

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**SERTLEŞTİRİCİ TÜRÜ, ÜRE KULLANIMI VE DEPOLAMA SÜRESİNİN
YONGALEVHANIN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. End. Müh. İlkey ATAR

**Temmuz 2012
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

SERTLEŞTİRİCİ TÜRÜ, ÜRE KULLANIMI VE DEPOLAMA SÜRESİNİN
YONGALEVHANIN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Orm. End. Müh. İlkay ATAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“ORMAN ENDÜSTRİ YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19.06.2012
Tezin Savunma Tarihi : 18.07.2012

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Gökay NEMLİ

Trabzon 2012

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında
İlkay ATAR tarafından hazırlanan

SERTLEŞTİRİCİ TÜRÜ, ÜRE KULLANIMI VE DEPOLAMA SÜRESİNİN
YONGALEVHANIN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 19/06/2012 gün ve 1461 sayılı kararıyla
oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda

YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Gökay NEMLİ
Üye : Prof. Dr. Nurgül AY
Üye : Prof. Dr. Hüseyin KIRCI



Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Sertleştirici türü, üre kullanımı ve depolama süresinin yongalevhanın kalite özellikleri üzerine etkileri isimli bu çalışmada KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Araştırmanın planlanması ve yürütülmesinde bilgi ve tecrübelerinden yaralandığım Sayın Prof. Dr. Gökay NEMLİ hocama, Orman Endüstri Yüksek Mühendisi Mehmet BAHAROĞLU'na, Arş. Gör. Bünyamin SARI'ya ve bugünlere ulaşmamda maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Deneme levhalarının temini ve üretiminde yardımlarını esirgemeyen Starwood Orman Ürünleri Anonim Şirketi yetkililerine teşekkürlerimi arz ederim.

Bu çalışmanın, yongalevha üretimi konusunda araştırma yapanlara ve uygulayıcılara faydalı olmasını temenni ederim.

İlkay ATAR

Trabzon 2012

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ Sertleştirici Türü, Üre Kullanımı ve Depolama süresinin Yongalevhanın Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Gökay Nemli'nin sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 19/06/2012

İlkay ATAR

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	IX
SUMMARY	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
TABLolar (ÇİZELGELER) DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Yongalevhanın Tanımı ve Sınıflandırılması	2
1.3. Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	4
1.3.1. Ağaç Malzeme	4
1.3.2. Yıllık Bitkiler	6
1.3.3. Tutkal	7
1.3.3.1. Organik Tutkallar	7
1.3.3.1.1. Üre Formaldehit.....	7
1.3.3.1.2. Melamin Formaldehit	11
1.3.3.1.3. Fenol Formaldehit	13
1.3.3.1.4. Resorsin Formaldehit.....	14
1.3.3.1.5. İzosiyanat.....	14
1.3.3.2. Termoplastik Tutkallar.....	15
1.3.3.3. Doğal Tutkallar	16
1.3.3.4. Anorganik Tutkallar	17
1.3.4. Katkı Maddeleri	18
1.3.4.1. Sertleştirici Maddeler	18
1.3.4.2. Hidrofobik Maddeler	19
1.3.4.3. Koruyucu Maddeler	20
1.4. Yatay Preslenmiş Yongalevha Üretim Tekniği	21
1.5. Formaldehit Emisyonu	25

1.6.	Yüzey Özellikleri.....	28
1.6.1.	Yüzey Pürüzlülüğü	28
1.6.2.	Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri	30
1.6.2.1.	Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra).....	30
1.6.2.2.	En Büyük Pürüzlülük Değeri (Rmax/ Ry)	31
1.6.2.3.	Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (Rq)	31
1.6.2.4.	On Nokta Pürüzlülüğü (Rz).....	32
1.6.3.	Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri.....	32
1.6.4.	Islanma Olayı ve Temas Açısı.....	33
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	35
2.1.	Deneme Materyali	35
2.1.1.	Ağaç Malzeme.....	35
2.1.2.	Tutkal.....	35
2.1.3.	Hidrofobik Madde	36
2.1.4.	Sertleştirici Madde	36
2.2.	Deneme Levhalarının Üretimi.....	36
2.3.	Araştırma Yöntemi	38
2.3.1.	Fiziksel Özellikler	38
2.3.1.1.	Özgül Ağırlık.....	38
2.3.1.2.	Rutubet Miktarı	38
2.3.1.3.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı	39
2.3.2.	Mekanik Özellikler.....	40
2.3.2.1.	Eğilme Direnci	40
2.3.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	40
2.3.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci	41
2.3.3.	pH.....	41
2.3.4.	Formaldehit Emisyonu	42
2.3.5.	Yongalevhanın Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi	43
2.3.5.1.	Yüzey Pürüzlülüğü	43
2.3.5.2.	Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı)	43
2.4.	İstatistik Yöntemler	44
3.	BULGULAR	45
3.1.	Fiziksel Özellikler	45

3.1.1.	Özgül Ağırlık.....	45
3.1.2.	Rutubet Miktarı	47
3.1.3.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı	48
3.2.	Mekanik Özellikler.....	50
3.2.1.	Eğilme Direnci	50
3.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	51
3.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci	53
3.3.	pH Değeri	54
3.4.	Formaldehit Emisyonu	56
3.5.	Yongalevhanın Yüzey Özellikleri.....	58
3.5.1.	Yüzey Pürüzlülüğü	58
3.5.1.1.	Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra).....	58
3.5.1.2.	En Büyük Pürüzlülük Değeri (Ry)	60
3.5.1.3.	On Nokta Pürüzlülüğü (Rz).....	62
3.5.1.4.	Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (Rq)	64
3.5.2.	Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı).....	66
3.6.	Sıcaklık.....	67
4.	TARTIŞMA.....	69
4.1.	Fiziksel Özellikler	69
4.1.1.	Özgül Ağırlık.....	69
4.1.2.	Rutubet Miktarı	71
4.1.3.	Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı	73
4.2.	Mekanik Özellikler.....	76
4.2.1.	Eğilme Direnci	76
4.2.2.	Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	80
4.2.3.	Yüzeye Dik Çekme Direnci	84
4.3.	pH Değeri	88
4.4.	Formaldehit Emisyonu	90
4.5.	Yongalevhaların Yüzey Özellikleri.....	94
4.5.1.	Yüzey Pürüzlülüğü	94
4.5.1.1.	Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra).....	94
4.5.1.2.	En Büyük Pürüzlülük Değeri (Ry)	96
4.5.1.3.	On Nokta Pürüzlülüğü (Rz).....	99

4.5.1.4. Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (Rq)	102
4.5.2. Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı)	106
4.6. Sıcaklık.....	109
5. SONUÇLAR	111
5.1. Fiziksel Özellikler	111
5.1.1. Özgül Ağırlık.....	111
5.1.2. Rutubet Miktarı	111
5.1.3. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı	111
5.2. Mekanik Özellikler.....	112
5.2.1. Eğilme Direnci	112
5.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü.....	113
5.2.3. Yüzeğe Dik Çekme Direnci	113
5.3. pH Değeri	114
5.4. Formaldehit Emisyonu	114
5.5. Yongalevhaların Yüzeğ Özellikleri.....	115
5.5.1. Yüzeğ Pürüzlülüğü	115
5.5.2. Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı)	115
5.6. Sıcaklık.....	115
6. ÖNERİLER	116
7. KAYNAKLAR.....	119

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

SERTLEŞTİRİCİ TÜRÜ, ÜRE KULLANIMI VE DEPOLAMA SÜRESİNİN
YONGALEVHANIN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

İlkay ATAR

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Gökay NEMLİ
2012, 131 Sayfa

Bu çalışmada; sertleştirici türü (amonyum klorür, amonyum sülfat ve alüminyum sülfat), üre kullanımı (ürel ve üresiz) ve depolama süresinin (bir gün ve bir ay) yongalevhanın kalite özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda; sertleştirici türü olarak amonyum klorür kullanıldığında kalınlık artışı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, pH değeri, formaldehit emisyonu ve yüzey özellikleri bakımından diğer sertleştirici türlerine göre daha iyi sonuç elde edilmiştir.

Üre kullanımı sadece formaldehit emisyonu üzerinde olumlu etki yaratmış ve diğer özellikler üzerinde ise etkisiz bulunmuştur. Üre kullanımıyla birlikte formaldehit emisyonu belirgin bir oranda azalmıştır.

Depolama süresinin bir günden bir aya çıkarılması rutubet miktarı, kalınlık artışı, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci, formaldehit emisyonu, yüzey özellikleri ve levha sıcaklığı üzerinde olumlu etki yaratmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yongalevha, Mekanik Özellikler, Fiziksel Özellikler, Formaldehit Emisyonu, Yüzey Pürüzlülüğü, Temas Açısı, Sertleştirici Türü, Islanabilme Yeteneği

Master Thesis

SUMMARY

THE EFFECTS OF HARDENER TYPE, UREA USAGE AND CONDITIONING PERIOD ON THE QUALITY PROPERTIES OF PARTICLEBOARD

İlkay ATAR

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Industry Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Gökay NEMLİ
2012, 131 Pages

In this study, the effects of hardener type (ammonium chloride, ammonium sulphate and aluminum sulphate), urea usage (with urea and without urea) and conditioning period (one day and one month) on the quality properties of particleboard were investigated.

Better thickness swelling, modulus of rupture, modulus of elasticity, pH value, formaldehyde emission and the surface quality results were obtained from the panels manufactured with ammonium chloride

The urea usage positively affected the formaldehyde emission while no effect on the other properties. Urea usage decreased the formaldehyde emission.

Increasing conditioning period from one day to one month positively affected moisture content, thickness swelling, modulus of rupture, modulus of elasticity, internal bonding, formaldehyde emission, surface quality and panel temperature.

Key Words: Particleboard, Mechanical properties, Physical properties, Formaldehyde emission, Surface roughness, Contact angle, Hardener species, Wettability

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Ortalama pürüzlülük değeri	30
Şekil 2. En büyük pürüzlülük değeri.....	31
Şekil 3. Profil sapmasının ortalama karekökü.....	31
Şekil 4. On nokta pürüzlülüğü ortalama değeri	32
Şekil 5. Özgül ağırlık üzerine sertleştirici türünün etkisi.....	60
Şekil 6. Özgül ağırlık üzerine depolama süresinin etkisi	70
Şekil 7. Özgül ağırlık üzerine üre kullanımının etkisi	70
Şekil 8. Rutubet miktarı üzerine depolama süresinin etkisi	71
Şekil 9. Rutubet miktarı üzerine sertleştirici türünün etkisi.....	72
Şekil 10. Rutubet miktarı üzere üre kullanımının etkisi.....	72
Şekil 11. Kalınlık artışı oranı üzerine üre kullanımının etkisi	73
Şekil 12. Kalınlık artışı oranı üzerine depolama süresinin etkisi.....	74
Şekil 13. Kalınlık artışı üzerine sertleştirici türünün etkisi.....	76
Şekil 14. Eğilme direnci üzerine üre kullanımının etkisi.....	77
Şekil 15. Eğilme direnci üzerine depolama süresinin etkisi	78
Şekil 16. Eğilme direnci üzerine sertleştirici türünün etkisi	80
Şekil 17. Elastikiyet modülü üzerine üre kullanımının etkisi	81
Şekil 18. Elastikiyet modülü üzerine depolama süresinin etkisi	82
Şekil 19. Elastikiyet modülü üzerine sertleştirici türünün etkisi.....	83
Şekil 20. Yüzeye dik çekme direnci üzerine üre kullanımının etkisi.....	85
Şekil 21. Yüzeye dik çekme direnci üzerine depolama süresinin etkisi	86
Şekil 22. Yüzeye dik çekme direnci üzerine sertleştirici türünün etkisi	88
Şekil 23. pH değeri üzerine üre kullanımının etkisi.....	89
Şekil 24. pH değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi	89
Şekil 25. Tutkallamanın pH değeri üzerine etkisi	90
Şekil 26. Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresinin etkisi	91
Şekil 27. Formaldehit emisyonu üzerine sertleştirici türünün etkisi	92
Şekil 28. Formaldehit emisyonu üzerine üre kullanımının etkisi.....	93
Şekil 29. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine üre kullanımının etkisi	94

Şekil 30. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresinin etkisi.....	95
Şekil 31. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi.....	96
Şekil 32. En büyük pürüzlülük değeri üzerine üre kullanımının etkisi.....	97
Şekil 33. En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresinin etkisi	98
Şekil 34. En büyük pürüzlülük değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi	99
Şekil 35. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine üre kullanımının etkisi.....	100
Şekil 36. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi.....	101
Şekil 37. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresinin etkisi	102
Şekil 38. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine üre kullanımının etkisi	103
Şekil 39. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresinin etkisi	104
Şekil 40. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi	105
Şekil 41. Temas açısı değeri üzerine üre kullanımının etkisi.....	106
Şekil 42. Temas açısı değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi	107
Şekil 43. Temas açısı değeri üzerine depolama süresinin etkisi	108
Şekil 44. Sıcaklık değeri üzerine üre kullanımının etkisi.....	109
Şekil 45. Sıcaklık değeri üzerine depolama süresinin etkisi	110
Şekil 46. Sıcaklık değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi.....	110

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Formaldehit emisyonuna göre yongalevhaların sınıflandırılması	27
Tablo 2. Deneme levhası tipleri	37
Tablo 3. Deneme levhalarının ortalama özgül ağırlık değeri (g/cm^3).....	45
Tablo 4. Özgül ağırlık üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	46
Tablo 5. Özgül ağırlık üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	46
Tablo 6. Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarı değerleri (%).....	47
Tablo 7. Rutubet miktarı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	47
Tablo 8. Rutubet miktarı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	48
Tablo 9. Deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı oranları (%)	48
Tablo 10. Kalınlık artışı oranı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	49
Tablo 11. Kalınlık artışı oranı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	49
Tablo 12. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm^2)	50
Tablo 13. Eğilme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	50
Tablo 14. Eğilme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	51
Tablo 15. Deneme levhalarının ortalama elastikiyet modülü değerleri (N/mm^2)..	51
Tablo 16. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	52
Tablo 17. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keula testi sonuçları..	52
Tablo 18. Deneme levhalarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm^2).....	53
Tablo 19. Yüzeye dik çekme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	53
Tablo 20. Yüzeye dik çekme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	54

Tablo 21.	Yonga tiplerine ait ortalama pH değerleri (%)	54
Tablo 22.	pH değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	55
Tablo 23.	pH değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	55
Tablo 24.	Tutkallamanın pH değeri üzerine etkisine ait basit varyans analizi sonuçları	56
Tablo 25.	pH değerleri üzerine tutkallamanın etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları.....	56
Tablo 26.	Deneme levhalarının ortalama formaldehit emisyonu değerleri (mg/100g)	57
Tablo 27.	Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	57
Tablo 28.	Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	58
Tablo 29.	Deneme levhalarının ortalama pürüzlülük değerleri (μm)	58
Tablo 30.	Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	59
Tablo 31.	Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları ..	59
Tablo 32.	Deneme levhalarının en büyük pürüzlülük değerleri (μm).....	60
Tablo 33.	En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları.	60
Tablo 34.	En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	61
Tablo 35.	Deneme levhalarının on nokta pürüzlülüğü değerleri (μm).....	62
Tablo 36.	On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	62
Tablo 37.	On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	63
Tablo 38.	Deneme levhalarının profil sapmasının ortalama karekökü değerleri (μm)	64
Tablo 39.	Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	64
Tablo 40.	Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	65
Tablo 41.	Deneme levhalarının ortalama temas açısı değerleri ($^{\circ}$)	66

Tablo 42.	Temas açısı değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	66
Tablo 43.	Temas açısı değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	67
Tablo 44.	Deneme levhalarının ortalama sıcaklık değerleri (C°).....	67
Tablo 45.	Sıcaklık değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları	68
Tablo 46.	Sıcaklık değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları	68

1.GENEL BİLGİLER

1.1.Giriş

Dünyada ve ülkemizde teknolojinin hızlı gelişmesi ve nüfusun hızla artmasına paralel olarak, orman ve orman ürünlerine duyulan gereksinimin çoğalması ve ormanların aşırı kullanılması orman kaynaklarının daha bilinçli kullanılmasını gerektirmiştir.

Günümüzde, orman ürünlerine olan ihtiyacı karşılayabilmek için ormanlardan elde edilen lignoselülozik hammaddenin tamamına yakın kısmının değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle odunun masif olarak değerlendirilmesinin yanında, yongalevha, liflevha ve tabakalı ağaç malzeme gibi alternatif ligno-selülozik ürünler geliştirilmiştir. Bu tür odun kompozit malzemelerin üretimini masif odun üretimine göre daha az kusurlu ürünler elde edilebildiği gibi çeşitli endüstri atıklarının ve bitkisel atıkların değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

Yongalevhalar; birçok kullanım alanı için gerekli fiziksel ve mekanik özellikleri taşımaları, düzgün yüzeyli olmaları, istenilen ebatlarda ve kalınlıkta üretilebilmeleri, çivi, vida ve tutkal yardımı ile diğer malzemelerle kolaylıkla birleştirilebilmeleri, koruyucu maddelerle mantar ve böceklere karşı dayanım kazanabilmeleri, yanmayı geciktirici maddelerle yanmaya karşı korunabilmeleri ve hidrofobik maddeler yardımı ile de su itici özellikler kazandırılabilmesi, odun artıkları ve yıllık bitkiler gibi lignoselülozik ve lignoselülozik olmayan materyallerin hammadde olarak kullanılabilmesi, ikame ettiği diğer ürünlerden daha ucuz olması gibi çeşitli özelliklere sahip olmalarından dolayı üretim artışı olan bir ürün olarak piyasada yer almaktadır. Günümüzde üretim teknolojisi ve ekipmanlardaki gelişmeler sayesinde farklı tiplerde levhaların üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Bu gelişmeler sayesinde, okal tip, kalıplanmış, çimentolu ve yönlendirilmiş yongalevhalar gibi farklı kullanım amaçlarına uygun paneller üretilmesi sonucunda kullanım alanı gittikçe artış göstermektedir.

Orman bakım ve aralama çalışmalarından elde edilen ince çaplı odunları ve kereste endüstrisi atıkları yongalevha endüstrisinde kullanılmaktadır. Böylece dünya genelinde yongalevha üretimi hızla artmaktadır. Bu alanda gerek üretim teknolojisinde, gerek makine ve ekipmanlarda, gerekse konuyla ilgili araştırma faaliyetlerinde büyük yenilikler gerçekleştirilmiştir ve çalışmalar devam etmektedir.

Bu çalışmada; sertleştirici türü ve üre kullanımının yongalevhanın kalite özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

1.2.Yongalevhanın Tanımı ve Sınıflandırılması

Yongalevha odun veya odunlaşmış lignoselülozik bitkisel hammaddelerden elde edilen yongaların bir tutkal ilavesi veya tutkalsız olarak yüksek sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi sonucunda oluşan geniş yüzeyli levhadır (EN 309, 1992).

Yongalevhalar değişik kriterlere göre sınıflandırılmaktadır.

1. Özgül ağırlıklarına göre yongalevhalar üç kategoride toplanmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1985).

a. Düşük özgül ağırlıktaki yongalevhalar: Özgül ağırlıkları $0,590 \text{ gr/cm}^3$ 'ten daha düşük olan levhalardır.

b. Orta özgül ağırlıktaki yongalevhalar: Özgül ağırlıkları $0,590-0,800 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişen levhalardır.

c. Yüksek özgül ağırlıktaki yongalevhalar: Özgül ağırlıkları $0,800 \text{ gr/cm}^3$ 'ten daha fazla olan levhalardır.

2. Tabaka sayılarına göre yongalevhaları üç gruba ayırmak mümkündür (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

a. Tek tabakalı (Homojen) yongalevhalar

b. Üç tabakalı yongalevhalar

c. Çok tabakalı yongalevhalar

3.Yongalevhalar presleme yöntemlerine göre iki grupta toplanmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1985).

a.Yatay yongalı levhalar: Bu tip levhalarda yongalar levha yüzeyine paraleldir. Presleme sırasında basınç levha yüzeyine dik yönde uygulanmaktadır.

b. Dik yongalı levhalar (Okal): Bu tip levhalarda ise presleme sırasında basınç levha yüzeyine paralel yönde uygulanmaktadır. Yongaların yönü levha yüzeyine dik durumdadır.

4. Yonga büyüklüğü ve geometrisine göre yongalevhaları dört grupta toplamak mümkündür (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009);

a. Normal yongalevhalar (Particleborad): Bu tip yongalevhalar genel olarak kalınlıkları 0.25–0.40mm, genişlikleri 2-6mm ve uzunlukları 10-25mm'ye kadar olan yongalar kullanılmaktadır.

b. Etiket yongalı levhalar (Waferboard): Yaklaşık 0.5–0.7mm kalınlığında, 35-75mm uzunluğunda ve 25-40mm genişliğindeki yongalara Wafer, bunlardan üretilen yongalara ise Waferboard denilmektedir. Bu tip levhalar Kuzey Amerika'da önemli bir yapı malzemesidir. Genellikle çatı kaplaması, iç ve dış duvar kaplaması, döşeme veya döşeme altı olarak kullanılmaktadır.

c. Şerit yongalı levha (Flakeboard): Kalınlık ve uzunlukları Wafer ile aynı, fakat genişlikleri 9-10mm olan yongalardır ve bunlardan üretilen levhalara Flakeboard denilmektedir.

d. Yönlendirilmiş yongalı levha (Oriented Structural Board, OSB): Bu tip levhalarda genel olarak yonga kalınlıkları 0.4–0.8mm, genişlikleri 6-25mm ve uzunlukları 38-63mm kadardır. Yönlendirilmiş yongalı levha, kullanım yerine göre arzu edilen direnç değerlerinde üretilebilir. Masif oduna oranla daha stabil olup çatlak, budak gibi kusurları içermez. Bu tip yongalevhalar sahip oldukları üstün mekanik özellikleri nedeniyle kontrplak, kontrtabla ve masif ağaç malzemenin kullanıldıkları yerlerde kullanılabilirler. Özellikle yapıların içinde; döşeme malzemesi, taban döşemesi, mobilya yapımı, prefabrik ev yapımı, dam ve duvar örtüleri, depo inşaatı, ambalaj sandıkları ve inşaat kalıp tahtası olarak tercih edilmektedir.

5. TS EN 312'e (2005) göre, yongalevhalar yedi grupta incelenmektedir.

a. P1: Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar

b. P2: Kuru şartlarda kullanılan iç mekan uygulamaları (mobilya dahil) için levhalar

c. P3: Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar

d. P4: Kuru şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar

e. P5: Nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı levhalar

f. P6: Kuru şartlarda kullanılan ağır yük taşıyıcı levhalar

g. P7: Nemli şartlarda kullanılan ağır yük taşıyıcı levhalar

6. Kullanılan bağlayıcı madde türüne bağlı olarak yongalevhalar, sentetik reçineli ve çimentolu yongalevhalar olarak ikiye ayrılır. Anorganik yapıştırıcı ile üretilenlerde hammadde olarak; çimento, ağaç yongası veya tarımsal bitkiler ve su ile birlikte az miktarda kimyasal katkı maddeleri (CaCO_3 , SiO_2 , Al_2O_3 gibi) kullanılmaktadır. Bu tip

yongalevhalar mantar ve böcekler tarafından tahrip edilememektedir (Bozkurt, 1982). Sentetik reçineli levha üretiminde ise; üre, melamin, fenol formaldehit ve izosiyanat tutkalları kullanılmaktadır.

7. Yongalevhalar yüzey kaplama malzemesi çeşidine göre (Nemli, 2000):

a. Sıvı yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmış yongalevhalar: Sıvı yüzey işlemlerinde desen baskı ve lake boya uygulanmaktadır (Soine, 1973).

b. Katı yüzey kaplama malzemeleri ile kaplanmış yongalevhalar: Yongalevha endüstrisinde kullanılan katı yüzey kaplama malzemeleri; melamin, diallyl phthalate, polyester emdirilmiş kağıtlar, yüksek basınç (HPL) ve rulo-bobin laminatları (CPL), folyolar, ahşap kaplama levhaları, fenolik kraft kağıtları, polivinil klorür (PVC), lignin dolgulu laminatlar, polietilen kağıtlar, ısı transfer filmleri, vulkanize lifler, PVA(polivinil asetat) + üre ve üre+ amonyum klorür esaslı kağıtlardır (Anonim, 1972).

6. Kullanım yerine göre yongalevhalar:

a. Kapalı mekânlarda kullanılanlar

b. Hava etkisine açık mekânlarda kullanılanlar olmak üzere ikiye ayrılırlar.

1.3. Yongalevha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

1.3.1. Ağaç Malzeme

Bakım ve aralama kesimleri ve ağaçların budanması sonunda elde edilen ince yuvarlak odunlar, dal ve tepe uçları, ağaç endüstrisi artıkları kullanılmaktadır. Boyu 0.5–2 m, ince uç çapı en az 4 cm, kalın uç çapı en çok 20 cm olan yuvarlak ve yarım odun, kalınlığı 20 cm'den küçük artık parçalar ve tane büyüklüğü en az 2 mm olan testere talaşı, yonga ve lif odunu olarak kullanılabilir. Levha üretiminde kullanılacak odun çürüklük içermemelidir. Lif ve yonga odununda budak, çatlak ve lif kıvrıklığı gibi kusurlar bulunabilir. Yongalevha üretiminde odun hammaddesinin kabuk içermemesi istenir. Buna rağmen üretimde yongalar genellikle kabuğu soyulmamış odunlardan elde edilmektedir. Kabuk kumlu olmadığı takdirde kullanılmasında fazla sakınca yoktur (Özen,1980).

Yapılan çalışmalarda; ağaç kabuğunun orta tabaka yongalarına belirli oranda karıştırılması veya kabuk ekstraktı hazırlanması suretiyle üretilen yongalevhaların standartlarda öngörülen mekanik özellikleri karşıladığı, kalınlığına şişme ve formaldehit emisyonunun iyileştiği belirlenmiştir (Wellons ve Kralmer,1973;Chow, 1972; Chow,

1975; Chow ve Pickles, 1972; Muszynski ve Macnatt, 1984; Maloney, 1973; Place ve Maloney, 1975; Blanchet vd., 2000; Pasillias ve Voulgaridis, 1999; Yemele vd., 2008).

Yapılan bir çalışmada, atık gazete kâğıtları yongalara belirli oranlarda karıştırılarak tek tabakalı yongalevhalar üretilmiş ve yapılan testlerden elde edilen sonuçlar standartlara uygun çıkmıştır (Nourbakhsh,2010; Kim vd., 2009).

Güler ve arkadaşlarına (2008) göre, yerfıstığı kabuğunun yongalevha üretime uygun bir hammadde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Guru ve arkadaşlarına (2008) göre, ceviz kabuğunun yongalevha üretimde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Hashim ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, palmiye kabuğu, yaprağı ve gövdesi yongalevha yapımında kullanılmış ve sonuçlar standartlara uygun bulunmuştur (Hasim vd., 2011).

Yapılan bir çalışmada, fındık kabuğunun yongalevha üretimi için uygun bir hammadde olduğu belirlenmiştir (Guru vd., 2009). Ayrılmış ve arkadaşları (2009), fıstık çamı kozalağının yongalevha üretimine uygun bir hammadde olduğunu tespit etmiştir. Fıstık çamı kozalağında bulunan ekstraktif maddelerden dolayı levhaların su alma miktarı, kalınlığına şişme ve formaldehit emisyonunda azalma görülmüştür. Mendes ve arkadaşlarının çalışmalarında ise okalıptus (*Eucalyptus urophyllas*) ağacının yongalevha üretiminde kullanılabileceği tespit edilmiştir (Mendes vd., 2009). Bir diğer araştırmada ise, (*Betulapapyrifera*) ağacından elde edilen yongaların yonga levhaların orta tabakasında kullanılmasına uygun olduğu saptanmıştır (Pedieu vd., 2009).

Iskenderani'e (2009) göre, hurma ağacı dallarından elde edilen yongaların üretilen yongalevhalar standartlara uygun sonuçlar vermiştir. Nemli ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada levhaların orta tabakalarına %12.5–25 oranında yalancı akasya kabuğu ilave edilmesi sonucu yongalevhaların formaldehit emisyonunda belirgin bir azalma görülmüştür (Nemli vd., 2002). Bunun sebebinin kabuktaki fenolik ekstraktifler ile formaldehit arasında ki bir tür reaksiyondan kaynaklanabileceği öngörülmüştür.

Büyüksarı ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, karaçam reaksiyon odununun plastik odun kompozit malzemelerde dolgu maddesi olarak kullanılabilme imkanı araştırılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, reaksiyon odunu katılım oranındaki artış eğilme direnci ve elastikiyet modülünde iyileşme meydana getirirken, su alma oranını negatif olarak etkilemiştir (Büyüksarı vd., 2012).

Yapılan çalışmalar sonucunda; kayın (Hızıroğlu ve Holcomb, 2005), kavak (Kamdem, 1994), kızılığaç (Nemli, 2003), söğüt (Nemli vd., 2001), orman gülü (Öktem, 1979), Japon criptomeryası (Malları vd., 1989), ardıç (Baştürk, 1993), sahil çamı (Cabral vd., 2007; Nemli vd., 2008), servi (Esmeralda vd., 2004), Douglas göknarı (Lehman ve Geimer, 1974; Nemli vd., 2002), dal odunu (Nemli vd., 2004), badem kabuğu (Guru vd., 2005), kahve kabuğu (Bekalo ve Reinhardt, 2010) ve sahil çamı ibrelerinin (Aydın, 2005) yongalevha üretimine uygun hammaddeler olduğu saptanmıştır.

Azizi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, buğday sapı ve kayın kaplama atıklarının yongalevha üretiminde hammadde olarak kullanılma olanağı araştırılmış ve elde edilen sonuçlar ışığında buğday sapı ve kayın kaplama atıkları alternatif bir hammadde kaynağı olarak tespit edilmiştir. Bu hammaddelerden üretilen yongalevhaların iç mekanda kullanımı standartlara göre uygun çıkmıştır (Azizi vd., 2011).

1.3.2. Yıllık Bitkiler

Odun hammaddesine dayalı endüstri sayısının zamanla artması, yonga ve lif odunu bulmakta ortaya çıkan güçlükler ve buna bağlı olarak artan hammadde fiyatları yongalevha endüstrisinde yıllık bitkilerin kullanılması imkanlarının araştırılmasına sebep olmuştur. Yapılan çalışmalarda, ayçiçeği sapları (Grigoriou ve Ntalos, 2001), kenevir, keten (Tröger vd., 1998; Papadapulos ve Hague, 2003), pirinç çeltiği (Gerardi vd., 1998), pamuk sapı (Güler ve Özen, 2004; Alma vd., 2005; Thole ve Weiss, 1992), çay fabrikası atıkları (Örs ve Kalaycıoğlu, 1991; Nemli vd., 1998), kenaf (Jianning ve Guenping, 2003), bambu (Papadapulos vd., 2004; Almeida vd., 2002), kamış (Deppe ve Ernst, 1977), hindistan cevizi meyve kabuğu ve lifleri (Papadapulos vd., 2002; Khedari vd., 2003; Khedari vd., 2004), şeker kamışı (Ghalehno vd., 2011; Turreda, 1983), buğday sapı (Azizi vd., 2011; Wong vd., 2002; Mo vd., 2003), kivi budama atıkları (Nemli vd., 2003), asma sapı (Ntalos ve Grigoriu, 2002), şili biberi sapı (Oh ve Yoo, 2011) ve mısır saplarının (Heller, 1980; Yang vd., 2003) yongalevha üretimine uygun hammaddeler olduğu saptanmıştır.

Güntekin ve Karakuş (2008), tarafından yapılan çalışmada patlıcan saplarının, Nemli ve arkadaşlarının (2009), yaptığı çalışmada ise çimen atıklarının yongalevha üretiminde kullanılabileceği tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada domates saplarından üretilen

yongalevhaların kuru ortamlarda genel kullanım için uygun olduğu tespit edilmiştir (Güntekin vd., 2009).

1.3.3. Tutkal

1.3.3.1. Organik Tutkallar

Organik yapıştırıcılar sentetik, bitkisel ve hayvansal tutkallar olmak üzere üçe ayrılırlar. Bunlardan sentetik tutkallar bu endüstride kullanılmaktadır. Çözelti halindeki tutkallar yaklaşık üç ay içinde kullanılmayacak kadar bozulurlar. Dayanım süresi yaklaşık 6 ay olan toz halinde ki tutkallar ithal edilebilirler (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Yongalevha endüstrisinde kullanılan sentetik tutkallar genellikle duroplastik tutkallar (Aminoplastlar = Üre formaldehit, Melamin formaldehit ve Fenoplastlar = Fenol formaldehit ve Resorsin formaldehit)'dir. Duroplastik tutkallar ısıtıldıklarında önce yumuşamakta fakat daha fazla ısıtıldıklarında yeniden yumuşamamak üzere sertleşmektedirler. Bunlar arasında teknik ve ekonomik açıdan en önemlisi üre formaldehit tutkalıdır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009). Beyaz renkli veya şeffaf olduğundan genel amaçlar için üretilen yongalevhalarda kullanılmaktadır. Fenol formaldehit tutkalları ise açık hava şartlarında ve dış cephelerde kullanılacak levhalar için uygundur.

