİN ve MİNPB ile muamele edilmiş örneklerden elde edilmiştir. Bu durumun formülasyonlardaki maddelerin birbirlerinin özelliklerini baskılayarak yanma etkinliğini bir miktar düşürmüş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Literatürde, tüm inorganik FR muameleli örneklerin sıcaklığa maruz bırakıldıklarında ekzotermik reaksiyonlar yoluyla ısı absorpladıkları ve yanma sıcaklığını düşürerek ortamdaki mevcut yanma koşullarını iyileştirdikleri belirtilmektedir. Amonyum esaslı ve fosforlu bileşiklerin etkili FR kimyasalları olduğu; termal bozunma sıcaklığını değiştirerek, yanıcı olmayan gazların miktarını ve kömür oluşumunu artırdıkları bildirilmiştir (Tzamtzis vd., 2002; Stevens vd., 2006). Yine alüminyum hidroksitin yüksek etkiye sahip etkili bir madde olduğu 200° C'den sonra alümina ve su olarak ayrıştığı ve oluşan su buharının yanma esnasında alevleri bastırıldığı ve kömürleşmeyi artırdığı belirtilmiştir. Ayrıca, yapılan çalışmalarla MAF, DAF, BA, BX ve ZNB'ninde çeşitli kompozit malzemelerin yanmaya karşı dayanımını arttırdığı ve özellikle MAF'ın kömürleşme oranını arttırmada en etkili kimyasallardan biri olduğu bulunmuştur (Wang, 2006; Kılınç ve Bayram, 2006; Liu, 2004). Liodakis ve arkadaşları(2003), %20 konsantrasyonda diamonyum fosfat ve alüminyum sülfat kullanılarak yaptıkları çalışmalarında, bu kimyasalların odun örneklerinin tutuşma sıcaklığını arttırdığını ve kütle kayıplarını azalttığını bulmuşlardır.

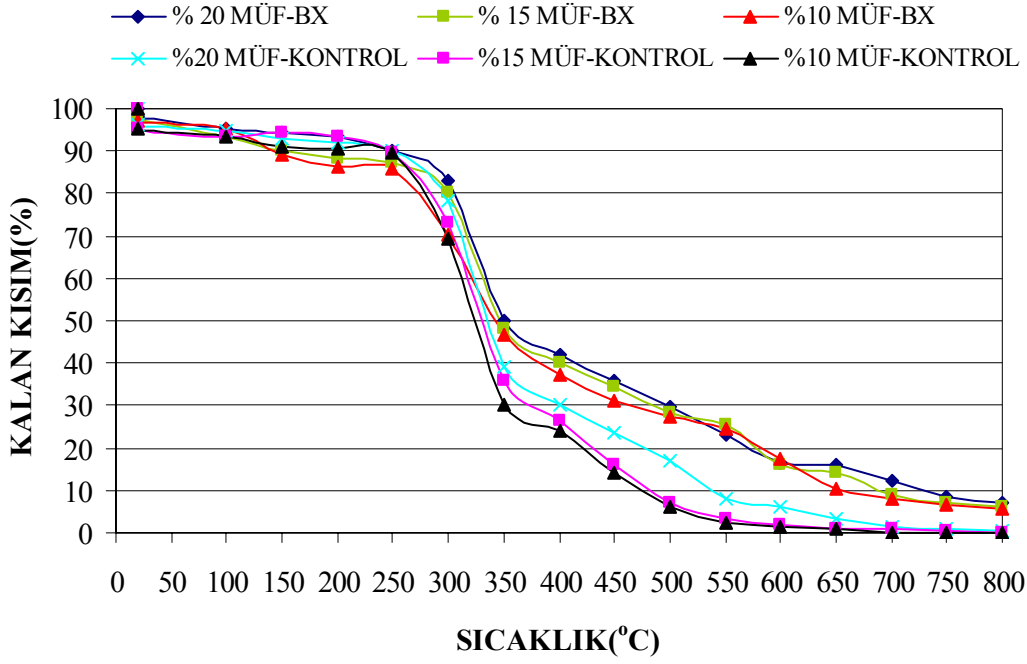
Şekil 72, Şekil 73, Şekil 74, Şekil 75'teki değişim grafikleri birlikte incelendiğinde; özellikle düşük sıcaklıklarda kimyasal maddeli grupların ağırlık kaybı değerlerinin kontrole kıyasla bir miktar yüksek olduğu görölmektedir. Bu durum; muamelesiz odun örneğinin, düşük sıcaklıklarda yapısındaki absorbe suyu salıvermesi ve bu aşamada yapısında önemli bir kimyasal reaksiyonun gerçekleşmemesi sebebiyledir (Wang vd., 2004). Wang ve arkadaşları(2004) yaptıkları çalışmada; borik asit ve guanidin polifosfatlı örneklerin düşük sıcaklıkta kontrole kıyasla, daha yüksek ağırlık kaybı gösterdiklerini; ancak sıcaklık artıkça bu etkinin süratli bir şekilde terse döndüğünü bildirmişlerdir. Yine literatürde yapılan TGA çalışmaları neticesinde, bozunma mekanizmasında ağırlık kayıplarının 350-500° C arasında keskin bir seyir izlediği ve madde ilavesine bağlı olarak iyileşme gösterdiği, 500 °C'den sonra ise meydana gelen değişimlerin daha yavaş olduğu bulunmuştur (Spirckel vd., 2002).

Şekil 68, Şekil 69, Şekil 70 ve Şekil 71’de verilen değişim grafiklerinde de yukarıdaki açıklanan duruma benzer şekilde bir seyir izlenmektedir. Bu grafikler incelendiğinde, 300° C’den sonra kimyasal maddeli örnek gruplarının kademeli ve yavaş bir bozunma gösterdiği, buna karşılık kontrol örneğinin yapısında daha ani ve hızlı bir bozunmanın meydana geldiği görülmektedir. Bu aşamadan sonra 500 °C ye kadar örnek ağırlıklarında meydana gelen bozunma ve kayıplar daha hızlı bir şekilde ilerlemiş ve kimyasalların örnekler üzerindeki etkisi daha belirgin şekilde kendini göstermiştir. 500 °C’den sonra ise bozunma, daha sabit bir düzeyde devam etmiş ve sonuçta, kimyasal madde muamelesi ile örneğin bozunmadan kalan kısmının oranı büyük ölçüde artmıştır.

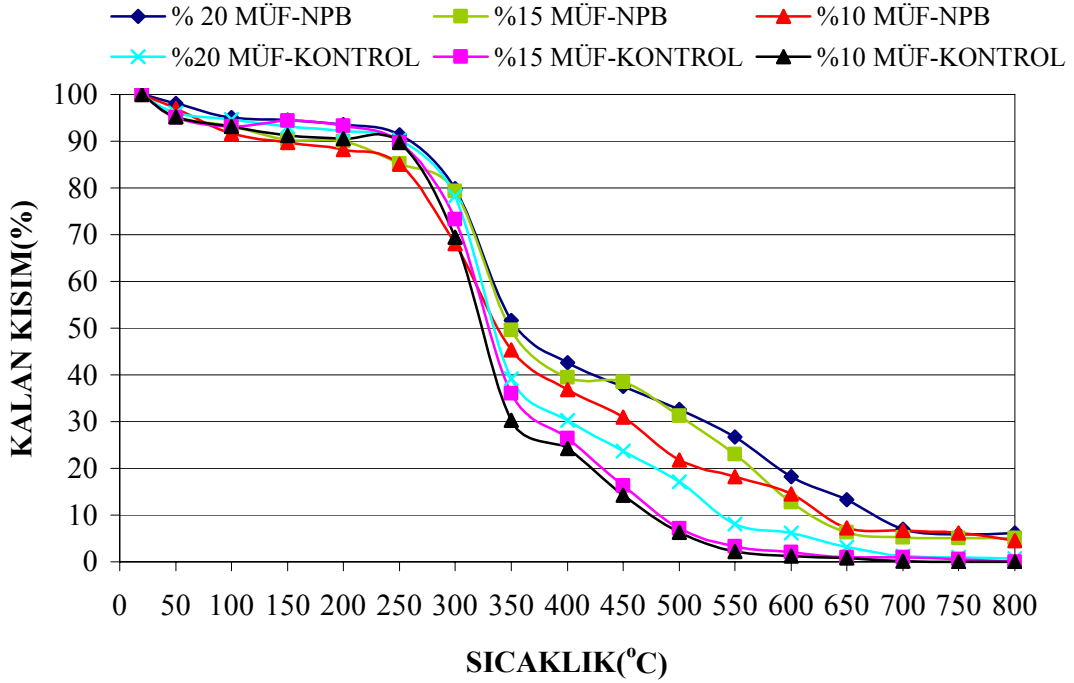
Farklı oranlarda melamin katkı tutkal ve %10 konsantrasyonda çeşitli maddeler kullanılarak üretilen levha örneklerinin TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişimler; madde türüne göre tek tek kıyaslamalı olarak sırasıyla Şekil 72, Şekil 73, Şekil 74, Şekil 75, Şekil 76, Şekil 77, Şekil 78, Şekil 79, Şekil 80, Şekil 81, Şekil 82, Şekil 83’te toplu olarak ise Şekil 84’te verilmiştir.



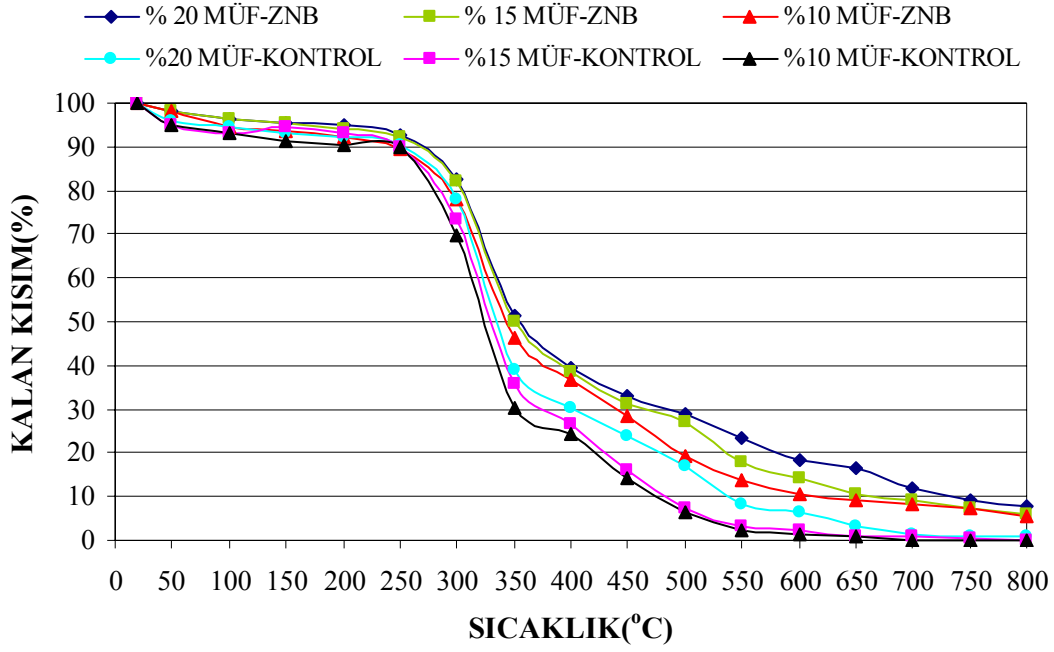
Şekil 72. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda BA kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



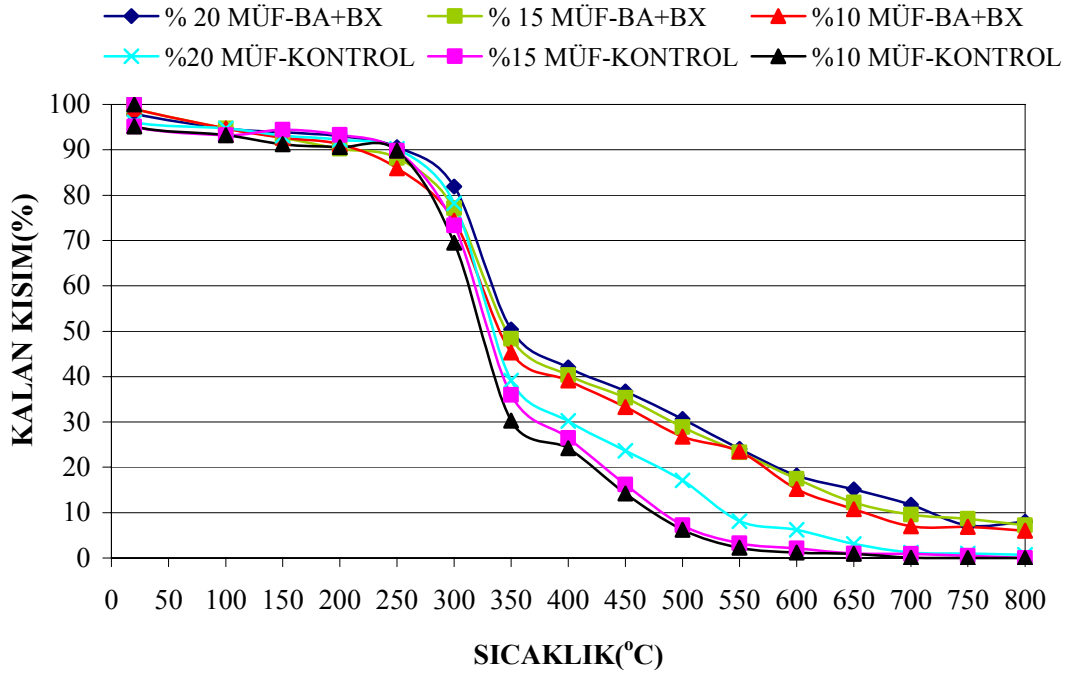
Şekil 73. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda BX kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



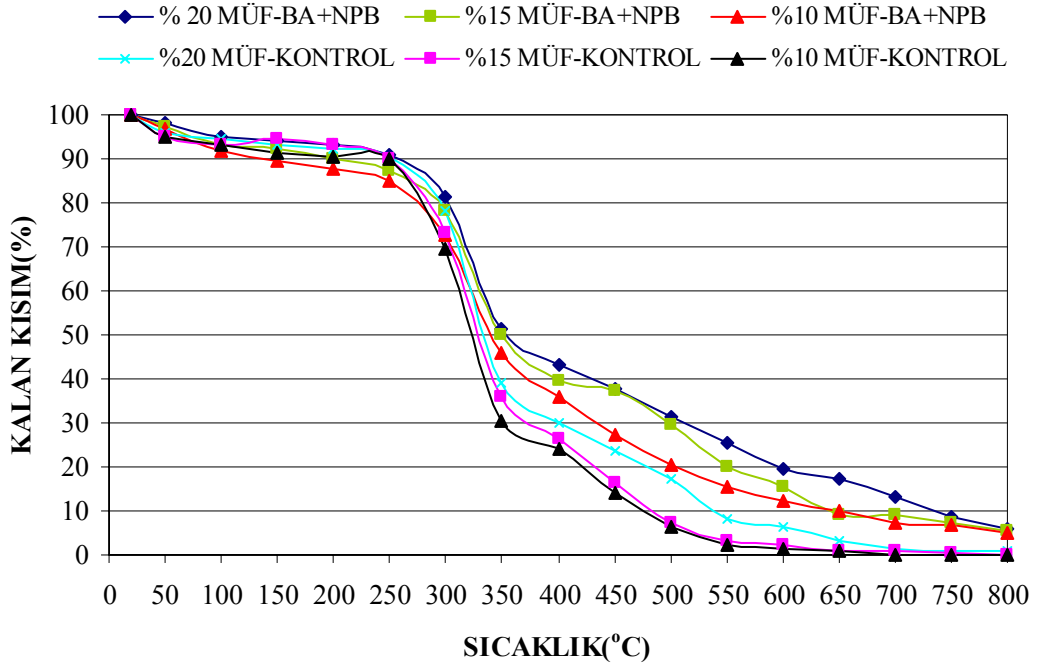
Şekil 74. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda NPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



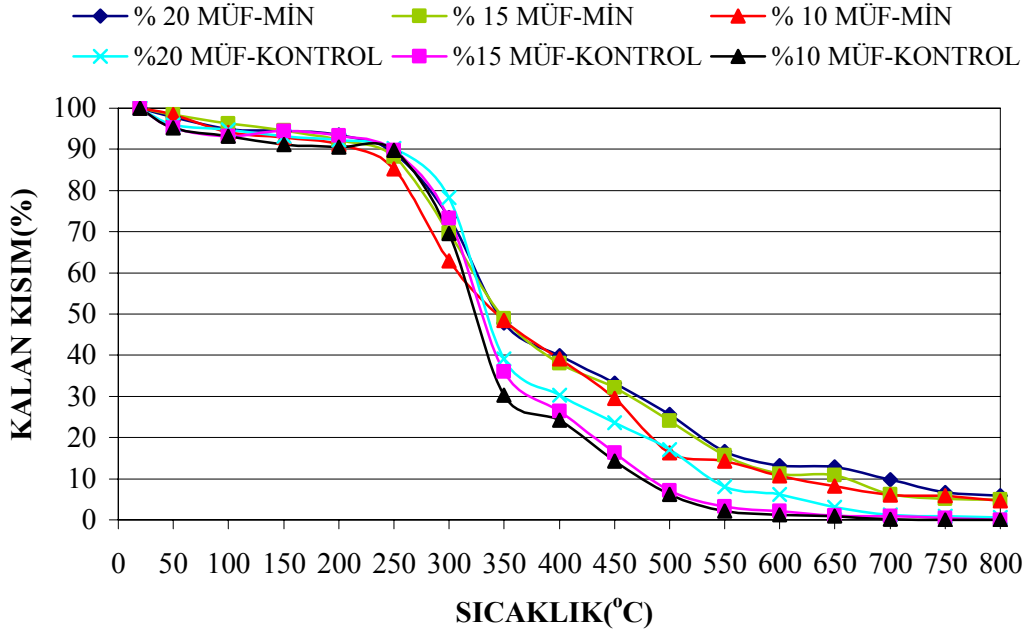
Şekil 75. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda ZNB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



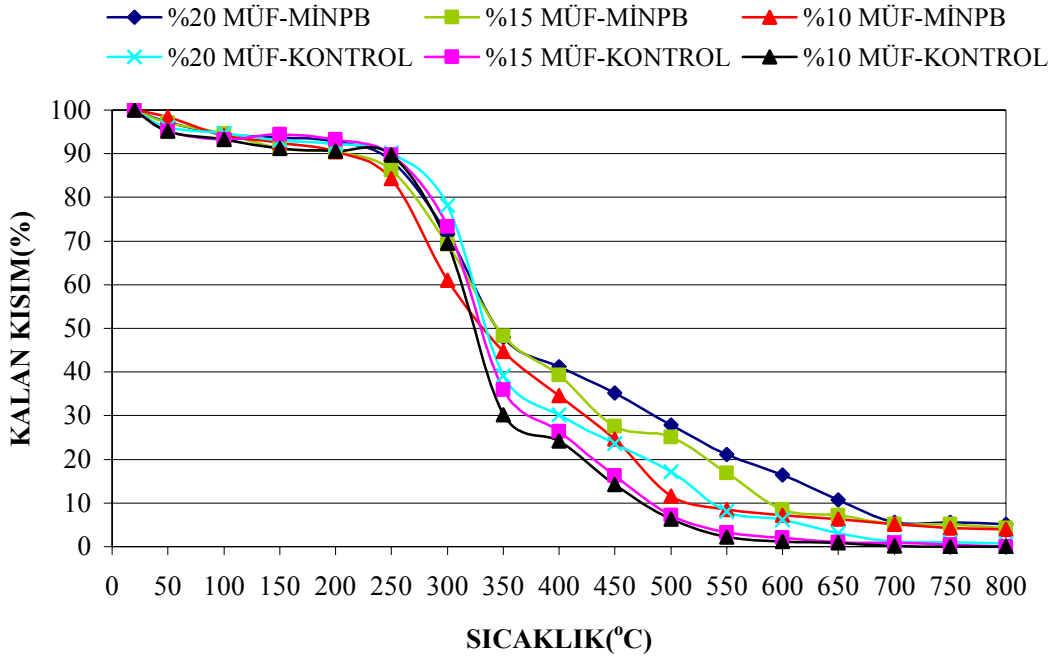
Şekil 76. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda BA+BX kullanılarak üretilen levha örneklerinin TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



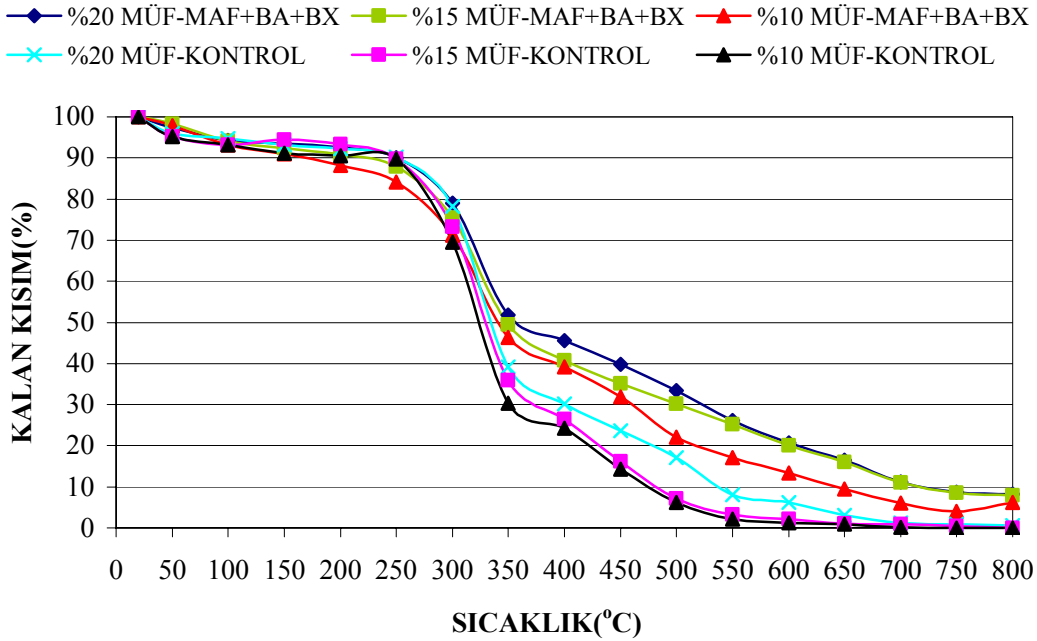
Şekil 77. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda BA+NPB kullanılarak üretilen levha örneklerinin TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



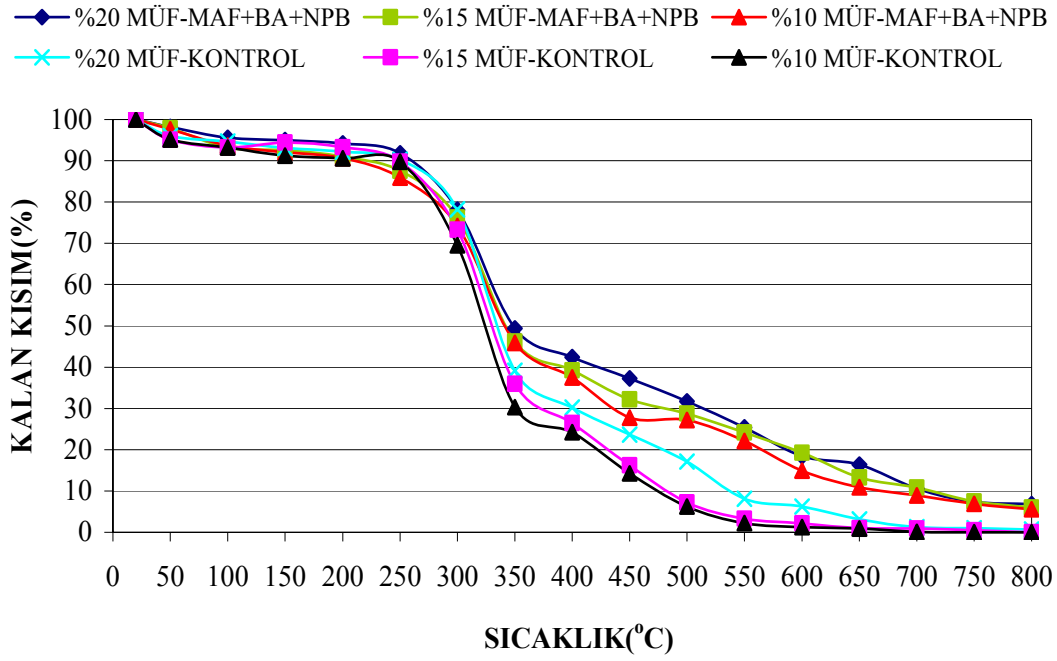
Şekil 78. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda MİN kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



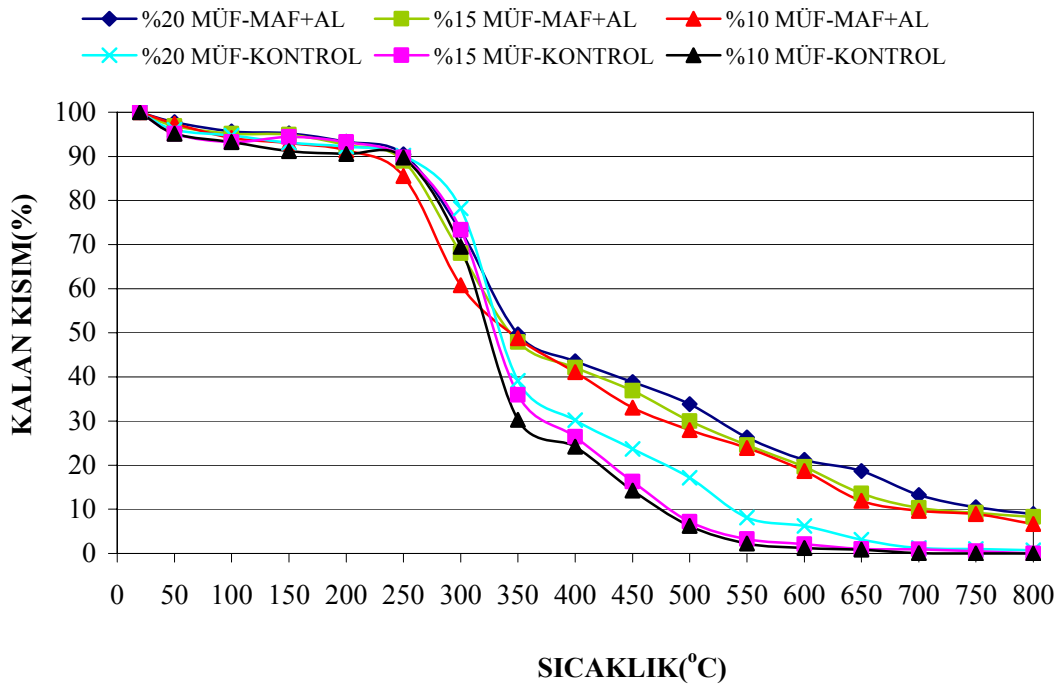
Şekil 79. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda MİNPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



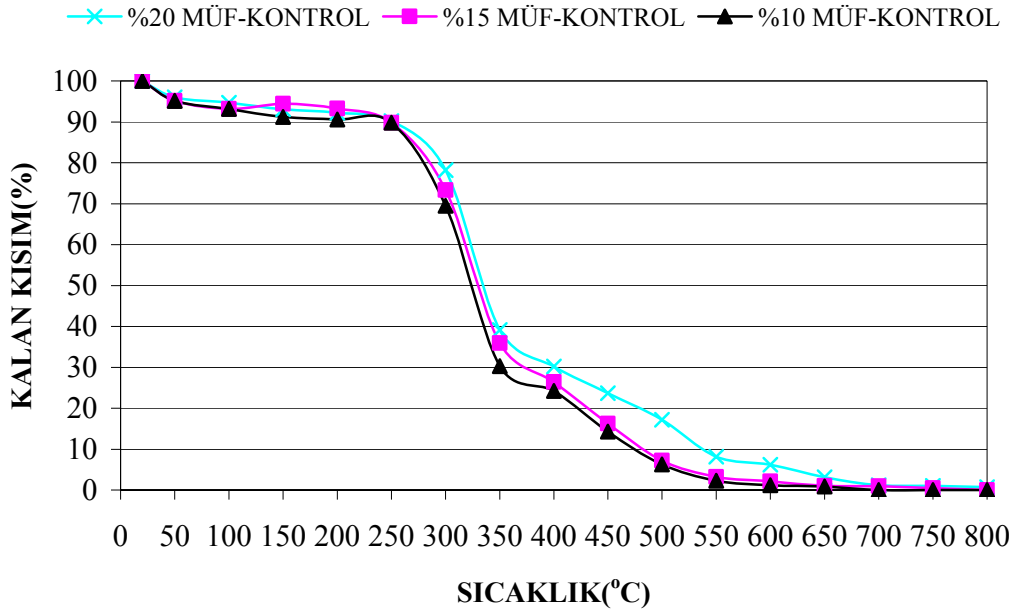
Şekil 80. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda MAF+BA+BX kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