1.3.3.1.1. Üre Formaldehit

Ucuzluğu, kullanım teknolojisinin kolaylığı ve teknik üstünlükleri nedeniyle yongalevha sanayindeki üretimin %90'nın da üre formaldehit tutkalı kullanılır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009). Üre formaldehit sulu ortamda dağılmış, üre ve formaldehitin yüksek moleküllü ağır polimerleridir. Üre ile formaldehitin yaptığı bir kondenzasyon ürünüdür. Hem kuru hem de sıvı hallerde elde edilebilmektedir. Formaldehit metanolden, metanol de maden kömürü oksijen ve hidrojenle elde edilmektedir. Formaldehit ise metanolün katalitik oksidasyon hidrolizasyonu yolu ile üretilmektedir. Üre renksiz, kokusuz, suda kolaylıkla çözünebilen kristal halinde bir madde olup, amonyak ve karbondioksitin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Huş, 1997).

Tutkalın üretimi esnasında pH 5–5.5’ da bir reaksiyon vuku bulmaktadır. pH'ın 7 veya 8'e çıkarılması ve soğutma, reaksiyonu durdurabilmektedir. Reçinenin % 40-60'ı uçucu olmayan katı maddelerden ibarettir. Bir miktar suyun destile edilmesi suretiyle katı reçine miktarı % 60-65'e çıkartılır. Hızlı bir sertleşme için katalizöre ihtiyaç vardır. Bu amaçla üre formaldehit tutkalında katalizör olarak amonyum sülfat veya amonyum klorür ilave edilmektedir.

Üre formaldehit reçinesinin özellikleri arasında; ısıtıldığı zaman hızlı bir şekilde sertleştiğini, yapışma direncinin yüksek ve renginin açık olduğunu belirtmek mümkündür (Anonim, 1975). Üre formaldehit, yongalevha ve MDF üretiminde kullanılan en yaygın tutkal çeşididir. Dünya genelinde, üre formaldehit tutkalının % 70'inden fazlası orman ürünleri sanayinde kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalara göre bu tutkal; % 61 oranında yongalevha, % 5 oranında kontrplak, % 27 oranında MDF ve % 7 oranında dekoratif yüzey kaplama malzemesi üretiminde değerlendirilmektedir. Üre formaldehit tutkalının avantaj ve dezavantajları aşağıda açıklanmıştır (Nemli ve Aytaç, 2002; Pizzi, 1983; Goncalves vd., 2008):

- a.Güçlü adhezyon özelliğine sahiptir.
- b.Düşük sıcaklıklarda hızla sertleşmektedir.
- c.Suda çözünebilir.
- d.Kokusuzdur.
- e.Tutuşmaz.
- f.Kısmen opak bir özellik arz etmektedir.
- g. Fiyatı ucuzdur
- h.Çok iyi termal özelliklere sahiptir.
- i.Sertleşmiş tutkal filmi renksizdir.
- j.Rutubet ve suya karşı dayanıksızdır.
- k.Formaldehit emisyonu yüksektir.

Üre formaldehit tutkalı lif veya yongalara sulu çözelti halinde uygulanmaktadır. Isı etkisi altında sertleştirici ilavesi ile üç boyutlu, çapraz bağlı hal almakta, üre ve formaldehitin kondenzasyonu ile üretilmektedir. Üre formaldehit sentezi iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada amino gruplarına formaldehit ilavesi ile üre hidroksimetillenmiş bir hal almaktadır. Bu aşamada; mono, di ve trimetilol üre oluşmasına öncülük eden reaksiyon serisidir. Tetra metilol üre fazla miktarda oluşmaz. Formaldehitin

üreye ilavesi belirli bir pH değerinde gerçekleşmektedir. Reaksiyon oranı; pH değeri, reaksiyon koşulları ve ilave katkı maddelerine bağlıdır (Conner, 2001).

İkinci kademe, metilol ürenin düşük molekül ağırlıklı polimerlere kondenzasyonunu kapsamaktadır. Kondenzasyon reaksiyonları pH değerine bağlı olmakla birlikte, asidik koşullarda üre formaldehit tutkalının molekül ağırlığındaki artışın formasyona öncülük eden aşağıdaki reaksiyonların bir kombinasyonu olacağı düşünülebilir (Nemli ve Çolak, 2002).

a. Metilol ve amino gruplarının reaksiyonu sonucu amin grupları arasında metilen köprülerinin oluşması

b. İki metilol grubu arasındaki reaksiyon sonucu metilen eter zincirlerinin oluşması

c. Formaldehitin ayrılması ile metilen eter köprülerine dönüşmesi

d. Metilol gruplarının reaksiyonu sonucu metilen metilen köprülerinin oluşması.

Genel olarak bakıldığında birinci aşama, üre ve formaldehitin reaksiyonu (pH: 8–9) ile metilol ürenin formasyonunu içermektedir. İkinci aşamada (pH: 5), asidik koşullarda kondenzasyon reaksiyonları arzu edilen viskoziteye ulaşmaya kadar devam etmekte, reaksiyon karışımı soğutularak nötrleştirilmektedir. Tutkalın katı madde oranını (% 60–65) ayarlamak için vakum destilasyonu ile su uzaklaştırılmaktadır. Üre iki veya daha fazla kademe ilave edilmektedir. Ürenin ilk ilavesi metillendirme işlemi sırasında gerçekleştirilmektedir ($F/\bar{U}= 1,6-2$). İkinci ve sonraki üre ilaveleri F/\bar{U} oranını istenilen seviyeye düşürmektedir.

Sıcak presleme sırasında polimerizasyon ve kondenzasyon reaksiyonları tamamlanmaktadır. Asidik koşullarda sertleşen bir tutkal türü olan üre formaldehit için en iyisertleşme sıcaklık 120 °C ve pH: 4–5 civarında gerçekleşmektedir. Sıcak preslemede ısı etkisi ile ön kondense olmuş olan tutkal, çapraz bağlanma reaksiyonları ile düzgün bir film oluşturmaktadır. Reaksiyon tersinirdir. Gereğinden fazla ısı uygulaması üre formaldehit tutkalının hidrolizine neden olabilmektedir. Preslemede gereğinden fazla ısı uygulanmamalı, preslemeden sonra üretilen levhalar soğutulmalıdır. Üç tabakalı levha üretiminde, yüzey tabakaları orta tabakadan daha hızlı sertleşecektir. Bu nedenle yüzey tabakasında kullanılan tutkalın sertleşmesinin geciktirilmesi önerilmektedir.

Günümüzde, laminat üretiminde melamin tutkalları önemli bir yere sahiptir. Bununla birlikte bazı durumlarda, üre veya üre+melamin karışımı tutkallarda kullanılmaktadır. Üre formaldehit tutkallarının laminat endüstrisinde kullanılması bazı problemleri beraberinde getirmektedir.

Üre formaldehit tutkalları, süreklilik arz eden ıslanma ve kurutma periyotlarına karşı dayanıklı olmayıp 60 °C ve % 60 bağıl nem koşullarında bozunmaya başlamaktadır. % 15-20'lik odun rutubeti 60 °C'nin altında üre formaldehit tutkalının degradasyonunu hızlandırmaktadır. Fenolik veya polifenolik tutkalların aksine aminoplastik tutkallar genellikle sertleşmeden sonra açık renkli, görünmeyen bir tutkal hattı oluştururlar. Bununla birlikte asidik sertleştiriciler tutkal hattında açık sarıdan koyu kırmızıya kadar değişen renk bozukluklarına yol açabilirler. Bu sakıncalı durumu ortadan kaldırmak için sertleştirici ya tutkaldan önce püskürtülmeli veya malzeme yüzeyine daha sonra uygulanmalıdır. Goncalves, Lelis ve Oliveria'a (2008) göre, üre formaldehit tutkalına %10, %15 ve %30 oranında tanen karıştırılması durumunda yongalevhanın fiziksel ve mekanik özelliklerinin etkilenmediğini tespit etmişlerdir.

Üre formaldehit tutkalının önemli problemlerinden olan formaldehit emisyonunu azaltmak için aşağıdaki önlemler alınabilir:

- a. Üre formaldehit tutkalına üre veya melamin ilavesi
- b. Ağaç levha ürünlerinin direkt olarak amonyak gazına maruz bırakılması
- c. Yongaların preslenmesi sırasında ek bir yüksek frekansla ısıtma uygulanması
- d. Levha yüzey ve kenarlarının kaplanması

Son yıllarda formaldehit emisyonunun azaltılması için yeni araştırmalar yapılmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre formaldehit emisyonunun iki şekilde gerçekleştirilmektedir:

- a. Üre formaldehit reçine kimyasının modifikasyonu
- b. Formaldehit yerine daha az uçucu aldehit bileşiklerinin kullanımı

Üre formaldehit tutkalının modifikasyonu aşağıdaki işlemlerle sağlanabilir:

- a. Tutkal sentezi sırasında direkt olarak polyamin karıştırılması
- b. Amonyum klorür yerine sertleştirici olarak polyamin hidroklorürün kullanımı
- c. İlk iki koşulun birlikte uygulanması (Nemli ve Aytaç, 2002).

Maminski ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, üre formaldehit tutkalına glutarik aldehit ilavesiyle üretilen levhalarda su alma ve kalınlık artış miktarında azalma olduğu tespit edilmiştir (Maminski vd., 2008). Başka bir çalışmada ise üre formaldehit tutkalına melamin ilavesiyle formaldehit emisyonunun azaldığı belirlenmiştir (Hsy, 2009). Abdullah ve Park'a (2009) göre, yapılan araştırmada üre formaldehit tutkalına katılan hidrosülfid, sodyum bisülfid, akrilamid, ve polimerik 4,4-

difenil-metan dizosiyanat gibi katkı maddelerinin üre formaldehit tutkalının rutubet direncini artırdığı tespit edilmiştir.

1.3.3.1.2. Melamin Formaldehit

Melamin formaldehit, melamin ile formaldehitin kondenzasyonu sonucu üretilmektedir. Bu reçine 90–140°C sıcaklıklarda sertleştirici katılmaksızın sertleşebilmektedir. Melamin formaldehit tutkalının elde edilmesinde önce kömür 2000 °C'de kireçle muamele edilerek kalsiyum karbür, daha sonra bu madde 1000 °C'de havanın azotu ile birleştirilerek kalsiyum siyanamid'e dönüştürülür. Bunu takiben, alkali bir ortamda karbonik asit sevk edilerek ısıtıldığı zaman hidrolize olmakta ve böylece disiyanamid meydana gelmektedir. Bu madde fiziksel ve kimyasal koşullar altında % 100'lük melamine dönüşür. 1 mol melamin 6 mol formaldehit ile reaksiyona girerek kondenzasyonun ana maddesi olan tri metilol melamin meydana gelir. Kondenzasyon 5–6 pH ortamında oluşmaktadır. Nötrleştirme yolu ile kondenzasyon ürünü yeterli derecede çözümlenebilecek duruma gelince işleme son verilir. Melamin tutkalı üre tutkalı kadar depolamaya elverişli değildir. Serin ve kuru bir yerde muhafaza edilmesi durumunda toz halindeki reçine 1 yıl dayanabilmektedir. Melamin formaldehit tutkalı, üre formaldehit tutkalına benzemekle birlikte bazı avantajları vardır (Pizzi, 1983; Nemli ve Çolak, 2002):

- a. Suya karşı daha dirençlidir,
- b. Isı stabilitesi daha yüksektir,
- c. Düşük sıcaklıklarda ve sertleştirici katılmaksızın sertleşebilirler.

Fenol formaldehit tutkalı ile karşılaştırıldığında ise parlaklık, açık renklilik ve dayanıklılık bakımından üstünlük sağlar. Bu avantajlara rağmen en büyük dezavantajı fiyatının üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkallarından yüksek olmasıdır. En önemli kullanım alanı üre formaldehid tutkalına karıştırılarak kullanılmasıdır. Saf olarak kullanıldığı takdirde kaynamaya ve dış hava şartlarına çok dayanıklıdır. Üre formaldehit tutkalı ile % 25–75 oranında karıştırıldığında ise suya yeterince dayanıklı kalabilmektedir.

Melamin formaldehit tutkalına % 10-15 resorsin katılmak suretiyle, ahşap levhalara metal yapıştırılabilir. Melamin formaldehit tutkalı kaplama en ekleme ve yüksek frekansla tutkallamada da kullanılabilir. Melamin üre formaldehit tutkalı üre formaldehit tutkalına göre suya karşı daha dayanıklıdır. Melamin üre formaldehit tutkalı Melamin veya resorsin

formaldehit tutkallarından daha ucuzdur. Fenol formaldehit tutkalına göre daha düşük sıcaklıklarda sertleşebilmektedir (Anonim, 1975).

Yongalevha üretiminde kullanılmak üzere iyi bir melamin üre formaldehit tutkalının hazırlanması için en uygun üretim metotları hakkında üç tip formülasyondan bahsedilmektedir (Çolakoğlu vd., 2002):

1. Reaktöre sırasıyla önce melamin sonra üre ve ikinci üre ilave edilmektedir (MÜÜ).
2. Önce birinci üre, sonra ikinci üre katılmakta en sona melamin ilave edilmektedir (ÜÜM).
3. Reaktörde önce üre ve formaldehit reaksiyonu bunu takiben melamin ve daha sonra ikinci üre ilavesi gerçekleşmektedir (ÜMÜ).

Toplam formülasyon içinde düşük oranlarda melamin varsa ÜMÜ ve MÜÜ şeklinde üretilenler arasında performans bakımından belirgin bir fark yoktur. Fakat melamin oranı % 50 kadar ise ÜMÜ formülasyonunun performansı MÜÜ formülasyonundan daha iyidir. Daha yüksek melamin oranlarında (% 60) MÜÜ formülasyonu ÜMÜ formülasyonundan daha iyi performansa sahiptir.

Kontrplak ve yongalevha üretimi için kullanılan melamin formaldehit tutkalı, dekoratif kâğıtların emprenyesinde kullanılanlardan oldukça farklı karakteristiklerde hazırlanmaktadır. Kağıt emprenyesinde kullanılan melamin formaldehit reçinesinin kağıt tabakasına penetrasyonu için viskozitesi daha düşük, katı madde oranı ise daha yüksektir. Buna karşılık kontrplak ve yongalevha üretiminde kullanılan melamin formaldehit reçineleri odun tabakasına daha düşük oranda penetrasyonunu sağlamak için genellikle daha viskozdur. Aksi halde yapıştırıcının bir kısmı odun içine penetre olarak yapışmaya katkı sağlamaz. Kağıt tabakalarının emprenyesinde istenen kağıda iyi bir penetrasyon ve hızlı sertleşme gibi karakteristikleri melamin formaldehit tutkalının hazırlanması sırasında bazı yöntemlerle sağlanabilir. Üretim sırasında metilol grupları oranının arttırılması veya kondenzasyon derecesinin düşük tutulması ile kâğıt tabakasının emprenyesine uygun melamin formaldehit tutkalı elde edilir (Anonim, 1975).

1.3.3.1.3. Fenol Formaldehit

Fenol formaldehit tutkalı alkali bir katalizör yardımı ile formaldehit ve fenolün kondenzasyonu suretiyle elde olunmaktadır. Bu tutkal sıcakta sertleşen reçineler grubuna girmektedir. Fenol formaldehit tutkalları resol ve novalak tipi olmak üzere iki grupta toplanmaktadır (Anonim, 1975).

Formaldehit/fenol <1 (1: 1.6 – 1: 2.5) olmak üzere fenol ile formaldehitin asidik katalizörler yardımı ile kondanse edilmesinden elde edilen fenol reçinesine novalak adı verilmekte olup alkali çözücülerde çözünmektedir. Novalağa sertleştirici olarak paraformaldehit katılmaktadır. Formaldehit/fenol >1 (1.5–2) olmak üzere fenol ile formaldehitin alkali katalizörler yardımı ile kondanse edilmesinden elde edilen fenol reçinesine resol denilmektedir (Sellers, 1985).

Depolama süresi birkaç saatten birkaç aya kadar olabilir. Fenol formaldehit tutkalı düşük sıcaklıklarda depolanmalı ve pH değeri değişmemelidir. Üre tutkallarına göre daha yavaş sertleşmekte ve daha yüksek pres sıcaklığına ihtiyaç duymaktadırlar. Katalizörler presleme süresini kısaltır. Güçlü ve suya karşı dayanıklı yapışmalar sağlamaktadır. Fenol formaldehit tutkalı ağacın rengini koyulaştırır, çok derine nüfuz eder ve kokusu uzun süre çıkmaz. Bu nedenle, tutkallama yapılan hacimde çok iyi havalandırma yapılmalı, eller sabunla yıkanmalı, koruyucu elbiseler giyilmeli ve fenol reçinesi teneffüs edilmemelidir.

Fenol formaldehit özel kullanım yerleri için "İmpreg ve Compreg" olarak adlandırılan malzemelerin üretiminde de kullanılmaktadır. Ağaç malzemenin fenol formaldehit reçinesi ile emprenye edilmesi ve liflere nüfuz eden reçinenin basınç kullanılmadan sertleştirilmesi esasına dayanan "İmpreg" çok kullanışlı bir malzemedir. Bu malzemenin boyut stabilizasyonu % 60-70'dir. Normal ağaç malzemeye göre su iticiliği, kimyasal maddelere karşı direnci, biyolojik zararlılara ve ısı etkisine dayanımı daha yüksektir. Bu özelliklerinden dolayı kalıp üretiminde ve elektrik kontrol donanımlarında kullanılmaktadır. Fenol formaldehit tutkalı ile emprenye edilen kaplama levhalarının sıcaklık ve basınç altında yapıştırılmasıyla "Compreg" adı verilen malzeme üretilmektedir. Bu malzemenin boyut stabilizasyonu % 80-85 civarındadır. Biyolojik zararlılara dayanımı, kimyasal maddelere ve yangına karşı direnci normal odundan daha yüksektir. Bu özelliklere sahip olmasından dolayı kalıp, civata ve somun, dişli, uçak parçası, mekik, bobin, müzik aletleri ve bıçak sapları yapımında kullanılmaktadır (Yıldız, 1994).

Yapılan bir çalışmada çam kabuğu kullanımının artırılması ve kullanılan fenol formaldehit tutkalının miktarının azaltılmasıyla serbest formaldehit emisyonunun azaldığı belirlenmiştir (Chen vd., 2006).

1.3.3.1.4. Resorsin Formaldehit

Resorsin bir fenol olup, reaksiyona katılma gücü çok yüksektir. Resorsin formaldehit reçinesi, 1 mol resorsinin 1mol' den az formaldehit ile birleştirilmesi suretiyle elde edilmektedir.

Resorsin formaldehit düşük sıcaklıklarda dahi reaksiyona girmektedir. Bu nedenle kullanılmaya elverişli bir tutkalın elde edilebilmesi için kondenzasyon reaksiyonu 3.5–4.5 pH'lık bir ortamda yavaş, fakat gerek daha asidik gerekse alkali ortamda hızlı bir şekilde oluşmaktadır. Nötr ortamda ise resorsin en stabil durumdadır.

Resorsin tutkalları oldukça pahalı olmaları nedeni ile % 50 ve daha yüksek oranda un halinde öğütülmüş odun talaşı, soya fasulyesi unu, fındık kabuğu ve nişasta gibi maddeler ilave edilerek kullanılmaktadır. Saf olarak çok nadir, sadece özel amaçlar için kullanılır. Daha çok diğer tutkallara özellikle fenol formaldehite ilave edilmektedir.

Resorsin formaldehit tutkalı fenol formaldehit tutkalı ile karşılaştırıldığında daha düşük sıcaklıklarda sertleşebilmekte ve daha uzun süreli depolanabilmektedir. Resorsin açık hava koşulları ve kaynamış suya karşı dayanıklıdır. Gemi ve uçakların ağaç malzeme kısımlarının tutkalanmasında kullanılır. Ayrıca, gerek sentetik gerekse doğal kauçuğun, tekstil ve seramik malzemelerin yapıştırılması içinde uygundur (Huş, 1997).

1.3.3.1.5. İzosiyanat

Amino ve fenoplastik tutkallarda yapışma spesifik adhezyonla sağlanır. Halbuki di izosiyanat tutkalında gerçek bir kimyasal bağ oluşmaktadır. İzosiyanat tutkalı pahalı olup, su ihtiva etmemekte ve tutkalın tümü yapıştırıcı madde olarak kullanılabilir. Rutubete dayanıklılığı bakımından, fenol formaldehit ile eşdeğer, yapışma direnci ise daha yüksektir. Alüminyum ve çelik malzemeye yapışması nedeniyle transportör ve preslerde sorun oluşturur. Yapılan bir araştırmada; etil metilen di fenil izosiyanat tutkalı kullanılarak

üretileen yongalevhaların teknolojik özellikleri, polimetilen di izosiyanat tutkalı ile üretilenlere göre daha yüksek bulunmuştur (Papadopoulos, 2002).

1.3.3.2. Termoplastik Tutkallar

Teorik olarak termoplastik tutkallar yongalevha üretiminde yalnız veya içerisine üre formaldehit ya da fenol formaldehit ilave edilerek kullanılabilir. Fakat bunlarla yapıştırılmış levhalar yüksek sıcaklıklarda kolayca deforme olurlar. Bu nedenle yongalevha üretiminde bunların herhangi bir önemi yoktur (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Termoplastik tutkalla ısıtılmak sureti ile yumuşayabilen, soğutulduklarında ise sertleşen tutkallardır. Bu tutkalların, soğuk olarak uygulanması, kolay sürülmesi, kokusuz ve yanmaz özellik taşıması, işlenmesi sırasında aletleri yıpratmaması ve odunu lekeleme kusurunun olmaması gibi avantajlı özellikleri yanında, 70°C sıcaklıktan itibaren bağlantı maddesi görevi özelliğini yitirmesi gibi sakıncalı özelliği de vardır.

Polivinil asetat tutkalı (PVA); su, kömür, kireç ve sirke asitinden üretilir. Kok kömürü ile sönmüş kireç elektrik fırınlarında kızdırılarak karpit haline dönüştürülür. Karpite su etki ettirilerek asetilen gazı elde edilir. Asetilen ile sirke asidi, vinil esteri meydana getirirler. Vinil ester moleküllerine monomer adı verilir. Bu küçük moleküller, istenilen molekül ağırlığı basamağına erişilinceye kadar birbirlerine bağlanabilirler. Binlerce monomer birleşerek polimerleri oluştururlar. Bu kimyasal olaya polimerleşme denilir. Polimerleşme, aynı veya benzer moleküllerden birçoğunun, molekül ağırlığı yüksek olan yeni ve büyük bir molekül vermek üzere birleşmeleridir. Vinil ester, açıklanan yöntemle polimerleştirilerek polivinil asetat (PVA) elde edilir. Polimerleşme olayı yönlendirilebilir. Bu şekilde farklı özelliklere sahip polivinil asetat tutkalı da üretilir. Katkı maddesi olarak sertleştirici, yumuşatıcı, organik ve anorganik katkı maddelerinden de yararlanılarak, tutkalın değişik kullanım alanlarına uyumu sağlanır (Burdurlu, 1994). Levha endüstrisinde kullanılmamaktadır.

Kowaluk ve Fuczek'e (2009) göre, polivinil asetat tutkalı ile yongalevha üretiminde yüksek viskoziteden dolayı uygulama zorluğu olmuş, eğilme direnci ve iç yapışma direnci ise üre formaldehit ile üretilen levhalara göre düşük çıkmıştır.

1.3.3.3. Doğal Tutkallar

Bu grupta soğuma ile yapışma sağlayan hayvansal tutkallar, sıcakta sertleşen kan albümini, iç kimyasal reaksiyon sağlayan kazein, tanen, sülfat atık suyu ve soya fasulyesi gibi bitkisel yapıştırıcılar yer almaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Yongalevha endüstrisinde doğal tutkalların kullanımı oldukça düşük orandadır. Bitkisel tutkalların, gelecekte yongalevha endüstrisinde önemli bir yer tutacağı tahmin edilmektedir. Hayvansal tutkallar olarak bilinen kazein ve kan tutkalları çok az miktarda üretilmekte olup bunlardan sadece modifikasyon maddesi olarak yararlanılmaktadır. 1950'li yıllarda, sentetik reçinelerin pahalılaşmasına paralel olarak, sülfat atık suyu ve ligninin yongalevha üretiminde kullanılabilme imkanları araştırılmış ve bu sanayii dalında kullanılabileceği saptanmıştır (Kalaycıoğlu, 1987; Çetin ve Özmen, 2002).

Soya fasulyesi tutkalı, soya fasulyesinden yağın ekstraksiyon yolu ile çıkarılmasından elde edilmektedir. Kontrplak endüstrisinde yapılan bir araştırmada pirinç çeltiğinden elde edilen tutkalın polimerik metilen difenildiizosiyanat ile birlikte yongalevha üretiminde kullanılabilir bir özellik taşıdığı saptanmıştır (Pan vd., 2005).

Bir araştırmada, soya fasulyesi tutkalı kullanılarak üretilen yongalevhaların elektrik iletkenliğinin diğer tutkal türleri ile üretilen yongalevhalara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir (Cheng vd., 2004). Soya tutkalı ve pirinç kabuğu kullanılarak yapılan diğer bir çalışmada, üretilen levhaların fiziksel ve mekaniksel özellikleri karşıladığı ayrıca formaldehit emisyonu olmayan, iç kullanıma uygun levhaların üretilebileceği belirlenmiştir (Ciannamea vd., 2010).

Tanen; odun ve ağaç kabuklarından ekstraksiyon yolu ile elde edilmekte ve açık hava şartlarında kullanılacak yongalevha üretimine uygun olmaktadır. Sülfat atık suyu, selüloz üretimi sırasında elde edilir. Kuvvetli asitlerden olan sülfürik asit ile basit bir asitlendirmeye maruz bırakılan sülfat atık suyu sıcaklık ve basınç ortamında yongalevhalarda suya dayanıklı bir yapışma sağlayabilmektedir. Ayrıca odun hücrelerinin doğal yapıştırıcısı olan lignin yapıştırıcı madde olarak yongalevha üretiminde kullanılmaktadır. Kabuk tanenlerinin yongalevha üretiminde tutkal olarak değerlendirilebileceği bildirilmiştir (Heinrich vd., 1996; Garnier vd., 2002).

Üzüm posasından ve çam ağacından elde edilen tanenin, yongalevhala üretiminde yapıştırıcı madde olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir (Ping vd., 2011; Senado-Mendoza vd., 2010).

Glutin tutkalı; tabakalı ağaç malzemelerde ve el sanatlarında kullanılmaktadır. Bu tutkalın esasını deri ve kemikte bulunan yapıştırma özelliğindeki iskelet albümin maddesi oluşturmaktadır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Kan albümini, kan serumu içinde çözülmüş durumda bulunan bir proteindir. Bu tutkalın hammadde kaynağı mezbahalardır. Açık, esmer ve siyah renkte olmak üzere üç çeşit kan albümini vardır. Bunlardan açık ve esmer renkte olanı gıda, deri ve kağıt endüstrisinde, siyah renkte olanı ise kontrplak endüstrisinde yapıştırıcı olarak değerlendirilmektedir.

Kazein tutkalı, sütteki proteinlerin pıhtılaşmış halidir. Kazein tutkalına küf ve mikroorganizmalar meydana getirdiği bozulmayı önlemek için % 3 Thymol katılır ve özellikle kaplama levhaların yapıştırılmasında kullanılır.

Buğdaydan elde edilen gluten tutkalı yongalevha üretiminde kullanılmış ve üretilen levhalar standartlara uygun bulunmuştur (Khosravi, 2011).

1.3.3.4. Anorganik Tutkallar

Anorganik tutkallar; çimento, magnezit ve alçı olup çoğunlukla inşaat sektöründeyalıtım için kullanılan levhalar ve çeşitli biçimdeki malzemeler ile özellikle son yıllarda ambalajlık kapların üretilmesinde kullanılmaktadır. Magnezyum ve portland çimentosu kullanılarak çimentolu yongalevha üretilmektedir. Erakhrumen ve arkadaşlarına göre; yongalevhada yapıştırıcı olarak kullanılan portland çimentosuna farklı oranlarda hindistan cevizi lifi ve karayip çamı talaşı katılarak üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri standartlara uygun çıkmıştır (Erakhruman vd., 2008).

Yapılan çalışmalarda, akçaağaç (*Acer platanooides L.*) ve gürgen (*Carpinus betulus L.*) ağaçlarından elde edilen yongalar ve çimentoyla üretilen yongalevhaların standartlara uygun olduğu görülmüştür (Papadopoulos, 2008). Diğer bir araştırmada ise böcek tasallutu sonucu kuruyan ağaçlardan elde edilen yongalar ve çimentoyla üretilen levhalardan olumlu sonuçlar alınmıştır (Chang ve Lam, 2009).

Olorunnisola tarafından yapılan çalışmada, hindistan cevizi kabuğu ve çimento kullanılarak üretilen yongalevhaların fiziksel ve mekanik özellikler bakımından standartlara uygun olduğu tespit edilmiştir (Olorunnisola, 2009).

Odun yongaları ve alçı karıştırılarak üretilen yongalevhaların tutuşma direnci ve ısı izolasyonu açısından geleneksel olarak üretilen yongalevhalara göre daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir (Lee vd., 2011; Espinoza-Herrera ve Cloutier, 2011).

Diğer bir çalışmada, okalıptus (*Eucalyptus urophylla*) ağacından elde edilen yongalar ve portland çimentosu kullanılarak üretilen yongalevhaların döşeme paneli olarak kullanılması uygun görülmüştür. Yapılan testler sonucunda üretilen levhaların iyi boyutsal stabilite ve mekanik dirençlere sahip olduğu belirlenmiş ayrıca, yüksek bağıl nem şartlarında kullanıma uygun olduğu saptanmıştır (Latorraca vd., 2009).

Ashori ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, kavak yongaları ve çimento kullanılarak üretilen yongalevhalarda odun oranının artmasıyla eğilme direnci ve elastikiyet modülünde iyileşme görülürken iç yapışma direncinde azalma olduğu tespit edilmiştir. İç yapışma direncindeki azalmanın sebebi olarak odun miktarındaki artışın bağlanmayı negatif etkilemesi gösterilirken, karışımdaki çimento oranının artmasıyla su alma miktarında azalma meydana geldiği görülmüştür (Ashori vd., 2012).

1.3.4. Katkı Maddeleri

Yongalevha endüstrisinde; sentetik reçinelere ilave edilerek kullanılan katkı maddeleri; sıcak presleme esnasında tutkaldan gaz çıkışını dengeleme, yanmayı geciktirme, preste sertleşmeyi hızlandırma, stabilite sağlama, bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı koruyucu özelliklerde olabilirler.

1.3.4.1. Sertleştirici Maddeler

Üretimde tutkal çözeltisi, hazırlanışından preslenmeye kadar sertleşmemeli, fakat preste hızla sertleşmelidir. Bu çelişkili problem çözelti içine sertleştirici ve engelleyici maddeler karıştırmakla önlenir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009). Yongalevha endüstrisinde kullanılan sertleştirici maddeler, kullanılan tutkal türüne göre değişmektedir.

Üre formaldehit tutkalının sertleşmesi için, mutlaka bir katalizör maddeye ihtiyaç vardır. Bu maksatla genellikle amonyum klorür veya amonyum sülfat kullanılır.

Amonyum sülfat tutkaldaki serbest formaldehit ile tepkimeye girerek sülfürik asit oluşturur ve böylece pH değeri azalır. Oluşan bu asidik durum kondenzasyon

reaksiyonunun devamına sebep olur ve neticede sertleşmiş tutkal bağı elde edilir. pH değerindeki azalma ortamdaki serbest formaldehit ve sertleştirici miktarına bağlıdır ve ısı ile hızlandırılabilir (Dunky, 1998).

Sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılması durumunda, serbest formaldehit ile tepkimeye giren amonyum klorür hidroklorik asit, heksametilentetramin ve su oluşmasına neden olur. Tepkime sonucu oluşan hidroklorik asit tutkalın asitliğini artırarak sertleşme işleminin gerçekleşmesini sağlar. Pres sıcaklığının artırılmasıyla pH değeri düşürülerek sertleşme işlemi hızlandırılır (Akbulut, 1991).

Fenol formaldehit tutkalı, herhangi bir sertleştiriciye gerek kalmaksızın, yalnızca sıcaklık etkisiyle sertleştirilebilir. Bu durumda, sıcaklığın 135–155°C arasında olması gerekmektedir. Fakat sertleştirici kullanılarak sertleşme hızlandırılabildiği gibi, sıcaklığın düşürülmesi de mümkün olmaktadır. Bu maksatla, paraformaldehit veya potasyum karbonat kullanılabilir.

Melamin formaldehit, herhangi bir sertleştirici katılmaksızın 90–140 °C'de ki sıcaklıklarda sertleşebilmektedir. Sertleşmenin hızlandırılabilmesi için amonyum klorür veya potasyum persülfat gibi tuzlar kullanılabilir.