Şekil 81. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda MAF+BA+NPB kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim

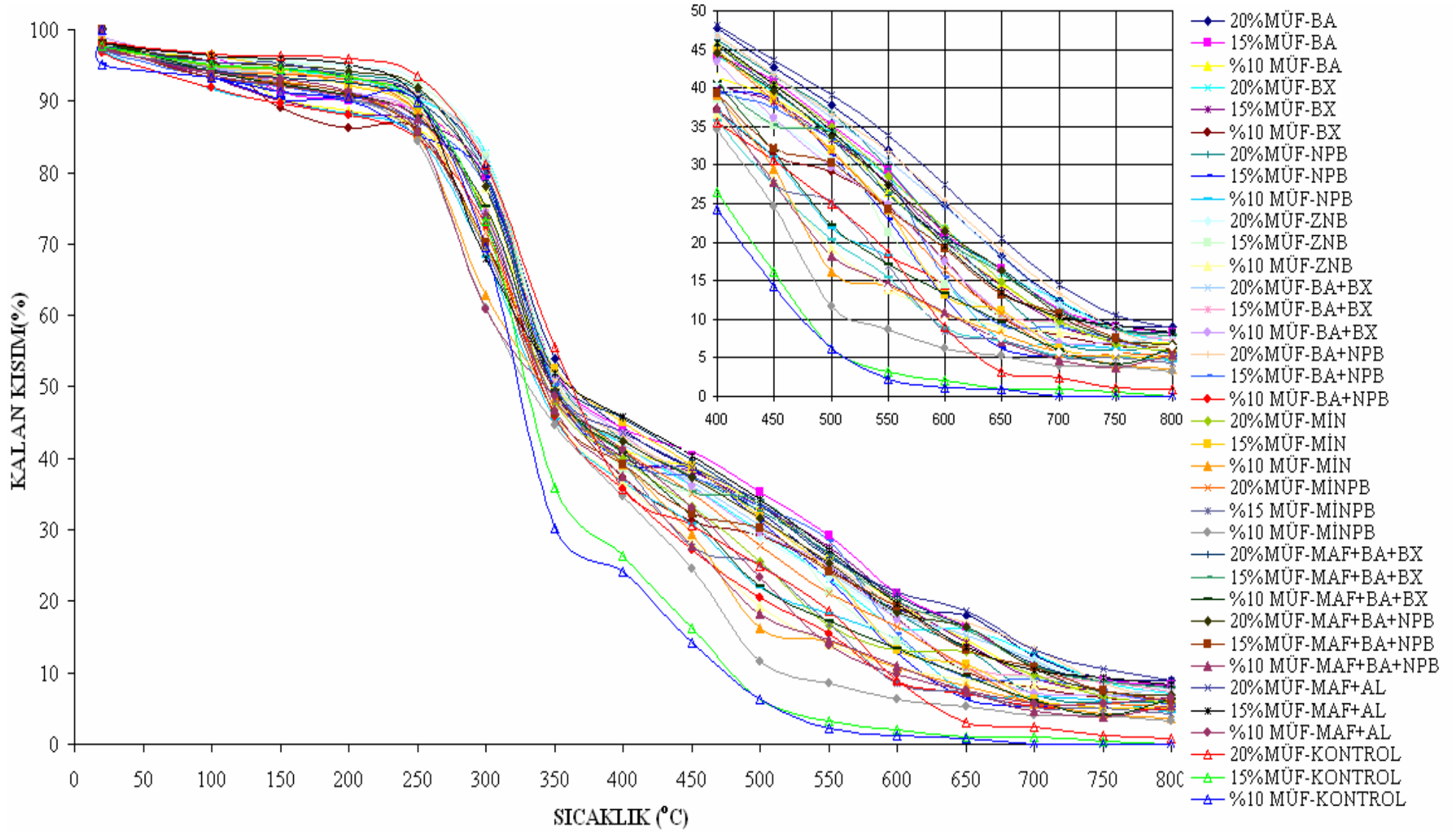


Şekil 82. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda MAF+AL kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim



Şekil 83. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile üretilen kontrol levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim

Şekil 84'te ise; %20, %15 ve %10 melamin katkılı MÜF tutkalı ve %10 konsantrasyonda BA, BX, NPB, ZNB, BA+BX, BA+NPB, MİN, MİNPB, MAF+BA+BX, MAF+BA+NPB, MAF+AL kullanılarak üretilmiş deneme levhası ve kontrol levhası örneklerinin, artan sıcaklıklar altında gösterdikleri değişim toplu bir şekilde grafiklendirilmiştir.



Şekil 84. Farklı melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda çeşitli kimyasal maddeler kullanılarak üretilen deneme levhalarının TGA sonucunda ağırlıklarında meydana gelen değişim

Deneme örneklerinin analizleri sonucunda elde edilen değerler, Tablo 126 ve Tablo 127'den görüldüğü üzere; melamin katkı oranı artışına bağlı olarak iyileşme göstermiştir. Tüm kimyasal maddeli gruplar kendi arasında kıyaslandığında; melamin katkı oranı artışının etkileri; Şekil 72, Şekil 73, Şekil 74, Şekil 75, Şekil 76, Şekil 77, Şekil 78, Şekil 79, Şekil 80, Şekil 81, Şekil 82, Şekil 83'ten de görüldüğü gibi bir seyir izlemiştir. Buna göre, %20 melamin katkılı tutkal ile üretilen deneme örneklerinin deney boyunca kalan ağırlık oranları %10 melamin katkılı tutkal ile üretilen deneme örneklerinin kalan ağırlık oranlarına göre daha olumlu bir eğilim çizgisi vermiştir.

Şekil 84'te ise tüm kimyasal maddeler melamin katkı oranına bağlı olarak toplu halde karşılaştırılmıştır. Buradan da görüldüğü üzere; bütün kimyasal maddeli örnekler, benzer şekilde bir bozunma seyri izleyerek değişim göstermiştir. Tüm kimyasal madde muameleli örnekler, kendi kontrol grubu örneklerinden daha iyi sonuçlar verirken en düşük değerler %5 melamin katkılı tutkal kullanılan örneklerde elde edilmiştir. Şekil 84'ten görüldüğü üzere; melamin ilavesi örneğin termal bozunma mekanizmasını değiştirmekte ve örneğin yüksek sıcaklıklardaki dayanımı artırarak bozunmadan kalan kısmının oranını arttırmaktadır. Literatürde, melaminin çapraz bağlar oluşturarak kömür oluşumuna katkıda bulunduğu ve bozunma sıcaklığını değiştirmek suretiyle yanma etkinliğini arttırdığı bildirilmiştir. Ayrıca, yapılan çalışmalarda melamin ile özellikle fosforlu bileşiklerin güçlü bir sinerjik etki sağladıkları belirtilmiştir (URL-13, 2007; URL-14, 2007; Levchick vd., 1997).

5. SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen bulguların değerlendirilmesi ile ulaşılan genel sonuçlar aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

5.1. Su Alma

1. Farklı konsantrasyonda FR kimyasallarıyla muamele edilmiş levha gruplarının 24 saat süredeki su alma değerleri üzerinde; kimyasal madde türü ve kimyasal madde konsantrasyonunun belirgin ölçüde etkisi olduğu bulunmuştur.

2. Çalışmada kullanılan tüm FR kimyasallarının, levhaların 24 saat süre ile su alma değerlerini arttırdığı bulunmuş ve inorganik madde kullanımının doğal bir sonucu olarak su alma değerleri, literatürde belirtildiği üzere kontrole kıyasla yüksek çıkmıştır. Sonuçlara genel olarak bakıldığında; ZNB> MAF+BA+NPB > MAF+BA+BX> MİNPB> MİN> NPB> BX> MAF+AL> BA> BA+NPB> BA+BX> KONTROL şeklinde bir sıralama tespit edilmiştir. Bu sıralamaya göre, en fazla etkiyi yapısında şişirici özelliğe sahip çinko iyonları barındıran ZNB kimyasalı göstermiştir. Yine MAF+BA+NPB, MAF+BA+BX, MİNPB, MİN ile yüksek su alma değerleri elde edilmiş, bu maddelerin birden çok inorganik tuz ihtiva etmesinin ve birbirlerinin etkisini yükseltmesinin olası sonuçları elde edilen su alma değerlerinde kendini göstermiştir.

3. Tüm su alma değerleri, kimyasal madde konsantrasyonu artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Bu değerler, özellikle %10, %15 ve %20 konsantrasyonlarda kontrole kıyasla bariz şekilde yüksek bulunmuş ve değerlerde yüksek konsantrasyonda madde kullanımının etkisi açıkça gözlenmiştir.

4. Melamin katkı oranının su alma değerleri üzerinde olumlu bir etki gösterdiği belirlenmiş, bu oranın artışıyla birlikte örneklerin 24 saatte su alma değerleri azalma göstermiştir. Buna göre, en iyi su alma değerleri %20 melamin katkılı MÜF tutkalı kullanılarak üretilen levha grubu örneklerinde tespit edilmiştir.

5.2. Kalınlığına Şişme

1. Deney sonucunda, tüm kimyasal madde muameleli levha gruplarından elde edilen 24 saat kalınlığına şişme değerlerinin, kontrol grubunun değerinden daha yüksek olduğu ve kullanılan bütün kimyasal maddelerin, kalınlığına şişme değerlerini önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir.

2. En yüksek kalınlığına şişme değerleri, su alma değerlerine benzer şekilde ZNB, MAF+BA+NPB, MİNPB, MAF+BA+BX, MİN kimyasallarının kullanılması durumunda elde edilmiştir. Yine bu değerlerde de ZNB ve formülasyonlardaki diğer inorganik maddelerin güçlü şişirici etkisi kendini göstermiştir.

3. Kimyasal madde konsantrasyonunun kalınlığına şişme değerleri üzerinde etkisi olduğu ve bu faktörün artışının şişme değerlerini arttırdığı bulunmuştur. Özellikle, %20 konsantrasyonda madde kullanımı ile en yüksek kalınlığına şişme değerleri elde edilmiştir.

4. Kalınlığına şişme değerleri üzerinde; melamin katkısının da etkisi olduğu bulunmuş ve bu değerlerin melamin katkı oranı artışına bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. %10 melamin katkılı tutkalla üretilen levha örneklerinin kalınlığına şişme oranlarının, %20 melamin katkılı tutkalla üretilen levha örneklerinin kalınlığına şişme oranlarına kıyasla daha yüksek olması tutkaldaki melaminin su itici özellikleri iyileştirdiğinin bir kanıtıdır.

5.3. Eğilme Direnci

1. Melamin katkı oranı %20 olan MÜF tutkalı ile farklı konsantrasyonda kimyasal maddeler kullanılarak üretilen tüm levha gruplarının eğilme direnci değerlerinin; kimyasal madde türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak 18.10–38.84 N/mm² arasında değişim gösterdiği bulunmuştur. Elde edilen bu değerlerin çoğunun EN 310 standartında belirtilen değerlere uygun olduğu tespit edilmiştir.

2. Eğilme direnci değerleri üzerinde, kimyasal madde türlerinin gösterdiği etki çeşitlilik göstermiş ve her bir madde kullanımıyla farklı bir etkinlik sağlanmıştır. Buna göre; konsantrasyon artışıyla birlikte maddelerin bir kısmıyla kontrol grubundan daha yüksek, bir kısmıyla ise daha düşük değerler elde edilmiştir.

3. Özellikle, birbirine benzer formülasyonlarda hazırlanan FR karışımlarının ve pHları birbirine yakın maddelerin eğilme direnci üzerindeki etkileri benzerlik göstermiştir.

4. Genel olarak bakıldığında; BX, NPB ve ZNB kimyasalları ile konsantrasyon artışına bağlı olarak eğilme direnci değerlerinde bir azalma olmuştur. Buna karşın; MAF+AL, MİNPB, BA+BX, MİN, BA kimyasalları ile kontrole kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

5. Farklı melamin katkı içeriğinde tutkal ve %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılarak üretilen levha gruplarında ise; eğilme direnci değerleri, melamin katkı oranı artışına bağlı olarak artış göstermiş en iyi değerler %20 melamin katkılı tutkal ve %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplarda elde edilmiştir.

5.4. Çekme Direnci

1. %20 melamin katkılı ve %5,%10,%15,%20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplarda çekme direnci değerleri, kimyasal madde türü ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişim göstermiştir.

2. Çekme direnci değerleri, genel olarak %15 konsantrasyona kadar hemen hemen aynı şekilde bir seyir göstermiş, ancak bu konsantrasyondan sonra azalma eğilimi sergilemiştir.

3. Değerlerin çoğu, tüm konsantrasyon oranlarında hemen hemen kontrol grubunun değerlerine yakın ya da daha düşük bulunmuştur.

4. Kimyasal madde gruplarına bakıldığında; genel olarak en iyi sonuçlar MAF+AL, MİN, MİNPB, BA+BX, MAF+BA+BX, BA ile elde edilirken en düşük sonuçlar BX, NPB, ZNB ile elde edilmiştir.

5. %20,%15,%10 melamin katkı oranında tutkal ile %10 konsantrasyonda kimyasal maddelerin kullanıldığı grupların karşılaştırılması sonucunda ise, en düşük sonuçlar %10 melamin katkılı tutkal kullanılarak üretilen levha gruplarında elde edilmiş ve melamin katkı oranı artışının değerleri iyileştirdiği tespit edilmiştir.

5.5. Renk Değişimi

1. Kullanılan kimyasal maddelere bağlı olarak levha örneklerinde belirgin şekilde renk değişimleri meydana gelmiş ve bu değişimler konsantrasyon artışıyla birlikte artış göstermiştir. Özellikle, % 20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılması durumunda en yüksek ΔE değerleri elde edilmiştir.

2. En yüksek ΔE değerleri; NPB, ZNB, BA+NPB, MİNPB, MAF+AL+NPB ile muameleli levha gruplarından elde edilmiştir. Bu değerler sonucunda NPN'nin güçlü ağartıcı etkisi belirgin şekilde gözlemlenmiş ve özellikle NPN ihtiva eden karışımların diğer karışımlara nazaran daha fazla renk değişimine sebep olduğu sonucuna varılmıştır. Yine ZNB muameleli levha örneklerinin açık gri renkte olduğu ve kontrole kıyasla oldukça fazla renk değişimi gösterdiği belirlenmiştir.