1.3.4.2. Hidrofobik Maddeler

Yongalevhanın su alarak şişmesini önlemek amacıyla hidrofobik maddeler kullanılır. Bunlar levhanın su almasını tamamen önleyemezler. Ancak su alma hızını yavaşlatırlar. Böylece levha, kısa süre su veya yüksek miktarda rutubete maruz kalırsa, bundan etkilenmez (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Yongalevhelerde tutkal dışında boyutsal stabilite sağlamak ve levhanın su alarak şişmesini önlemek için çeşitli mumlar ve parafin kullanılmaktadır. En çok kullanılan hidrofobik madde parafindir. Genellikle, iğne yapraklı ağaçlarda tam kuru yonga ağırlığına oranla % 0.3–0.5, yapraklı ağaçlarda ise % 0.5–1 oranında parafin kullanılmaktadır.

Yapılan bir çalışmada, maleik anhidrit kullanımı yongalevhelere su iticilik kazandırmıştır (Büyüksarı vd., 2012). Diğer bir çalışmada, proponik anhidrit kullanımı yongalevhanın kalınlığına şişme değerlerini azaltmıştır (Papadopoulos ve Gkaraveli, 2003). Hundhausen ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada, yongalevha üretiminde alkil keten dimer su itici madde olarak kullanılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Fakat alkil keten dimerin, parafin kadar su itici özellik göstermediği tespit

edilmiştir (Hundhauzen vd., 2009). Yusuf (1996), odun yongalarının su buharı ile muamelesi sonucu yongalevhanın boyutsal stabilizasyonunun arttığını bildirmiştir. Unchi'e (1996) göre, odun liflerinin asetilasyonu boyutsal stabilize üzerinde pozitif etki meydana getirmektedir.

1.3.4.3. Koruyucu Maddeler

Böcek, mantar ve diğer biotik zararlılar tabakalı ağaç malzemelere de zarar verirler. Rutubet %18'den fazla ise mantarların derhal yongalevhaya arız olduklarını araştırmalar göstermiştir. Buna karşılık her levha türünün mantarlara karşı dayanıklılığı farklıdır. Fenol formaldehit ile üretilen yongalevhalar için, özgül ağırlık arttıkça, kabuk miktarı azaldıkça ve yapıştırıcı miktarı %12'den başlayarak arttıkça levhanın zararlılara karşı dayanıklılığı artar. Aminoplastik tutkallarla yapıştırılmış levhalarda ise daha levhanın odun kısmı tahrip olmadan tutkal tabakası zarar görür ve yapışma direnci zayıflar. İzosiyanat ve sülfid tutkalı ile yapıştırılmış levhalarda mantara karşı hassastır (Kalaycıoğlu ve Özen, 2009).

Yongalevhalar, bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı, fenol ve pentaklorfenol tuzları, kromlu bakır arsenat (CCA-Tip C) ve amonyaklı bakır arsenik gibi kimyasal maddeler kullanılmaktadır (Kartal ve Clausen, 2001).

Yanmayı önleyici madde olarak ise; borat, bakır, arsenik, çinko, boraks, borik asit ve borat ihtiva eden maddeler tercih edilmektedir. Yongalevha üretiminde amonyum fosfat ve borik asit kullanımının yanmaya karşı dayanım özelliklerini iyileştirdiği belirlenmiştir (Grexa ve Lübke, 2001). Koruyucu maddelerle muamelede farklı alternatifler vardır. Bunlar aşağıda belirtilmiştir:

1. Yongalevhalar koruyucu çözelti ile emprenye edilir veya çözelti yonga üzerine tutkallama veya kurutma işleminden önce püskürtülür.
2. Koruyucu madde tutkal çözeltisine karıştırılır.
3. Koruyucu madde çözeltisi tutkallanmış yonga üzerine püskürtülür.
4. Toz haldeki koruyucu tutkallamadan önce, sonra veya tutkallama sırasında yonga ile karıştırılır.
5. Levha üretildikten sonra emprenye işlemi, püskürtme veya sürme yöntemlerinden biri ile koruyucu önlem alınır.

Yongalevha üretiminde kullanılan yongalar propionik anhidrit ile muamele edilmiş ve mantar çürüklük deneyi yapılmıştır. Yapılan uzun süreli testler sonucunda (6 yıl)

propionik anhidritle emprenye edilmiş yongalardan üretilmiş yongalevhaların mantar çürüklüğüne karşı etkili olduğu tespit edilmiştir (Papadopoulos, 2010).

1.4. Yatay Preslenmiş Yongalevha Üretim Tekniği

Odunlar, çürümeleri önlemek için 30 cm yükseklikteki beton ayaklar üzerine yerleştirilmeli ve rutubeti lif doygunluğu noktasının üzerinde tutulmalıdır. Depolarda, yangına karşı gereken önlemler alınmalıdır. Depo zemininin temiz ve bakımlı olması gerekmektedir.

Yongaların hazırlanmasında ilk işlem kabuk soymadır. Bu işlem, elle veya makine ile yapılır. Özellikle dış tabakalarda kullanılacak yongalar için kabuk soyma zorunludur. Levhaların, dış ve orta tabakalarında kullanılan yongalar farklı fiziksel yapıdadırlar. Dış tabaka yongaları, bıçaklı makinelerde elde edilen ince yongalardır. Orta tabaka yongaları ise, kalın olup çekiçli değirmenlerde üretilirler. Yongalevha üretimine uygun ince yongalar, genellikle kesici aletlerle liflere paralel yönde kesmek sureti ile elde edilmektedir. Bunlara, kesme yongası denilmektedir. Liflere dik ve az meyilli kesilen daha kalın odun parçalarına ise kaba yonga denmektedir. Levha için uygun yonganın üretilmesi iki ayrı sistemle olmaktadır. Birincisinde, önce kaba yongalar üretilir, daha sonra bunlar değirmenlerde veya ince yongalama makinelerinde üretime uygun hale getirilirler. Bu yongalar genellikle orta tabakada kullanılmaktadır. İkincisinde, yuvarlak odundan doğrudan levha üretimine uygun incelikte ve uzunlukta fakat geniş yongalar üretilir. Bu yongalar, ince yongalama makinelerinde isteğe bağlı olarak küçültülebilirler.

Kaba yongalama makineleri, genellikle kereste endüstrisi artıklarının yonganmasında kullanılmaktadır. Bu makinelerden elde edilen yongaların boyları 10-60 mm arasında değişmektedir. Bu maksatla, silindir veya diskli kaba yongalama makineleri kullanılmaktadır. Odunlar, ya liflere dik olarak ya da 45°'lik açı yapacak şekilde kesilirler.

Yuvarlak odundan doğrudan levha üretimine uygun kalınlık ve uzunlukta yonga hazırlanma işlemine normal yongalama denilmektedir. Genişlik sınıflandırması yoktur. Normal yongalama için, silindirik ve diskli yongalama makineleri kullanılmaktadır. Kaliteli levha üretimi için kalınlığının homojen, yonganın her iki yüzünün birbirine paralel ve ince olması şarttır. Dış tabakalarda kullanılacak yongaların genellikle 0.15-0.25 mm, orta tabakada kullanılacakların ise 0.3-0.5 mm kalınlıkta olması istenir. Yongalama sırasında

yonga kalitesine, boyutlarına ve verimine etki eden birçok faktör vardır. Bunlar kullanılan hammadde, uygulanan teknoloji ve makinelerin durumu ile ilgilidir.

Yongalevha üretiminde, levhanın presten çıktıktan sonraki rutubetine bağlı olarak, yongaların % 3 - % 6 rutubete kadar kurutulması gerekir. Kurutma makinelerine sevk edilen yongaların rutubetleri, genellikle % 35 - % 120 arasında değişmektedir. Presleme tekniği bakımından, orta ve dış tabaka yonga rutubetinin farklı olması gerekmektedir. Yongaların kurutulması; ağaç türüne, yonga boyutlarına, özellikle yonga kalınlığına, özgül ağırlığına ve yongaların başlangıç rutubetine bağlıdır. Bunlara ek olarak kurutma makinesinin tipi ve çalışma sisteminin de kurutma üzerine büyük etkisi vardır. Aynı kurutma şartları altında kurutma süresi yonga kalınlığı ve ağaç türüne bağlıdır. Yonga kalınlığının artmasına bağlı olarak kuruma süresi uzamakta, yapraklı ağaç yongaları, iğne yapraklı ağaç yongalarına oranla daha uzun kurutma süresine ihtiyaç duymaktadır. Değişik tipte kurutma makineleri olmakla birlikte, bunlar arasında döner silindirli kurutucular, boru demetli kurutucular, kontak kurutucular ve çok bantlı kurutucular önemli bir yer tutmaktadır. Kurutma makinelerinde yakıt olarak doğal gaz, propan, fuel-oil ve zımpara tozu kullanılmaktadır. Yongaların kurutulma süresi çok kısa olduğu için, kurutucu içinden çok çabuk geçirilmelidirler. Rutubet miktarı bakımından kurutulacak hammaddeler arasında büyük farklılıklar varsa, bunlardan elde edilen yongalar ayrı kurutulmalıdır (Akbulut, 2000).

Yongalama makinesinde, heterojen boyutlarda yonga üretimi önlenememektedir. Yongalar kurutulduktan sonra, toz ve küçük parçacıkların uzaklaştırılması gerekir. Eğer bu materyaller ayrılmazsa, liflerin kısa ve zayıf olmasından dolayı levhanın direnci düşecektir. Çok kaba yongalarında tekrar ufalanmak üzere ayrılması gerekir. Kaba yongaların dış tabakalarda kullanılması yüzey düzgünlüğünü azaltır, orta tabakada kullanılması durumunda ise porozite artacağından daha sonra yapılacak olan kenar kaplama işlemini olumsuz yönde etkileyecektir. Bunun için iki sistem mevcuttur:

- a. Yongaların içinde bulunan çok kaba ve çok ince kısımların uzaklaştırılması
- b. Yongaların, boyutlarına göre arzu edildiği kadar gruplara ayrılması

Toz ve çok kaba yongalar ayrıldıktan sonra geriye kalan kullanılabilir yongalar tekrar ince ve kalın yongalar olmak üzere ikiye ayrılırlar. İnce yongalar levhanın yüzey tabakalarında, kalın yongalar ise orta tabakada kullanılmaktadır. Çok kaba yongalar ufalanmak üzere tekrar değirmenlere gönderilirken, toz ve ince parçalar yakılmak suretiyle değerlendirilmektedir.

Yongalevha fabrikalarında; yaş, kuru ve tutkallanmış yongaların depolanması gerekmektedir, bu amaçla silolar kullanılmaktadır. Yonga siloları, yongaların hareket yönüne göre; yatay, düşey ve rotasyon siloları olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Yongalevha üretimi sırasında, yongaların kademeler arasında taşınması gerekmektedir. Taşınırken yonga kalitesinin bozulmaması gerekmektedir. Bu sebeple, transport seçiminde yongaların ağırlık, rutubet ve hacim gibi özellikleri dikkate alınmalıdır. Bu maksatla kullanılan yonga transportörleri mekanik ve pnömatik olmak üzere iki çeşittir.

Yongalevha üretiminde, m²'ye 2 gr kuru tutkal kullanılması öngörülmektedir. Tutkallama için hava girdaplı enjektörler, yüksek basınçlı enjektörler, merkezkaç enjektörü, tutkallama silindirleri ve vantilatörler kullanılmaktadır. Tutkal çözeltisi; tutkal, sertleştirici, parafin ve zararlılara karşı koruyucu maddelerin karışımı ile elde edilir. Tutkal çözeltisi hazırlanırken, üretici firmanın önerilerine dikkate alınmalıdır. Yüzey ve orta tabaka yongaları ayrı ayrı tutkallanmaktadır. Normal olarak yüzey tabakalarında daha fazla tutkal uygulanır. Çünkü, yüzey tabakalarında kullanılan yongalar incedir ve bundan dolayı spesifik yüzey alanları daha fazladır. Tutkalın mümkün olduğunca üniform boyutta küçük taneciklere ayrılması ve böylece bütün yonga yüzeylerinin tutkalla kaplanması levhanın direnç özelliklerini iyileştirilmesi bakımından şarttır. Kullanılan tutkal miktarı tam kuru yonga ağırlığına oranla % 4-12 arasında değişir. Orta ve yüzey tabakalarında kullanılan tutkalın reçetesi farklılık göstermektedir. Orta tabakanın sıcak preste iyi bir şekilde sertleşmesini sağlamak için daha fazla sertleştirici ilave edilirken, yüzey tabakalarından sıcak prese varmadan önce ön sertleşme olmaması için daha az miktarda sertleştirici katılmalıdır. Yüzey tabakalarındaki rutubet miktarının orta tabakadan yüksek olması için, yüzey tabakalarında kullanılacak tutkala daha fazla su ilave edilebilir. Bu şekilde, daha önce % 2-5 rutubete kadar kurutulmuş olan yüzey tabaka yongalarının rutubeti % 17-18'e, orta tabaka yongalarının rutubeti ise yaklaşık % 10-12'ye yükselmektedir.

Tutkallama makinelerinden çıkan yongaların homojenleştirme depolarında iyice karıştırılması gerekir. Bu depolar iki adet olup, birincisi alt ve üst tabakada kullanılacak yongaların, diğeri ise orta tabakada kullanılacak yongaların homojenleştirilmesinde kullanılmaktadır. Homojenleştirme depolarından tutkallı yongalar lastik bant ve tırmıklı taşıyıcılar vasıtası ile serme makinelerinin ilgili silosuna taşınmaktadır.

Tutkallama makinelerinden çıkan yongaların yeknesak bir taslak halinde serilmesi ve presleme işlemine hazırlanması yongalevha üretiminin en önemli aşamasıdır. Yongaların

uygun bir şekilde serilmemesi sonucu meydana gelen özgül ağırlıktaki değişiklikler, mekanik özelliklerin değişmesinden çok, levhada eğrilmeler ve çarpılmalar meydana getirmesi bakımından da önemli bulunmaktadır. Yongaların serilmesinden amaç, mümkün olduğu kadar üniform bir taslak elde etmektir. Yani, levha alanının bir tarafından öbür tarafına kadar üniform ağırlıkta taslak elde edilmesidir. Serme işlemi; dökme, rüzgarlama ve savurma yöntemleri ile yapılmaktadır. Dökme sistemi Novopan sistemi olarak bilinmektedir. Üç tabakalı yongalevha üretimi için en az üç adet serme başlığına gerek vardır. Bunlardan ikisi alt ve üst tabakaları, diğeri ise orta tabakanın serilmesinde kullanılmaktadır. Rüzgarlama sisteminde düşmekte olan yongalara dik yönde hava püskürtülerek, yüzey ağırlığı az olan yongalar daha uzağa, çok olanlar ise daha yakına olacak şekilde serme başlığının altındaki sonsuz bant veya transport saclarının üzerine düşerler. Taslağın diğeri yanının oluşması için birincisine aksi yönde hava püskürtülür. Böylece elde edilen levhanın enine kesitinde ortadan yüzeylere doğru kalın yongadan daha ince yongalara doğru kademesiz sürekli bir geçiş vardır. Yüzey ve orta tabaka yongaları ayrı tutkalandıktan sonra uygun ortamlarda dozajlanarak birlikte serme başlığına verilir. Bu sistem, Bison serme sistemi olarak adlandırılır. Savurma sistemi BehrHimmelbeher grubu tarafından geliştirilmiştir. Bison sisteminden tek farkı hava akımı yerine yongaların bir silindir tarafından fırlatılması ve savrulmasıdır. Kalın olan yongalar uzağa düşerken, hafif yongalar yakına düşmektedir. Levhanın diğeri yanının oluşması için birincinin aksi yönde savurma yapılmaktadır. Levha taslağı, serme başlangıcından, presleme işlemine kadar sarsıntısız çalışmalıdır. Aksi takdirde taslak kenar ve köşeleri dökülerek kırılabilir, levha simetrisi bozulabilir ve malzeme kaybı olabilir.

Yongalevha endüstrisinde soğuk ve sıcak olmak üzere iki ayrı presleme uygulanmaktadır. Soğuk prese aynı zamanda ön pres de denilmektedir ve basıncı 15-20 kg/cm² arasında değişmektedir. Okal tipi yongalevha üretiminde soğuk presleme uygulanmamaktadır. Yongaların soğuk preslenmesinin amaçları aşağıda açıklanmıştır:

1. Orta ve yüzey tabakaları birbiri ile daha iyi kenetlenir.
2. İnce yongaların sarsıntı sonucu taslak tabanına kayması önlenir.
3. Sıcak preslerde pres plakalarının açılma yükseklikleri daraltılmış ve ısı kaybı ile pres kapanma süresinden tasarruf edilmiş olur.
4. Serme sırasında meyilli yer alan yongalar soğuk presleme sonucu kısmen düz duruma getirilir.

Yongalevha taslağı, levha özelliğini sıcak preslerde kazanır. Tesisin kapasitesi sıcak prese bağlıdır. Sıcak presleme esnasında, basınç ve sıcaklığın etkisi ile yongalar plastikleşir stabil ve istenilen kalınlıkta bir malzeme oluşur. Presleme süresi; taslak rutubeti, levha kalınlığı, pres sıcaklığı ve presin kapanma süresine bağlıdır. Pres sıcaklığı, süresi ve basıncı yongalevha teknolojik özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Sıcak presler fasıllı ve fasılsız olmak üzere ikiye ayrılır. Fasıllı presler tek katlı ve çok katlı olabilirler. Tek katlı preslerde presleme periyodunda bir adet levha preslenirken çok katlı preslerde bu sayı 4-22 arasında değişmektedir. Pres sacları kullanılan presleme sistemlerinde taslak metal saclar, elekli bantlar veya çelik bantlar ile sıcak prese taşınmaktadır. Pres sacı kullanılmayanlarda ise taslak sonsuz bant üzerinde taşınarak prese iletilmektedir. Sıcak preslemede uygulanan basınç levha özgül ağırlığı ve taslak kalınlığına bağlı olarak 20-35 kg/cm²'dir. Pres sıcaklığı ise tutkal türüne bağlı olarak 150-220 °C arasında değişmektedir. Presin kapanma süresinin kısa olması yüzey tabakalarının normalden daha yüksek orta tabakanın ise daha düşük özgül ağırlıkta olmasına neden olur. Presleme koşullarının yetersiz olması levhalarda patlamaya sebep olmaktadır.

Presten çıkarılan levhalar soğutma kanalı veya soğutma yıldızları kullanılarak soğutulurlar. Üre formaldehit ile üretilen levhalar aralarına lata konularak, fenol formaldehit tutkalı ile üretilen levhalar ise latasız üst üste istif edilmektedir. Soğutulan levhaların dört yanı birbirine dik olarak kesilip belli genişlik ve uzunlukta yongalevhalar elde edilir. Daha sonra, zımparalama makineleri kullanılarak yongalevha yüzeylerindeki kalınlık hataları giderilerek mobilya üretiminde üst yüzey işlemlerinden önce düzgün ve en az pürüzlü yüzeyler elde edilir. Bu amaçla genellikle 2-4 silindri zımparalama makinaları kullanılmaktadır. Zımparalama makinalarında kalınlık ayarı yapıldıktan sonra, levha bir geçişle her iki yüzü zımpırlanmış olarak çıkar. Zımpırlamadan sonra levhalar olgunlaştırma hangarlarına alınırlar. Düz bir altlığın üzerine üst üste konulmak suretiyle istiflenen levhalar depoya yerleştirilir. Depoların sıcaklığı 20±2 °C ve bağıl nemi % 65±5 olmalıdır.

1.5. Formaldehit Emisyonu

Formaldehit; renksiz, keskin kokulu, zayıf asidik, suyla karışabilen, akışkan ve zehirli bir sıvıdır (Coplugil, 1993). Yongalevha, kontrplak ve liflevha gibi odun esaslı levhaların yapıştırılmasında çok fazla miktarda kullanılan üre-formaldehit tutkalının

içerisinde serbest formaldehit bulunmaktadır. Serbest formaldehit tutkalın çapraz bağ oluşturmasına yardımcı olur ve sıcak preste sertleşmeyi hızlandırır. Sıcak preslenme sırasında formaldehitin büyük bir kısmı kimyasal reaksiyona girer ve/veya dağılır, reaksiyona girmeyen gaz halindeki bir miktardaki formaldehit ise levha içerisinde kalır ve yavaş yavaş dışarı çıkarak havaya karışır (Sellers vd., 1990).

Özellikle ucuz oluşu, kullanım kolaylığı ve teknik üstünlükleri nedeni ile kontrplak, yongalevha ve liflevha üretiminde önemli ölçüde kullanılan üre formaldehit tutkalı ile üretilen levhalarda gerek üretim gerekse kullanımları sırasında odun türü, reçine tipi ve miktarı, presleme şartları, sertleştirici ve ilave maddelerin miktarı ve türleri ile odun rutubeti gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklı miktarlarda formaldehit açığa çıkmaktadır (Çolakoğlu, 1993).

Formaldehitin bazı konsantrasyonlarda merkezi sinir sistemi üzerine uyuşturucu ve solunum sistemini tahriş edici etkisi bulunmaktadır. Uzun zincirli aldehitlerde uyuşturucu etkisi ağırlıkta olmasına rağmen kısa zincirlerde tahriş edici etki ağır basmaktadır. Formaldehitin tahriş edici etkisi daha çok üst solunum yollarında görülmektedir (Kurtoğlu ve Uçar, 1985).

Yapılan çalışmalara göre, insanların çoğu genellikle 0.4 ppm formaldehit konsantrasyonu altındaki değerlerden rahatsız olmaktadır. Alerjik insanlar için bu sınır 0.25 ppm olarak belirtilmektedir. Düşük konsantrasyonlarda gözlerde hafif tahrişe neden olurken artan konsantrasyonlarda göz yanması, boğazlarda yanma ve tahriş oluşumu ortaya çıkmaktadır. 3.5 ppm'in üzerindeki konsantrasyonlar ise öksürük, nefes darlığı ve göz yaşarması gibi rahatsızlıklara neden olmaktadır (Kalaycıoğlu ve Çolakoğlu, 1994).

Levha ürünlerinden ayrıışan formaldehit miktarlarının belirlenmesi için 20 yılı aşkın bir süredir pek çok metod geliştirilmiştir. Bunlar;

1. Perforatör Metodu
2. Desikatör Metodu
3. Gaz Analizi Metodu
4. Kabin Metodu
5. Deney Odası Metodu
6. WKI Şişe Metodu
7. Kağıt Sorpsiyon Metodu

Formaldehit emisyonlarına göre yongalevhaların sınıflandırılması Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Formaldehit emisyonlarına göre yongalevhaların sınıflandırılması

Emisyon Sınıfı	Perforatör Değeri (mg/100g)
E1	<8
E2	8<

Üretim sırasındaki formaldehit emisyonunu azaltmak için;

1. Formaldehit/üre mol oranı düşük tutkal kullanılmasıyla formaldehit emisyonu azaltılabilir (Myers, 1984).

2. Üre formaldehit tutkalına üre veya melamin ilave edilebilir (Tsai, 1984).

3. Üre formaldehit, fenol formaldehit ve izosiyanat bileşikleri karışım halinde kullanılabilir (Kurtoğlu ve Uçar, 1985).

4. NH₃ ile formaldehitin reaksiyonu; levhaların direkt olarak amonyak gazına maruz bırakılması veya amonyak tuzları ile muamele edilmesi şeklinde uygulanır. Amonyak tuzlarının çeşitleri ile muamele edilen kontrplaklarda kullanılan tuz çözeltisinin artan pH'ı ile formaldehit emisyonunun azaldığı gözlenmektedir (Myers, 1986).

5. Oksijenli sülfür bileşikleri ile formaldehitin reaksiyonu; bu amaçla pek çok oksijenli sülfür asitlerinin alkali tuzları kullanılmaktadır. Ayrıca SO₂ kullanımı da formaldehit emisyonunu azaltıcı etki yapmaktadır (Çolak ve Nemli., 2001).

6. Organik NH grupları ile formaldehitin reaksiyona tabi tutulması: Bu amaçla amin ve amidler kullanılmasına rağmen esas madde üredir (Çolak ve Nemli., 2001).

7. pH ayarlama: pH'ın nötrale yakın ayarlanması ile formaldehit emisyonunu azaltılabilir (Çolak ve Nemli., 2001).

8. Odun yongalarının nitrik asit ile muamele edilmesi ayrışan formaldehit miktarını azaltmaktadır (Çolak ve Nemli., 2001).

Yongalevhaların kaplanması ve yongalevha kalınlığındaki azalma formaldehit emisyonunu azaltmaktadır (Salem vd., 2011).

Yapılan çalışmalarda, yongalevha üretiminde polycarbamate-formaldehit ve akrilik tutkalı kullanılmıştır. Sonuç olarak üre formaldehit tutkalı ile üretilmiş levhalardan daha az formaldehit emisyonu olduğu görülmüştür (Kim, 2011; Amazio vd., 2011).

Boran ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada; üre, propilamin, metilamin, etilamin ve siklopentilamin çözeltileri liflevha üretiminde formaldehit emisyonunu düşürmek için kullanılmış ve başarılı sonuç elde edilmiştir (Boran vd., 2011).

1.6. Yüzey Özellikleri

1.6.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Pürüzlülük bir maddenin yüzeyindeki küçük düzensizliklerin ölçümüdür. Bu düzensizliklerin yüksekliği, genişliği ve şekli bir ürünün yüzey kalitesini belirler (Hiziroğlu, 1996). Yüzey tekstürü üç boyutlu bir yüzey topografyası oluşacak biçimde nominal yüzeyden tekrarlamalı veya gelişigüzel sapmalar şeklinde tanımlanabilir. Bu sapmalar pürüzlülüğü, yüzey dalgalanmalarını ve küçük çatlakları kapsamaktadır (ANSI, 1995).

Yongalevha endüstrisinde levhaların yüzeyleri dekoratif bir görüntü elde etmek, rutubet ve su emilimini ve formaldehit yayılımını azaltmak için kaplanır (Nemli vd., 2005). Yüzey kaplama malzemeleri reçine emdirilmiş kağıtlar, dekoratif laminatlar, ahşap kaplamalar gibi katı yüzey kaplama malzemeleri ve lake boya gibi sıvı yüzey kaplama malzemelerinden oluşur (Nemli, 2000).

İnce bir film şeklinde olan yüzey kaplama malzemelerinin yongalevhanın yüzeyine etkili bir şekilde uygulanabilmesi için levhanın yüzeyi oldukça düzgün olmalıdır. Levha yüzeyindeki en ufak bir pürüzlülük kaplama malzemesinde kendini göstereceği için ürünün derecesini, kalitesini, yüzeyinin işlenmesini ve tutkallanmasını etkiler. Yüzey pürüzlülüğünün derecesi, hem hammadde özelliklerinin hem de üretim işlemlerinin bir fonksiyonudur. Yonga boyutu ve geometrisi hammaddenin; reçine miktarı, presleme ve zımparalama ise üretim işleminin pürüzlülüğü etkileyen başlıca örnekleridir (Hiziroğlu, 1996). Pürüzlü yüzeyler, kaplamalar ile yongalevha arasındaki teması azalttığı için zayıf bir tutkal hattına ve düşük bağ direncine neden olur (Nemli vd., 2007).

Yongalevhada dış tabaka yonga kullanım oranı, levha özgül ağırlığı ve pres basıncının artırılması yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır (Nemli vd., 2005).

Nemli ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmaya göre, odun tozu kullanımı, levha taslak rutubeti, reçine miktarı ve pres süresi yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkili olmuştur. Levha taslak rutubeti %9' dan %13' e, reçine miktarı %8-10' dan %10-12'ye, pres süresi 125 sn.'den 165 sn.'ye ve odun tozu oranı en fazla %20'ye çıkarıldığında yüzey pürüzlülüğü azalmıştır (Nemli vd., 2007).

Yüzey tabakasında kullanılan yonga miktarının artırılmasıyla yüzeyi daha düzgün levhalar elde edilir (Maloney, 1977; Hiziroğlu ve Holcomb, 2005). Yüzey tabakasında ince

yongaların kullanılması ve yüksek sıkıştırma sayesinde pürüzlülük azaltılmış olur (Hiziroğlu, 1993).

Nemli ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, hammadde türü, dış tabaka kullanım oranı, yoğunluk ve pres basıncının yüzey pürüzlülüğünü etkilediği belirlenmiştir. Dış tabaka yonga kullanım oranı, yoğunluk ve pres basıncının artması yüzey pürüzlülüğünü azaltmıştır. Büyük çoğunluğu çam yongalarından üretilen levhaların yüzey pürüzlülüğü çoğunluğu kayından elde edilen levhalara kıyasla daha fazladır (Nemli vd., 2005).

Kaplama kurutma sıcaklığının artırılması yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemiştir. 20°C’de kurutulan kaplamalar en düzgün yüzeyi verirken 180°C’de kurutulan kaplamalar en pürüzlü yüzeyi vermiştir (Aydın ve Çolakoğlu, 2005). Dündar ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, 120 ve 140°C sıcaklıklarda kurutulan kaplamaların yüzey pürüzlülüğünün etkilenmediği, 160 ve 180°C’de kurutulan kaplamaların pürüzlülüğünün arttığı gözlenmiştir (Dundar vd., 2008).

Yongalevhalar MDF’ye kıyasla daha fazla yüzey pürüzlülüğüne sahiptir. Hem yongalevhada hem de MDF’de zımpara yönüne paralel ve dik yüzey pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak fark yoktur (Hiziroğlu vd., 2004).

Yongaların yüzey özellikleri kesici aletin geometrisine, kesme anındaki kırılma durumuna ve odunun anatomik yapısına bağlıdır. Anatomik yapıdan kaynaklanan pürüzlülükler traheit ve liflerin boşluklarıdır (Nemli vd., 2007).

Yongalevha üretiminde kullanılan tutkal miktarının artırılması ve pres süresinin uzatılması yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmiştir (Hiziroğlu ve Holcomb, 2005; Kalaycıoğlu vd., 2005).

Tabarsa ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmaya göre, şeker kamışı yongalarından üretilen yongalevhaların yüzey pürüzlülüğü, kavak ve yapraklı ağaç türü karışımından üretilen yongalevhalara göre daha az çıkmıştır (Tabarsa vd.,2011).

1.6.2. Yüzey Pürüzlülüğü Parametreleri

Yüzey pürüzlülük parametreleri profil ortalama çizgisine göre yüzeyin iki boyutlu profilinin belirlenmesinde kullanılır. Pürüzlülükler profil yükseklik yönünde veya yüzey düzlemine dik girinti ve çıkıntılardan oluşmaktadır (Aydın, 2003).

1.6.2.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra)

Ra, örnek pürüzlülük mesafesi boyunca profil ortalama çizgisinden sapmalara ait tüm değerlerin aritmetik ortalamasıdır (Şekil 1). Ortalama pürüzlülük değeri aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx \quad (1)$$



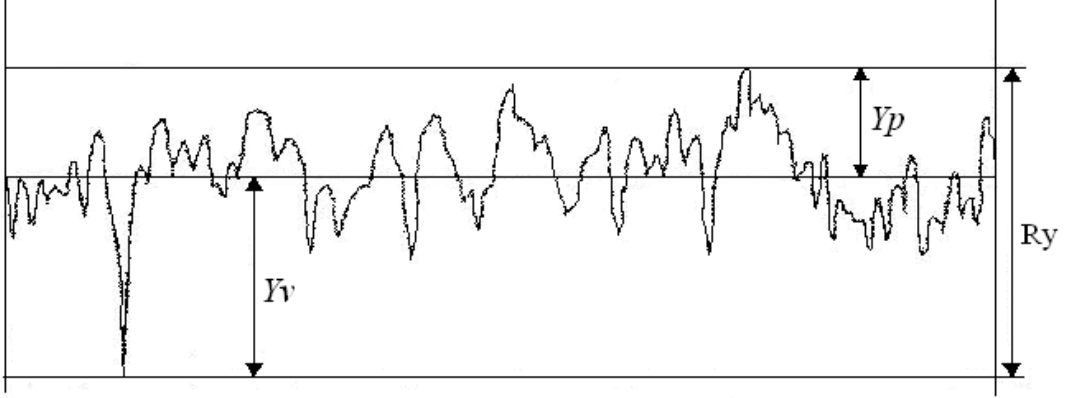
Şekil 1. Ortalama pürüzlülük değeri (Salman, 2005).

Yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde en yaygın kullanılan ölçüt olmasına rağmen yüzeyin yapısı hakkında kesin bir bilgi vermek için yeterli değildir.