3. En düşük ΔE değerleri ise MAF+AL, BX, MİN muameleli levha gruplarında tespit edilmiştir.

4. ΔE değerleri üzerinde, melamin katkı oranının da etkisi olduğu belirlenmiş ve melamin katkı oranı artışı ile ΔE değerleri azalma göstermiştir.

5.6. Mantar Çürüklük Testi

1. *Trametes versicolor* mantarına maruz bırakılan kontrol örneklerinin ağırlık kaybı değerleri istenilen şekilde %18-%19 arasında değişmiş ve bu değerlerin EN 113 standartında belirtilen değerlere uygunluk gösterdiği bulunmuştur.

2. Bütün kimyasal madde muameleli test örneklerinde kontrol örneklerine kıyasla daha düşük ağırlık kaybı değerleri elde edilmiş ve bu değerlerin konsantrasyon artışıyla azaldığı tespit edilmiştir.

3. %5 ve %10 konsantrasyonda kimyasal madde ve %20 melamin katkılı tutkal kullanılarak üretilen örnek gruplarında en iyi sonuçlar; %10 konsantrasyonda BX, ZNB, BA+BX, BA kimyasalları kullanılan örnek gruplarında elde edilmiştir.

4. Kullanılan tüm FR kimyasal maddeleri içinde en iyi sonuçlar; borlu bileşikler ile elde edilmiş ve bu bileşiklerle yüksek oranlara varan koruma etkinliği sağlanabileceği anlaşılmıştır.

5. Karışım halindeki formülasyonların mantar deneyi üzerindeki etkisi, birden çok maddenin bir arada kullanılması sebebiyle oldukça düşük düzeyde kalmıştır. Gözlemler ve deney sonuçları doğrultusunda; maddelerin karışım halinde kullanılmalarının, birbirlerinin özelliklerini baskılayabileceği ve böylece mantarlara karşı zehirlilik performanslarını düşürebileceği kanısına varılmıştır.

6. %20, %15, %10 melamin katkılı tutkal ve %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılarak üretilen levhaların, mantar deneyi sonucunda elde edilen ağırlık kaybı

değerleri, melamin katkı oranı artışıyla azalmıştır. Buna göre, melamin oranını arttırmanın mantar deneyini olumlu yönde etkileyebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

7. Deney sonucunda; yüksek oranda kimyasal madde kullanılmasına rağmen, literatürde belirtilen oranlardan biraz daha yüksek sonuçlar bulunmuştur. Bu sonuçların elde edilmesine; özellikle fazla miktarda kullanılan borlu bileşiklerin rutubet ile örnek bünyesinden yıkanmasının ve aynı zamanda bu inorganik maddelerin ortamdan su alarak örnek ağırlıklarını arttırmasının neden olabileceği yargısına varılmıştır.

5.7. Yanma Deneyleri

5.7.1. Yanma Mukavemet Deneyi

Bu deney AKY ve KKY aşaması olarak iki kısımda gerçekleşmiş ve bu aşamalar neticesinde elde edilen sonuçlar sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.

5.7.1.1. AKY'da Ağırlık Kaybı Değerleri

1. FR kimyasal maddeleriyle muamele edilerek üretilen levha gruplarının AKY'da ağırlık kaybı değerleri, kontrol grubunun değerlerinden bariz şekilde düşük çıkmıştır. Bu çalışmada kullanılan tüm kimyasal maddelerle yüksek oranda etkinlik ve koruma sağlanmıştır.

2. FR kimyasallarının konsantrasyonu arttıkça; ağırlık kaybı değerleri giderek azalmış ve dolayısıyla örneklerin yanmaya karşı dayanımı artmıştır. Buna göre; %5 konsantrasyonda en düşük, %20 konsantrasyonda ise en yüksek ve en olumlu değerler elde edilmiştir.

3. Kimyasal madde grupları genel olarak değerlendirildiğinde; en iyi sıralama BA+BX, MAF+AL, BA, BX, MAF+BA+BX, ZNB, MAF+BA+NPB, BA+NPB, MİN, NPB, MINPB, KONTROL şeklinde gerçekleşmiştir. Bu sıralamadan da görüldüğü üzere; genel olarak özellikle pH'ları asidik ve nötre yakın kimyasal maddelerle daha iyi ve birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

4. Borlu bileşikler; gerek tek halde gerekse karışım halinde kullanıldıkları formülasyonlarla levha örneklerinin ağırlık kaybı değerleri üzerinde etkili sonuç vermişlerdir. Sıralamadan da görüleceği üzere, BA+BX, BA, BX, ZNB kimyasalları ile

muameleli gruplar ilk sıralarda yer almakta ve bu bileşiklerin etkinlikleri içerdikleri aktif bor oranına bağlı olarak değişim göstermektedir.

5. Yine MAF+AL, MAF+BA+BX, MAF+BA+NPB kombinasyonlarıyla da yüksek oranda etkinlik sağlanmış ve bu maddelerle muameleli örnek gruplarının ağırlık kaybı değerleri kontrole kıyasla oldukça düşük bulunmuştur. Bu formülasyonlar birden çok kimyasal madde içerdikleri için bu maddelerin bir araya gelmesi sinerjik bir etki oluşturmuş ve böylece MAF, BA, AL(OH)₃, BX, NPB'nin tek başlarına gösterecekleri etki daha yüksek seviyelere çıkmıştır.

6. AKY'da ağırlık kaybı değerleri melamin katkı oranı artışına bağlı olarak azalma eğilimi göstermiş ve %20 melamin katkılı tutkal ile üretilen gruplarda en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Melamin ve kimyasal maddelerin de olumlu etkileşimiyle bu aşamada istenilen bir yanma etkinliği sağlanmıştır.

7. Genel olarak tüm bu sonuçlara göre; bütün kimyasal maddelerin ve melamin katkısının örneklerin kömürleşme oranını arttırmak suretiyle yanmaya karşı dayanımı iyileştirdiği tespit edilmiştir.

5.7.1.2. AKY'da Sıcaklık Değerleri

1. Yanma dayanımının bir diğer göstergesi olan sıcaklık değerleri, kullanılan kimyasal madde türüne bağlı olarak değişim göstermiş ve tüm kimyasal madde muameleli levha gruplarının AKY neticesinde sıcaklık değişim değerleri kontrol grubunun değerine kıyasla oldukça düşük çıkmıştır.

2. Tüm AKY'da sıcaklık değerleri, kimyasal madde konsantrasyonu artışıyla azalmış ve en iyi sonuçlar %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılması durumunda elde edilmiştir.

3. Özellikle, %15 ve %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılması durumunda artan madde etkinlikleri en yüksekten düşüğe doğru; BA, ZNB, BX, BA+BX, MAF+BA+BX, MAF+AL, MAF+BA+NPB, BA+NPB, NPB, MİNPB şeklinde bir seyir izlemiştir.

4. Melamin katkı oranının, AKY'da sıcaklık değerleri üzerinde etkisinin anlamlı olduğu bulunmuş ve bu etki, melamin katkı oranı artışına bağlı olarak sıcaklıkların azalması şeklinde gerçekleşmiştir. Elde edilen değerler ışığında; melaminin yanma

esnasında ısı absorplamak; tutuşmayı engelleyici ve alevleri soğutucu gazlar salıvermek suretiyle yanma dayanımına katkıda bulunduğu düşünülmektedir.

5.7.1.3. AKY'da O₂ Değerleri

1. AKY'da O₂ değerlerinin; tüm kimyasal maddeli levha grupları için kontrol grubunun değerinden (%18.8) daha yüksek olduğu ve konsantrasyon artışına bağlı olarak artış gösterdiği bulunmuştur.

2. O₂ değerlerindeki artış, özellikle %10, %15 ve %20 konsantrasyonlarda daha yüksek seviyede seyretmiştir. Bu durumun, kimyasal maddelerin artan konsantrasyonuna bağlı olarak etkinliklerinin artmasının ve yanmanın azalmasının bir sonucu olduğu düşünülmüştür.

3. Melamin katkı oranı artışı; O₂ değerlerinin de artışına sebep olmuştur. %20 melamin katkı oranında tutkal kullanılarak üretilen levha örneklerinde yanmanın azalmasına bağlı olarak, diğer katkı oranlarıyla üretilen levha örneklerinden daha yüksek O₂ değerleri elde edilmiştir.

5.7.1.4. AKY'da CO₂ Değerleri

1. AKY deneyi sonucunda; bütün kimyasal madde muameleli levha gruplarının CO₂ değerleri kontrol grubunun(2.24ppm) değerinden daha düşük bulunmuştur.

2. Kimyasal madde muameleli örnek gruplarının AKY'da CO₂ değerleri kimyasal madde konsantrasyon artışına bağlı olarak azalmıştır. Kontrol değerlerinden sonra en yüksek CO₂ değeri %5 NPB'li gruplarda elde edilirken en düşük CO₂ değeri ise %20 MAF+AL'li gruplarda elde edilmiştir

3. Kullanılan tüm FR kimyasalları, değerlerin düşmesinde etkili sonuç göstermiştir. Genel olarak; kimyasal madde gruplarına bağlı olarak kıyaslandığında azdan çoğa doğru CO₂ değerleri BX, MAF+BA+BX, MAF+AL, BA+BX, MAF+BA+NPB, BA+NPB, MİNPB, ZNB, BA, MİN, KONTROL şeklinde bir sıralama göstermiştir.

4. Tutkaldaki melamin katkı oranı artışının CO₂ değerlerini azalttığı bulunmuş, en yüksek CO₂ değerleri; %10 melamin katkı oranında MÜF tutkalı kullanılarak üretilen örnek gruplarında, en düşük CO₂ değerleri ise %20 melamin katkı oranında MÜF tutkalı kullanılarak üretilen örnek gruplarında tespit edilmiştir.

5. Kullanılan tutkalın, içerisindeki melamin katkısı nedeniyle kimyasal maddelerle iyi bir birliktelik oluşturduğu ve melamin-kimyasal madde etkileşiminin, yanma mekanizmasında olumlu sonuçlar göstermek suretiyle oluşabilecek zehirli gaz oranının baskılanmasına yardımcı olduğu kanısına varılmıştır.

5.7.1.5. AKY'da CO Değerleri

1. AKY aşamasında elde edilen CO değerleri, kimyasal madde gruplarına ve kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişim göstermiş; tüm muameleli grupların CO değerleri kontrol grubunun değerinden daha düşük olarak bulunmuştur.

2. Konsantrasyon artışı, tüm CO değerlerinin azalmasına sebep olmuştur. Buna göre; en düşük CO değerleri, %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılması durumunda elde edilmiş ve bu değerlerdeki düşmenin; artan madde miktarının yanma seyrinde gösterdiği olumlu etkilerin artmasının bir sonucu olduğu kanısına varılmıştır.

3. Genel itibariyle AKY'da CO değişim grafiğine bakıldığında; CO değerlerinin konsantrasyon oranı ayrılmaksızın MAF+AL> BX> MAF+BA+BX> BA> BA+BX> ZNB> MAF+BA+NPB> NPB> BA+NPB> MİN> MİNPB> KONTROL şeklinde bir sıralama izlediği görülmektedir. Bu sıralamaya göre, özellikle yapısında MAF, BX ve BA bulunan formülasyonlar daha etkili sonuçlar göstermiş, MİN ve MİNPB kombinasyonları ise; CO değerlerinin iyileşmesine, diğerlerine oranla daha düşük oranda katkı sağlamıştır. Bu durumun MİN ve MİNPB'nin yapısında bulunan kimyasal maddelerin birbirlerinin özelliklerini baskılamasının neden olduğu düşünülmüştür.

4. Örneklerin CO değerlerinin melamin katkı oranı arttıkça azaldığı; en düşük değerlerin, %20 melamin katkı oranında tutkal kullanılan levha gruplarında elde edildiği bulunmuştur.

5.7.1.6. KKY'da Ağırlık Kaybı Değerleri

1. Yanma dayanımının en önemli göstergesi olan ağırlık kaybı değerleri, KKY aşamasında da kimyasal madde türünün ve konsantrasyonunun etkisine bağlı olarak değişim göstermiş ve tüm kimyasal maddeli gruplar ile kontrol grubuna kıyasla oldukça iyi sonuçlar elde edilmiştir.

2. Kimyasal madde konsantrasyonu artışı maddelerin etkinlik gücünü arttırmış ve bu da deney sonucunda elde edilen ağırlık kaybı değerlerine yansımıştır. Konsantrasyon artışıyla birlikte azalan ağırlık kaybı değerleri; özellikle %20 kimyasal madde muameleli levha gruplarında kontrol değerinin 1/7'si oranında bir iyileşme göstermiştir.

3. Kimyasal madde grupları genel olarak değerlendirildiğinde; ağırlık kaybı sıralaması BA+BX, MAF+AL, BA, BX, MAF+BA+BX, ZNB, MAF+BA+NPB, BA+NPB, MİN, NPB, MİNPB, KONTROL şeklinde bir seyir izlemiştir. Buradanda görüldüğü üzere; içeriğinde MAF, BA, BX bulunan kombinasyonların etkinliği daha yüksek bulunmuştur. Bu maddelere nazaran MİN, NPB ve MİNPB formülasyonlarının etkinlik derecesi ise daha düşük seviyede kalmıştır.

4. MAF+AL dışında kullanılan tüm maddelerde bor tek başına ya da karışım içerisinde ortak madde olarak bulunmaktadır. Maddelerin gösterdikleri etkiler göz önüne alındığında borlu bileşiklerin yanma dayanımında büyük etkiye sahip olduğu görülmüştür.

5. Tutkal içeriğindeki melamin, KKY aşamasında deneme örneklerinde meydana gelen olumsuzlukları önemli ölçüde azaltmış ve ağırlık kaybı değerlerinde büyük oranda bir iyileşme sağlamıştır. Buna bağlı olarak, KKY aşamasında en etkili sonuçlar %20 melamin katkılı tutkal ve %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılarak üretilen levha gruplarında tespit edilmiştir.

5.7.1.7. KKY'da Sıcaklık Değerleri

1. Kimyasal maddeler, bu aşamada oldukça etkili sonuçlar göstermiş ve muamele edildikleri örnek gruplarının sıcaklık değerlerini önemli ölçüde azaltmıştır. Muamelesiz kontrol grubunun bu aşamadaki sıcaklık değişimi ve düşüşü daha yavaş bir seyir izlemiştir. Oysaki kimyasal maddeli gruplarda bu değişim maddelerin ortamdaki ısıyı absorplayıcı etkisiyle birlikte çabucak kendini göstermiş ve sıcaklık değerleri hızlı bir şekilde düşmüştür.