1.6.2.2. En Büyük Pürüzlülük Değeri (R_{max} / R_y)

Örnek pürüzlülük mesafesi boyunca ortalama profil çizgisine göre en yüksek tepe ile en derin çukurun toplamına en büyük pürüzlülük değeri denir (Şekil 2).

$$R_{max} = Y_p + Y_v \quad (2)$$

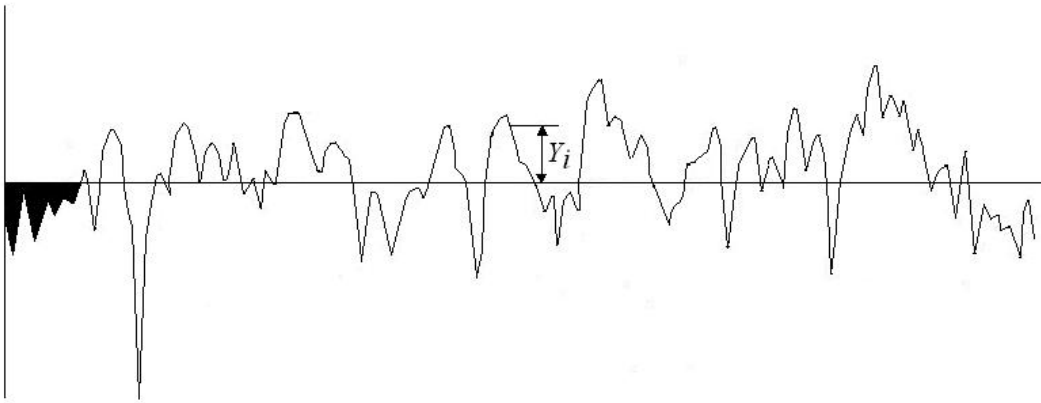


Şekil 2. En büyük pürüzlülük değeri (Aydın, 2003).

1.6.2.3. Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (R_q)

R_q , örnek pürüzlülük mesafesi boyunca ortalama profil çizgisinden sapmaların ortalamasının karekökü değeridir (Şekil 3).

$$R_q = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_i^2 \right)^{1/2} \quad (3)$$

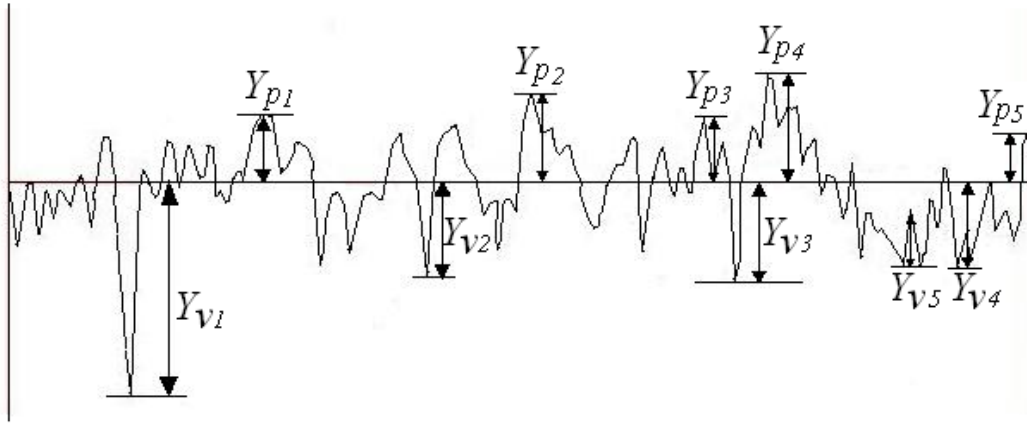


Şekil 3. Profil sapmasının ortalama karekökü (Aydın, 2003).

1.6.2.4. On Nokta Pürüzlülüğü (Rz)

Rz, örnek pürüzlülük mesafesi boyunca yer alan en yüksek beş tepe ve en derin beş çukurun ortalama değerlerinin toplamıdır (Şekil 4).

$$R_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{pi} + \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Y_{vi} \quad (4)$$



Şekil.4. On Nokta Pürüzlülüğü Ortalama Değeri (Aydın, 2003).

1.6.3. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri

Yongalevha yüzeyindeki pürüzlerin bazıları çıplak gözle görülebilirken bazıları görülemez veya görülmesi oldukça zordur. Tutkal lekeleri, küçük delikler, kırılmış köşeler, çizik izleri gibi kusurlar gözle görülebilirken, iğne ucu küçüklüğündeki delikler, zımpara izleri ve oyukları görmek oldukça zordur (Radziszewski vd., 2005). Yüzey pürüzlülüğünü ve kalitesini ölçmek için kullanılan geleneksel yöntemler görme ve dokunma yaklaşımlarını içermektedir. Fakat bu yöntemlerle sadece bariz kıyaslamalar mümkündür ve yüzey hakkında detaylı bilgi elde edilemez. Yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi için çok çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Bunlar: iğne taramalı, pinomatik, akustik, optik, ultrasonik yüzey ölçerler ve vidyo kamera ile resim analizi şeklinde sıralanabilir. Bu makineler çoğunlukla plastik ve metal gibi endüstriyel malzemelerin ölçülmesi için geliştirilmiştir (Aydın, 2003; Hendarto vd., 2006).

Odun kompozitlerinin yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için oldukça çok çalışma yapılmasına rağmen henüz objektif bir şekilde analiz yapabilecek pratik bir kılavuz veya reçete ortaya konulamamıştır (Hiziroğlu, 1996).

Yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde iğne taramalı ölçüm yöntemi yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu teknik pratik, tekrarlanabilir bir yöntemdir. Bununla birlikte, yüzey parametrelerinin sayısal değerleri tam olarak hesaplanabilir. Bu yöntemde hassas uçlu bir iğne aracılığı ile malzeme yüzeyi taranarak genellikle yüzeyin iki boyutlu bir profili elde edilir (Hiziroğlu, 1996; Aydın, 2003).

İğne taramalı yöntemde sonuçlar üzerinde iğne uç çapı, iğneye karşı oluşan yüzey mukavemeti ve profil uzunluğu gibi kıstaslar etkilidir. Ayrıca uygun olmayan tarama iğnesinin kullanılması, tarayıcı iğnesinin fazla baskıya maruz kalması, sürtünme nedeniyle yatay direnç oluşması ve sıçraması sebebiyle dikey hareketlerin meydana gelmesi ölçümün hatalı olmasına neden olabilir (Hiziroğlu, 1996; Aydın, 2003).

1.6.4. Islanma Olayı ve Temas Açısı

Islanma, sıvısının katı bir yüzey ile temas kurabilmesidir. Bu temas, katı ile sıvı bir araya geldiğinde oluşan moleküller arası etkileşimin bir sonucudur. Katı/sıvı arasındaki temas açısının şekli, katı yüzey üzerine sıvının yayılması ve katının gözenekleri içine sıvının emilmesi moleküler etkileşimin büyük ölçekli belirtileridir. Islanabilirlik; temas açısı, yüzey serbest enerjisi ve adhezyondan oluşan termodinamik ıslanma ölçütleri ile belirlenir (Berg, 1993; Walinder, 2000).

Islanma olayının seviyesi adhezyon ve kohezyon kuvvetleri arasındaki denge durumuna bağlıdır. En basit şekliyle iki madde arasındaki çekim kuvveti olarak tanımlanan adhezyon olayı, benzer olmayan iki yüzeyin birbirine temas ederek aralarında bağ oluşturması ve bu bağın bozulması için mekanik bir yük gerekmesi şeklinde de tanımlanabilir. Bir madde içinde dahili olarak bulunan çekim kuvvetlerine ise kohezyon denir ve moleküllerin bir arada tutulmasını sağlar (Carpenter, 1999; Walinder, 2000; Aydın, 2003).

Islanabilme yeteneğini ve sıvı ile katı arasındaki adhezyonunu belirlemek için kullanılan en yaygın yöntem temas açısı ölçümüdür. Temas açısı (θ) düz bir katı yüzeyine sıvının damlatılması sonucu sıvı ile katının temas ettiği noktadaki katı ve sıvı yüzeyine teğet geçen iki düzlem arasındaki açı şeklinde tanımlanabilir. Sıvı damlası düz bir katı

malzeme yüzeyine bırakıldığında genellikle yüzeye tamamen yayılmaz, katı yüzey ile belirli bir açı oluşturacak şekilde damla halinde kalır. Oluşan bu temas açısı (θ) sıvı ile katı yüzeyin bir fonksiyonudur (Walinder, 2000; Aydın, 2003).

Düz yatay bir zeminin üzerine bırakılan sıvı damlasının temas açısı katı ile sıvı yüzey gerilimleri arasındaki ilişki Thomas Young tarafından belirlenmiştir. Young eşitliği olarak isimlendirilen bu eşitlik aşağıda verilmiştir (Walinder, 2000).

$$\gamma_{LG} \cos \theta = \gamma_{SG} - \gamma_{SL} \quad (5)$$

γ_{LG} sıvı için γ_{SG} ise katı için yüzey serbest enerjisidir ve her iki değer de gaz ile etkileşim içindedir. Katı-sıvı ara yüzey için serbest enerjisi ise γ_{SL} 'dir.

Polimer veya lignoselülozik malzemeler gibi düşük yüzey enerjisine sahip malzemelerin ıslanabilirliğinin yorumlanmasında en uygun yolu Dupre tarafından belirlenmiş adhezyon işi (W_a) formülüdür. Bu formül ara yüzey kuvvetleri arasındaki etkileşimin termodinamik enerjisi için belirlenmiştir (Walinder, 2000; Aydın, 2003).

$$W_a = \gamma_S + \gamma_L - \gamma_{SL} \quad (6)$$

γ_S ve γ_L katı ve sıvının yüzey serbest enerjileri ve γ_{SL} ise katı-sıvı serbest enerjisidir.

Yukarıda belirtilen iki eşitlik birleştirildiğinde adhezyon işi için aşağıdaki eşitlik elde edilir (Aydın, 2003).

$$W_a = \gamma_L(1 + \cos \theta) \quad (7)$$

Böylece bir ara yüzeydeki etkileşimin termodinamik enerjisi sıvının yüzey gerilimi ve temas açısı değerleri kullanılarak hesaplanabilir (Aydın, 2003).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Deneme Materyali

Bu çalışmada; sertleştirici türü, üre kullanımı ve depolama süresinin yongalevhanın kalite özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

Bu amaçla, Starwood Orman Ürünleri Anonim Şirketi'ne ait yongalevha fabrikasında 18 mm kalınlıkta ve 280x210 cm boyutlarında yongalevhalar üretilmiştir. Her levha grubundan alınan ikişer adet levha üzerinde standartlara uygun denemeler gerçekleştirilmiştir.

Fabrikada üretilen levhalar hava sızdırmayacak şekilde paketlenildikten sonra KTÜ Orman Fakültesi laboratuvarına nakledilmiştir. Denemelerin yapılacağı standart boyutlardaki örneklerin seçiminde tesadüf metodu uygulanmıştır. Standartlarda verilen boyutlarda hazırlanan örnekler numaralandırılmış, $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem şartlarındaki iklimlendirme odasında bir ay bekletilmiştir.

2.1.1. Ağaç Malzeme

Deneme levhalarının üretiminde; fabrikanın üretim şartlarına bağlı kalınarak %90 oranında kızılçam (*Pinus brutia Ten.*), % 5 oranında kayın (*Fagus orientalis Lipsky.*), % 5 oranında kavak (*Populus tremula L.*) odunları karışım halinde kullanılmıştır.

2.1.2. Tutkal

Yongaların tutkallanmasında, tam kuru yonga ağırlığına oranla dış tabaka için %11, orta tabaka için ise % 9 oranında katı madde oranı % 65 olan E2 tipi üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Yüzeye dik çekme direnci örneklerini kalınlık takozlarına yapıştırılmasında beyaz renkli polivinil asetat tutkalı kullanılmıştır.

2.1.3. Hidrofobik Madde

Levhaların kalınlık artışını azaltmak için katı madde oranı % 32 olan beyaz renkli parafin emülsiyonu kullanılmıştır.

2.1.4. Sertleştirici Madde

Deneme levhalarının üretiminde dış tabakada katı tutkal miktarına oranla amonyum klorür, amonyum sülfat ve alüminyum sülfatın % 10'luk çözeltisi % 0.85 oranında, orta tabakada ise amonyum klorür, amonyum sülfat ve alüminyum sülfatın % 25'lik çözeltisi % 2.5 oranında kullanılmıştır.

2.2. Deneme Levhalarının Üretimi

Kaba yongalama makinesi özelliklerine uygun olarak çapları 40 cm' den küçük yuvarlak odunlar yongalamaya alınmıştır. Kaba yongalar ince yongalama işlemi için Pallman değirmenlerine taşınmıştır.

Yongaların arasında bulunabilecek metal parçacıklar, taş ve kum gibi yabancı maddeler ince yongalama makinesi girişinde bulunan mıknatıs yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Kaba yongalar Pallman değirmenlerinde 0.65 mm kalınlığa kadar inceltiştir. Yongalar, istenilen kalınlığa gelince, bıçaklar arasından aşağıya düşerek makinenin altındaki zincirli taşıyıcı ile kurutma silosuna taşınmıştır. Yongalar kurutucu giriş sıcaklığı 300°C ve çıkış sıcaklığı 125 °C olan döner tamburlu kurutucuda % 1 rutubete kadar kurutulmuşlardır.

Yongaların tasnif edilmesi için iki sistem kullanılmıştır. Öncelikle yongalar sarsıntılı elekten geçirilerek mekanik eleme işlemi gerçekleştirilmiştir. 1 mm²' den büyük boyutlu yongalar pnömatik sisteme, boyutları 1-0.25 mm² arasında olan yongalar dış tabaka yonga silosuna, 0.25 mm²'den küçük olanlar ise yakıt olarak kullanılmak üzere yakma tozu silosuna gönderilmiştir. Daha sonra pnömatik sisteme gelen yongalar yüzey ağırlığı esasına göre tasnif edilmişlerdir.

Sıcak preslemede levha taslağı, 225 °C sıcaklık ve 25 kg/cm² basınç altında 120 sn süreyle preslenmiştir. Yongalevhalarda hedeflenen özgül ağırlık 0.630 g/cm³ ve dış / orta tabaka yonga kullanım oranı % 34 / 66 'dır.

Presten çıkan levhalar yıldız soğutucuya taşınmıştır. Bu kısma yerleştirilen levhalar bir tur attıktan sonra ebatlamaya gönderilmiştir. Burada daire testere makineleri yardımıyla istenilen boyutlara ayrılmışlardır. Ebatlama ünitesinden çıkan yonga levhalar forkliftlerle zımpara makinesine taşınmıştır. Deneme levhalarının zımparalanmasında 50, 60, 80, 100 ve 120 nolu zımparalar kullanılmıştır. Her deneme levhasından ikişer adet olmak üzere toplam 24 adet levha üretilmiştir. Üretimi gerçekleştiren deneme levhası tipleri Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Deneme levhası tipleri

Levha Tipi	Sertleştirici Türü	Üre Kullanımı	Depolama Süresi
1	Amonyum Klorür	Üresiz	1 gün
2	Amonyum Klorür	Üreli	1 gün
3	Amonyum Sülfat	Üresiz	1 gün
4	Amonyum Sülfat	Üreli	1 gün
5	Alüminyum Sülfat	Üresiz	1 gün
6	Alüminyum Sülfat	Üreli	1 gün
7	Amonyum Klorür	Üresiz	1 ay
8	Amonyum Klorür	Üreli	1 ay
9	Amonyum Sülfat	Üresiz	1 ay
10	Amonyum Sülfat	Üreli	1 ay
11	Alüminyum Sülfat	Üresiz	1 ay
12	Alüminyum Sülfat	Üreli	1 ay

2.3. Araştırma yöntemi

Deneme levhalarının kalite özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

2.3.1. Fiziksel Özellikler

2.3.1.1. Özgül Ağırlık

Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan hava kurusu özgül ağırlık değerleri esas alınmıştır. Özgül ağırlık deneyi TS EN 323/1 (1999)'de belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır (T.S.E.,1999). Özgül ağırlık belirlemede ayrı örnek hazırlanmamış, eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü denemelerinden sonra kırılan parçalardan elde edilen ve 50x50 mm boyutlarında 30 adet örnek kullanılmıştır. Sıcaklığı 18–22 °C ve bağıl nemi % 60–70 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilen örneklerin ağırlıkları analitik terazi ile genişlikleri kumpas, kalınlıkları ise mikrometre ile ± 0.01 duyarlıkla ölçülmüştür. Buna göre özgül ağırlık (D);

$$D = m / V \text{ g/cm}^3 \quad (8)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

m= Örnek Ağırlığı (g)

V= Örnek hacmi (cm^3)

2.3.1.2. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarının rutubetinin miktarları EN 322 (1993)'de belirtilen esaslara uygun olarak belirlenmiştir (EN, 1993). Rutubet miktarının belirlenmesinde eğilme direnci ve elastikiyet modülü deneyleri tamamlandıktan sonra kırılan parçalardan yararlanılmıştır. 50X50 mm boyutlarında hazırlanan 20 adet örneğin ağırlıkları ± 0.01 g duyarlıkta analitik terazide tartılmıştır. Daha sonra kurutma dolabı ızgaraları üzerine yerleştirilmiştir ve

103±2 °C sıcaklıkta değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilerek tam kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Bunlara göre örneklerin rutubeti (r) ;

$$r = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100 \quad (9)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

m= Klimatize edilmiş durumdaki örnek ağırlığı (g)

m₀ = Tam kuru haldeki örnek ağırlığı (g)

2.3.1.3. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

2 ve 24 saat su içinde bekletilen örneklerin kalınlık artışlarının belirlenmesi için EN 317 (1993)'de belirtilen esaslara uygun olarak 50x50 mm boyutlarında 20 adet örnek hazırlanmıştır (EN, 1993). Örneklerin kalınlıkları tam orta noktasından ±0.01 mm duyarlıklı mikrometreyle ölçülmüş ve 19-21 °C sıcaklıktaki temiz suda, su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmuştur. 2 ve 24 saat sonra sudan çıkarılan örneklerin fazla suları bir bez ile alınmış ve kalınlıklar ilk ölçülen noktadan tekrar ölçülerek kalınlık artışları (KA);

$$KA = \frac{e_y - e_k}{e_k} \times 100 \quad (10)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

e_y = Suda bekletilen örneklerin kalınlığı (mm)

e_k=Klimatize edilmiş durumdaki örnek kalınlığı (mm)

2.3.2. Mekanik Özellikler

2.3.2.1. Eğilme Direnci

Eğilme direnci deneyi EN 310 (1993) standardına uygun olarak yapılmıştır (EN, 1993). 400x50 mm boyutlarında 20 adet örnek hazırlanmıştır. Sıcaklığı 20 ± 2 °C ve bağıl nemi % 65 ± 5 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilen örneklerde genişlik kumpas ile yükleme hattında bir, kalınlıklar ise yüklemenin yapıldığı hat üzerinde 2 noktanın ortalaması alınarak 0.01 mm duyarlıklı mikrometre ile ölçülmüştür. Deneme makinesinde yükleme mekanizması, kırılmanın yükleme anından itibaren 1–2 dak. İçerisinde meydana gelmesini sağlayacak şekilde 6 mm/dak hızla çalıştırılmıştır. Eğilme direnci;

$$\sigma_e = \frac{3xFxL}{2xbxd^2} \text{ kg/cm}^2 \quad (11)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

F= Kırılma anındaki maksimum kuvvet (kg)

L=Dayanak noktaları arasındaki açıklık (cm)

d= Örnek kalınlığı (cm)

b= Örnek genişliği (cm)

2.3.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Elastikiyet modülü EN 310 (1993) standardına uyularak belirlenmiştir (EN, 1993). Sıcaklığı $18-22$ °C ve bağıl nemi % $60-70$ olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilen 20 adet örneğin elastik deformasyon bölgesindeki eğilme miktarları belirlenmiştir. Deformasyon bölgesinde eğilme miktarı komperatör ile 0.01 mm, kırılma anındaki kuvvet makine göstergesinden 1 kg duyarlıkta belirlenmiştir. Elastikiyet modülü (E):

$$E = \frac{FxL^3}{4x\Delta exbx d^3} \text{ kg/cm}^2 \quad (12)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

Δe = Eğilme miktarı (sehim) (cm)

F= Deformasyonu sağlayan kuvvet (kg)

2.3.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Yüzeye dik çekme direnci deneyi EN 319 (1993)'de belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir (EN, 1993). Her levha grubundan 50x50 mm boyutlarında 20 adet örnek hazırlanmıştır. Sıcaklığı 20 ± 2 °C ve bağıl nemi % 65 ± 5 olan iklimlendirme odasında değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilen örneklerin boyutları ± 0.01 mm duyarlıklı kumpas ile ölçülmüştür. Bunu takiben örneklerin her iki yüzüne standartlarda belirtilen profillere sahip kayın takozlar yapıştırılmıştır. Bu amaçla polivinil asetat tutkalı kullanılmıştır. Kayın takoz yapıştırılmış örnekler işkencelerle sıkıştırılmış, sıkıştırma süresi bir gün olarak belirlenmiştir. Kırılmaları levha yüzeylerine çok yakın örnekler hesaplara dahil edilmemiştir. Yüzeye dik çekme direnci;

$$\sigma_{cd} = \frac{F_{\max}}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (13)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır. Burada;

F_{\max} =Kırılma anındaki max kuvvet (kg)

A =Örnek enine kesit alanı (cm²)

2.3.3. pH

pH analizi TAPPI T m-45 (TAPPI, 1992) standardına göre yapılmıştır. Her test grubuna ait yaklaşık 5 gram örnek içinde 150 ml destile edilmiş su bulunan bir erlenmayere yerleştirilmiş ve bir shaker ile çalkalanmıştır. Bu süre sonunda elde edilen

çözelti bir vakum pompası yardımıyla süzülerek pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Aydın, 2003). Denemeler 6 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

2.3.4. Formaldehit Emisyonu

Formaldehit emisyonu EN 120-1'e uygun olarak yapılmıştır. Bu yöntemde ekstraksiyon yolu ile levha içindeki serbest formaldehit belirlenmektedir. Standartlara göre toluen içinde kaynatılan levha örneklerinden serbest formaldehitin destile suya geçmesi sağlanmakta ve sulu çözeltilerdeki formaldehit miktarı fotometrik olarak belirlenerek tam kuru levha ağırlığına oranlanmaktadır.

Bu yöntemde, yaklaşık olarak 110 ± 0.01 g ağırlıkta tartılan deney örnekleri perferatör cihazının cam balonu içine konulmuş ve bunun üzerine 600 ml toluen ilave edilmiştir. Cihazın gaz absorpsiyon şişesi yaklaşık 100 ml destile su ile doldurulmuş ve cihaza balonlu cam boru ile bağlanmıştır. Bu işlemden sonra soğutma ve ısıtma işlemi başlar. Ekstraksiyon süresi boyunca toluenin geri akışı dakikada 70-90 damla kadar olmalıdır. Ekstraksiyon işlemi toluenin sifo borusuna geri gelmesi ile başlar ve 2 saat devam eder. Sürenin sonunda perferatör içindeki su bir ölçü kabına alınmış ve ortam sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 2000 ml'lik balon jöjeye aktarılmıştır. Daha sonra balon jöje içersindeki çözelti destile su ile 2000 ml'ye tamamlanmıştır. Ayrıca cihaza örnek konulmaksızın sadece toluen ile bir kör deneme yapılmıştır. 2000 ml'lik balon jöjede bulunan çözeltilerden önce 10 ml alınarak destile su ile 100 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra bu şekilde seyreltilmiş çözeltilerin 10 ml'si alınarak bir şişeye konulmuş ve üzerine 10 ml 0.01 N asetil aseton ve 10 ml 0.01 N amonyum asetat ilave edilmiştir. Ağzı sıkıca kapatılan şişeler yaklaşık 40°C sıcaklıktaki bir su banyosunda 15 dakika süreyle bekletildikten sonra bir saat süreyle ışık almayan bir yerde soğutulmuştur. Bu çözeltilerin absorpsiyon değerleri U.V. Spektrometre cihazında 412 nm'de fotometrik olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu absorpsiyon değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile örneklerin içerdikleri formaldehit miktarları tespit edilmiştir. Denemeler 3 adet örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir.

$$F = \frac{(A_s - A_b) \times f \times (100 + R \times V)}{M} \quad \text{mg/100 gr tam kuru levha}$$

Burada;

As : Ekstraksiyon çözeltilisinin absorbansı

Ab : Kör deneyinin absorbansı

F : Kalibrasyon eğri faktörü (EN 120'de belirtildiği gibi hesaplanır)

R : Levhanın rutubet miktarı

M : Örnek ağırlığı

V : Cam balonun hacmi (2000 ml)

2.3.5. Yongalevhanın Yüzey Özelliklerinin Belirlenmesi

2.3.5.1. Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesinde Mitutoyo SJ-301 modelindeki cihaz kullanılmıştır. Ölçümler DIN 4768 (1990) standardında belirtilen koşullara uygun olarak yapılmıştır. Her bir grup için 50x50x10 mm ebatlarında 20'şer adet örnek hazırlanmıştır. Ortalama pürüzlülük değeri (Ra), en büyük pürüzlülük değeri (Ry), on nokta pürüzlülüğü (Rz) ve profil sapmasının ortalama karekökü (Rq) olmak üzere dört çeşit pürüzlülük değeri belirlenmiştir. Pürüzlülüğün belirlenmesinde; çapı 4 µm olan 90° açılı elmas uçlu bir tarama detektörü kullanılmış ve kesme uzunluğu $\lambda=2,5$ mm, örnekleme uzunluğu ise 12,5 mm olarak ayarlanmıştır. Ölçümler 10 mm/sn hızla ve 0,5 µm hassasiyetle ölçülmüştür. Ölçme işlemi oda sıcaklığında yapılmıştır.

2.3.5.2. İslanabilme Yeteneği (Temas Açısı)

Yongalevha yüzeyinin ıslanabilme yeteneğinin belirlenmesinde damla şekli analizi yöntemi ile çalışan KSV Cam-101 modelindeki cihaz kullanılmıştır. Temas açısı ölçülerinin elde edilmesinde dijital kamera ile bilgisayarlar sistemine bağlı açıölçer kullanılmıştır. 20°C sıcaklığa ve 72,80 mN/m yüzey gerilimine sahip destile edilmiş su uygulama yüzeyine bir pipet yardımıyla 5 µl kadar damlatılmıştır. Su damlası yüzeye damlatıldıktan sonra 1 sn aralıklarla 60 sn boyunca çekilen fotoğrafların analizi yapılmıştır. Denemeler n=10 örnek üzerinde gerçekleştirilmiştir (Sarı, 2011).

2.4. İstatistik Yöntemler

Örnekler üzerinde yapılan deneyler sonunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla ikiden fazla örnek ve bir faktör söz konusu olunca basit varyans, iki faktör ve ikiden fazla örneklemelemlerle ise çoğul varyans analizleri kullanılarak değişkenlerin etkili olup olmadıkları belirlenmiştir. Etkilemenin anlamlı çıkması halinde ortalama değerler Newman-Keuls testi ile karşılaştırılmıştır (Batı, 1978).

3. BULGULAR

3.1. Fiziksel Özellikler

3.1.1. Özgül Ağırlık

Deneme levhalarının ortalama özgül ağırlık değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Deneme levhalarının ortalama özgül ağırlık değerleri (g/cm³)

Levha Tipi	X	S	V
1	0,629	0,019	3,02
2	0,628	0,014	2,23
3	0,628	0,017	2,71
4	0,627	0,030	4,78
5	0,627	0,015	2,39
6	0,626	0,008	1,28
7	0,630	0,020	3,17
8	0,629	0,032	5,09
9	0,629	0,009	1,43
10	0,628	0,016	2,55
11	0,628	0,018	2,87
12	0,627	0,011	1,75

X: Aritmetik ortalama, S: Standart sapma, V: Varyasyon katsayısı

Özgül ağırlık üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Özgül ağırlık üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	3,53E-05	1	3,53E-05	0,097	ÖD
Sertleştirici Türü B	0,000	2	7,22E-05	0,199	ÖD
Üre Kullanımı C	1,93E-05	1	1,93E-05	0,053	ÖD
Int. AB	8,53E-06	2	4,27E-06	0,012	ÖD
Int. AC	1,31E-05	1	1,31E-05	0,036	ÖD
Int. BC	1,77E-05	2	8,87E-06	0,024	ÖD
Int. ABC	6,93E-06	2	3,47E-06	0,010	ÖD
Hata	0,083	228	0,000		
Toplam	0,083	239			

Özgül ağırlık üzerine bütün faktörlerin etkileri % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile tüm levha grupları arasındaki farklar önemsiz çıkmıştır. Özgül ağırlık üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. Özgül ağırlık üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Özgül Ağırlık (g/cm ³)
Amonyum Klorür	0,627 a
Amonyum Sülfat	0,628 a
Alüminyum Sülfat	0,629 a
1 Gün	0,627 a
1 Ay	0,628 a
Üresiz	0,628 a
Üreli	0,627 a

3.1.2. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarı değerleri Tablo 6’te verilmiştir.

Tablo 6. Deneme levhalarının ortalama rutubet miktarı değerleri (%)

Levha Tipi	X	S	V
1	6,13	0,11	1,79
2	6,14	0,10	1,63
3	6,15	0,13	2,11
4	6,17	0,18	2,92
5	6,18	0,07	1,13
6	6,19	0,15	2,42
7	9,30	0,08	0,86
8	9,31	0,13	1,40
9	9,33	0,09	0,96
10	9,35	0,13	1,39
11	9,37	0,17	1,81
12	9,40	0,15	1,60

Rutubet miktarı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Rutubet miktarı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	605,473	1	605,473	57566,916	***
Sertleştirici Türü B	0,147	2	0,074	0,700	ÖD
Üre Kullanımı C	0,017	1	0,017	0,151	ÖD
Int. AB	0,008	2	0,004	0,378	ÖD
Int. AC	0,000	1	0,000	0,041	ÖD
Int. BC	0,002	2	0,001	0,081	ÖD
Int. ABC	0,002	2	0,001	0,087	ÖD
Hata	2,398	228	0,011		
Toplam	608,047	239			

Rutubet miktarı üzerine depolama süresinin etkisi % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile rutubet miktarı üzerine sertleştirici türü ve üre kullanımının etkileri önemsiz, depolama süresinin etkisi ise önemli çıkmıştır. Rutubet miktarı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Rutubet miktarı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Rutubet Miktarı (%)
Amonyum Klorür	7,73 a
Amonyum Sülfat	7,75 a
Alüminyum Sülfat	7,78 a
1 Gün	6,16 a
1 Ay	9,34 b
Üresiz	7,74 a
Üreli	7,76 a

3.1.3. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

Deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı oranları Tablo 9’te verilmiştir.

Tablo 9. Deneme levhalarının ortalama kalınlık artışı oranları (%)

Levha Tipi	X	S	V
1	15,82	0,98	6,19
2	15,86	1,75	11,03
3	18,19	0,66	3,63
4	18,26	0,62	3,40
5	22,21	4,21	18,96
6	22,92	4,57	19,94
7	13,61	3,53	25,94
8	13,88	2,83	20,39
9	16,30	1,62	9,94
10	16,39	2,44	14,89
11	20,29	4,05	19,96
12	20,73	4,12	19,87

Kalınlık artışı oranı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Kalınlık artışı oranı üzerine sertleştirici türü, üre kullanımı ve depolama süresinin etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	242,909	1	242,909	27,478	***
Sertleştirici Türü B	1861,528	2	930,764	105,287	**
Üre Kullanımı C	4,474	1	4,474	0,506	ÖD
Int. AB	0,512	2	0,256	0,029	ÖD
Int. AC	0,000	1	0,000	0,000	ÖD
Int. BC	2,814	2	1,407	0,159	ÖD
Int. ABC	0,655	2	0,327	0,037	ÖD
Hata	2015,575	228	8,840		
Toplam	4128,466	239			

Kalınlık artışı oranı üzerine depolama süresinin etkisi % 0,1, sertleştirici türünün etkisi % 1 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile kalınlık artışı oranı üzerine üre kullanımının etkisi önemsiz, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri ise önemli çıkmıştır. Kalınlık artışı oranı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Kalınlık artışı oranı üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kalınlık Artışı Oranı (%)
Amonyum Klorür	14,79 a
Amonyum Sülfat	17,29 b
Alüminyum Sülfat	21,54 c
1 Gün	18,87 a
1 Ay	16,86 b
Üresiz	17,73 a
Üreli	18,00 a

3.2. Mekanik Özellikler

3.2.1. Eğilme Direnci

Deneme levhalarına ait ortalama eğilme direnci değerleri Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Deneme levhalarının ortalama eğilme direnci değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	X	S	V
1	13,74	1,03	7,50
2	13,64	1,23	9,02
3	12,03	1,04	8,65
4	11,99	1,93	16,10
5	10,58	0,85	8,03
6	10,49	0,77	7,34
7	14,59	0,67	4,59
8	14,51	1,59	10,96
9	13,14	1,46	11,11
10	13,09	0,83	6,34
11	11,69	0,97	8,30
12	11,58	1,02	8,81

Eğilme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 13’de verilmiştir.

Tablo 13. Eğilme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	62,342	1	62,342	44,770	***
Sertleştirici Türü B	368,082	2	184,041	132,165	***
Üre Kullanımı C	0,389	1	0,389	0,279	ÖD
Int. AB	0,767	2	0,383	0,275	ÖD
Int. AC	1,50E-05	1	1,50E-05	0,000	ÖD
Int. BC	0,035	2	0,018	0,013	ÖD
Int. ABC	0,002	2	0,001	0,001	ÖD
Hata	317,493	228	1,393		
Toplam	749,110	239			

Eğilme direnci üzerine depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile eğilme direnci üzerine üre kullanımının etkisi önemsiz, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri ise önemli çıkmıştır. Eğilme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 14’de verilmiştir.

Tablo 14. Eğilme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Eğilme Direnci (N/mm ²)
Amonyum Klorür	14,12 a
Amonyum Sülfat	12,56 b
Alüminyum Sülfat	11,09 c
1 Gün	12,07 a
1 Ay	13,10 b
Üresiz	12,62 a
Üreli	12,55 a

3.2.2. Eğilmeye Elastikiyet Modülü

Deneme levhalarına ait ortalama elastikiyet modülü değerleri Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo 15. Deneme levhalarının ortalama elastikiyet modülü değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	X	S	V
1	2283,76	222,07	9,72
2	2278,60	190,30	8,35
3	1918,74	157,65	8,22
4	1904,77	259,46	13,62
5	1760,27	158,45	9,00
6	1746,35	149,97	8,59
7	2458,64	196,91	8,01
8	2439,05	90,98	3,73
9	2181,32	183,10	8,39
10	2118,53	175,64	8,29
11	1912,35	112,85	5,90
12	1910,43	102,76	5,38

Eğilmede elastikiyet modülü üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 16’da verilmiştir.

Tablo 16. Eğilmede elastikiyet modülü üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	2120014,006	1	2120014,006	70,652	***
Sertleştirici Türü B	11594632,244	2	5797316,122	193,202	***
Üre Kullanımı C	22952,291	1	22952,291	0,765	ÖD
Int. AB	76521,045	2	38260,522	0,127	ÖD
Int. AC	4380,936	1	4380,936	0,146	ÖD
Int. BC	10821,563	2	5410,782	0,180	ÖD
Int. ABC	9300,879	2	4650,439	0,155	ÖD
Hata	6841468,036	228	30006,439		
Toplam	20680091,000	239			

Elastikiyet modülü üzerine depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile elastikiyet modülü üzerine üre kullanımının etkisi önemsiz, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri ise önemli çıkmıştır. Elastikiyet modülü üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Elastikiyet modülü üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm ²)
Amonyum Klorür	2365,01 a
Amonyum Sülfat	2030,84 b
Alüminyum Sülfat	1832,3 c
1 Gün	1982,08 a
1 Ay	2170,05 b
Üresiz	2085,84 a
Üreli	2066,28 a

3.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

Deneme levhalarına ait ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Deneme levhalarının ortalama yüzeye dik çekme direnci değerleri (N/mm²)

Levha Tipi	X	S	V
1	0,454	0,029	6,39
2	0,422	0,022	5,21
3	0,385	0,056	14,55
4	0,378	0,049	12,96
5	0,237	0,026	10,97
6	0,226	0,033	14,60
7	0,557	0,045	8,08
8	0,554	0,064	11,55
9	0,413	0,050	12,11
10	0,409	0,087	21,27
11	0,311	0,010	3,22
12	0,308	0,044	14,29

Yüzeye dik çekme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 19. Yüzeye dik çekme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	0,341	1	0,341	152,858	***
Sertleştirici Türü B	2,059	2	1,030	462,031	***
Üre Kullanımı C	0,006	1	0,006	0,250	ÖD
Int. AB	0,079	2	0,039	0,170	***
Int. AC	0,003	1	0,003	0,130	ÖD
Int. BC	0,002	2	0,001	0,347	ÖD
Int. ABC	0,002	2	0,001	0,468	ÖD
Hata	0,508	228	0,002		
Toplam	2,999	239			

Yüzeğe dik çekme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve depolama süresi ile sertleştirici türünün karşılıklı etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile yüzeğe dik çekme direnci üzerine üre kullanımının etkisi önemsiz, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri ise önemli çıkmıştır. Yüzeğe dik çekme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20. Yüzeğe dik çekme direnci üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Yüzeğe Dik Çekme Direnci (N/mm ²)
Amonyum Klorür	0,497 a
Amonyum Sülfat	0,396 b
Alüminyum Sülfat	0,271 c
1 Gün	0,350 a
1 Ay	0,425 b
Üresiz	0,392 a
Üreli	0,382 a

3.3. pH Değeri

Yonga tiplerine ait ortalama pH değerleri Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Yonga tiplerine ait ortalama pH değerleri

Yonga Tipi	X	S	V
Amonyum Klorür Üresiz	4,32	0,03	0,69
Amonyum Klorür Üreli	4,34	0,07	1,61
Amonyum Sülfat Üresiz	4,64	0,02	0,43
Amonyum Sülfat Üreli	4,65	0,05	1,08
Alüminyum Sülfat Üresiz	5,01	0,04	0,80
Alüminyum Sülfat Üreli	5,02	0,01	0,20
Tutkallandıktan önce	5,39	0,06	1,13

pH değerleri üzerine sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. pH değerleri üzerine sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Sertleştirici Türü A	1,295	2	0,648	395,902	***
Üre Kullanımı B	0,002	1	0,002	0,110	ÖD
Int. AB	0,000	2	0,000	0,073	ÖD
Hata	0,049	30	0,002		
Toplam	1,346	35			

pH değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile pH değeri üzerine üre kullanımının etkisi önemsiz çıkmıştır. pH değeri üzerine sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 23’de verilmiştir.

Tablo 23. pH değeri üzerine sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	pH Değerleri
Amonyum Klorür	4,33 a
Amonyum Sülfat	4,64 b
Alüminyum Sülfat	5,01 c
Üresiz	4,65 a
Üreli	4,67 a

Tutkallamanın pH değeri üzerine etkisini belirlemek için yapılan basit varyans analizi sonuçları Tablo 24’de verilmiştir.

Tablo 24. Tutkallamanın pH değeri üzerine etkisine ait basit varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Gruplar Arası	6,328	3	2,109	1213,256	***
Gruplar İçi	0,077	44	0,002		
Toplam	6,405	47			

Tutkallamanın pH değerleri üzerine etkisi % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı çıkmıştır. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonuçlarına göre % 5 hata payı ile tüm yonga gurupları arasındaki farklar önemli bulunmuştur. pH değerleri üzerine tutkallamanın etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 25’de verilmiştir.

Tablo 25. pH değerleri üzerine tutkallamanın etkisine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	pH Değerleri
Amonyum Klorür	4,33 a
Amonyum Sülfat	4,64 b
Alüminyum Sülfat	5,01 c
Tutkallanmadan Önce	5,39 d

3.4. Formaldehit Emisyonu

Deneme levhalarına ait ortalama formaldehit emisyonu değerleri Tablo 26’da verilmiştir.

Tablo 26. Deneme levhalarının ortalama formaldehit emisyonu değerleri (mg/100g)

Levha tipi	X	S	V
1	11,68	0,04	0,34
2	7,08	0,08	1,13
3	12,26	0,23	1,88
4	7,34	0,12	1,63
5	14,33	0,06	0,42
6	8,34	0,20	2,40
7	10,35	0,12	1,16
8	6,84	0,09	1,32
9	11,27	0,11	0,98
10	7,04	0,08	1,14
11	13,25	0,07	0,53
12	7,91	0,06	0,76

Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 27’de verilmiştir.

Tablo 27. Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	4,738	1	4,738	347,168	***
Sertleştirici Türü B	25,344	2	12,672	928,552	***
Üre Kullanımı C	204,299	1	204,299	14970,034	***
Int. AB	0,035	2	0,017	0,120	ÖD
Int. AC	1,488	1	1,488	0,100	ÖD
Int. BC	4,020	2	2,010	0,140	ÖD
Int. ABC	0,091	2	0,046	3,335	ÖD
Hata	0,328	24	0,014		
Toplam	240,343	35			

Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile formaldehit emisyonu üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre

kullanımın etkileri önemli çıkmıştır. Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 28’de verilmiştir.

Tablo 28. Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Formaldehit Emisyonu (mg/100g)
Amonyum Klorür	8,99 a
Amonyum Sülfat	9,48 b
Alüminyum Sülfat	10,96 c
1 Gün	10,17 a
1 Ay	9,44 b
Üresiz	12,19 a
Üreli	7,42 b

3.5. Yongalevhanın Yüzey Özellikleri

3.5.1. Yüzey Pürüzlülüğü

3.5.1.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra)

Deneme levhalarına ait ortalama pürüzlülük değerleri Tablo 29’da verilmiştir.

Tablo 29. Deneme levhalarının ortalama pürüzlülük değerleri (μm)

Levha Tipi	X	S	V
1	3,08	0,07	0,02
2	3,13	0,10	0,03
3	3,84	0,06	0,02
4	3,85	0,04	0,01
5	4,62	0,14	0,03
6	4,65	0,41	0,09
7	2,30	0,13	0,06
8	2,35	0,14	0,06
9	3,51	0,08	0,02
10	3,57	0,04	0,01
11	4,16	0,24	0,06
12	4,17	0,05	0,01

Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	18,632	1	18,632	900,472	***
Sertleştirici Türü B	123,358	2	61,679	2980,953	***
Üre Kullanımı C	0,004	1	0,004	0,182	ÖD
Int. AB	3,777	2	1,888	91,268	***
Int. AC	0,076	1	0,076	3,672	ÖD
Int. BC	0,123	2	0,061	2,964	ÖD
Int. ABC	0,223	2	0,111	5,385	ÖD
Hata	4,718		0,021		
Toplam	150,909				

Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve depolama süresi ile sertleştirici türünün karşılıklı etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile ortalama pürüzlülük değeri üzerine üre kullanımının etkisi önemsiz, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri ise önemli çıkmıştır. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 31. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Ortalama Pürüzlülük Değeri (μm)
Amonyum Klorür	2,65 a
Amonyum Sülfat	3,69 b
Alüminyum Sülfat	4,40 c
1 Gün	3,86 a
1 Ay	3,34 b
Üresiz	3,59 a
Üreli	3,62 a

3.5.1.2. En Büyük Pürüzlülük Değeri (Ry)

Deneme levhalarına ait en büyük pürüzlülük değerleri Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32. Deneme levhalarının en büyük pürüzlülük değerleri (μm)

Levha Tipi	X	S	V
1	22,99	0,53	0,02
2	23,00	0,46	0,02
3	27,98	0,26	0,01
4	28,08	0,48	0,02
5	33,57	0,68	0,02
6	33,60	1,95	0,06
7	17,95	1,06	0,06
8	18,02	0,70	0,04
9	25,89	0,42	0,02
10	25,90	0,32	0,01
11	30,44	0,40	0,01
12	30,50	0,46	0,02

En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 33’de verilmiştir.

Tablo 33. En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	774,579	1	774,579	1288,114	***
Sertleştirici Türü B	5606,515	2	2803,257	4661,778	***
Üre Kullanımı C	0,948	1	0,948	1,576	ÖD
Int. AB	122,129	2	61,065	101,550	***
Int. AC	1,789	1	1,789	2,975	ÖD
Int. BC	3,667	2	1,833	3,049	*
Int. ABC	3,054	2	1,527	2,539	ÖD
Hata	137,103	228	0,601		
Toplam	6649,782	239			

En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve depolama süresi ile sertleştirici türünün karşılıklı etkileri % 0,1; sertleştirici türü ile üre kullanımının karşılıklı etkileri % 5 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile en büyük pürüzlülük değeri üzerine üre kullanımının etkisi önemsiz, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri ise önemli çıkmıştır. En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 34’de verilmiştir.

Tablo 34. En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	En Büyük Pürüzlülük Değeri (μm)
Amonyum Klorür	20,23 a
Amonyum Sülfat	26,97 b
Alüminyum Sülfat	32,03 c
1 Gün	28,20 a
1 Ay	24,78 b
Üresiz	26,47 a
Üreli	26,52 a

3.5.1.3. On Nokta Pürüzlülüğü (Rz)

Deneme levhalarına ait on nokta pürüzlülüğü değerleri Tablo 35’de verilmiştir.

Tablo 35. Deneme levhalarının on nokta pürüzlülüğü değerleri (μm)

Levha Tipi	X	S	V
1	14,79	0,42	0,03
2	14,82	0,28	0,02
3	18,16	0,27	0,01
4	18,18	0,20	0,01
5	21,12	0,47	0,02
6	21,16	0,21	0,01
7	11,44	0,64	0,06
8	11,45	0,51	0,04
9	16,82	0,17	0,01
10	16,84	0,27	0,02
11	19,44	0,15	0,01
12	19,46	0,22	0,01

On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 36’da verilmiştir.

Tablo 36. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	323,455	1	323,455	1469,755	***
Sertleştirici Türü B	2222,933	2	1111,466	5050,425	***
Üre Kullanımı C	0,313	1	0,313	0,594	ÖD
Int. AB	61,895	2	30,947	140,622	***
Int. AC	2,440	1	2,440	11,088	**
Int. BC	3,433	2	1,716	7,800	**
Int. ABC	1,541	2	0,770	3,501	*
Hata	50,177	228	0,220		
Toplam	2666,004	239			

On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve depolama süresi ile sertleştirici türünün karşılıklı etkileri % 0,1; depolama süresi ile üre kullanımı ve sertleştirici türü ile üre kullanımının karşılıklı etkileri % 1; depolama süresi-sertleştirici türü-üre kullanımının karşılıklı etkisi % 5 yanılma olasılığı ile anlamlı; diğer faktörün etkisi ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile on nokta pürüzlülüğü değeri üzerine üre kullanımının etkisi önemsiz, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri ise önemli çıkmıştır. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	On Nokta Pürüzlülüğü Değerleri (μm)
Amonyum Klorür	12,93 a
Amonyum Sülfat	17,59 b
Alüminyum Sülfat	20,30 c
1 Gün	18,04 a
1 Ay	15,91 b
Üresiz	16,13 a
Üreli	16,99 a

3.5.1.4. Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (Rq)

Deneme levhalarına ait profil sapmasının ortalama karekökü değerleri Tablo 38’de verilmiştir.

Tablo 38. Deneme levhalarının profil sapmasının ortalama karekökü değerleri (μm)

Levha Tipi	X	S	V
1	4,14	0,12	0,03
2	4,15	0,09	0,02
3	5,17	0,05	0,01
4	5,20	0,04	0,01
5	6,16	0,20	0,03
6	6,20	0,55	0,09
7	3,11	0,17	0,05
8	3,13	0,19	0,06
9	4,73	0,07	0,01
10	4,74	0,08	0,02
11	5,50	0,07	0,01
12	5,52	0,08	0,01

Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 39. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	34,846	1	34,846	919,886	***
Sertleştirici Türü B	210,226	2	105,113	2774,812	***
Üre Kullanımı C	0,033	1	0,033	0,869	ÖD
Int. AB	5,225	2	2,613	68,967	***
Int. AC	0,152	1	0,152	3,999	*
Int. BC	0,281	2	0,141	3,713	*
Int. ABC	0,197	2	0,099	2,605	ÖD
Hata	8,637	228	0,038		
Toplam	259,597	239			

Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve depolama süresi ile sertleştirici türünün karşılıklı etkileri % 0,1, depolama süresi ile üre kullanımı ve sertleştirici türü ile üre kullanımının karşılıklı etkileri % 5 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkisi ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine üre kullanımının etkisi önemsiz, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri ise önemli çıkmıştır. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 40'da verilmiştir.

Tablo 40. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Profil Sapmasının Ortalama Karekökü Değerleri (μm)
Amonyum Klorür	3,57 a
Amonyum Sülfat	4,96 b
Alüminyum Sülfat	5,84 c
1 Gün	5,17 a
1 Ay	4,46 b
Üresiz	4,80 a
Üreli	4,82 a

3.5.2. İslanabilme Yeteneği (Temas Açıısı)

Deneme levhalarına ait ortalama temas açıısı değerleri Tablo 41’de verilmiştir.

Tablo 41. Deneme levhalarının ortalama temas açıısı değerleri (°)

Levha Tipi	X	S	V
1	103,62	4,34	0,04
2	104,61	1,12	0,01
3	118,21	0,71	0,01
4	118,52	0,58	0,00
5	127,69	1,26	0,01
6	128,98	2,11	0,02
7	89,79	1,27	0,01
8	90,55	1,99	0,02
9	114,22	1,99	0,02
10	115,32	0,50	0,00
11	122,09	1,00	0,01
12	122,75	0,73	0,01

Temas açıısı değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 42’de verilmiştir.

Tablo 42. Temas açıısı değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	1842,322	1	1842,322	617,904	***
Sertleştirici Türü B	16690,196	2	8345,098	2798,898	***
Üre Kullanımı C	20,792	1	20,792	0,973	ÖD
Int. AB	586,721	2	293,360	98,391	***
Int. AC	0,030	1	0,030	0,010	ÖD
Int. BC	0,535	2	0,267	0,090	ÖD
Int. ABC	2,278	2	1,139	0,382	ÖD
Hata	322,009	108	2,982		
Toplam	19464,882	119			

Temas açısı değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve depolama süresi ile sertleştirici türünün karşılıklı etkileri % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile temas açısı değeri üzerine üre kullanımının etkisi önemsiz, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri ise önemli çıkmıştır. Temas açısı değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 43’de verilmiştir.

Tablo 43. Temas açısı değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Temas Açısı Değerleri (°)
Amonyum Klorür	97,14 a
Amonyum Sülfat	116,54 b
Alüminyum Sülfat	125,38 c
1 Gün	116,93 a
1 Ay	109,12 b
Üresiz	112,60 a
Üreli	113,45 a

3.6. Sıcaklık

Deneme levhalarına ait ortalama sıcaklık değerleri Tablo 44’te verilmiştir.

Tablo 44. Deneme levhalarının ortalama sıcaklık değerleri (C°)

Levha Tipi	X	S	V
1	29,78	0,43	1,44
2	29,73	0,34	1,14
3	29,53	0,41	1,39
4	29,13	0,59	2,03
5	29,40	0,40	1,36
6	29,47	0,36	1,22
7	18,83	0,20	1,06
8	18,74	0,28	1,49
9	18,39	0,25	1,36
10	18,58	0,29	1,56
11	18,59	0,30	1,61
12	18,50	0,42	2,27

Sıcaklık değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerini belirlemek için yapılan çoğul varyans analizi sonuçları Tablo 45’de verilmiştir.

Tablo 45. Sıcaklık değeri üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait çoğul varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-Hesap	Önem Derecesi
Depolama Süresi A	7090,501	1	7090,501	16283,994	***
Sertleştirici Türü B	4,248	2	2,124	0,480	ÖD
Üre Kullanımı C	0,759	1	0,759	0,170	ÖD
Int. AB	0,685	2	0,343	0,787	ÖD
Int. AC	4,167E-05	1	4,167E-05	0,000	ÖD
Int. BC	0,444	2	0,222	0,510	ÖD
Int. ABC	0,529	2	0,264	0,607	ÖD
Hata	99,277	228	0,435		
Toplam	7196,444	239			

Sıcaklık üzerine depolama süresinin etkisi % 0,1 yanılma olasılığı ile anlamlı, diğer faktörlerin etkileri ise % 5 yanılma olasılığı ile anlamsız bulunmuştur. Bunu takiben yapılan Newman-Keuls testi sonucu % 5 hata payı ile sıcaklık üzerine sertleştirici türü ve üre kullanımının etkileri önemsiz, depolama süresinin etkisi ise önemli çıkmıştır. Sıcaklık üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları Tablo 46’da verilmiştir.

Tablo 46. Sıcaklık üzerine depolama süresi, sertleştirici türü ve üre kullanımının etkilerine ait Newman-Keuls testi sonuçları

Varyans Kaynakları	Sıcaklık (C°)
Amonyum Klorür	23,98 a
Amonyum Sülfat	23,99 a
Alüminyum Sülfat	24,26 a
1 Gün	29,50 a
1 Ay	18,60 b
Üresiz	24,08 a
Üreli	24,02 a

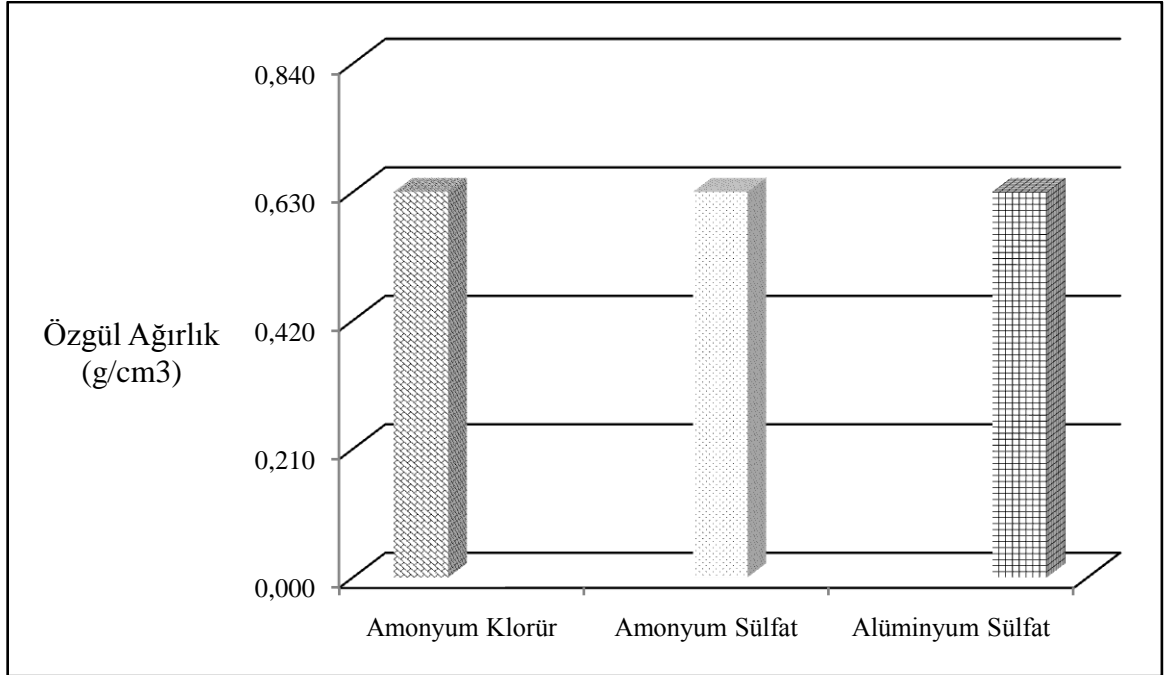
4. TARTIŞMA

4.1. Fiziksel Özellikler

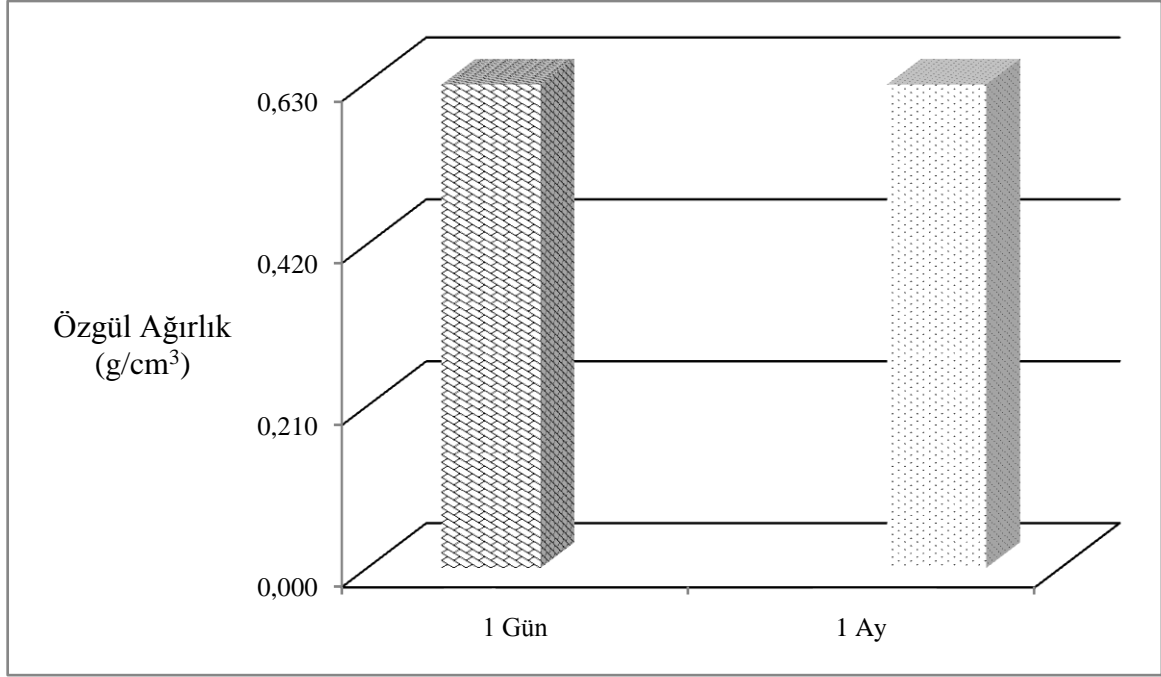
4.1.1. Özgül Ağırlık

Üretilen levhaların hedeflenen özgül ağırlığı 0.630 g/cm^3 tür. Tablo 3'ten görüldüğü gibi deneme levhalarının özgül ağırlık değerleri $0.626 \text{ g/cm}^3 - 0.630 \text{ g/cm}^3$ arasında değişmektedir. Yapılan istatistik analizler sonucunda; beklenildiği gibi sertleştirici türü, üre kullanımı ve depolama süresinin üretilen deneme levhalarının özgül ağırlık değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

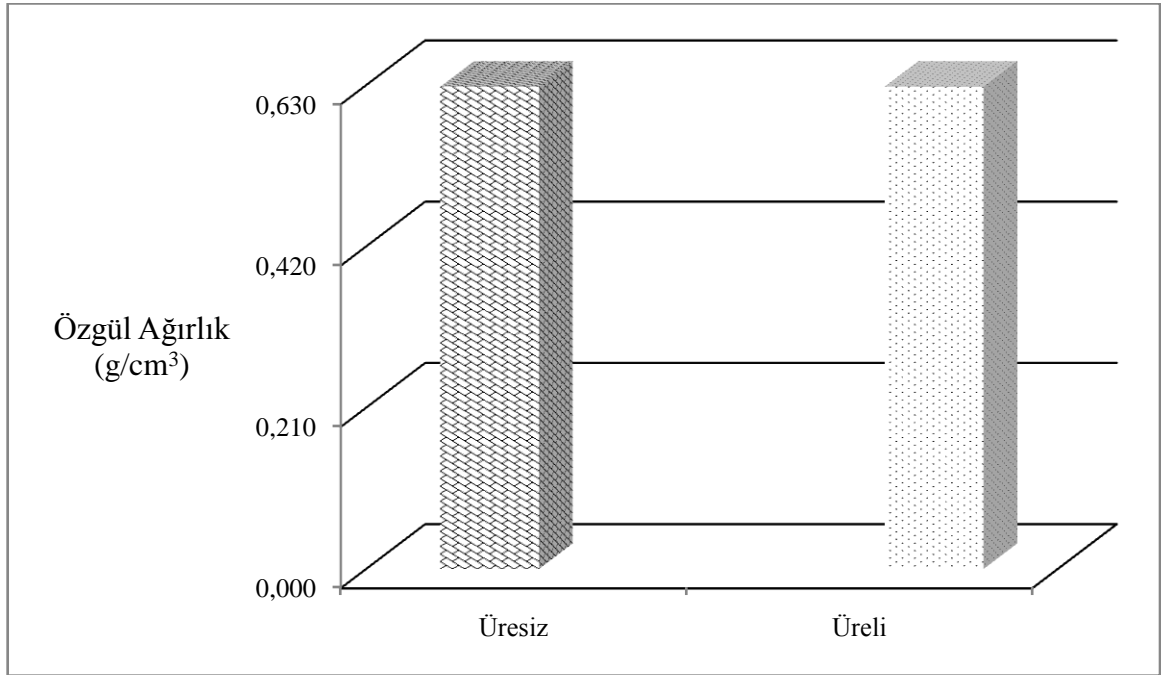
Özgül ağırlık üzerine sertleştirici türü, üre kullanımı ve depolama süresinin etkileri Şekil 5-7'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Özgül ağırlık üzerine sertleştirici türünün etkisi



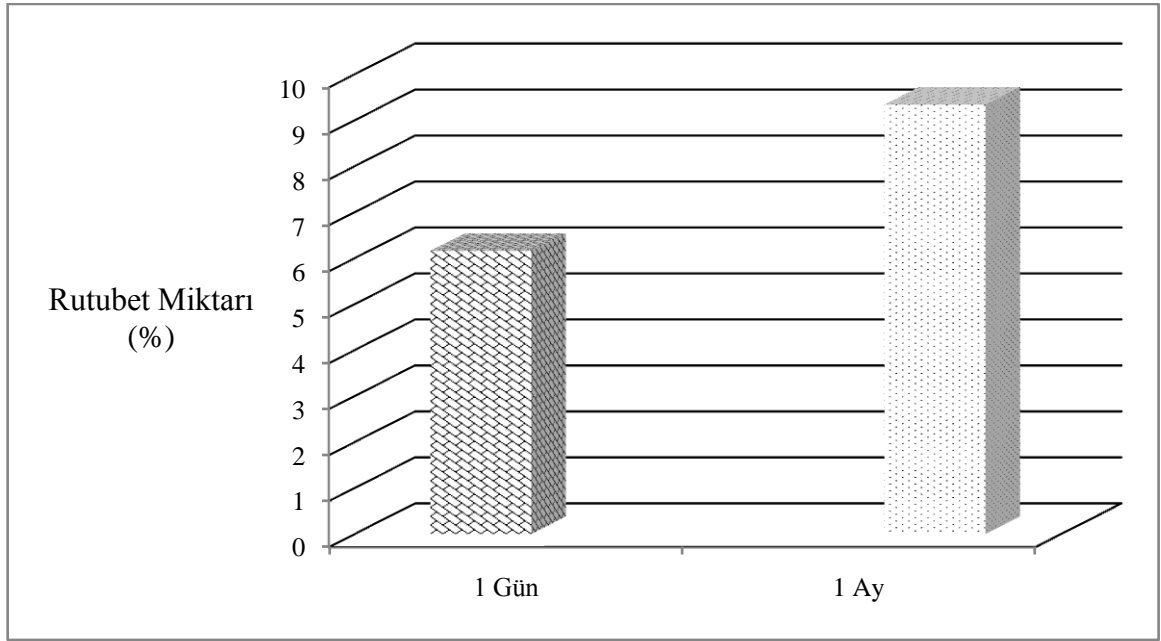
Şekil 6. Özgül ağırlık üzerine depolama süresinin etkisi



Şekil 7. Özgül ağırlık üzerine üre kullanımının etkisi

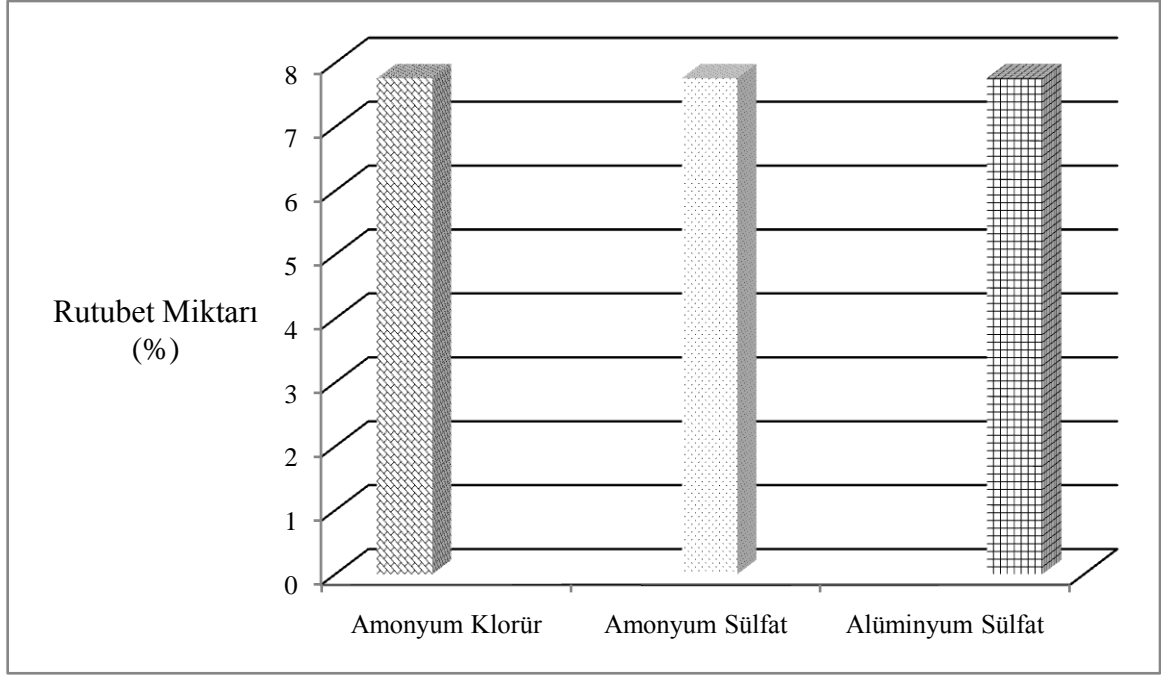
4.1.2. Rutubet Miktarı

Deneme levhalarında en yüksek rutubet miktarı % 9.40 bulunurken en düşük rutubet miktarı ise % 6.13 olarak bulunmuştur (Tablo 6). Yapılan istatistik çalışmalar sonucunda depolama süresinin levhaların rutubet miktarları üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Rutubet miktarı üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 8’de verilmiştir.