2. Kimyasal madde konsantrasyonu, örneklerin alev kaynağı olmadan gerçekleşen KKY'da sıcaklık değerleri üzerinde önemli ölçüde etkili olmuştur. Artan madde miktarıyla birlikte; kimyasal madde etkinliği yüksek oranlara çıkmış ve bu maddelerin sıcaklık üzerindeki olumlu etkisi kendini göstermiştir. En düşük sıcaklık değerleri ise, %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılması durumunda elde edilmiştir.

3. Genel olarak bu aşamadaki değerlere bakıldığında en yüksek etkiyi BA, BX, BA+BX, MAF+BA+BX, MAF+AL, MAF+BA+NPB kimyasallarının sağladığı bulunmuştur.

4. Melamin katkı oranı arttıkça, KKY sıcaklık değerleri olumlu yönde bir değişim göstermiştir. En yüksek sıcaklık değerleri, %10 melamin katkılı MÜF tutkalı ile üretilen levha gruplarında, en düşük sıcaklık değerleri ise %20 melamin katkılı MÜF tutkalı ile üretilen levha gruplarında elde edilmiştir. Melamin katkı oranıyla birlikte kimyasal madde etkileşimi de bu aşamada sıcaklık değerlerinin azalmasına sebep olmuştur.

5.7.1.8. KKY'da O₂ Değerleri

1. AKY aşamasında, kimyasal maddelerin ve konsantrasyon artışının etkisiyle artış gösteren O₂ değerleri, bu aşamada da bu faktörlerin etkisiyle yükselme göstermiş ve tüm kimyasal madde muameleli örneklerin O₂ değerleri kontrol grubunun değerinden daha düşük bulunmuştur.

2. En yüksek O₂ değerleri, %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplarda elde edilmiş ve konsantrasyon artışının O₂ değerlerinin iyileşmesine katkıda bulunduğu gözlenmiştir.

3. Genel olarak, konsantrasyon grubu ayrımı yapılmaksızın kimyasal maddeler kıyaslandığında; kullanılan tüm maddelerin benzer şekilde olumlu etki gösterdiği ve elde edilen tüm O₂ değerlerinin birbirine yakın oranlarda olduğu gözlenmiş, ancak yine de bu değerleri yükseltmede en etkili kimyasalların BA+BX, BX, BA+NPB olduğu tespitine ulaşılmıştır.

4. Bu aşamada elde edilen sonuçlara bakıldığında; melamin katkısının, kimyasal maddelerle birlikte O₂ değerleri üzerinde etkisinin olduğu görülmüş, artan melamin içeriğinin bu değerlerin iyileşmesine katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Buna göre; en yüksek değerler %20 melamin katkılı tutkal kullanılan gruplarda, en düşük değerler ise %10 melamin katkılı tutkal kullanılan gruplarda saptanmıştır.

5.7.1.9. KKY'da CO₂ Değerleri

1. Alev kaynağının ortamdan uzaklaştırılmasından sonra deneme gruplarının kendiliğinden yanma sürecinde; kimyasal madde muameleli levha gruplarından elde edilen

CO₂ değerlerinin kontrol grubundan daha düşük olduğu belirlenmiş ve böylece FR kimyasal maddeleriyle muamele işlemlerinin yanma esnasında oluşan gazları sınırlandırabileceği sonucuna varılmıştır.

2. Kimyasal madde konsantrasyonunu arttırmanın CO₂ değerlerini olumlu yönde etkilediği ve en düşük değerlerin en yüksek konsantrasyon oranında kimyasal madde kullanımı ile elde edildiği görülmüştür.

3. Elde edilen sonuçlara genel olarak bakıldığında; en iyi sonuçlar BA+BX, BX, MAF+AL, MAF+BA+BX ile sağlanmış; MİN ve MİNPB'nin bu anlamdaki etkisi tüm kimyasallara kıyasla daha düşük seviyede kalmıştır.

4. Melamin katkısı ile CO₂ değerlerinde olumlu bir düşme gerçekleşmiş, en iyi sonuçlar %20 melamin katkılı tutkal kullanımı ile elde edilmiştir. Melamin katkısı ve kimyasal madde etkileşimi bu aşamada da CO₂ değerleri üzerinde istenilen bir etki sağlamıştır.

5.7.1.10. KKY'da CO Değerleri

1. KKY aşamasında, alevli yanma sonrası ortamda meydana gelebilecek gazların etkisi; kimyasal maddelerin bu gazların oranını düşürmesi sebebiyle daha sınırlı düzeyde kalmış ve elde edilen tüm CO değerleri muamelesiz kontrol grubuna kıyasla daha düşük oranda bulunmuştur.

2. CO değerleri, artan kimyasal madde konsantrasyonuna bağlı olarak azalma göstermiş; doğal olarak ta en olumlu değerler, %20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplarda elde edilmiştir.

3. Tüm kimyasal maddeler, CO değişim değerlerinin azalmasında dikkate değer bir etki göstermiş ve bu aşamada genel olarak; MAF+AL> BX> BA+BX> BA> ZNB> NPB> MİN> MAF+BA+BX> BA+NPB> MAF+BA+NPB> MİNPB> KONTROL şeklinde bir değer sıralaması gözlenmiştir.

4. Bu aşamada, melamin katkı oranı yüksek tutkal kullanımının CO değerlerinin iyileşmesine sebep olduğu; en düşük sonuçların, %20 melamin katkı oranında tutkal kullanılarak üretilen gruplarda elde edildiği görülmüştür. Bu sonuçlardan, kimyasal-melamin birlikteliğinin iyi bir etki sağlayabileceği dolayısıyla yanmayı azaltmak suretiyle oluşan gaz miktarını düşürebileceği izlenimi elde edilmiştir.

Yukarıda AKY ve KKY olmak üzere iki kısma ayrılarak tek tek açıklanan bu yanma parametrelerine toplu olarak bakıldığında; şu genel tespitleri de çıkartmak mümkündür.

1. Tüm FR kombinasyonları hem AKY hem de KKY aşamasında oldukça iyi bir etkinlik sağlayarak örneklerin tüm yanma parametrelerini iyileştirmiş ve yanma dayanımına katkıda bulunmuştur.

2. Her iki aşama da örnekler üzerinde kimyasal maddenin, kimyasal madde konsantrasyonunun ve melamin katkı oranının etkisi açık bir şekilde gözlenmiştir.

3. KKY aşamasında meydana gelen ağırlık değişim değerleri AKY aşamasına kıyasla daha yüksek oranda seyretmiş, örneklerin ağırlıklarının önemli bir kısmı bu aşama da azalma göstermiştir.

4. KKY aşamasında elde edilen sıcaklık değişim değerleri, alev kaynağının kapatılması ve ortamdaki ısının absorbe edilmesi dolayısıyla AKY aşamasındaki değerlerden daha düşük değişim oranı göstermiştir.

5. KKY aşaması O_2 değerleri, alevli yanmanın azalması ve yanmanın içten devam etmesi nedeniyle AKY aşamasında elde edilen O_2 değerlerinden daha yüksek olarak kaydedilmiştir.

6. KKY aşaması CO_2 değerleri, yanmanın azalması dolayısıyla ortamdaki O_2 miktarının artmasına bağlı olarak AKY aşamasında elde edilen değerlerden daha düşük bulunmuştur.

7. Genellikle, yanma esnasında zehirli gazların oluşumu yanmanın ilerleyen aşamalarında meydana gelmekte ve büyük sorun teşkil etmektedir (Grexa, 2000; Hull vd., 2002). Buna bağlı olarak, tüm yanma boyunca CO oluşumu hızlı bir şekilde artış göstermekte ve özellikle materyallerin içten yanması devam ettiği sürece ortamda gaz çıkışı meydana gelmektedir. Bu sebeple; KKY aşamasında içten yanmanın devam etmesine bağlı daha yüksek CO değerleri tespit edilmiştir.

8. Yanmanın en önemli göstergesi olan ağırlık kaybı değerleri incelendiğinde; özellikle MAF, BA, BX maddelerini içeren karışımların oldukça etkili sonuçlar verdiği görülmüştür.

9. Deneyler sonucunda; genellikle sanayide ağartıcı özelliği sebebiyle tercih edilen ve bilenen ancak yanma üzerindeki etkilerine dair fazla bir çalışma bulunmayan NPB'nin de yanma özelliklerine olumlu katkıda bulunduğu tespit edilmiş, özellikle bu maddenin FR formülasyonlarının içeriğine katılmasıyla etki gücünün daha yüksek oranlara çıktığı gözlenmiştir.

10. Yanma deneyleri ayrı ayrı incelendiğinde; her bir kimyasal maddenin farklı etkinlik gruplarında yer aldıkları görülmüştür. Örnek olarak, ağırlık kaybında en iyi sonucu veren madde, gaz oluşumunu önlemede daha farklı bir sıralamada yer almıştır. Bu duruma; kimyasal maddelerin yapısal özellikleri, etkinlik dereceleri, karışım halinde kullanılmalari durumunda birbirlerinin etki güçlerini değiştirmeleri, deney şartları ve parametreleri vb. gibi birçok faktörün sebep olduğu düşünülmektedir.

5.7.2. TGA

Bir diğer yanma deneyi olan TGA analizleri sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekildedir.

1. %20 melamin katkılı tutkal ve %5,%10,%15,%20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılarak üretilen levha örneklerinin analizi sonucu elde edilen tüm değerlerin, kontrol grubunun değerinden(%0.69) daha iyi olduğu ve 800°C’de kontrol örneğinin tamamen bozunduğu tespit edilmiştir.

2. Kullanılan tüm FR kimyasalları, örneğin bozunma sıcaklığına ve dolayısıyla termal bozunma mekanizmasına müdahale etmek suretiyle ağırlık kayıplarını azaltmış ve örneğin, yüksek sıcaklıklarda kömürleşerek dayanımını korumasını sağlamıştır.

3. Örneklerin yüksek sıcaklıklarda bozunmadan kalan kısımlarının oranı, kimyasal madde konsantrasyonunun arttırılmasıyla daha yüksek oranlara çıkmıştır. Kontrolün tamamiyle bozunduğu denemeler sonucunda, örneğin bozunmadan kalan kısımlarının oranına bakıldığında; en düşük değer %3.09 ile %5 konsantrasyonda MİNPB kullanılan örneklerde, en yüksek değer ise %19.79 ile %20 MAF+AL kullanılan örneklerde tespit edilmiştir.

4. Tüm kimyasal maddeler, örneklerin kömürleşme oranını arttırmış ve onları yüksek sıcaklıklara dayanıklı hale getirmiştir. Deney genelinde, en iyi sonuçların elde edildiği %20 konsantrasyon grubu dikkate alındığında; MAF+AL> BA> MAF+BA+BX> MAF+BA+NPB> BA+BX> ZNB> BX> BA+NPB> NPB> MİN> MİNPB> KONTROL şeklinde bir sıralama elde edilmiştir. Genel itibariyle bakıldığında; diğer yanma deneylerinde olduğu gibi, MAF kombinasyonlu kimyasalların ağırlık bozunmalarını korumada oldukça etkili olduğu, MİN ve MİNPB’nin ise bu anlamda daha az etki sağladığı görülmüştür.

5. Yapılan analiz sonucunda; melamin katkı oranı artışının, termal bozunma mekanizması üzerinde etkili olduğu, tutuşma sıcaklığını değiştirmek ve ısı absorplayıcı etki göstermek suretiyle kömürleşme miktarını arttırarak örneklerin bozunmadan kalan kısımlarının oranını arttırdığı bulunmuştur. Buna göre, analiz sonucunda en düşük etkinlik %10 melamin katkı oranında tutkal ve %10 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılan gruplarda elde edilmiştir.

Deneyisel çalışmada elde edilen tüm sonuçlara genel olarak bakıldığında; bütün deneme kombinasyonlarıyla amaçlanan doğrultuda olumlu sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Özellikle, laboratuvar ölçeğinde gerçekleştirilen yanma deneyleri(TGA ve ASTM-E-69) ile kontrol grubuna kıyasla dikkate değer şekilde daha iyi sonuçlar sağlanmıştır.

Örneklere uygulanan ASTM-E-69 yanma deneyi sonucunda; genel olarak tüm FR kombinasyonlarıyla, ilgili standarta uygunluk gösterecek şekilde, ağırlık kaybının %50'nin altında kaldığı, sıcaklık değişiminin ise kontrole kıyasla azaldığı ve hemen hemen 100°C'nin altında seyrettiği tespit edilmiştir.

Çalışmada, her ne kadar büyük ölçekli yanma deneyleri uygulanmamış olsa da; küçük ölçekli bu testle elde edilen sonuçların, yapı mamülleri ve yapı elemanları sınıflandırılmasında verilen büyük ölçekli yanma testleri kabul kriterlerinin (Δm (ağırlık kaybı değişimi) ≤ 50 ; Δt (sıcaklık değişimi) ≤ 50) bazılarında uygunluk gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle; %20 konsantrasyonda BA, BX, BA+BX, MAF+AL, MAF+BA+BX ile üretilen deneme levhalarının yanma deneyi sonucunda, bu iki kriteri sağlar şekilde %50'nin altında ağırlık kaybı ve 50 °C'ye yakın sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

Deney genelinde elde edilen sonuçlar içerisinde; ağırlık kaybının %50'nin altında kaldığı, sıcaklık değişiminin; kontrole kıyasla hemen hemen 100°C azaldığı ve aynı zamanda direnç özelliklerinin standart değerlere uygunluk sağladığı kombinasyonlarda tespit edilerek belirlenmiştir. Buna göre; özellikle %20 melamin katkılı tutkal ve %10 konsantrasyonda kimyasal madde kombinasyonu ile bu üç durumu da hemen hemen sağlar nitelikte sonuçlar elde edilmiştir.

6. ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlara dayanılarak geliştirilen bazı öneriler, şu şekilde sıralanabilir.

1. Deneysel çalışmamız sırasında; %5,%10,%15,%20 konsantrasyonda kimyasal madde kullanılmış ve özellikle yanma deneylerinde bu konsantrasyonların hepsiyle oldukça olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Her ne kadar, konsantrasyon artışıyla birlikte yanma özellikleri çok fazla iyileşme gösterse de mekanik ve fiziksel özellikler belli bir konsantrasyondan sonra olumsuz etkilenmiştir. Bu sebeple, çalışma geneline bakıldığında hem direnç özellikleri açısından standartlara daha uygun değer veren hem de yanma özelliklerine de istenilen düzeyde olumlu etki sağlayan %10 konsantrasyonun bu iki özelliği aynı anda sağlanması nedeniyle uygulamalar açısından yeterli bir oran olabileceği düşünülmektedir.