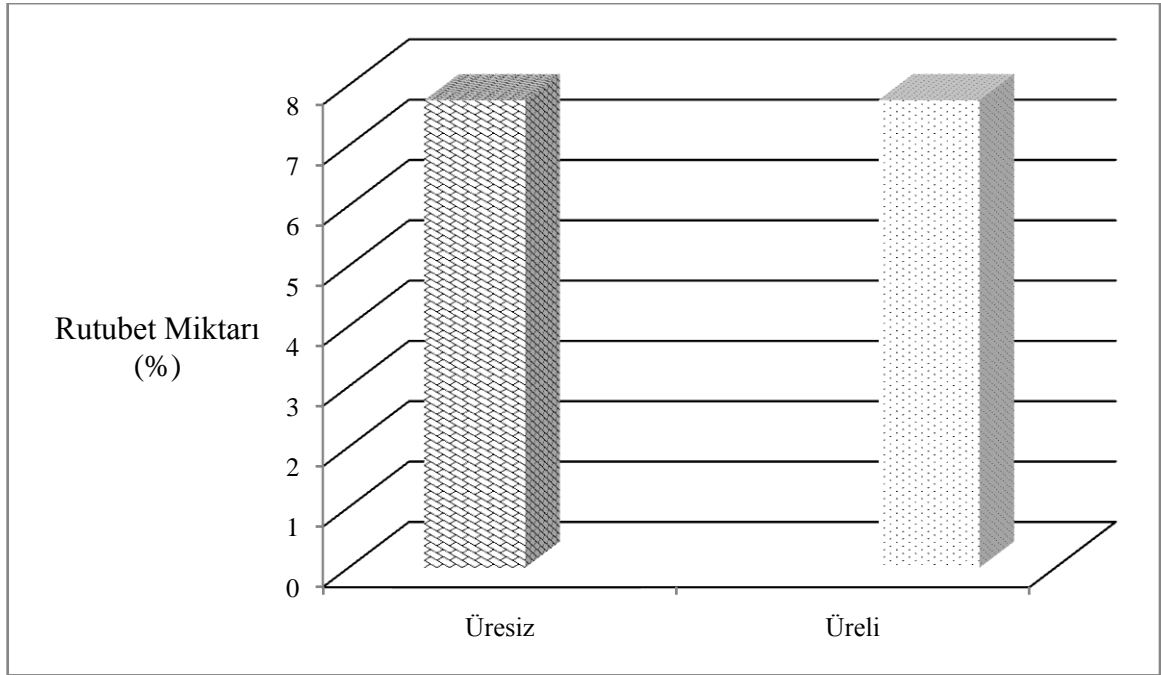


Şekil 8. Rutubet miktarı üzerine depolama süresinin etkisi

1 gün depolanan levhaların ortalama rutubet miktarı % 6.16 iken, bir ay depolanan levhaların ortalama rutubet miktarı ise % 9.34 olarak belirlenmiştir (Tablo 8). Yongalevhalar prestan sıcak ve düşük rutubette çıktığı için bir gün depolama esnasında sıcaklığı sebebiyle rutubet kaybetmekte, bir ay depolamada ise levhaların sıcaklığı ortam koşullarında dengelenmekte bundan dolayı levha artık ortamdan rutubet almaya başlamakta ve rutubet miktarı artmaktadır (Bozkurt ve Göker., 1990). Bu sebepten dolayı bir gün depolanan levhaların rutubet miktarı, bir ay depolanan levhaların rutubet miktarından daha az çıkmış olabilir. Sertleştirici türü ve üre kullanımının ise üretilen yongalevhaların rutubet miktarları üzerinde istatistiksel olarak bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Rutubet miktarı üzerine sertleştirici türü ve üre kullanımının etkileri Şekil 9 ve 10’da gösterilmiştir.



Şekil 9. Rutubet miktarı üzerine sertleştirici türünün etkisi

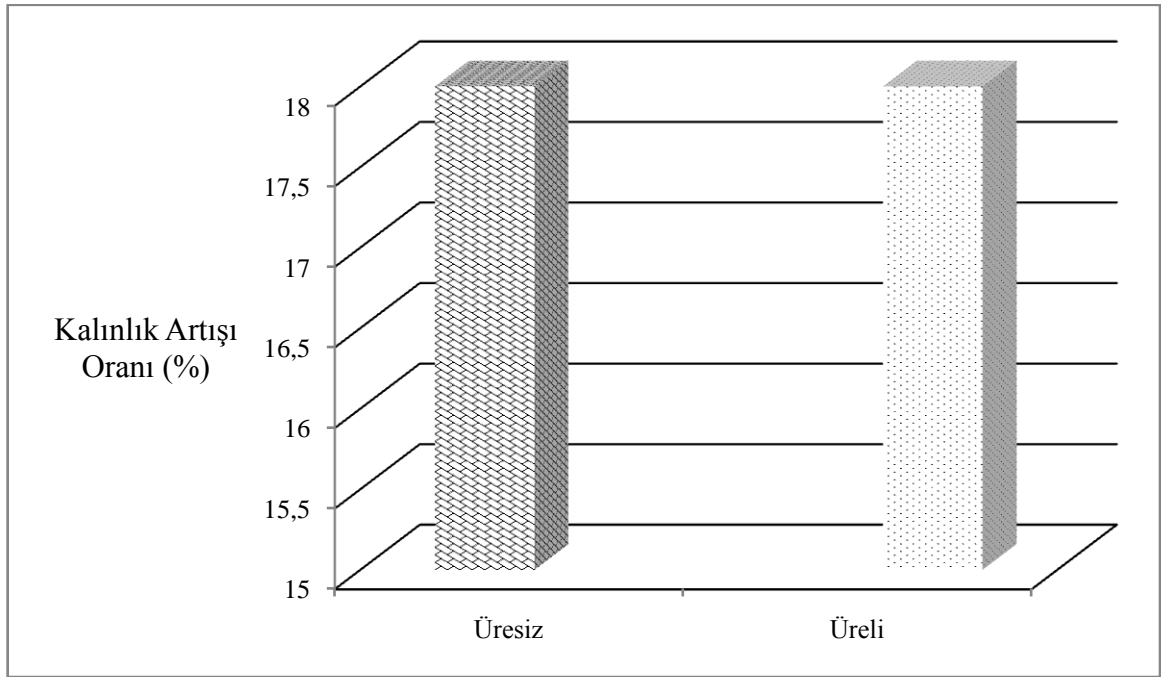


Şekil 10. Rutubet miktarı üzere üre kullanımının etkisi

4.1.3. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

En yüksek kalınlık artışı oranı değerine sertleştirici türü olarak alüminyum sülfat kullanılan üre ilave edilerek üretilip bir gün depolanan yongalevhelerde (% 22.92), en düşük değere ise sertleştirici türü olarak amonyum klorür kullanılan üresiz üretilip bir ay depolanan yongalevhelerde (% 13.61) ulaşılmıştır (Tablo 9).

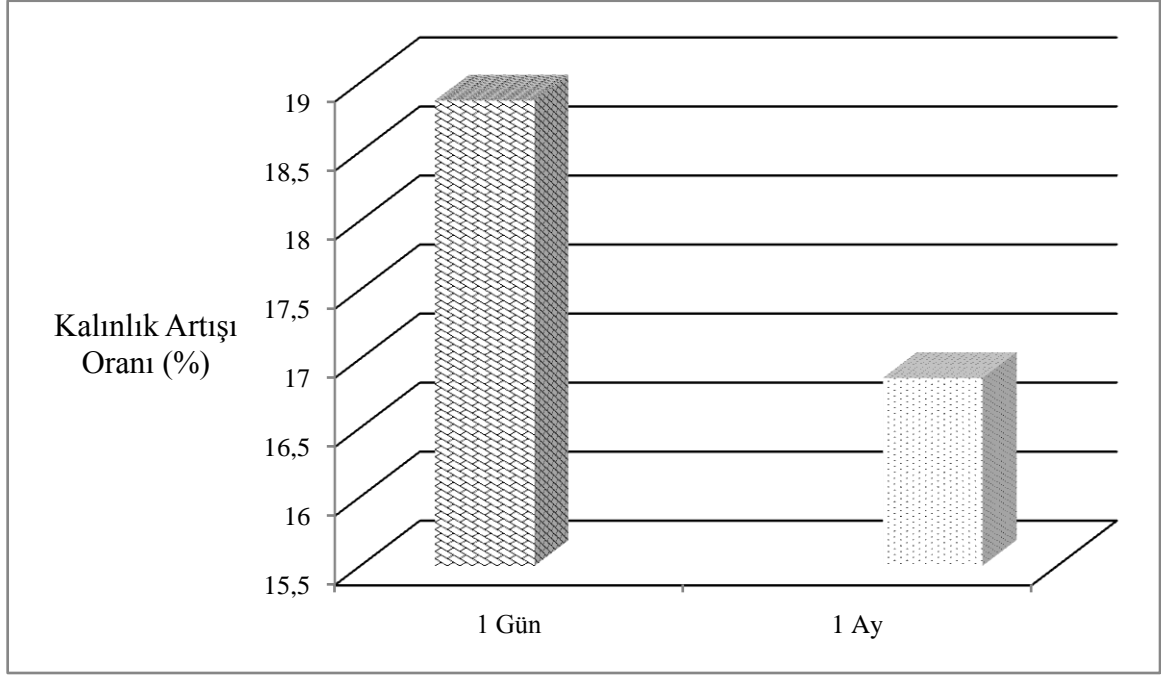
Yapılan testler ve istatistiksel çalışmalar sonucunda kalınlık artışı oranı üzerine depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri anlamlı bulunurken, üre kullanımının etkisiz olduğu anlaşılmıştır (Tablo 10). Kalınlık artışı oranı üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 11’de gösterilmiştir.



Şekil 11. Kalınlık artışı oranı üzerine üre kullanımının etkisi

Tablo 11’den görüldüğü gibi bir gün depolanan yonga levhalarda kalınlık artışı oranı (% 18.87) bir ay depolanan yongalevhelerin kalınlık artışı oranından (%16.86) daha fazla çıkmıştır. Sıcak presten çıkan levhalarda tutkalın kondenzasyon reaksiyonları belirli bir süre devam ettiğinden bir gün depolanan yongalevhelerde tutkal bağı oluşumu tamamlanmamış ve iyi bir yapışma elde edilmemiştir. Bundan ötürü suyun levha içine difüzyonu kolaylaşmış olacağından, kalınlık artışı oranı bir ay depolanan yongalevhelerden

yüksek çıkmış olabilir. Ayrıca presten sıcaklığı yüksek ve düşük rutubette çıkan levhaların bir gün depolanmasıyla sıcaklığın ve rutubetin dengeye ulaşamaması sonucunda kalınlık artışı deneyi sırasında örneklerin rutubet miktarındaki nispi artış, bir ay bekletilen levha örneklerinden fazla olduğundan iki depolama süresi arasındaki kalınlık artışı oranı farklı olabilir. Kalınlık artışı oranı üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 12’de verilmiştir.



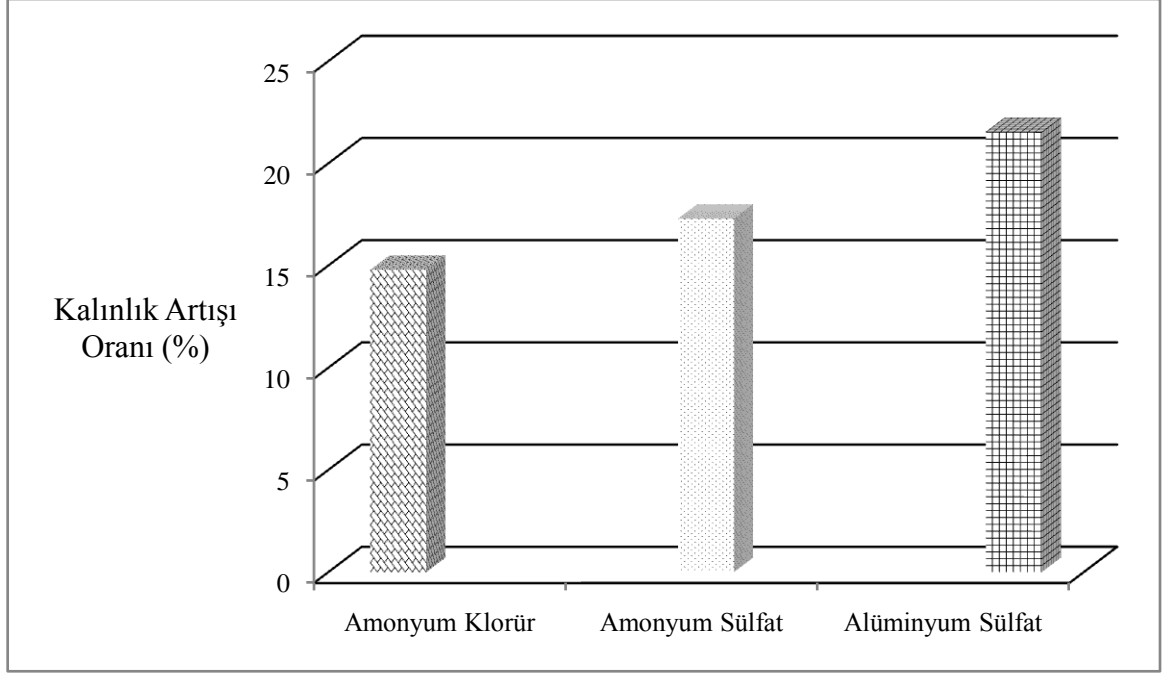
Şekil 12. Kalınlık artışı oranı üzerine depolama süresinin etkisi

Tablo 31, 34, 37, 40 ve 43'ten görüldüğü gibi bir gün depolanan yongalevhaların pürüzlülük değerleri ve temas açıları, bir ay depolanan yongalevhaların pürüzlülük ve temas açısı değerlerinden daha büyüktür. Literatür incelendiğinde pürüzlülük ve temas açısındaki artışın ıslanabilme yeteneğini azalttığını bundan ötürüde spesifik adhezyon kuvvetinin azaldığı böylece zayıf tutkal bağlarının meydana geldiği tespit edilmiştir (Buscher vd., 1983; Sarı, 2011). Yongalevha üretiminde yapışmanın iyi olmaması üretilen yongalevhanın mekanik ve fiziksel özelliklerini negatif olarak etkiler (Akbulut, 1995). Bu sebepten ötürü bir gün depolanan levhaların kalınlık artışı oranı, bir ay depolanan levhalardan daha yüksek bulunmuş olabilir.

Sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhaların kalınlık artışı oranı % 14,79 iken amonyum sülfat kullanılarak üretilen levhaların ki % 17,29 olup, alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda ise % 21,54 olarak bulunmuştur (Tablo 11).

Kullanılan sertleştiricilerin pH değerleri incelendiğinde istatistiksel olarak birbirinden farklı değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Amonyum klorür ilavesiyle pH değeri 4,33 iken amonyum sülfatla pH değeri 4,64 olup sertleştirici olarak alüminyum sülfat kullanıldığında ise pH değeri 5,01 olarak bulunmuştur (Tablo 23). Daha önce yapılan çalışmalarda yongalevha üretiminde üre formaldehit tutkalı için en uygun pH değerinin 4-5 aralığında olması gerektiği bulunmuştur. Bu pH aralığında üre formaldehit tutkalının polimerizasyon derecesi artmakta ve iyi bir yapışma elde edilmektedir (Akyüz vd., 2010). Yukarıdaki pH değerleri incelendiğinde alüminyum sülfat ilavesi pH değerini uygun aralığın üst sınırına yaklaştırdığından, diğer sertleştiricilere göre daha zayıf tutkal bağları elde edilmiş olabilir. Bunun sonucu olarak suyun levha içine girişi kolaylaştığı için kalınlık artışı oranı diğer örneklerden fazla çıkmış olabilir.

Yapılan deneyler ve istatistiksel çalışmalar sonucunda, amonyum klorürle üretilen yongalevhaların temas açısı ve pürüzlülük değeri en küçük bulunurken, alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda en büyük değerler elde edilmiştir. Amonyum sülfat kullanıldığında ise, diğer iki sertleştirici türünden elde edilen değerlerin arasında temas açısı ve pürüzlülük değerine ulaşılmıştır (Tablo 31, 34, 37, 40, 43). Pürüzlü yüzeylerin yapıştırılmasında tutkal bağlarının düzgün yüzeylere göre daha zayıf olacağı ve artan temas açısıyla ıslanabilme yeteneğinde azalmanın görüleceği yapılan çalışmalarda belirlenmiştir (Christiansen, 1990; Sarı, 2011; Aydın, 2003). Kalınlık artışı üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 13'te verilmiştir.



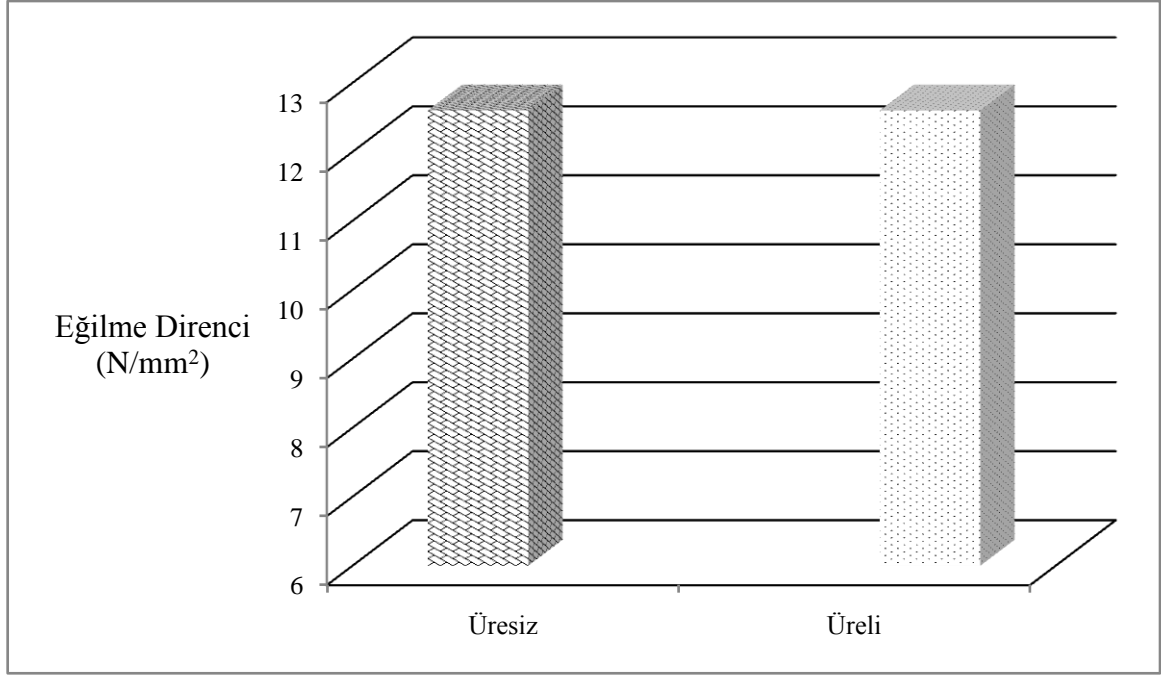
Şekil 13. Kalınlık artışı üzerine sertleştirici türünün etkisi

4.2. Mekanik Özellikler

4.2.1. Eğilme Direnci

En yüksek eğilme direnci değerine sertleştirici türü olarak amonyum klorür kullanılan üresiz üretilip bir ay depolanan yongalevhelerde ($14,59 \text{ N/mm}^2$), en düşük eğilme direnci değerine ise sertleştirici türü olarak alüminyum sülfat kullanılan üre ilavesiyle üretilip bir gün depolanan yongalevhelerde ($10,49 \text{ N/mm}^2$) ulaşılmıştır.

Yapılan testler ve istatistiksel çalışmalar sonucunda eğilme direnci üzerine üre kullanımı etkisiz bulunurken, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri anlamlı bulunmuştur (Tablo 13). Eğilme direnci üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 14'te gösterilmiştir.

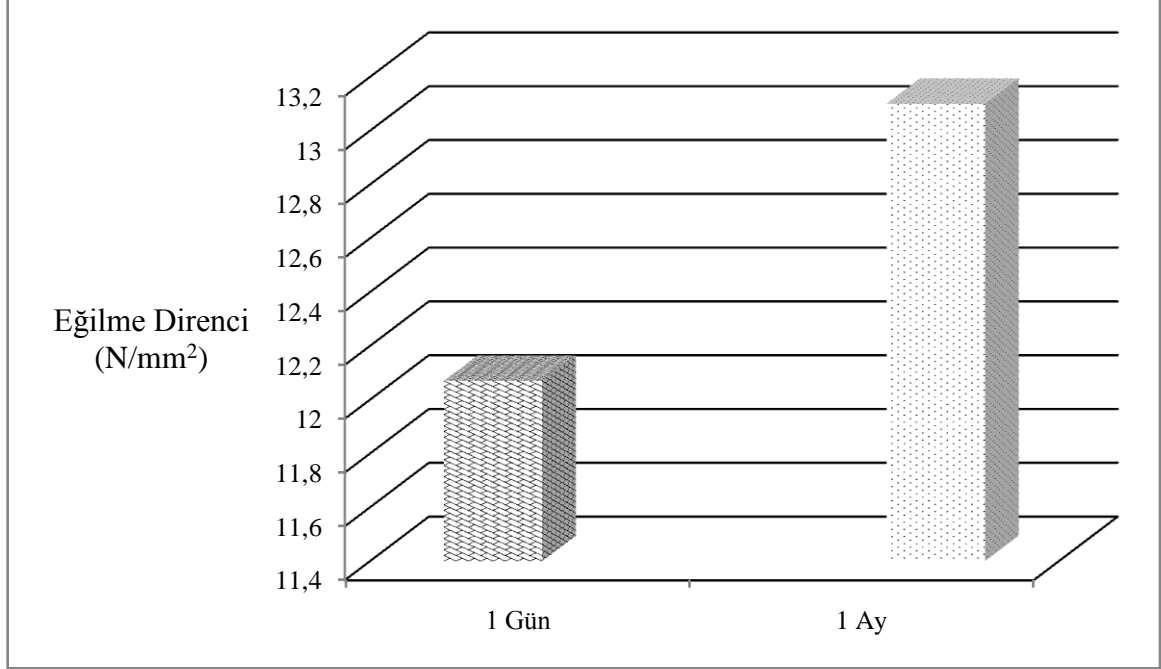


Şekil 14. Eğilme direnci üzerine üre kullanımının etkisi

Bir ay depolanan levha örneklerinde eğilme direnci $13,10 \text{ N/mm}^2$ bulunurken bir gün depolanan levha örneklerinde ise $12,07 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Yongalevhelerde presleme işleminden sonra tutkalın sertleşmesi belirli bir süre daha devam etmekte ve levhalarda fiziksel ve mekanik değişimler meydana gelmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990). Presleme sonrası yongalevhelerde tutkalın sertleşme reaksiyonları bir müddet daha devam ettiği için bir gün depolanarak eğilme direnci testine tabi tutulan örneklerde tutkal bağları daha zayıf olabileceğinden bir ay depolanarak eğilme dirençleri ölçülen yongalevhelerinkinden daha düşük çıkmış olabilir (Tablo 14).

İlgili tablolar incelendiğinde bir gün depolanan yongalevhelerin pürüzlülük değerleri ve temas açıları, bir ay depolanan yongalevhelerin pürüzlülük ve temas açısı değerlerinden daha büyük olduğu görülecektir (Tablo 31, 34, 37, 40 ve 43). Temas açısı ve pürüzlülük değerlerindeki artış ıslanabilme yeteneğini azaltır. Dolayısıyla tutkal molekülleriyle yonganın bünyesindeki hidroksil grupları arasındaki adhezyon kuvvetinin azaldığı böylece zayıf tutkal bağlarının meydana geldiği yapılan literatür araştırması sonucunda tespit edilmiştir (Buscher vd., 1983; Aydın, 2003). Yongalevha üretiminde yapışmanın iyi olmaması üretilen yongalevhanın mekanik ve fiziksel özelliklerini olumsuz olarak etkiler (Akbulut, 1995). Böylece bir gün depolanan yongalevhelerin eğilme direnci değerleri, bir

ay depolanarak eğilme dirençleri tespit edilen yongalevhalardan daha düşük çıkmış olabilir. Eğilme direnci üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 15'te gösterilmiştir.



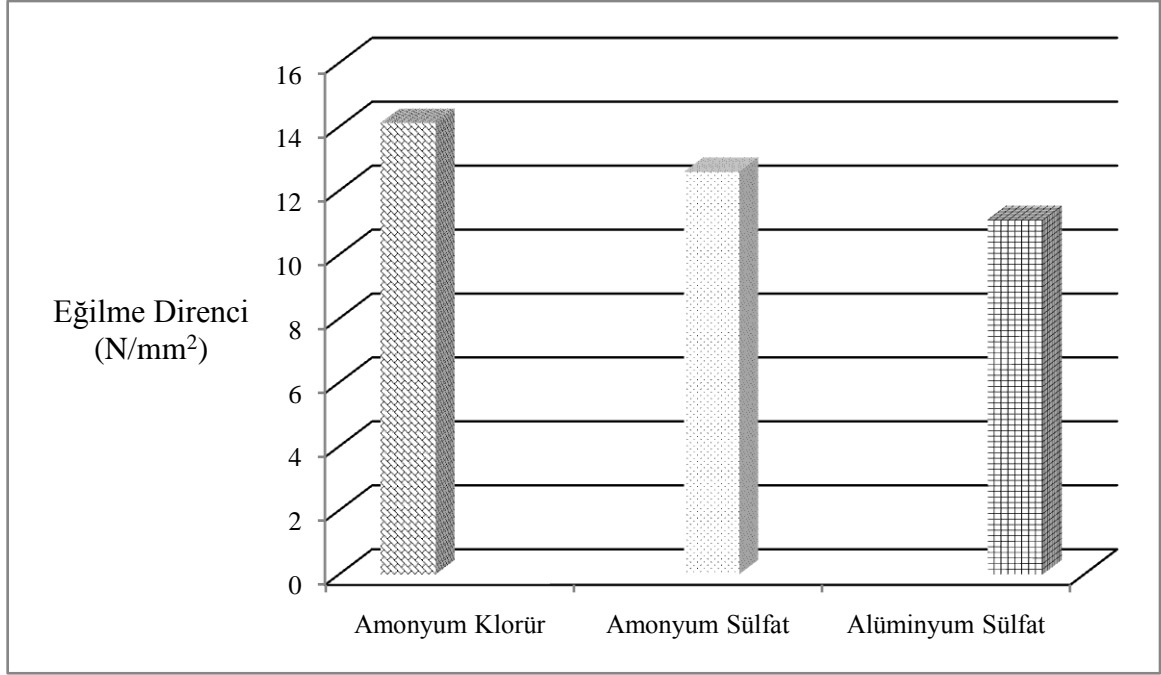
Şekil 15. Eğilme direnci üzerine depolama süresinin etkisi

Tablo 14'ten görüldüğü gibi amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhaların eğilme direnci değeri 14,12 N/mm² iken amonyum sülfat kullanılarak üretilen yongalevhalarınki 12,56 N/mm², alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda ise 11,09 N/mm² olarak ölçülmüştür.

Deneme levhalarının pH değerleri incelendiğinde istatistiksel olarak birbirinden farklı değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda amonyum klorür, amonyum sülfat ve alüminyum sülfatla üretilen yongalevhaların pH değerleri sırasıyla 4,33- 4,64 ve 5,01 olarak bulunmuştur (Tablo 23). Yapılan çalışmalarda yongalevha üretiminde üre formaldehit tutkalı için en uygun pH değerinin 4-5 aralığında olması gerektiği bulunmuştur. Bu pH aralığında üre formaldehit tutkalının polimerizasyon derecesi artmakta, iyi bir yapışma elde edilmektedir (Akyüz vd., 2010). pH değerleri incelendiğinde alüminyum sülfat ilavesiyle pH değeri, üre formaldehit tutkalı için uygun aralığın üst sınırını aştığından, diğer sertleştiricilere göre daha zayıf bir adhezyon kuvveti oluşmuş olabilir. Tutkal bağlarının zayıf olması da eğilme direncinin düşük çıkmasına sebebiyet vermiş olabilir.

Üretilen yongalevhaların temas açıları incelendiğinde amonyum klorürle üretilen yongalevhaların temas açısı $97,14^\circ$, amonyum sülfatla üretilen yongalevhaların temas açısı $116,54^\circ$ ve alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda ise temas açısı $125,38^\circ$ olarak ölçülmüştür. Pürüzlülük değerleri incelendiğinde ise en pürüzlü yüzeyler alüminyum sülfat kullanılarak üretilen yongalevha örneklerinde elde edilirken, en düzgün yüzeyler ise amonyum klorürle üretilen yongalevha örneklerinden elde edilmiştir. Amonyum sülfatla üretilen yongalevha örneklerinin pürüzlülükleri ise diğer iki sertleştirici türünün ortasında değerler olarak bulunmuştur (Tablo 31, 34, 37 ve 40). Spesifik adhezyon kuvveti pürüzlü yüzeylerde daha düşük olacağı için, yapışma zayıf olur. Temas açısının artmasıyla da ıslanabilme yeteneği azalmaktadır (Aydın, 2003; Sarı, 2011). Amonyum klorürle üretilen yongalevhaların eğilme direncinin diğer sertleştiricilerle üretilen yongalevhalarından yüksek çıkmış olmasının sebebi pürüzlülük değeri ve temas açısının düşük olması olabilir.

Ayrıca amonyum klorür ve amonyum sülfatla üretilen yongalevhaların preslenmesi sırasında bir miktar amonyak gazı açığa çıkar ve presleme sırasında ön sertleşmeyi engeller (Bozkurt ve Göker, 1990). Sertleştirici olarak alüminyum sülfat kullanıldığında ise amonyak gazı oluşmaz. Dolayısıyla alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda ön sertleşme olabileceğinden eğilme direnci diğer sertleştiricilerle üretilen yongalevhalara göre daha düşük çıkmış olabilir. Amonyum klorür presleme sırasında ısının etkisiyle hidroklorik asit açığa çıkar. Amonyum sülfat ve alüminyum sülfatta ise presleme sırasında sülfirik asit açığa çıkar. Hidroklorik asitin sülfirik asite göre daha uçucu olması sebebiyle presleme sırasında yongalevhanın her yerine homojen olarak yayılır. Bunun neticesinde amonyum klorür kullanılan yongalevhalarda daha iyi ve homojen sertleşme oluşacağından diğer yongalevha türlerine göre eğilme direnci yüksek çıkmış olabilir. Alüminyum sülfatla üretilen yongalevhaların preslenmesi sırasında açığa çıkan sülfirik asit, amonyum sülfatından daha az olacağından üre formaldehitin yapışması için gerekli olan asidik ortam ($\text{pH}= 4-5$) optimum seviyede olmamakta bundan ötürüde amonyum sülfat ve amonyum klorüre göre daha zayıf bir yapışma oluşmakta ve dolayısıyla eğilme direnci diğerlerine göre düşük çıkmaktadır. pH değerleri incelendiğinde amonyum klorür ilavesiyle 4,33, amonyum sülfat ilavesiyle 4,64 ve alüminyum sülfat ilavesiyle 5,01 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 23). Eğilme direnci üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 16'da verilmiştir.