2. Kullanılan FR karışımlarının, diğer muamele yöntemleriyle(yüzeğe sürme, daldırma ve tutkala karıştırma) gösterecekleri etkileri de tespit etmek amacıyla bazı çalışmalar yapılabilir.

3. Kullanılan tutkaldaki melamin katkı oranı artışının; örneklerin gerek fiziksel ve mekanik özelliklerini, gerekse de yanma özelliklerini iyileştirdiği sonucundan yola çıkılarak kimyasal maddelerin, farklı tutkal türleriyle gösterecekleri etkileri belirlemek amacıyla yönelik çeşitli denemeler yapılabilir.

4. FR kimyasallarının, muamele edildikleri örneklerin, direnç değerleri üzerinde etki yaptığı ve çoğu zaman bu etkinin olumsuz olduğu bilinmektedir. Ancak, çalışmamızda kullanılan kimyasalların gösterecekleri olumsuz etkileri minimize etmek amacıyla levha yoğunlukları arttırılmış ve tutkal olarak ta çeşitli katkı oranlarında melamin içeren MÜF tercih edilmiştir. Buna paralel olarak, malzemelerin direnç ve yanma özellikleri üzerinde üretim koşullarının, malzemelerin yapısal özelliklerinin etkilerini de belirlemek amacıyla daha ayrıntılı ilave çalışmalar yapılabilir.

5. Çalışma sonucunda; kullanılan FR kimyasal maddelerinin, örneklerin su alma ve kalınlığına şişme değerlerini belirgin düzeyde arttırdığı görülmektedir. Buna göre, higroskopik karakterde olan bu maddelerin, su itici kimyasal maddelerle bir arada kullanılabileceği çalışmalar gerçekleştirilebilir. Bu anlamda; parafin ilave edilmiş levhalar üretilerek, parafinin FR kimyasallarıyla gösterdiği etkileşimlerde tespit edilebilir. Ayrıca;

FR kimyasal maddeleriyle muamele edilmiş levhaların kuru ortamlarda değerlendirilmesi ve rutubet azaltıcı önlemlerle desteklenmesi tavsiye edilebilir.

6. Mantar deneyleri sonucunda, %5 ve %10 konsantrasyonda BX, ZNB, BA+BX, BA kullanımı ile olumlu sonuçlar elde edilmiş, ancak yüksek konsantrasyonda madde kullanılmasına rağmen; bu bileşiklerin örnekten kolaylıkla yıkanması sebebiyle kimyasal madde etkinliğinin bir miktar azaldığı tespit edilmiştir. Bu sebeple; yüksek konsantrasyonda borlu bileşikler kullanılarak yapılacak mantar deneyi çalışmalarının, bu maddelerin yıkanmasını engelleyici çalışmalarla birlikte yürütülmesi muhtemelen daha iyi sonuç alınmasını sağlayacaktır.

7. Çalışma sonucunda, yüksek konsantrasyonda kullanılan bütün kimyasal maddelerin, özellikle yanma deneyleri gözönüne alındığında; oldukça etkili sonuçlar verdikleri görülmüştür. Dolayısıyla; bu kimyasal maddelerin formülasyonlarındaki karışım oranları değiştirilerek ya da farklı kimyasal maddelerle yeni kombinasyonlar oluşturularak çeşitli denemeler yapılabilir.

8. Yanma deneyi sonucunda; sanayide ağartıcı özelliği ile tanınan ve bu amaçla yaygın olarak kullanılan NPB(sodyum perporattetrahidrat)'nin ve NPB katkılı diğer formülasyonlarında yanma özellikleri üzerinde olumlu bir katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bu tespit neticesinde, alkali karakterdeki NPN'ninde farklı FR formülasyonları içerisinde ilave madde olarak değerlendirilmesi tavsiye edilebilir.

9. Yanmaya karşı dayanım etkinliği yüksek bir madde olmasına rağmen; fiziksel ve mekanik özelliklerde daha olumsuz etkiler gösterdiği gözlemlenen ZNB'nin bu sakıncalarının azaltılabileceği düşüncesiyle, özellikle su itici kimyasal maddelerle ve çeşitli polimerlerle bir arada kullanılacağı kombinasyonların denenmesi önerilebilir.

10. Çalışma sonucunda; tutkal içerisinde bulunan melaminin, yanmayı geciktirici özellikleri iyileştirildiği görülmüştür. Bu sebeple; FR formülasyonlarında melamin ve melamin bileşiklerinin değerlendirilmesine yönelik ilave çalışmaların yapılması tavsiye edilebilir.

11. FR kimyasal maddeleriyle muameleli MDF örneklerinin, diğer enstrümental yöntemler kullanılarak yanma mekanizmasının tam olarak anlaşılması, kinetik parametrelerinin belirlenmesi ve çeşitli verilerin toplanarak matematik modellemelerinin yapılması yönünde çalışmalar gerçekleştirilebilir.

12. Küçük lekli yanma testleri ile elde edilen bu olumlu sonuçların, fabrika ölçeğinde uygulanabilecek daha kapsamlı test ve düzenlemeler açısından ışık tutucu olabileceği ve çeşitli ilave çalışmalarla desteklenerek sanayiye uygulanabilirliğinin sağlanabileceği düşünülmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Akbulut, T., Kartal S.N. ve Gren III, F., 2004. Fiberboards Treated with N'-N-(1,8-Naphthalyl) Hydroxylamine(NHA-Na), Borax, and Boric Acid, Forest Products Journal, 54,10, 59-64.
- Alexiou, P.N., Gardner, W.D., Lind, P. ve Butler, D., 1986. Efficacy of an Amino Resin Fire Retardant, Forest Products Journal, 36, 11-12, 9-15.
- Alma M.H. ve Acemioğlu B., 2001. Türkiye'nin Bor Kaynakları, Kullanım Yerleri ve Orman Ürünleri Endüstrisi , Fen ve Mühendislik Dergisi, 4, 2, 62-72.
- Andrews, C. ve Ober, A.G., 1963. Cellulose Swelling Measured by Propanol-2 Retention, Textile Research Journal, 33, 330-332.
- Anomim, 1. 1995. Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Raporu, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Yayın No:DPT:2414-ÖİK:474.
- Arsenault, R.D., 1962. Fire Retardant Particleboard Produced from Treated Flakes . M.S. Thesis. State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, N.Y.
- Aslan, S. ve Özkaya, K., 2004. Farklı Kimyasal Maddelerle Emprenye Edilmiş Ahşap Esaslı Levhaların Yanma Mukavemetinin Araştırılması, Orman Fakültesi Dergisi, A, 2, 122-140.
- ASTM-E-69, 2005. Standart Test Method For Combustible of Treated Wood by the Fire Apparatus
- Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., 2005. Borlu Bileşikler ile Emprenye İşleminin Ağaç Malzemenin Yüzey Pürüzlülüğü, Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Etkileri, I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, Nisan, Ankara.
- Ayrılmış, N., Kartal, S. N., Laufenberg, T. L., Winandy, J. E. ve White, R.H., 2005. Physical and Mechanical Properties and Fire, Decay, and Termite Resistance of Treated Oriented Strandboard, Forest Product Journal. 55, 5, 74-81.
- Ayrılmış, N., 2007. Effect of Fire Retardant on Internal Bond Strength and Bond Durability of Structural Fiberboard, Building and Environment, 42, 1200-1206.
- Ayrılmış, N., Korkut, S., Tanrıtanır, E., Winandy, J.E. ve Hızıroğlu, S., 2006. Effects of Various Fire Retardants on Surface Roughness of Plywood, Building and Environment, 41, 887-892.

- Ayrılmış, N., Candan, Z. ve White, R., 2007. Physical, Mechanical, and Fire Properties of Oriented Strandboard with Fire Retardant Treated Veneers, Holz als Roh-und Werkstoff, 65, 6 , 449-458.
- Barnes, H.M. ve Amburgey, L.T., 1993. Technologies for the Protection of Wood Composites. In.Proc.IUFRO Symp. On Protection of Wood Based Composite Products. Forest Prod.Soc., Madison,WI, 7-11.
- Barnes, H.M. ve Murphy, J.R., 2006. Effect of Vapor Boron Treatment on some Properties of Wood Strand and Fiber Composites, Composites, Part A: Applied Science and Manufacturing, 37, 1402-1405.
- Baysal, E., Peker, H. ve Çolak, M., 2005. Çeşitli Emprenye Maddeleri ile Muamele Edilen Sarıçam(Pinus slyvestris L.) Odununda Retensiyon ve Higroskopisite Miktarları, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21, 1-2, 166-179.
- Baysal, E.H., Yalınkılıç, K.M., Altınok, M., Sönmez, A., Peker, H. ve Çolak, M., 2007a. Some Physical, Biological, Mechanical and Fire Properties of Wood Polymer Composite(WPC) Pretreated with Boric Acid and Borax Mixture, Construction and Building Materials, 21, 1789-1885.
- Baysal E.H., Altınok, M., Çolak, M., Ozaki Kiyoka, S. ve Toker, H., 2007b. Fire Resistance of Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*) Treated With Borates and Naturel Extractives, Bioresource Technology, 98, 1001-1105.
- Beall, C.F., ve Eickner, W.H., 1970. Thermal Degradation of Wood Components:A Rewiev of The Literature, U.S.D.A. Forest ServiceResearch Paper, 130, 1-23.
- Berkel, A., 1972. Ağaç Malzemenin Korunması ve Emprenye Tekniği, II.Cilt, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, İ.Ü. Yayın no:1745, Fakülte Yayın No:183.
- Bilici S.M., 2003. Eti Holding A.Ş. Tarafından Sürdürülen Bor ile İlgili Ar-Ge Faaliyetleri, Teknoloji, Madencilik Bülteni, Mart sayısı, 32-35.
- Boardman, B.E., Senft, J.F., McCabe, G.P. ve Ladisch, C.M., 1992. Colorimetric Analysis in Grading Black Walnut Veneer, Wood Fiber Science, 24,1, 99-107.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y. ve Erdin, N., 1993. Emprenye Tekniği, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın no:3779, Fakülte Yayın No:425.
- Branca, C., Blasi, Di. C. ve Horacek H., 2002. Analysis of the Combustion Kinetics and Thermal Behavior of an Intumescent System, Ind. Eng. Chem. Res., 41, 2107-2114.
- Burchill, J.P., Mathys, Z. ve Gardiner, P.C., 2005. An Analysis of the Burning of Polyester and Vinylester Fibre Glass Composites, Fire and Materials, 29, 249-264.

- Chigwada, G., 2005. Effects of Additives and Structure of surfactans on Fire Retardancy of Polymer Nanocomposites Degree of Doctor of Philosophy, Marquette University, Milwaukee, Wisconsin.
- Cleave, F.R., 1970. Plastic and Polymers, 198.
- Cremonini, C., Pizzi, A. ve Tekely, P., 1996. Improvement of PMUF Adhesives, Performance For Fireproof Plywood, Holz and Ron-und Werkstoffe, 54, 43-47.
- Cremonini, C., Pizzi, A. ve Toro, C., 1997. Improved Waterproofing of UF Plywood Adhesives by Melamine Salts as Glue Mix Hardeners: System Performance Optimization, Holzforschung und Holzverwertung, 49, 11-15.
- Çolak, S., 2002. Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Formaldehit ve Asit Emisyonu ile Teknolojik Özelliklere Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Çolak, S., Aydın, İ., Demirkır, C. ve Çolakoğlu, G., 2004. Çam Kaplamalarından Melamin-Üre Formaldehit Reçinesiyle Üretilen Lamine Edilmiş Tabakalı Malzemenin Bazı Teknolojik Özellikleri, Turkish Journal of Agriculturel Forestry, 109-113.
- Çolakoğlu, G., Çolak, S. ve Aydın, İ., 2003. Boraks ve Borik Asit'le Emprenye Edilmiş Kayın Kaplama Levhalardan Üretilen Lamine Tabakalı Malzemelerin Mekanik Özellikleri, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi, 53, 2, 85-96.
- Deka, M. ve Saikia, N.C., 2000. Chemical Modification of Wood with Thermosetting Resin: Effect on Dimensional Stability and Strength Property, Bioresource Technology, 73, 179-181.
- Deka, M., Saikia, N.C. ve Baruah, K.K., 2002. Studies on Thermal degradation and Termite Resistant Properties of Chemically Modified Wood, Bioresource Technology, 84, 151-157.
- Demir, H., Arkış, E., Balköse, D. ve Ülkü, S., 2005. Synergistic Effect of Natural Zeolites on Flame Retardant Additives, Polymer Degredation and Stability, 89, 478-483.
- Denizli, N., 1997. Physical and Mechanical Properties of Laminated Strand Lumber Treated with Fire Retardant, Master of Science Degree, State University of New York College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, New York, UMI, 48130.
- Dietenberger, A.M. ve White, H.R., 2001. Reaction-to-Fire Testing and Modeling for Wood products, IN: Twelfth Annual BCC Conference on Flame Retardancy, Business Comminucations Co, Inc., 54-69.
- Dimri, M.P., Shukla, K.S. ve Mishra, S.C., 1995. Effect of Glue Line Treatment on the Termite Resistance of Plywood, J.Timb. Dev. Assoc., 4, 23-28.