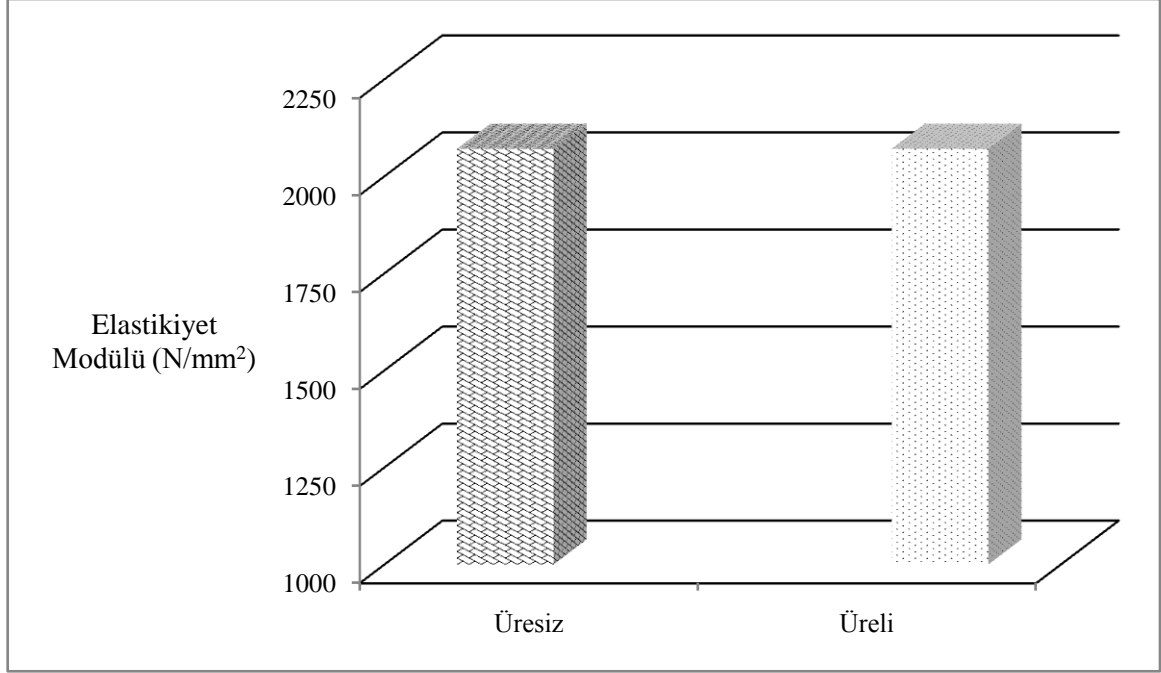


Şekil 16. Eğilme direnci üzerine sertleştirici türünün etkisi

4.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılan ve üre eklenmeden üretilip bir ay depolanan yongalevhelerde en yüksek elastikiyet modülü değerine ($2458,64 \text{ N/mm}^2$), sertleştirici türü olarak alüminyum sülfat kullanılan ve üre eklenerek üretilip bir gün depolanan yongalevhelerde en düşük elastikiyet modülü değerine ($1746,35 \text{ N/mm}^2$) ulaşılmıştır.

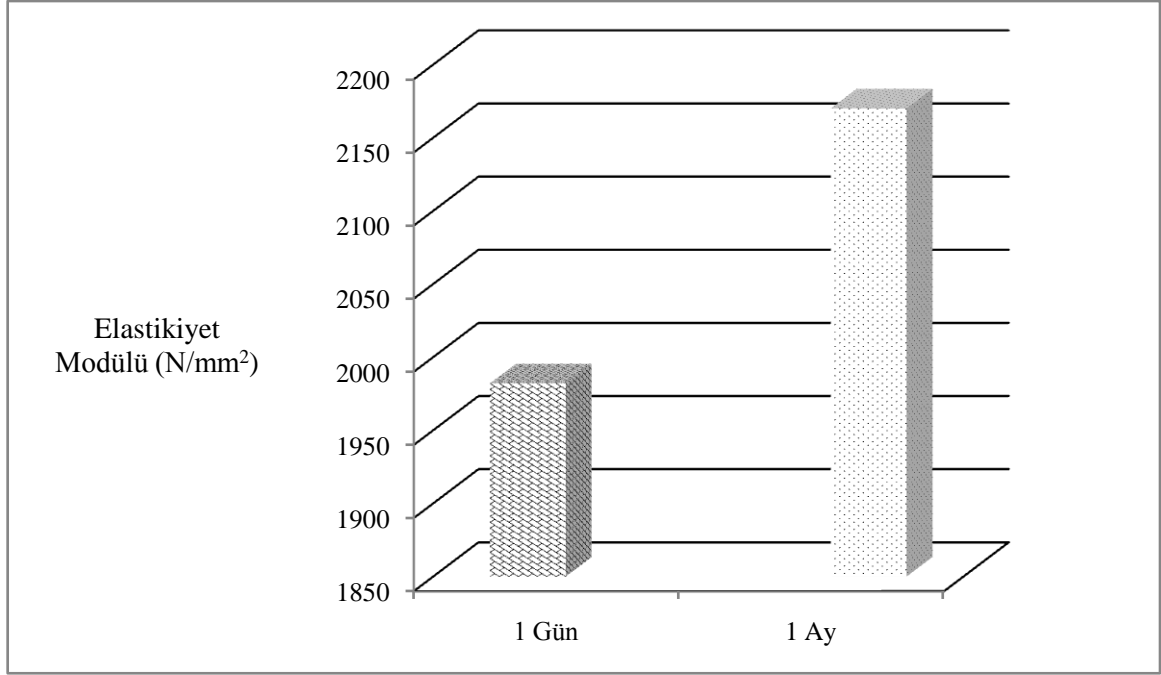
Yapılan testler ve istatistiksel çalışmalar sonucunda eğilmede elastikiyet modülü değeri üzerinde üre kullanımı etkisiz bulunurken, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri anlamlı bulunmuştur (Tablo 16). Elastikiyet modülü üzerinde üre kullanımının etkisi şekil 17'de gösterilmiştir.



Şekil 17. Elastikiyet modülü üzerine üre kullanımının etkisi

Tablo 17' den görüldüğü üzere bir gün depolanan yongalevhaların elastikiyet modülü $1982,08 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilirken bir ay depolanan yongalevhaların elastikiyet modülü $2170,05 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur. Yongalevhalar presten çıktıktan sonra sertleşme reaksiyonu belirli bir süre daha devam etmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990). Bundan dolayı sertleşme reaksiyonu devam eden bir gün depolanmış yongalevhaların elastikiyet modülü değeri, bir ay depolanmış böylece sertleşme reaksiyonu tamamlanmış yongalevhalarınkinden daha düşük çıkmış olabilir.

Bir ay depolanan levhaların pürüzlülük değerleri ve temas açıları, bir gün depolanan levhaların pürüzlülük ve temas açısı değerlerinden daha düşük olduğu görülmektedir (Tablo 31, 34, 37, 40 ve 43). Temas açısı ve pürüzlülük değerlerindeki artış ıslanabilme yeteneğini azaltmaktadır. Bundan dolayı yongalarla tutkal molekülleri arasındaki bağlar zayıf olmaktadır (Buscher vd., 1983; Aydın, 2003). İyi bir yapışma reaksiyonu gerçekleşmemiş yongalevhaların teknolojik özellikleri olumsuz olarak etkilenir (Akbulut, 1995). Bu bilgilere dayanak bir gün depolanan yongalevhaların elastikiyet modülü değeri, bir ay depolanan yongalevhaların elastikiyet modülü değerinden daha düşük çıkmış olabilir. Eğilmede elastikiyet modülü değeri üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 18'de gösterilmiştir.



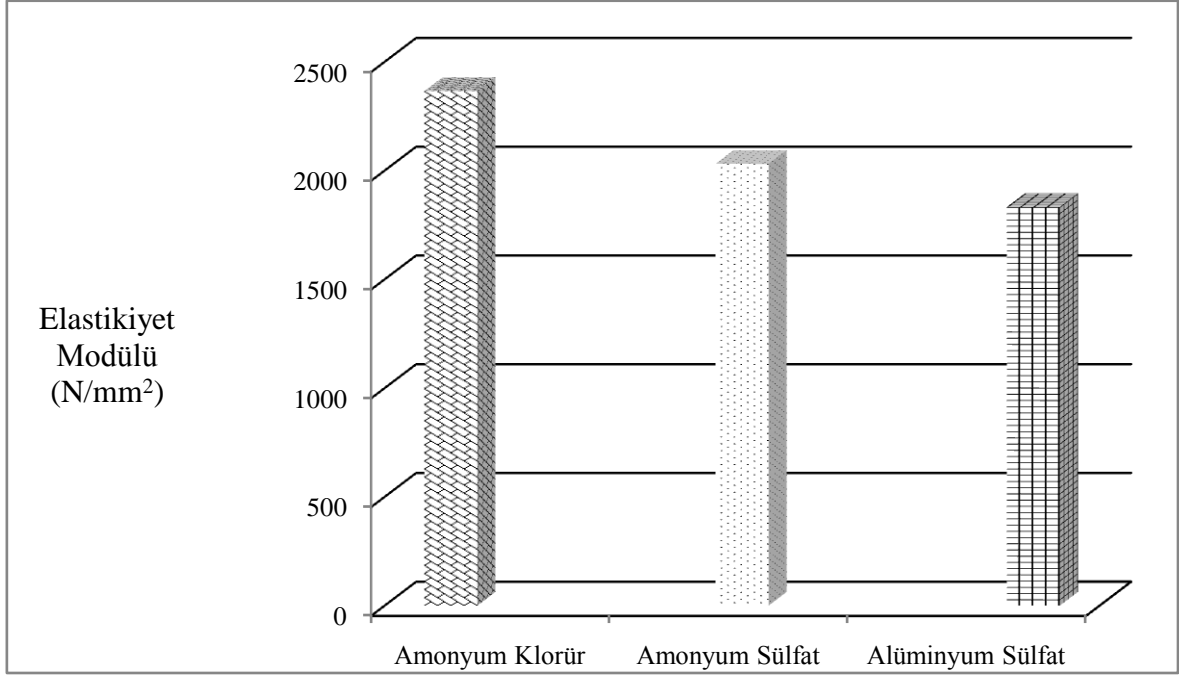
Şekil 18. Elastikite modülü üzerine depolama süresinin etkisi

Yongalevhaların elastikite modülü değeri, sertleştirici olarak amonyum klorür kullanıldığında $2365,01 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülürken, amonyum sülfat kullanıldığında $2030,84 \text{ N/mm}^2$ olup, alüminyum sülfatta ise $1832,3 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir.

Farklı sertleştirici türleri ile üretilen yongalevhaların pH değerleri incelendiğinde bu değerlerin birbirinden farklı oldukları görülmüştür. Tablo 23'ten de görüldüğü gibi yapılan testler sonucunda amonyum klorürle üretilen levhaların pH'ı 4,33 iken amonyum sülfat ile üretilen levhaların pH'ı 4,64 ve alüminyum sülfat ile üretilen levhaların pH'ı 5,01 olarak belirlenmiştir. Üre formaldehit tutkalının yongalevha üretiminde en iyi yapışmayı sağlaması için pH'ın 4-5 arasında olması gerekmektedir (Akyüz vd., 2010). Sertleştirici olarak alüminyum sülfat kullanılan yongalevharın pH'ı 5 ten fazla olduğu için tutkal bağı oluşumu diğer levhalara göre daha zayıf olabilir. Bundan dolayı alüminyum sülfatla üretilen yongalevhaların elastikite modülü değeri diğer levhalara göre daha düşük çıkmış olabilir.

Tablo 43'te görüldüğü gibi üretilen yongalevhaların temas açıları incelendiğinde en büyük temas açısı alüminyum sülfatta olurken en küçük temas açısı amonyum klorürde saptanmıştır. Pürüzlülük değerlerine bakıldığında en düşük pürüzlülük değeri amonyum klorürde gözlenirken en yüksek pürüzlülük değeri alüminyum sülfatta gözlenmiştir (Tablo 31, 34, 37 ve 40). Pürüzlülüğün artmasıyla yapışma daha zayıf olur. Islanabilme yeteneği

temas açısının artmasıyla azalmaktadır (Christiansen, 1990; Aydın, 2003). Bu yüzden en yüksek elastikiyet modülü değerinin amonyum klorür ilavesiyle üretilen yongalevha örneklerinde görülmüş olmasının nedeni temas açısı ve pürüzlülük değerinin diğer sertleştiricilerle üretilen yongalevha örneklerine göre daha düşük olması olabilir. Elastikiyet modülü üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil19’da verilmiştir.



Şekil 19. Elastikiyet modülü üzerine sertleştirici türünün etkisi

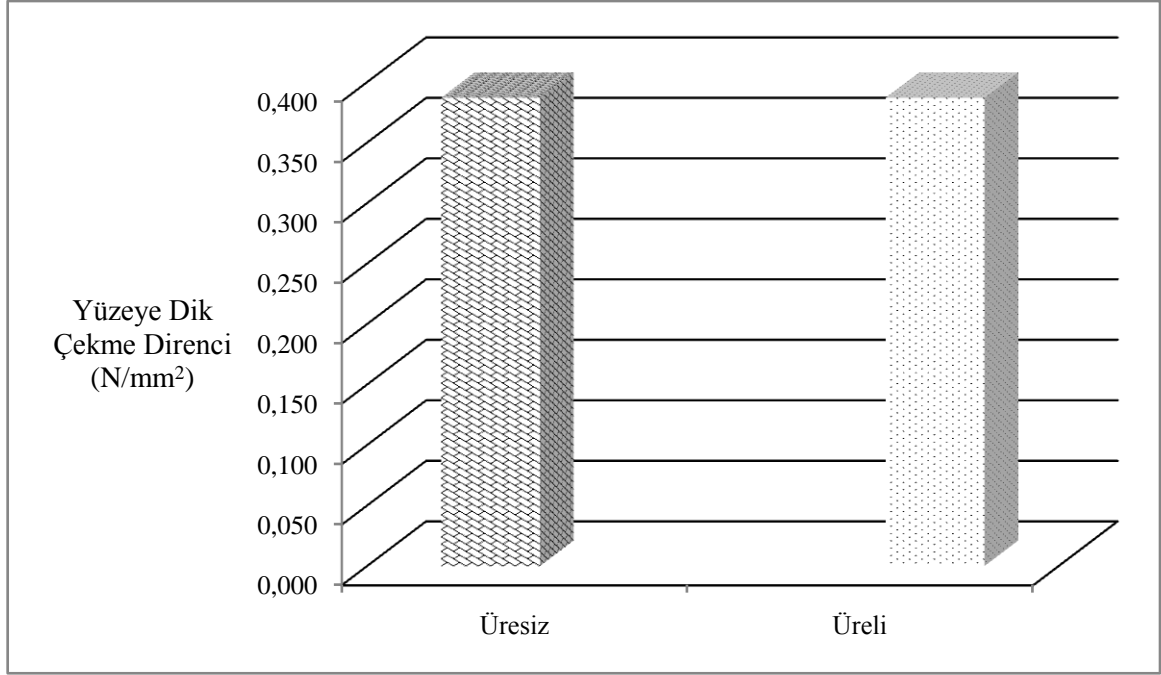
Üre formaldehit tutkalının pH derecesini uygun koşullara getirmek için kullanılan sertleştiricilerden amonyum klorür ve amonyum sülfattan presleme aşamasında amonyak gazı açığa çıkar ve presleme sırasında ön sertleşmeyi önler (Bozkurt ve Göker, 1990). Alüminyum sülfat kullanıldığında ise amonyak gazı oluşmaz. Dolayısıyla alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda ön sertleşme olabileceğinden elastikiyet modülü diğer sertleştiricilerle üretilen yongalevhalarla göre daha düşük çıkmış olabilir. Amonyum klorürden presleme aşamasında hidroklorik asit açığa çıkar. Amonyum sülfat ve alüminyum sülfatta ise presleme sırasında sülfirik asit açığa çıkar. Hidroklorik asitin sülfirik asite göre daha uçucu olması sebebiyle presleme sırasında yongalevhanın her yerine homojen olarak yayılır (Bozkurt ve Göker, 1990). Bunun neticesinde amonyum klorür kullanılan yongalevhalarda homojen sertleşme oluşacağından diğer yongalevha örneklerine göre elastikiyet modülü değeri daha yüksek çıkmış olabilir. Sertleştirici madde

olarak alüminyum sülfat kullanılan yongalevhaların preslenmesi sırasında açığa çıkan sülfirik asit, amonyum sülfattan açığa çıkan sülfirik asitten daha az olacağından üre formaldehitin yapışması için gerekli olan asidik ortam (pH 4-5) optimum seviyede sağlanamamakta dolayısıyla da amonyum sülfat ve amonyum klorüre göre daha zayıf tutkal bağları oluşmaktadır. Bunun neticesinde elastikiyet modülü değeri diğer levha gruplarına göre düşük çıkmaktadır. pH değerleri incelendiğinde amonyum klorür ilavesiyle 4,33, amonyum sülfat ilavesiyle 4,64 ve alüminyum sülfat ilavesiyle 5,01 olarak tespit edilmiştir (Tablo 23).

4.2.3. Yüzeye Dik Çekme Direnci

En yüksek yüzeye dik çekme direnci değerine sertleştirici türü olarak amonyum klorür kullanılan, üresiz üretilip ve bir ay depolanan yongalevhalarda ($0,557 \text{ N/mm}^2$), en düşük yüzeye dik çekme direnci değerine ise sertleştirici türü olarak alüminyum sülfat kullanılan, üre ilavesiyle üretilip, bir gün depolanan yongalevhalarda ($0,226 \text{ N/mm}^2$) ulaşılmıştır.

Yapılan testler ve istatistiksel çalışmalar sonucunda yüzeye dik çekme direnci üzerine üre kullanımı etkisiz bulunurken, depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri anlamlı bulunmuştur (Tablo 19). Yüzeye dik çekme direnci üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 20’de gösterilmiştir.

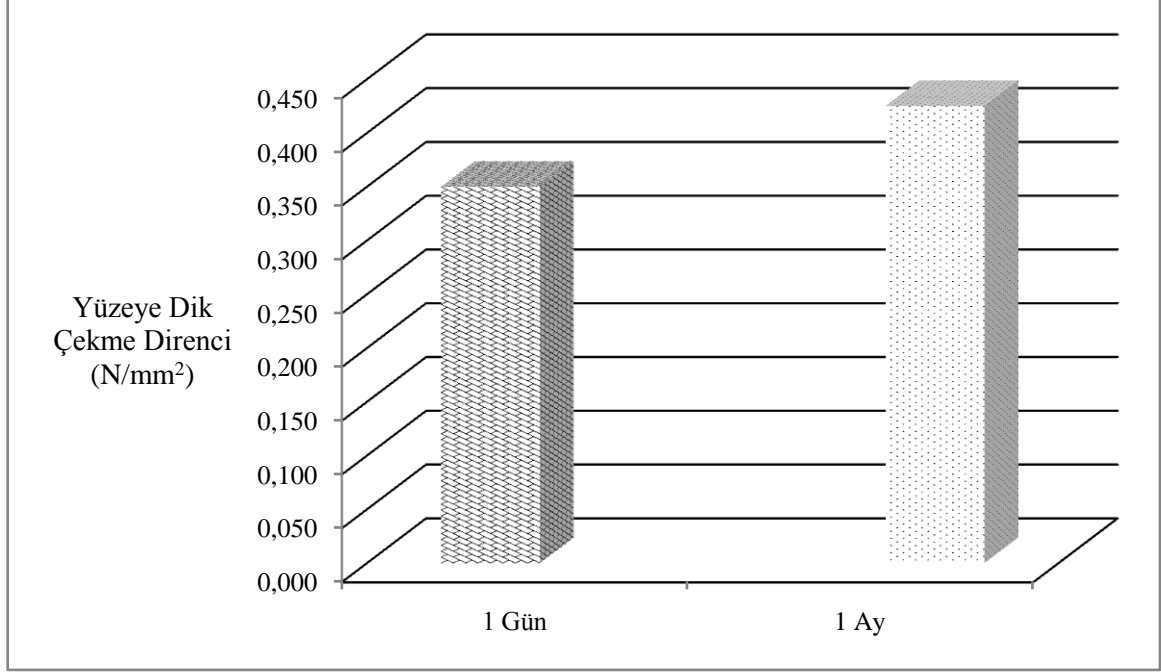


Şekil 20. Yüzeye dik çekme direnci üzerine üre kullanımının etkisi

Bir ay depolanan yongalevha örneklerinde yüzeye dik çekme direnci $0,425 \text{ N/mm}^2$ bulunurken bir gün depolanan yongalevha örneklerinde ise $0,350 \text{ N/mm}^2$ olarak tespit edilmiştir. Yongalevhelerde presleme işleminden sonra da sertleşme reaksiyonları devam ettiğinden, yongalevhelerde fiziksel ve mekanik değişimler preslemeden sonrada bir müddet daha devam etmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990). Presleme sonrası levhalarda sertleşme reaksiyonları bir müddet daha devam ettiği için bir gün depolanan örneklerde tutkal bağları daha zayıf olacağından bir ay depolanan levhalara göre yüzeye dik çekme dirençleri düşük çıkmış olabilir (Tablo 20).

Tablo 31, 34, 37, 40 ve 43 incelendiğinde bir gün depolanan yongalevhaların pürüzlülük değerleri ve temas açıları, bir ay depolanan yongalevhaların pürüzlülük ve temas açısı değerlerinden daha büyük olduğu görülür. Temas açısı ve pürüzlülük değerlerindeki artış ıslanabilme yeteneğini azaltmaktadır. Bundan dolayı tutkal molekülleriyle yonga bünyesindeki hidroksil grupları arasındaki bağlanma kuvvetinin azaldığı böylece zayıf tutkal bağlarının meydana geldiği yapılan araştırmalar sonucunda tespit edilmiştir (Buscher vd.,1983; Aydın, 2003). Yongalevha üretiminde yapışmanın istenilen düzeyde olmaması üretilen yongalevhanın mekanik ve fiziksel özelliklerini olumsuz olarak etkiler (Akbulut, 1995). Dolayısıyla bir gün depolanan yongalevhaların yüzeye dik çekme direnci değerleri, bir ay depolanarak yüzeye dik çekme dirençleri tespit

edilen yongalevhalarından daha düşük çıkmış olabilir. Yüzeye dik çekme direnci üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 21’de verilmiştir.



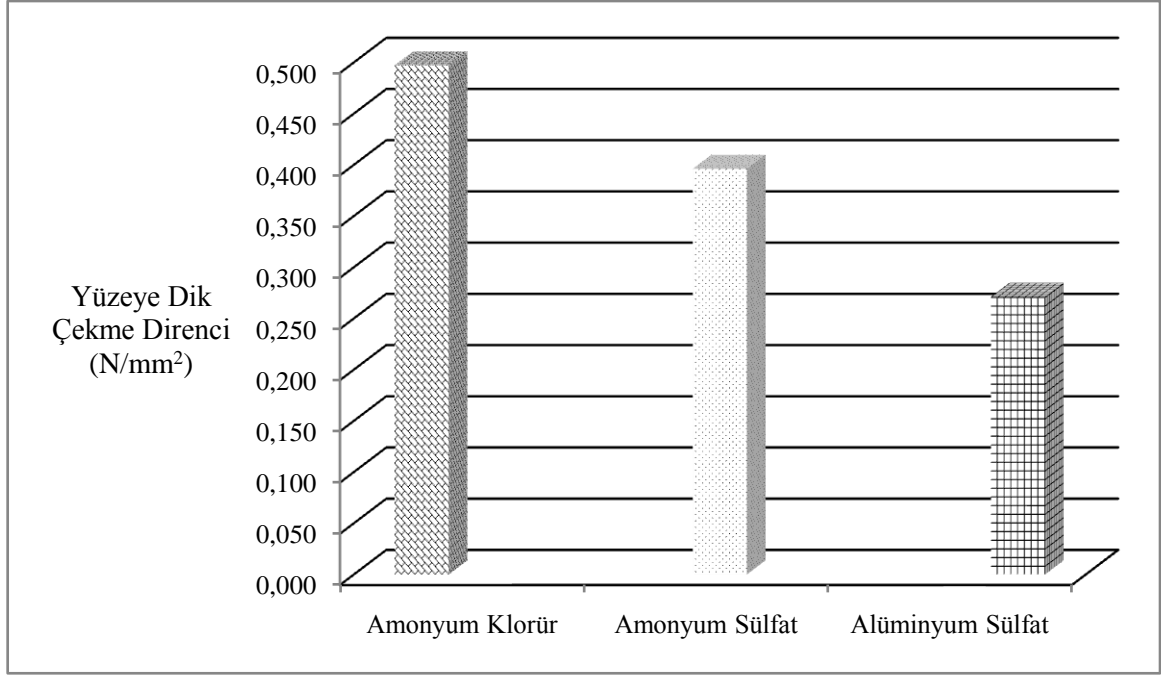
Şekil 21. Yüzeye dik çekme direnci üzerine depolama süresinin etkisi

Amonyum klorür kullanılarak üretilen levhaların yüzeye dik çekme direnci değeri 0,497 N/mm² iken amonyum sülfat kullanılarak üretilen yongalevhalarınki 0,396 N/mm² olup, alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalar ise 0,271 N/mm² olarak ölçülmüştür.

Üç değişik sertleştirici türü ile üretilen yongalevha örneklerinin pH değerleri incelendiğinde istatistiksel olarak birbirinden oldukları tespit edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda amonyum klorür, amonyum sülfat ve alüminyum sülfatla üretilen levhaların pH değerleri sırasıyla 4,33- 4,64 ve 5,01 olarak bulunmuştur (Tablo 23). Yongalevha üretiminde üre formaldehit tutkalının sertleşmesi için en uygun pH değerinin 4-5 aralığında olması gerektiği tespit edilmiştir. Bu pH değeri aralığında üre formaldehit tutkalının polimerizasyon derecesi artmakta, kuvvetli tutkal bağı oluşmaktadır (Akyüz vd., 2010). pH değerleri incelendiğinde alüminyum sülfat ilavesi pH değerini üre formaldehit tutkalı için uygun aralığın üzerine çıkardığından, diğer sertleştiricilere göre daha zayıf bir yapışma oluşmuş olabilir. Tutkal bağlarının zayıf olması da yüzeye dik çekme direncinin düşük çıkmasına neden olmuş olabilir.

Yongalevhaların temas açıları incelendiğinde amonyum klorürle üretilen yongalevhaların temas açısı $97,14^\circ$, amonyum sülfatla üretilen yongalevhaların temas açısı $116,54^\circ$ ve alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda ise temas açısı $125,38^\circ$ olarak bulunmuştur. Yongalevhaların pürüzlülük değerleri incelendiğinde ise en pürüzlü yüzeyler alüminyum sülfat kullanılarak üretilen levha örneklerinde tespit edilirken, en düzgün yüzeyler ise amonyum klorürle üretilen levha örneklerinden elde edilmiştir. Amonyum sülfatla üretilen yongalevha örneklerinin pürüzlülükleri ise diğer iki sertleştirici türünün orasındada değerler olarak ölçülmüştür (Tablo 31, 34, 37 ve 40). Yapışma kuvveti pürüzlü yüzeylerde daha zayıf olacağı için, tutkal bağıda zayıf olur. Temas açısının artmasıyla da ıslanabilme yeteneği azalmaktadır (Aydın, 2003; Sarı, 2011). Amonyum klorürle üretilen yongalevhaların yüzeye dik çekme direncinin diğer sertleştiricilerle üretilen yongalevhalarınkinden yüksek çıkmış olmasının sebebi pürüzlülük değeri ve temas açısının düşük olması olabilir.

Sertleştirici olarak amonyum klorür ve amonyum sülfat kullanılarak üretilen yongalevhaların preslenmesi sırasında bir miktar amonyak gazı açığa çıktığı ve presleme sırasında ön sertleşmeyi önlediği bilinmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990). Alüminyum sülfat kullanıldığında ise amonyak gazı oluşmaz. Bundan dolayı alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda ön sertleşme meydana gelebileceğinden yüzeye dik çekme direnci diğer sertleştiricilerle üretilen yongalevhalara göre daha düşük çıkmış olabilir. Amonyum klorürle üretilen yongalevhalarda presleme sırasında sıcaklığın etkisiyle hidroklorik asit oluşturur. Amonyum sülfat ve alüminyum sülfat ise presleme sırasında sülfirik asit açığa çıkarır. Hidroklorik asit, sülfirik asite göre daha uçucu olması nedeniyle presleme sırasında yongalevhanın her yerine daha hızlı ve homojen olarak yayılır. Bu bilgiler doğrultusunda amonyum klorür kullanılan yongalevhalarda daha iyi ve homojen sertleşme gerçekleşeceğinden diğer yongalevha türlerine göre yüzeye dik çekme direnci yüksek çıkmış olabilir. Alüminyum sülfat ile üretilen levhaların preslenmesi sırasında açığa çıkan sülfirik asit, amonyum sülfatan çıkan sülfirik asitten daha az olacağından üre formaldehitin yapışması için gerekli olan asidik ortam (pH 4-5) ideal seviyede olmamakta bunun neticesinde amonyum sülfat ve amonyum klorüre göre iyi bir yapışma elde edilememekte ve dolayısıyla yüzeye dik çekme direnci diğerlerine göre düşük çıkmaktadır. pH değerleri amonyum klorür ilavesiyle 4,33, amonyum sülfat ilavesiyle 4,64 ve alüminyum sülfat ilavesiyle 5,01 olmaktadır (Tablo 23). Yüzeye dik çekme direnci üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 22’de gösterilmiştir.

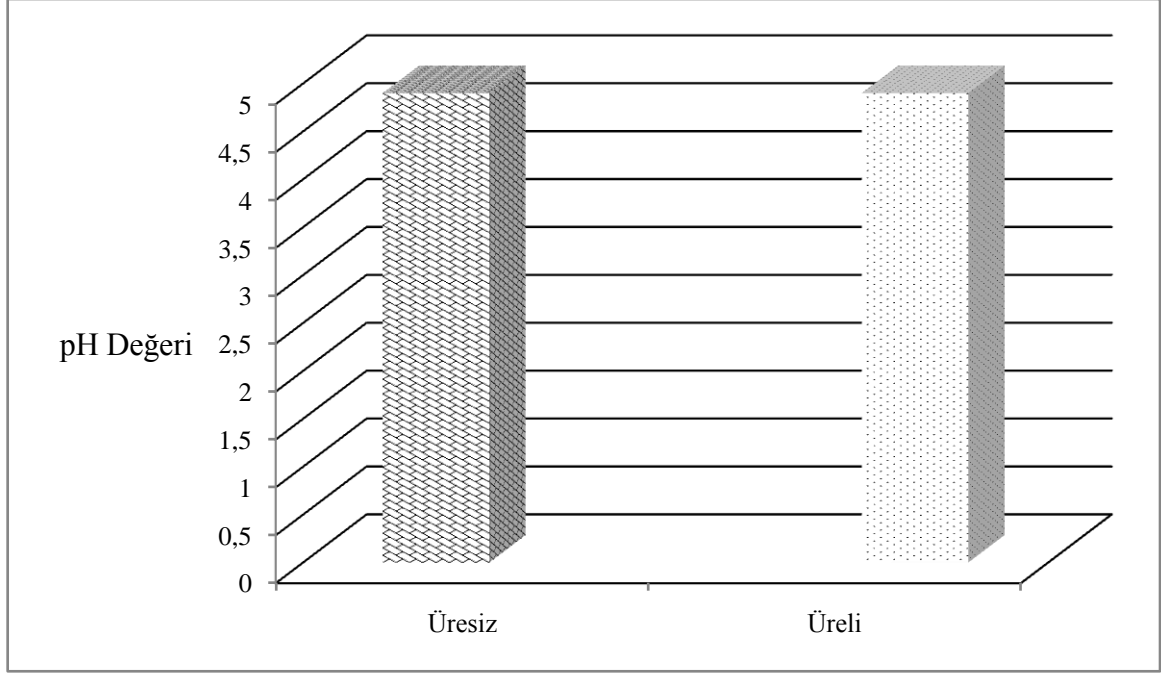


Şekil 22. Yüzeye dik çekme direnci üzerine sertleştirici türünün etkisi

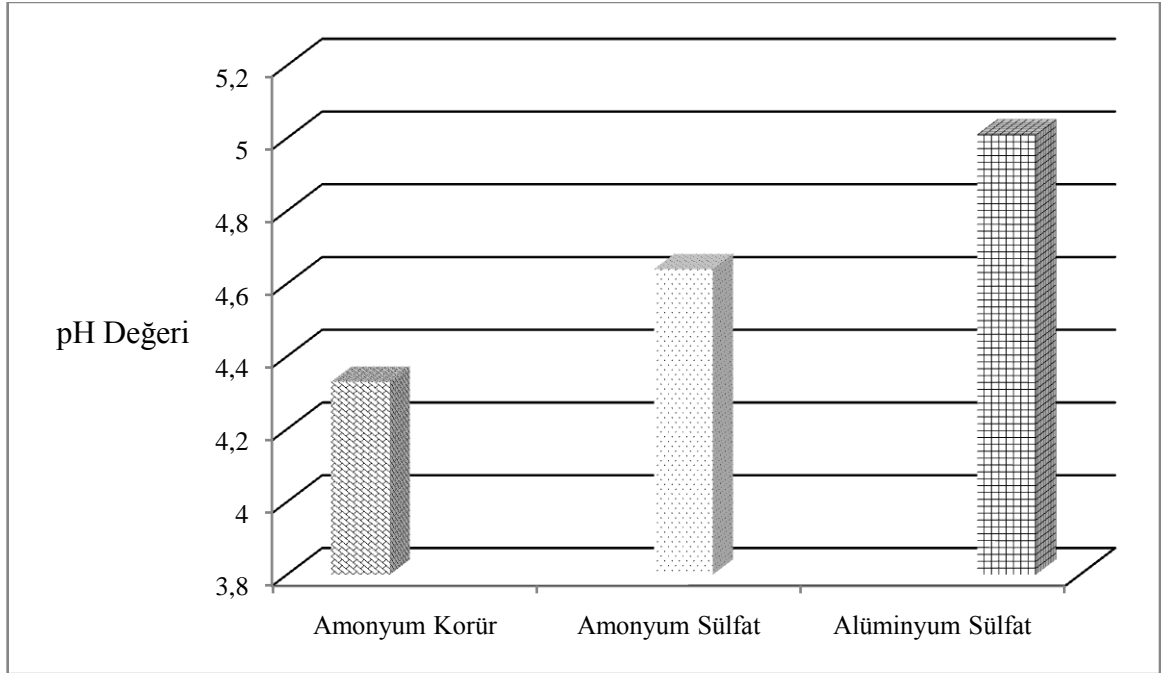
4.3. pH Değeri

Tutkallama öncesinde yapılan pH testi sonucunda yongalarının pH değerinin 5,39 olduğu tespit edilmiştir. Tutkallama sonrasında yapılan pH testi sonuçlarından ise, en yüksek pH değerine üreli alüminyum sülfatta (5,02), en düşük pH değerine ise üresiz amonyum klorürde (4,32) ulaşılmıştır (Tablo 21).