- Duquesne, S., Bras, L.M., Bourbigot, S., Delobel, R., Camino, G., Eling, B., Lindsay, C., Roels, T. ve Vezin, H., 2001. Mechanism of Fire Retardancy of Polyurethanes Using Ammonium Polyphosphate, Journal of Applied Polymer Science, 82, 3262–3274
- Eickner, H.W., 1966. Fire Retardant-Treated Wood, Journal of Materials, 1, 3, 625-644.
- Ellis, D.W., Rowell, M.R., LeVan, L.S. ve Susott, A.R., 1987. Thermal Degradation Properties of Wood Reacted with Diethylchlorophosphate or Phenylphosphonic Dichloride as Potential Flame Retardants, Wood and Fiber Science, 19, 4, 439-445.
- Ellis, D.W. ve Rowell, M.R., 1989. Flame-Retardant Treatment of Wood with a Diisocyanate and an Oligomer Phosphonate, Wood and Fiber Science, 21, 4, 367-375.
- EN 113, 1997. Methods of the Test for Determining the Protective Effectiveness Against Wood Rotting Basidiomycetes, Determination of Toxic Values, Brussels.
- EN 310, 1993. Particleboards and Fiberboards, Determination of Modulus Elasticity in bending and Bending Strength, CEN, Brussels.
- EN 317, 1993. Particleboards and Fiberboards, Determination of Swelling in Thickness after Immersion in Water, CEN, Brussels.
- EN 319, 1993. Particleboards and Fiberboards, Determination of Tensile Strength Perpendicular to the Plane of the Board, CEN, Brussels.
- EN 323, 1993. Wood Based Panels, Determination of Density, Brussels.
- English, B., Youngquist J.A. ve Krzysik, M.A., 1994. Lignocellulosic Composites, In: Gilbert, Richard D., ed. Cellulosic Polymers, Blends and Composites. New York: Hanser Publishers:115-130;1994. Chapter 6.115-130.
- Ernst, K., 1997. Entwicklungsmögl. Keiten Von MDF, Holz and Roh-und Werkstoff, 55, 3-8.
- Eroğlu, H. ve Usta, M., 2000. Liflevha Üretim Teknolojisi, K.T.Ü Basımevi, Trabzon.
- Fengel, D. ve Weegener, G., 1984. Wood Chemistry, Ultrastructure, Reactions, Walter De Gruyter, Germany.
- Freeman, H.M., Shupe, F.T., Vlosky, P.R. ve Barnes, M.H., 2003. Past, Present and Future of the Wood Preservation Industry, Forest Products Journal, 53, 10, 8-15.
- Garba, B., 1999. Effect of Zinc Borate as Flame Retardant Formulation on Some Tropical Woods, Polymer Degredation and Stability, 64, 517-552.

- Genovese, A. ve Shanks A.R., 2007. Structurel and Thermal Interpretation of the Synergy and Interactions Between the Fire Retardants Magnesium Hydroxide and Zinc Borate, Polymer Degredation and Stability, 92, 2-13.
- George, B., Suttie, E., Merlin, A. ve Deglise, X., 2005. Photodegradation and Photostabilian of Wood – The State of the Art, Polymer Degredation and Stability, 88, 268-274.
- Getto, H. ve Ishihara, S., 1998. The Fire Retardance and Endurance of Functionally Graded Wood in the Case of the Heat- Compressed Treatment Method, Fire and Materials, 22, 199-206.
- Goldstein, I.S. ve Dreher, A.W., 1961. A- Nonhygroscopic Fire Retardant Treatment for Wood , Forest Products Journal, 11, 235-237.
- Grace, J.K., Yamamoto, R.T. ve Tamashiro, M., 1992. Resistance of Borate-Treated Douglas-fir to the Formosan Subterranean Termite, Forest Product Journal, 42, 2, 61-65.
- Gren, J., 1991. J. Fire Science, 9, 285.
- Grexa, O., 2000. Flame Retardant Treated Wood Products, Wood And Fire Safety 4th International Scientific Conference, Proceedins, Part I ,101-110.
- Grexa, O. ve Lübke, H. 2001, Flammability Parameters of Tested on Cone Calorimeter, Polymer Degradation and Stability , 74, 427–432.
- Grexa O., Poutch F., Manikova D., Martvonova H. ve Bartekova, A., 2003. Intumescence in Fire Retardancy of Lignocellulosic Panels, Polymer Degradation and Stability, 82, 2, 373-377.
- Gindi, W. ve Gupta, H.S., 2002. Cell-wall Hardness and Young's Modulus of Melamine-Modified Spruce Wood by Nano-Indentation, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 33, 8, 1141-1145.
- Golbabaie, H., 2006. Applications of Biocomposites in Building Industry, Department of Plant Agriculture University of Guelph, http://www.plant.uoguelph.ca/courses/plnt-6250/pdf/M_Golbabaie.pdf.
- Gu, W.J., Zhang, C.G., Dong, L.S., Zhang Y.Q. ve Kong J., 2007. Study on Preparation and Fire- Retardant Mechanism Analysis of Intumescent Flame-retardant Coatings, Surface& Coatings Technology, 201, 7835-7841.
- Günay, R., 2007. Geleneksel Ahşap Yapılar Sorunları ve Çözüm Yolları, Birsen Yayınevi.
- Hafizoğlu, H., 1987. Orman Ürünleri Kimyası Ders Notları, K.T.Ü Basımevi, Fakülte Yayın No:52, Trabzon.

- Hashim, R., Murphy, R.J., Dickinson, D.J. ve Dinwoodie, J.M., 1994. The Mechanical Properties of Boards Treated with Vapor Boron, Forest Products Journal, 44, 73-79.
- Holmes, C.A., 1974. The Fire Performance of Wood and Its Improvement by Fire Retardant Treatments, American Wood Preserves' Association, 95-102.
- Hull, T.R., Quinn E.R., Areri, G.I. ve Purse, A.D., 2002. Combustion Toxicity of Fire Retarded EVA, Polymer Degradation and Stability, 77, 235–242.
- Huş, S., 1977. Ağaç Malzeme Tutkalları, İ.Ü. Orman Fakültesi, Fakülte Yayın No: 242, İstanbul.
- İlhan, R., 1988. Prefabrik Konut Yapımında Yangına Karşı Alınması Gereken Önlemler, Ahşap Malzemenin Korunması, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 338.
- Jang, A., 2005. Termal Degredation of Fire Retardant Formulations and Dispersion of Caly in Polymer/Clay Nanocomposites, Degree of Doctor of Philosophy, Marquette University, Milwaukee, Wisconsin.
- Janssens, L.M., 2004. Modeling of the Thermal Degradation of Structural Wood Members Exposed to Fire, Fire and Materials, 28, 199–207.
- Juneja, C.S., 1975. Combustion of Cellulosic Materials and Its Retardance-Status and Trends, Part 1. Ignition, Combustion Processes, and Synergism, Wood Science, 7, 3, 201-209.
- Juneja, S.C. ve Richardson, L. R., 1974. Versatile Fire Retardants from Amino-Resins, Forest Products Journal, 24, 5, 44-53.
- Kartal, S.N. ve Gren, F., 2002. Development and Application of Colorimetric Microassay for Determining Boron-Containing Compounds, Forest Products Journal, 52, 6, 75-79.
- Kartal, S.N. ve Imamura, Y., 2004. Borlu Bileşiklerin Emprenye Maddesi Olarak Ağaç Malzeme ve Kompozitlerde Kullanımı, II.Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye.
- Kartal, S.N., Hwang, W.J., Shinoda, K. ve Imamura, Y., 2004. Decay and Termite Resistance of Wood Treated with Boron-Containing Quaternary Ammonia Compound, Didecyl Dimethyl Ammonium Tetrafluoroborate (DBF) Incorporated with Acryl-Silicon Type Resin. The International Research Group on Wood Preservation 35th Annual Meeting, Ljubljana, Slovenia, 6-10.
- Kartal, S.N. ve Ayrılmış, N., 2005 . Blockboard with Boron Treated Veneers:Laboratory Decay and Termite Resistance Tests, International Biodeterioration & Biodegradation 55, 93-98.

- Kartal, S.N., Ayrılmış, N. ve Imamura, Y., 2005. Decay and Termite Resistance of Plywood Treated with Various Fire Retardants, Building and Environment, 42, 1207-1211.
- Kartal N.S., Hwang W.J. ve Imamura Y., 2008. Combined Effect of Boron Compounds and Heat Treatments on Wood Properties: Chemical and Strength Properties of Wood, Journal of Materials Processing Technology, 198, 1-3, 234-240.
- Khouadja, A. ve Barnes, H.M., 2001. Treatment and Redrying of Western Hemlock Plywood, Forest Product Journal, 51, 1, 74-80.
- Kılınc., M. ve Bayram, G., 2006. Çinko Borat Katkılı Polipropilen Bazlı Kompozitlerin Yanma davranışları ve Mekanik Özellikleri, III. Uluslararası Bor Sempozyumu, Ankara, 238-243.
- Koch, P., Utilization of Hardwoods Growing on Southern Pine Sites, Agriculture Handbook No: 605, Volume 3, U.S. Department of Agriculture, Forest Service.
- Kolmann, F.P.F., Kuenzi, E.W. ve Stamm, A.J., 1975. Principles of Wood Science Technology II, Wood Based Materials, Springer Verlag, Berlin, 672.
- Kotalainen, R., 2000. Chemical Changes in Wood During Heating at 150-260 °C, Department of Chemistry, Academic Disertation for the Degree of Doctor of Philosophy, University of Jyväskylä, Research Report No:80.
- Kozłowski, R., Mieleniak, B., Helwig, M. ve Przepiera, A., 1999. Flame Resistant Lignocellulosic-Mineral Composite Particleboards, Polymer Degredation and Stability, 64, 523-528.
- Köroğlu, H.J., Kocakuşak S., Akçay, K. ve Tolun, R., 2003. Akışkan Yatakta Sodyumperborat Monohidrat Üretimi, BAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5, 1, 91-98.
- Laks, P.E. ve Palardy, D.R., 1992. Properties and Process Considerations for Preservative Containing Waferboards, In:Proc. Wood Adhesives 1990.Forest Products Res. Soc., Madison,WI., 12-17.
- Laufenberg, T., LeVan, L.S. ve Bruci, V., 1986. Investigation of Fire-Retardant Treatments for Flakeboards, Drvna Industrija, 36, 3-4, 65-70.
- Lebow, S.T. ve Winandy, J.E., 1999. Effect of Fire Retardant Treatment on Plywood pH and Relationship of pH to Strength Properties, Wood Science and Technology, 33, 285-289.
- Lecoecur, E., Vroman, I., Bourbigot, S., Lam, M.T. ve Delobel, R., 2001. Flame Retardant Formulations for Cotton, Polymer Degredation and Stability, 74, 487-492.

- Lee, S.W.Q. ve Strickland, B., 2001. The Influence of Flake Chemical Properties and Zinc Borate on the Gel time of Phenolic Resin for Oriented Strandboard. Wood Fiber Science, 33, 3, 425-436.
- LeVan, S. L., 1984a Chemistry of Fire Retardancy, In R.M.Rowel, ed. The Chemistry of Solid Wood. Advances in Chemistry Series 207. American Chemical Society, Washington, D.C.
- LeVan, S.L., 1984b Chemistry of Solid Wood, In. Rowell, Roger M., American Chemical Society, Washington.
- LeVan, L.S., 1989. Thermal Degradation, Concise Encyclopedia of Wood and Wood Based Materials, Pergamon Pres.
- LeVan, S.L. ve Collet, P.M., 1989. Choosing and Applying Fire-Retardant-Treated Plywood and Lumber for Roof Designs. Gen. Technical. Rep. GTR-62. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- LeVan, L.S. ve Tran, C.H., 1990. The Role of Boron in Flame Retardants, 1.st International Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives:Proceedings, November 28-30, Madison, 39-41.
- LeVan, S.L. ve Winandy, E.J., 1990. Effect of Fire Retardant Treatment on Wood Strength:A Rewiev, Wood and Fiber Science, 22, 1, 113-131.
- LeVan, L.S., Ross, R.J. ve Winandy, J.E., 1990. Effects of Fire Retardant Chemicals on the Bending Properties of Wood at Elevated Temperatures. Res. Pap.. FPL-498, Madison, WI:US. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory.
- Levchick, V.S., Balabanovich, I.A., Levchick, F.G. ve Costa, L., 1997. Effect of Melamine and Its Salts on Combustion and Thermal Decomposition of Polyamide 6, Fire and Materials, 21, 75-83.
- Lewin, M., 2001. Synergism and Catalysis in Flame Retardancy of Polymer, Polymers for Advanced Technologies. 12, 215-222.
- Li, J., Li, B. ve Zhang, X., Su, R., An XPS/FTIR/TGA Investigation of Thermal Degradation, And Charring Process of Manchurian Ash Lignin, In The Condensed Phase. The Effect of Ammonium Polyphosphate, Ammonium Dihydrogen Phosphate and Boric Acid, http://modest.unipa.it/conferences/2000/html/symp2/O2Th_1115.pdf, 20 Eylül 2006.
- Lie, T.T., 1972. Fire and Buildings, Applied Science Publishers Ltd., London, 73-74.
- Lindström, T. ve Carlsson, G., 1978. The Effect of Environment on Fiber Swelling, EUCEPA Symposium in Warsawo.

- Lioudakis, S., Bakirtzis, D. ve Dimitrakopoulos P.A., 2003. Autoignition and Thermogravimetric Analysis of Forest Species Treated with Fire Retardants, Thermochemica Acta, 399, 31-42.
- Liu, Q., Lv, C., Yang, Y., He, F. ve Ling L., 2004. Investigation on the Effects of Fire Retardants on the Thermal Decomposition of Wood-derived Rayon Fiber in an Inert Atmosphere by Thermogravimetry–mass spectrometry, Thermochemica Acta, 419, 205–209.
- Lloyd D.J., Kirkland L.R., Cardoza R. ve Fogel, L., J., 2003. The Ability of Borate-Treated Wood to Provide Control of Non-Wood-Destroying Pests, Forest Products Journal, 53, 6, 51-53.
- Lloyd, D.J., 1998. Borates and Their Biological Applications. The International Research Group on Wood Preservation. 29th Annual Meeting, Maastricht, Netherlands, 14-19.
- Loferski, F.J., 2001. Technologies for Wood Preservation in Historic Preservation Archives and Museum Informatics, 13, 273–290, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherland.
- Lyons, W.J., 1987. The Chemistry and Uses of Fire Retardants, R.E., Krieger Publishing Company, Malabar, FL, 108.
- Manning, M., 2002. Wood Protection Processes for Engineered Wood Products, Enhancing the Durability Lumber and Engineered Wood Products, February, 11-13, Orlando, Florida.
- Maximino, G.M., Lossado, A.A., Mina, R.L. ve Adell, M.A., 1987. Studies on Alkaline Swelling in Hardwood, Cellulose Chemistry and Technology, 22, 6, 607-612.
- Nanassy, J.A. ve Fung, C.P.D., 1976. ESR Study of Flame Retardancy in Wood, Wood Science, 8, 3, 188-193.
- Nassar, M.M. ve MacKay M.D., 1985 Studies on the Mechanism of Flame retardation in Wood, Wood and Fiber Science, 17, 4, 439-443.
- Nassar, M.M., Fadali, O.A., Khattab, A.M. ve Ashour A.E., 1999. Thermal Studies on Paper Treated with Flame-retardant- Fire and Materials, 23, 125-129.
- Nelson, G.L., 1995. Fire and Polymers II. ACS Symposium Series 599.
- Nikitin, N.I., 1966. The Chemistry of Cellulose and Wood, Jarusalem.
- Örs, Y., Atar, M., Keskin, H. ve Çolakoğlu, M., 2005. Borlu Bileşiklerle Emprenye Etmenin Bazı Ağaç Malzemenin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri, I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, Nisan, Ankara.

- Örs, Y., Atar, M., Özçifçi, A. ve Peker, H., 2002. Çeşitli Maddelerle Emprenye Edilmiş Kokarağaç (*Ailanthus altissima*(Mill) Swingle) Odununun Yanma Özellikleri, Teknoloji, 5, 1-2, 61-70.
- Östman, B., Voss, A., Hughes A., Hovde J. P. ve Grexa, O., 2001. Durability of Fire Retardant Treated Wood Products at Humid and Exterior Conditions Review of Literature, Fire and Materials, 25, 95-104.
- Özkaya, K., Ilce, C.A., Burdurlu, E., Aslan, S., 2007. The Effect of Potassium Carbonate, Borax and Wolmanit on the Burning Characteristics of Oriented Strandboard(OSB), Construction and Building Materials, 1457-1462.
- Parker, J.W. ve LeVan, L. S., 1989. Kinetic Parameters of The Components of Douglas-Fir and The Heat of Combustion of Their Volatile Pyrolysis Products, Wood and Fiber Science, 21, 3, 289-305.
- Parsapajouh, D., Hedjazi, S., Karimi, A.N., Hassani, K.D. ve Akhlari, M., 2003. The Effects of Fire Retardants (Monoammonium Phosphate And Borax, Minalith, Pyresot) on Iranian Maple Wood (*Acer Insigne Boiss*), Indian Journal of Natural Resources, 56, 3, 257-269.
- Peşman, E., Kırıcı, H. ve Kalyoncu, E. E., 2006. Taş Mekanik Kağıt Hamurunun Sodyum Perborat ile Ağartılması, III. Uluslararası Bor Sempozyumu, Ankara.
- Peterson, D.J., 2002. Kinetic and Thermal Analysis of Polymeric Materials, Doctor of Philosopy, the University of Utah, Department of Chemistry.
- Pizzi, A., 1994. Advanced Wood Adhesives Technology, Marcel Dekker Inc., New York.
- Plotnikova, V.G., Egorov, N. A. ve Khaliullin, K.A., 2003. Flame Retardants for Wood Based on Urea Formaldehyde Resin with Mineral Fillers, Russian Journal of Applied Science, 76, 2, 310-313.
- Raff, V.A.R., Herrick, W.I. ve Adams, F.M., 1966. Flame-Retardant Wood, In situ Radiation Polymerization of Organophosphorus Monomers, Forest Products Journal,
- Rainer J.B., 1993. Borates as Wood Preservatives – an Environmental, Healty and Safety Perspective. In: Proceedings of the Second International Symposium on Wood Preservation– The Challenge Safety-Environment. Cannes-Mandelieu, 59-76.
- River, H.B., Vick, B.C. ve Gillespie, H.R., 1991. Wood as an Adherend, Chapter 1 from volume 7, Treatise on Adhesion And Adhesives, edited by Marcel Dekker, Inc.J. Dean Minford New York.
- Rowell, R.M., 1984. Penetration and Reactivity of Cell Wall Components, Chapter 4, American Chemical Society.

- Rowell, M.R., Susott, A.R., DeGroot F.W. ve Shafizadeh, F., 1984. Bonding Fire Retardants to Wood. Part 1. Thermal Behaviour of chemical Bonding Agents, Wood and Fiber Science, 16, 2, 214-223.
- Rowell, R.M., Cleary, B.A., Rowell, J.S., Clemons, C. ve Young, R.A., 1993. Results of Chemical Modification of Lignocellulosic Fiber for Use in Composites, In: Wood Fiber /Polymer Composites: Fundamental Concepts, Processes and Material Options:Proceedings of 1st Wood Fiber –Plastic Composite conference; Madison, WI and 45 th annual meeting of the Forest Products Society; New Orleans, LA. Madison; WI: Forest Products Society, 121-127.
- Rowell, R.M., 1995. Chemical Modification of Agricultural Fibers for Property Enhanced Composites, Research in Industrial Application of Non Food Crops, I. Plant Fibres, Proocedings of a Seminar, May, Denmark, Academy of Technical Science, 49-70.
- Rowell, R.M., 2005. Handbook of Wood Chemistry and Wood Composite, CRC Press.
- Sachdev, S.V.S., Kotresh, T.M. ve Vyawahare, K.M., 2004. Heat Release Characteristics of the Basic Materials used for Flying Clothing, Ind J. Aerospace Med 48, 1, 53-58.
- Saka, S., 2000. Chemical Composition and Distrubution, Wood and Cellulose Chemistry, Edited by David N-S. Hon, Nobuo Shiraishi, Second Edition, Revised and Expand.
- Sandala, G.M., Blankenhorn R.P. ve Kline E.D., 1981. Thermal Analysis of White Oak, Northern Red Oak and Black Chery Bark Chemical Components, Wood Science, 13, 3.
- Schartell, B. ve Hull, T.R., 2007. Development of Fire-Retarded Materials—Interpretation
- Schubert M.D., Alam, F., Visi, Z.M. ve Knobler, B., 2003. Structurel Characterization and Chemistry of the Industrially Important Zinc Borate, $Zn[B_3O_4(OH)_3]$, Chem. Mater., 15, 866-871.
- Sean, T., Brunnette, G. ve Cote, F., 1999. Protection of Oriented Strandboard with Borate, Forest Products Journal, 49, 6, 47-51.
- Selbo, L.M., 1975. Adhesive Bonding of Wood, U.S. Dep.Agr.,Technical Bulletin No:1512.
- Sellers, T., 1985. Plywood Adhesive Technology, Forest Products, Utilization Laboratory, Marcewl Decker Inc. New York.
- Siau, F. J., Campos, S.G. ve Meyer, A.J., 1975. Fire Behaviour of The Treated Wood and Wood Polymer Composites, Wood Science, 8, 1, 375-383.

- Spirckel, M., Regnier, N., Mortaigne, B., Youssef, B. ve Bunel, C., 2002. Thermal Degredation and Fire Performance of New Phosphonate Polyurethanes, Polymer Degredation and Stability, 78, 211-218.
- Stam, A.J., 1964. Wood, Cellulose Science, Ronald Pres company, New York.
- Stam, A.J., 1974. Dimensional Stabilization of Wood with Water Soluble Fire Retardant Bulking Chemicals compared with Polyethylene Glycol-1000, Wood Science and Technology, 8, 300-306.
- Stevens, R., Es, S.V. D., Bezemer, R. ve Kranenbarg, A., 2006. The Structure-Activity Relationship of Fire Retardant Phosphorus Compounds in Wood, Polymer Degredation and Stability, 91, 832-841.
- Sweet, M.S. ve Winandy, J.E., 1999. Influence of Degree of Polymerization of Cellulose and Hemicellulose on Strength Loss in Fire-Retardant-Treated Southern Pine, Holzforschung, 53, 311-317.
- Tran, C.H. ve White, H.R., 1992. Burning Rate of Solid wood Measured in a Heat Release Rate Calorimeter, Fire and Materials, 16, 197-206.
- Troitzsch, H.J., 1998. Overview of Flame retardants, Chimica Oggi/chemistry Today, V.16.
- Tsunada, K., Watanabe, H., Fukuda, K. ve Hagio, K., 2002. Effects of Zinc Borate on he Properties of Medium Density Fiberboard. Forest Products Journal, 52, 11-12, 62-65.
- Tzamtzis, N., Papa, A., Statheropoulus, M. ve Fasseas, C., 2002. Effects of Fire Retardants on the Pyrolysis of *Pinus halepensis* Needles Using Microscopic Techniques, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 63, 147-156.
- URL-1, <http://www.specialchem4polymers.com/tc/FlameRetardants/index.asp>, 10 Mayıs 2007
- URL-2, <http://www.boren.gov.tr/element.htm>, 20 Ocak 2006.
- URL-3, <http://bor.balikesir.edu.tr/bor.html>, 20 Ocak 2006.
- URL-4, http://en.wikipedia.org/wiki/Boric_acid, 10 Kasım 2005.
- URL-5, <http://en.wikipedia.org/wiki/Borax>, 10 Kasım 2005.
- URL-6, <http://www.chemicalland21.com/industrialchem/inorganic/sodium%20perborate%20tetrahydrate.htm>, 10 Kasım 2005.
- URL-7, http://en.wikipedia.org/wiki/Ammonium_sulfate, 10 Kasım 2005.
- URL-8, <http://www.efma.org/publications/guidance/section13.asp>, 10 Ocak 2007.

- URL-9, http://en.wikipedia.org/wiki/Monoammonium_phosphate, 10 Ocak 2007.
- URL-10, http://en.wikipedia.org/wiki/Diammonium_phosphate, 10 Ocak 2007.
- URL-11, http://www.camelyaf.com.tr/turkce/soru_cevap/diger_1.php, 10 Ocak 2007.
- URL-12, http://en.wikipedia.org/wiki/Colour_model/, 10 Ocak 2007.
- URL-13, <http://www.epson.com.tr/whatsnew/techno/colore/cap3.htm>, 10 Ocak 2007.
- URL-14, <http://www.cefic-efra.com/objects/2/Files/introinorganicfactsheets.pdf>, 15 Şubat 2007.
- URL-15, <http://www.expresstextile.com/20040722/edit02.shtml>, 15 Şubat 2007.
- URL-16, <http://www.wisogeek.com/what-is-melamine.htm>, 15 Şubat 2007.
- URL-17, <http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87inko>, 15 Şubat 2007.
- Ustaömer, D., Usta, M. ve Boran, S., 2006. Bazı Borlu Bileşiklerle Muamele Edilerek Üretilmiş Liflevhaların Spektrofotometrik Yöntemle Renk Değişimlerinin Belirlenmesi, III. Uluslararası Bor Sempozyumu, Ankara.
- Ustaömer, D., Usta, M. ve Hızıroğlu, S., 2008. Effect of Boron Treatment on Surface Characteristics of Medium Density Fiberboard(MDF), Journal of Materials Processing Technology, 199, 1, 440-444.
- Uysal, B. ve Kurt, Ş., 2005a. Yanmayı Geciktirici Bor İçerikli Emprenye Maddelerinin Ahşap Malzemenin Yapışma Direncine Etkisi, I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, Nisan, Ankara.
- Uysal, B. ve Kurt, Ş., 2005b. Borlu Bileşiklerle Emprenye Edilmiş Kayın ve Sarıçam Ağaçlarının Yanma Özellikleri, I. Ulusal Bor Çalıştayı Bildiriler Kitabı, Nisan, Ankara.
- Var, A.A., 2000. Emprenye edilmiş Yongalardan Üretilen Yonga Levhaların Bazı Teknolojik Özellikleri, Doktora Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Vick, C.B., 1994. Phenolic Adhesive Boards to Aspen Veneers Treated with Amino-Resin Fire Retardants. Forest Products Journal, 44, 1, 33-40.
- Wang, D., Echols, K. ve Wilkie, A.C., 2005. Cone Calorimeter and Thermogravimetric Analysis Evaluation of Halogen- Containing Polymer Nanocomposites, Fire and Materials, 29, 283-294.
- Wang, Q., Li, J. ve Winandy, E.J., 2004. Chemical Mechanism of Fire Retardance of Boric Acid on Wood, Wood Science Technology (2004) 38: 375–389

- Wang, S., 2000. Phosphorus-Containing Polymers, Their Blends and Hybrid Nanocomposites with Poly(hydroxy ether), Metal Chlorides and Silica Colloids, Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy in Chemistry, Blacksburg, Virginia.
- White, R.H., 1984. Use of Coatings to Improve Fire Resistance of Wood, Reprint from Standart Technical Publication, 826, 24-39.
- White H.R. ve Nordheim V.E., 1992. Charring Rate of Wood for ASTM E119 Exposure, Fire Technology, 28, 1, 5-24.
- White, H.R., 1997. Fire Testing of Recycled Materials for Building Applications, www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf1997/white97a.pdf.
- White H.R. ve Dietenberger A.M., 1999. Fire Safety, Wood Handbook-wood as an Engineering Material. Gen.Tech.Rep. FPL-GTR, 113, 1-16.
- White, H.R. ve Dietenberger, A.M., 2001. Wood Products:Thermal Degredation and Fire, Encyclopedia of Materials: Science and Technology, ISBN:0-08-0431526, 9712-9716.
- Williams, L.H., Amburgey, T.L. ve Parresol B.R., 1990.Toxic Thresholds of the Borates and Percent Wood Weight Loss for Two Subterranean Termite Species When Feeding on Treated Wood. Conference on Wood Protection with Diffusible Preservatives, Forest Products. Research. Society, Madison, WI., In Proceedings First International, 129-133.
- Winandy, E.J. ve Lebow, K.P., 1996. Kinetic Models for Thermal Degradation of Strenght of Fire-Retardant-Treated Wood., Wood and Fiber Science, 28, 1, 39-52.
- Winandy, E.J., 1997. Effects of Fire Retardant Retention, Borate Buffers and Redrying Temperature After Treatment on Thermal-Induced Degredation, Composites&Manufactured Products, 47, 6, 79-86.
- Yıldız, C.Ü., 2006. Odunun Yangından Korunması, Basılmamış Ders Notları, Trabzon.
- Xiao, J., Hu, Y., Yang, L., Cai, Y., Song, L., Chen, Z. ve Fan, W., 2006. Fire Retardant Synergism Between Melamine and Triphenyl Phosphate in Poly(Butylene Terephthalate), Polymer Degredation and Stability, 91, 2093-2100.
- Yalınkılıç, K.M., 2000. Improvement of Boron Immobility in the Borate- Treated Wood and Composite Materials, PhD thesis.
- Yamaguchi, H., 2003. Silicic Acid:Boric Acid Complex as Wood Preservatives. Wood Science Technology, 37, 287-297.
- Yeo, H., Smith, W.B. ve Hana, R.B., 2002. Determination of Surface Moisture Content of Wood Utilizing a Colorimetric Technique, Wood and Fiber Science, 34, 3, 419-424.

ÖZGEÇMİŞ

27.08.1976 tarihinde Trabzon'da doğan Derya USTAÖMER, ilk ve orta öğrenimini Trabzon'da tamamladı.1995 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümüne kayıt yaptırdı ve lisans öğrenimini 1999 yılında tamamladı. Eylül 1999'da K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, Lif ve Kağıt Teknolojisi Anabilim dalında yüksek lisans öğrenimine başlayıp Ocak 2001'de K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından Araştırma görevlisi olarak atandı. Yüksek lisans eğitimini tamamladıktan sonra 2002 yılı Şubat ayında doktora eğitimine başlayan Derya USTAÖMER İngilizce bilmektedir.