Yapılan testler ve istatistiksel çalışmalar sonucunda pH değeri üzerine üre kullanımı etkisiz bulunurken, sertleştirici türünün etkisi önemli çıkmıştır (Tablo 22). pH değeri üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 23’de gösterilmiştir. Ayrıca tutkallamanın pH değeri üzerine etkili olduğu yapılan basit varyans analizi sonucunda tespit edilmiştir (Tablo 24). pH değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 24’de verilmektedir.



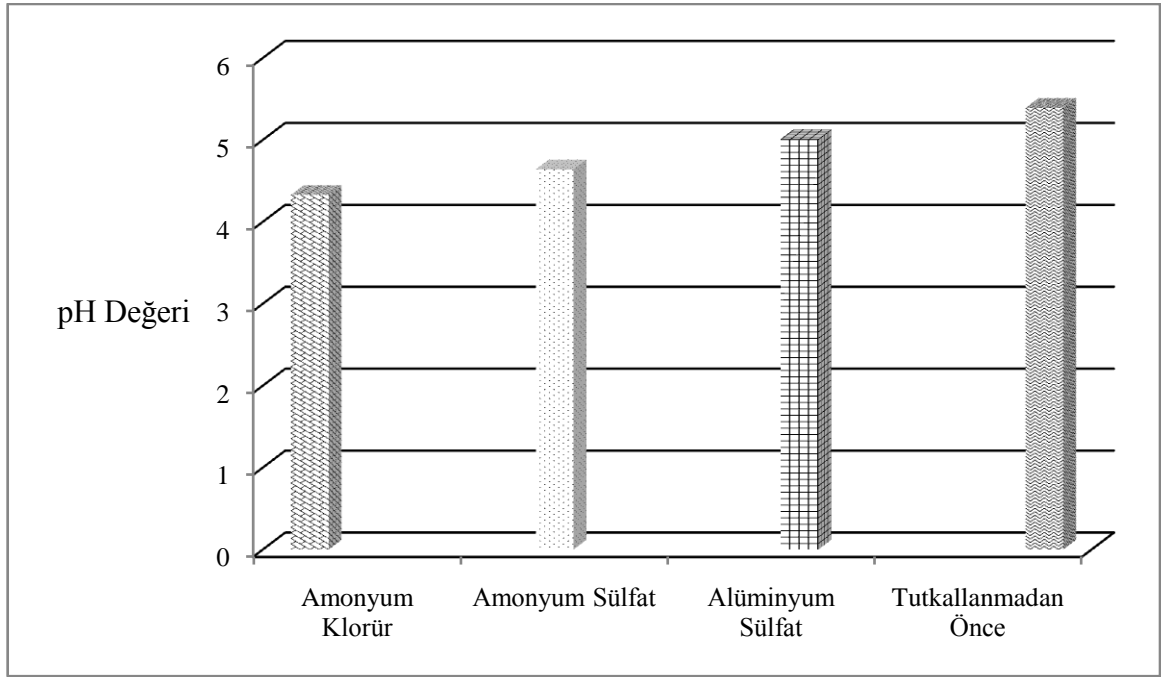
Şekil 23. pH değeri üzerine üre kullanımının etkisi



Şekil 24. pH değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi

Tablo 25'den görüldüğü üzere tutkallanmamış yongaların pH değeri, tutkallanmış yongalardan yüksektir. Tutkala sertleşmesi için sertleştirici maddeler eklendiğinden ve bu maddeler asidik olduğundan, yongaların tutkallama sonrası pH değerinin düşmesi ve

tutkallama öncesi pH değerinin yüksek çıkması beklenen bir sonuçtur. Tutkallama sonrasında ise en yüksek pH değerine alüminyum sülfatın sertleştirici olarak kullanıldığı örneklerde ulaşılmıştır (5,01) . Bunun nedeni alüminyum sülfatın diğer sertleştiricilere göre daha az asidik olması olabilir. En düşük pH değerine ise amonyum klorür ilavesiyle üretilen örneklerde ulaşıırken (4,33), amonyum sülfat ise ikisinin arasında değer vermiştir (4,64). Tutkallamanın pH değeri üzerine etkisi Şekil 25’de verilmiştir.



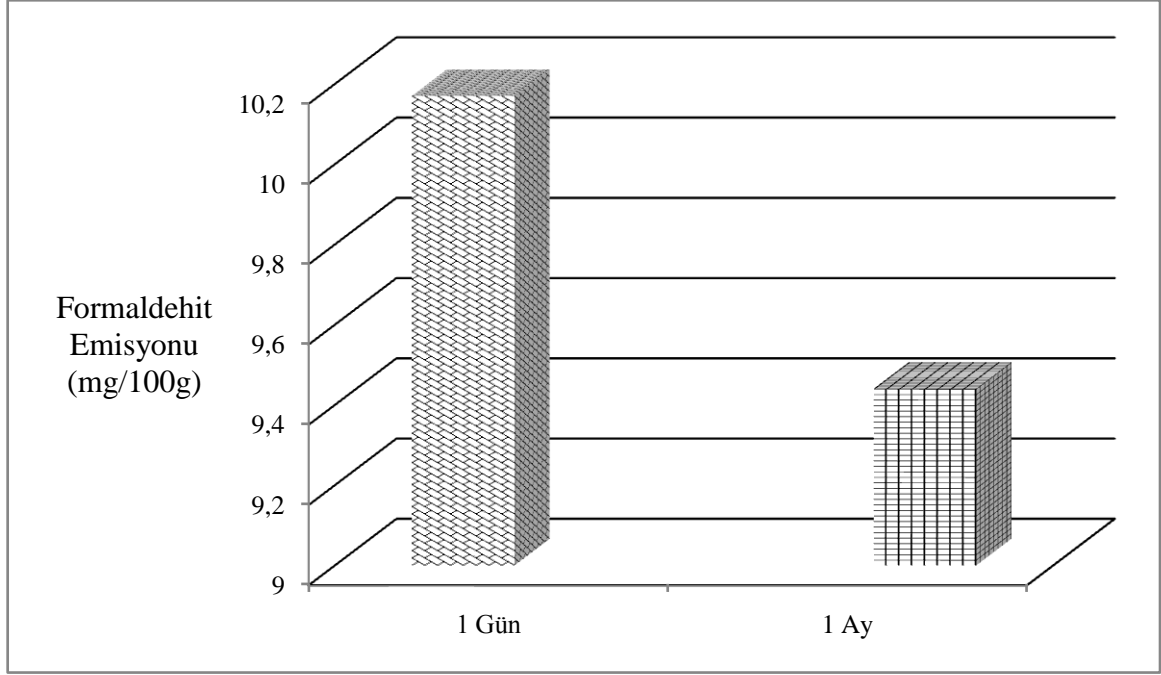
Şekil 25. Tutkallamanın pH değeri üzerine etkisi

4.4. Formaldehit Emisyonu

Tablo 26’den görüldüğü gibi en yüksek formaldehit emisyonu değerine üre eklenmeden, sertleştirici olarak alüminyum sülfat kullanılarak bir gün depolanan örneklerde ulaşıırken (14,33 mg/100g); en düşük değere, üre ilaveli, sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılan ve bir ay depolanan örneklerde ulaşılmıştır (6,84 mg/100g).

Yapılan testler ve istatistiksel çalışmalar sonucunda formaldehit emisyonu üzerine depolama süresi, üre kullanımı ve sertleştirici türünün etkileri önemli bulunmuştur (Tablo 27).

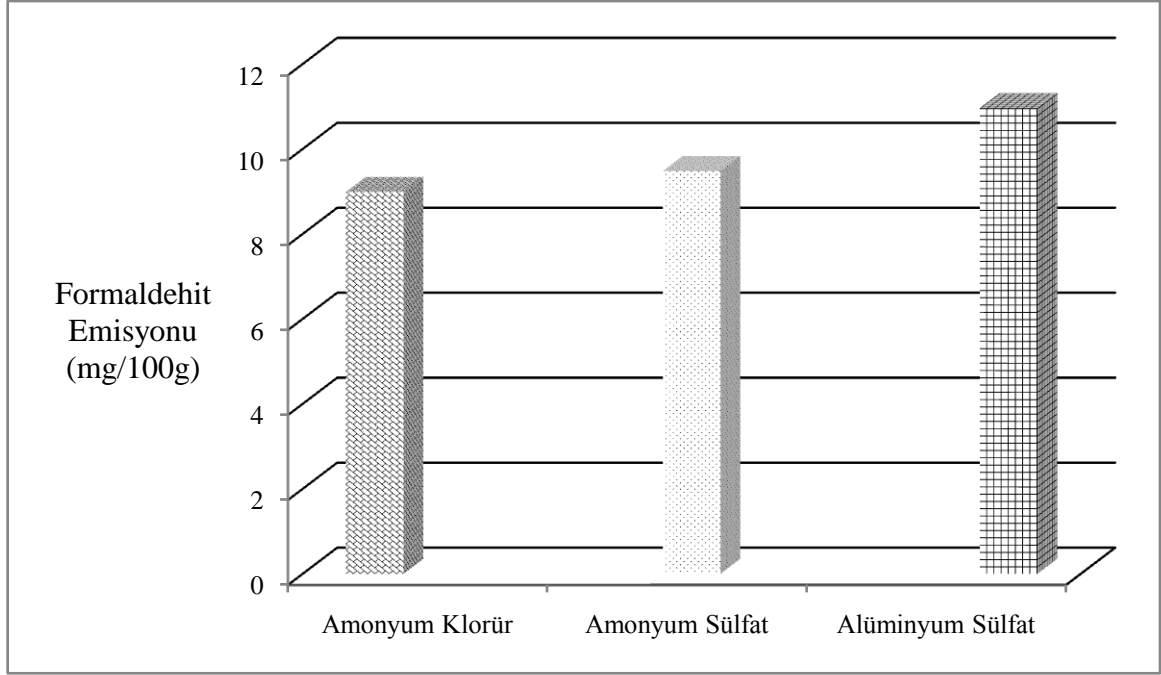
Bir ay depolanan levha örneklerinde formaldehit emisyonu 9,44 mg/100g bulunurken bir gün depolanan levha örneklerinde ise 10,17 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 26’da verilmiştir.



Şekil 26. Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresinin etkisi

Yongalevhalar sıcak presten çıktıktan sonra sertleşme belirli bir süre daha devam etmekte bundan dolayı bir ay depolanan örneklerde daha iyi yapışma ve daha sıkı bir yapı oluşmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990). Bu sebeple bir ay depolanan levhaların formaldehit emisyonu bir gün depolanan levhalara oranla daha az çıkmış olabilir (Tablo 28).

Amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhaların formaldehit emisyonu 8,99 mg/100g iken amonyum sülfat kullanılarak üretilen yongalevhalarınki 9,48 mg/100g olup, alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda ise 10,96 mg/100g olarak bulunmuştur (Tablo 28). Formaldehit emisyonu üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 27’de gösterilmiştir.



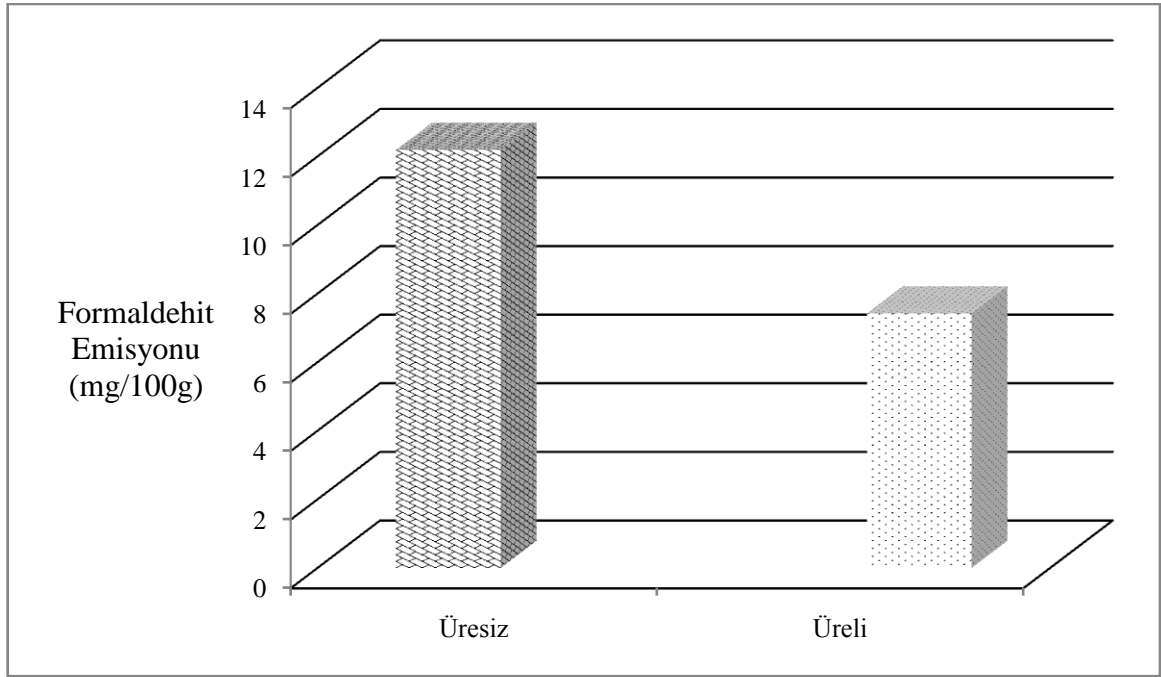
Şekil 27. Formaldehit emisyonu üzerine sertleştirici türünün etkisi

Yapılan çalışmalarda yongalevha üretiminde üre formaldehit tutkalı için en uygun pH değerinin 4-5 aralığında olması gerektiği ve pH 4'e yaklaştıkça yapışmanın daha iyi olacağı tespit edilmiştir (Akyüz vd., 2010). Tablo 23'ten görüldüğü üzere en ideal pH amonyum klorürle üretilen yongalevhalarla oluşmaktadır. Dolayısıyla amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhalarla, diğer sertleştirici türleri ile üretilen yongalevhalarla göre daha kuvvetli tutkal bağı oluşmaktadır. Bu sebeple amonyum klorürle üretilen yongalevhalarla formaldehit emisyonu diğer sertleştirici türleri ile üretilen levhalara göre daha az çıkmış olabilir.

Amonyum klorür presleme sırasında ısının etkisiyle hidroklorik asit meydana getirir. Amonyum sülfat ve alüminyum sülfatta ise presleme sırasında sülfirik asit oluşur. Hidroklorik asitin, sülfirik asite göre daha uçucu olması sebebiyle presleme sırasında yongalevhanın her yerine daha homojen olarak yayılır. Bunun neticesinde amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhalarla daha iyi ve homojen sertleşme olacağından diğer yongalevha türlerine göre formaldehit emisyonu daha düşük çıkmış olabilir. Alüminyum sülfat ile üretilen yongalevhaların preslenmesi sırasında açığa çıkan sülfirik asitin amonyum sülfatinkinden daha az olacağından üre formaldehitin yapışması için gerekli olan asidik ortam (pH 4-5) optimum seviyede olmamakta bunun neticesinde amonyum sülfat ve

amonyum klorüre göre iyi bir yapışma elde edilememekte ve dolayısıyla formaldehit emisyonu daha yüksek çıkmaktadır.

Tablo 23'ten görüldüğü gibi üre kullanılmadan üretilen yongalevhaların formaldehit emisyonu 12,19 mg/100g iken üre kullanılarak üretilen yongalevhaların formaldehit emisyonu 7,42 mg/100/g olarak bulunmuştur. Formaldehit emisyonu üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 28'de verilmiştir.



Şekil 28. Formaldehit emisyonu üzerine üre kullanımının etkisi

Yapıştırıcı olarak üre formaldehitin kullanıldığı yongalevha üretiminde, yongalevha taslağının sıcak prese girmeden sertleşme reaksiyonunun başlamaması için bir miktar üre ilave edilmektedir. İlave edilen üre presleme sırasında açığa çıkan bir miktar formaldehit ile birleşmektedir (Özen ve Kalaycıoğlu, 2008). Bu nedenle üre ilave edilerek üretilen yongalevhaların formaldehit emisyonu üre ilave edilmeden üretilen yongalevhalara göre daha az çıkmış olabilir.

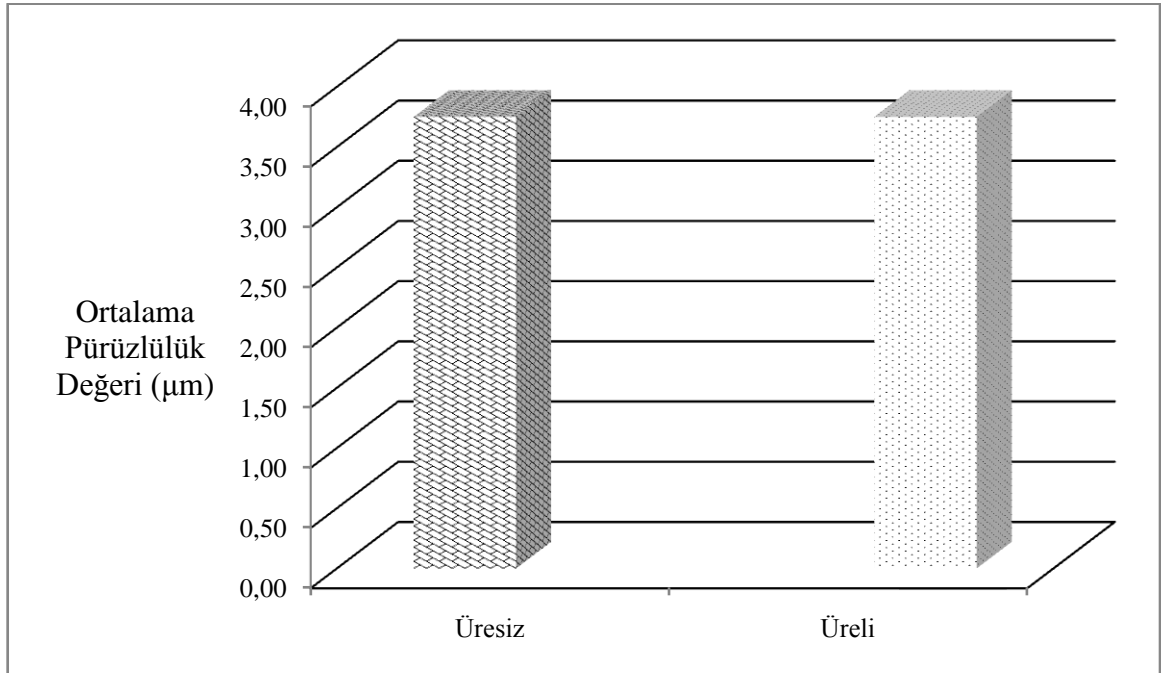
4.5. Yongalevhaların Yüzey Özellikleri

4.5.1. Yüzey Pürüzlülüğü

4.5.1.1. Ortalama Pürüzlülük Değeri (Ra)

Deneme levhalarına ait ortalama pürüzlülük değerleri incelendiğinde, en yüksek ortalama pürüzlülük değeri üre ilaveli, alüminyum sülfat kullanılan ve bir gün depolanan yongalevha örneklerinde bulunurken ($4,65 \mu\text{m}$), en düşük değere ise üresiz, amonyum klorür kullanılan ve bir ay depolanan levhalarda bulunmuştur ($2,30 \mu\text{m}$).

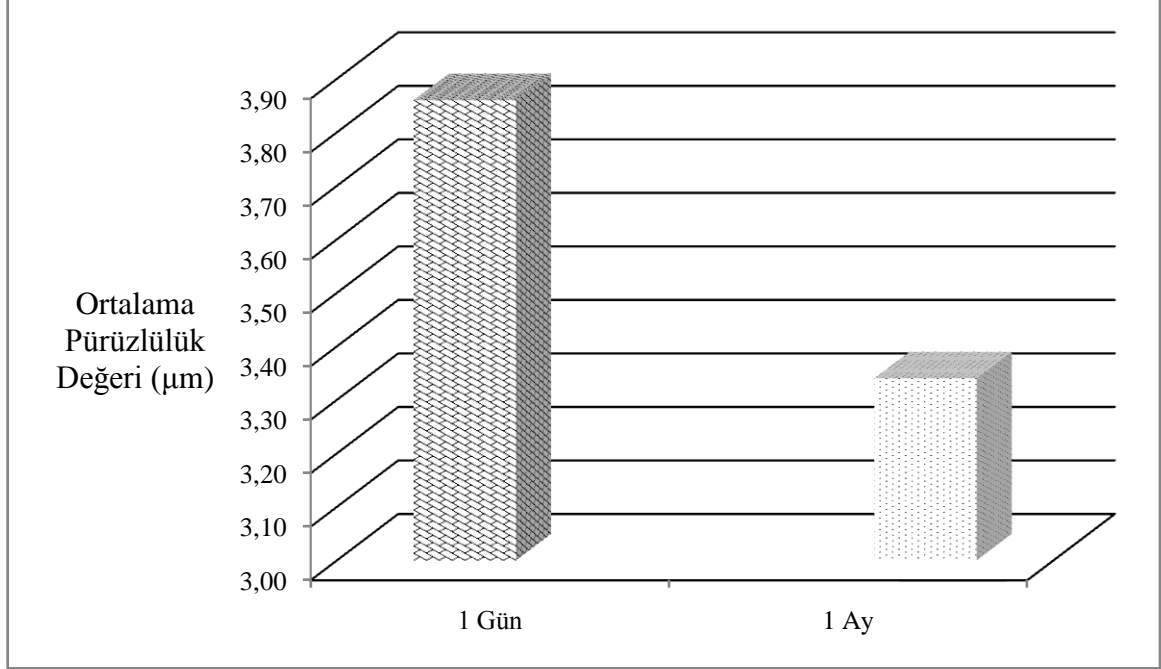
Yapılan testler ve istatistiksel çalışmalar sonucunda ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri önemli bulunurken üre kullanımının etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 30). Ortalama pürüzlülük değeri üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 29'da verilmiştir.



Şekil 29. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine üre kullanımının etkisi

Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresinin incelendiği istatistiksel çalışmalar sonucunda bir ay depolanan yongalevhaların ortalama pürüzlülük değeri ($R_a=3,34\mu\text{m}$) olarak ölçülürken, bir gün depolanan yongalevhaların ortalama pürüzlülük

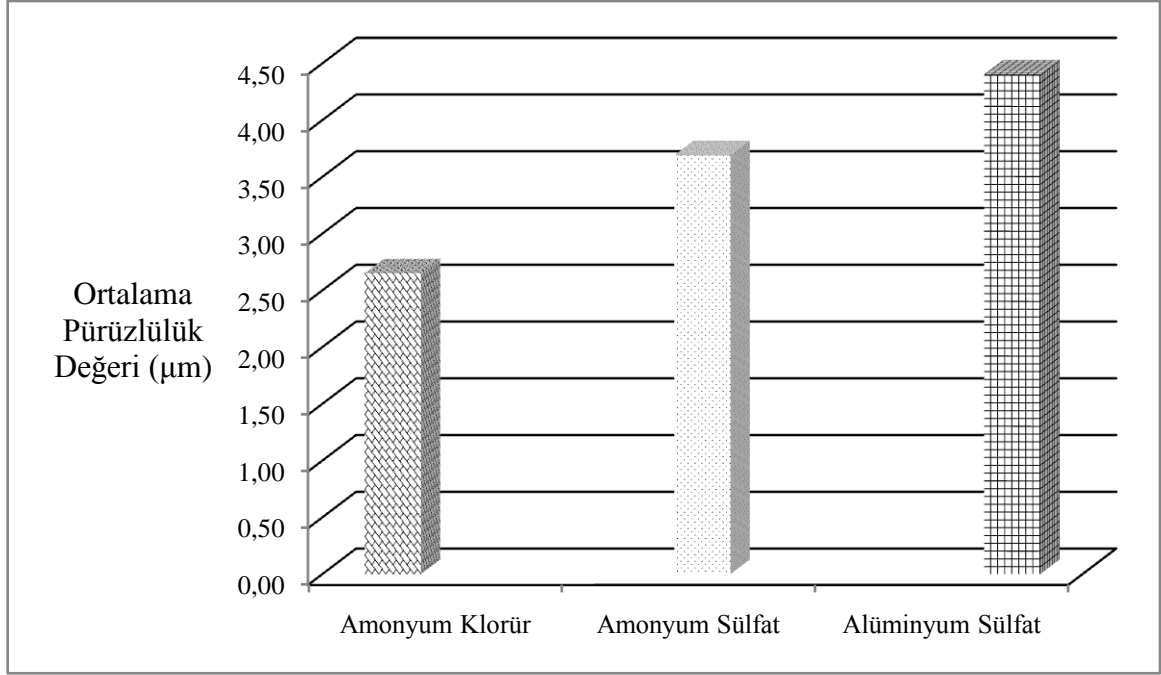
değeri ($R_a=3,86\mu\text{m}$) olarak ölçülmüştür (Tablo 31). Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 30'da gösterilmiştir.



Şekil 30. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine depolama süresinin etkisi

Presleme işleminden sonra yongalevhelerde tutkalın sertleşmesi bir müddet daha devam ettiğinden bir ay depolanan yongalevhelerde daha sık bir yapı ve dolayısıyla da daha düzgün yüzeyler oluşacağından ortalama pürüzlülük değeri bir gün depolanan levha örneklerine göre daha düşük çıkmış olabilir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Tablo 31'den görüldüğü gibi amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhelerin ortalama pürüzlülük değeri $2,65\mu\text{m}$ iken amonyum sülfat kullanılarak üretilen yongalevhelerinki $3,69\mu\text{m}$ olup, alüminyum sülfatla üretilen yongalevhelerde ise $4,40\mu\text{m}$ olarak ölçülmüştür. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 31'de verilmiştir.



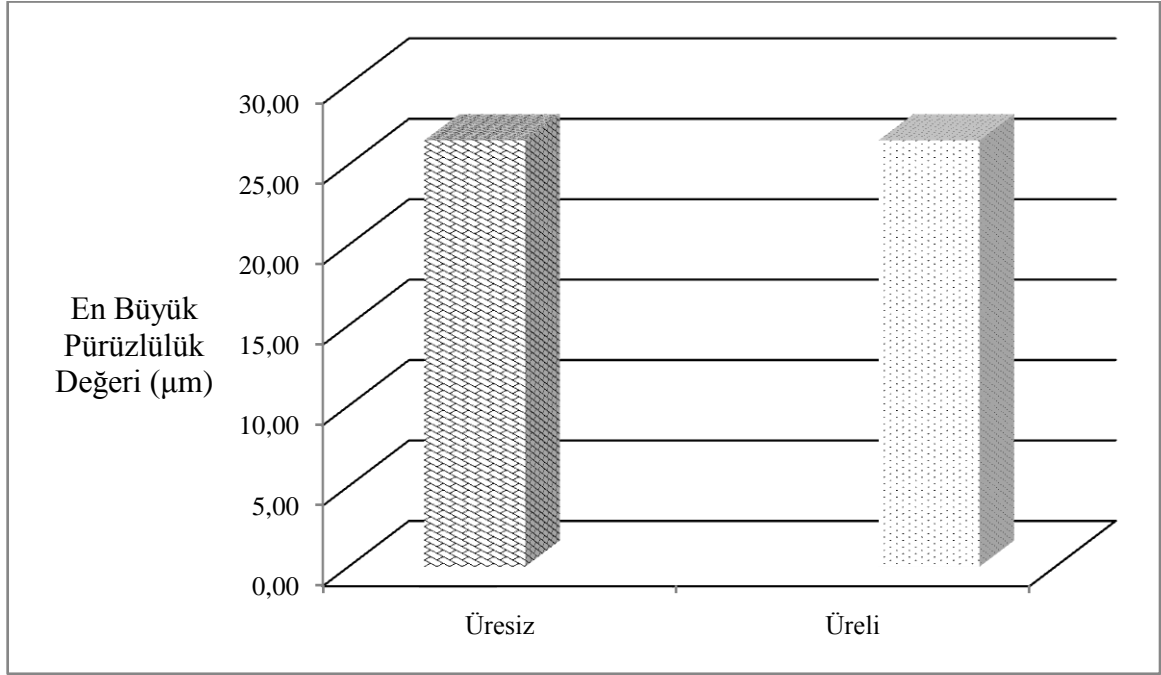
Şekil 31. Ortalama pürüzlülük değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi

Yapılan deneyler sonucunda amonyum klorür, amonyum sülfat ve alüminyum sülfatla üretilen yongalevhaların pH değerleri sırasıyla 4,33- 4,64 ve 5,01 olarak bulunmuştur (Tablo 23). Yongalevha üretiminde üre formaldehit tutkalı için en uygun pH değerinin 4-5 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Bu pH aralığında iyi bir yapışma elde edilmektedir (Akyüz vd., 2010). pH değerleri incelendiğinde alüminyum sülfat ilavesi pH değerini üre formaldehit tutkalı için uygun aralığın üzerine çıkardığından, diğer sertleştiricilere göre daha zayıf bir yapışma oluşmuş olabilir. Dolayısıyla amonyum klorürle üretilen yongalevha örneklerinde iyi bir yapışma neticesinde sıkı ve düzgün yüzeyler elde edileceğinden ortalama pürüzlülük değeri diğerlerine göre düşük çıkmış olabilir.

4.5.1.2. En Büyük Pürüzlülük Değeri (Ry)

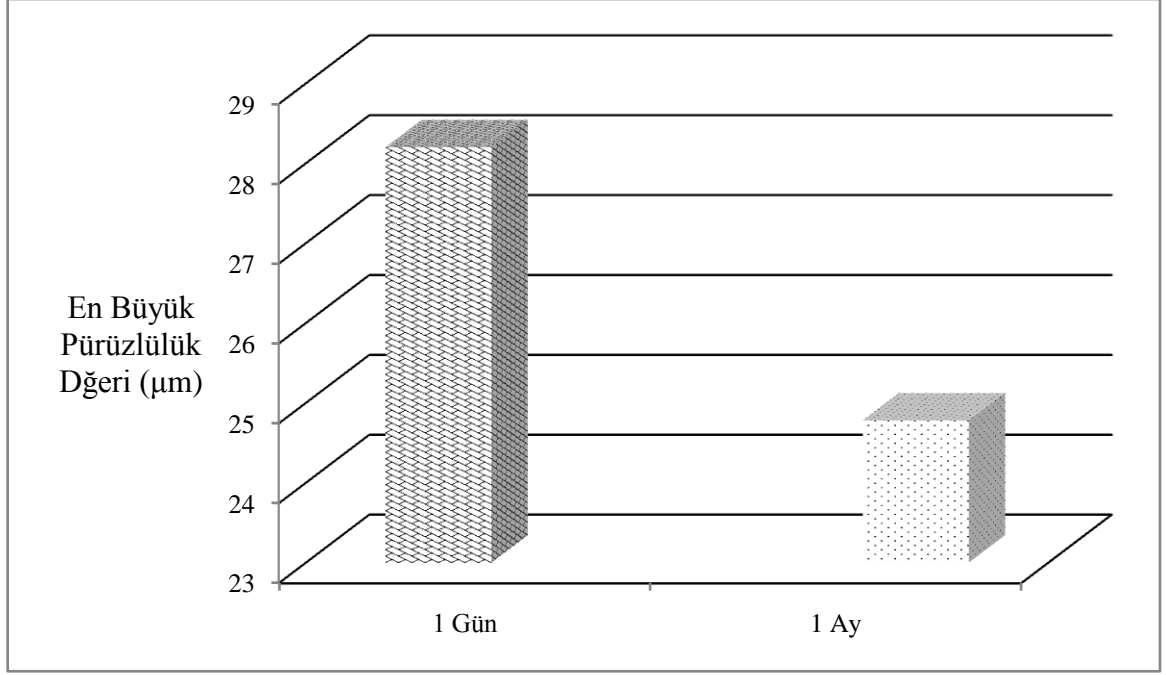
Yapılan çalışmada en büyük pürüzlülük değeri, en yüksek değere üre ilaveli, alüminyum sülfat kullanılan ve bir gün depolanan yongalevha örneklerinde bulunurken (33,60µm), en düşük değere ise üresiz, amonyum klorür kullanılan ve bir ay depolanan levhalarda (17,95µm) bulunmuştur (Tablo 32).

Çoğul varyans analizi sonuçlarına göre en büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi ve sertleştirici türünün etkileri önemli bulunurken üre kullanımının etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 33). En büyük pürüzlülük değeri üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 32’de gösterilmiştir.



Şekil 32. En büyük pürüzlülük değeri üzerine üre kullanımının etkisi

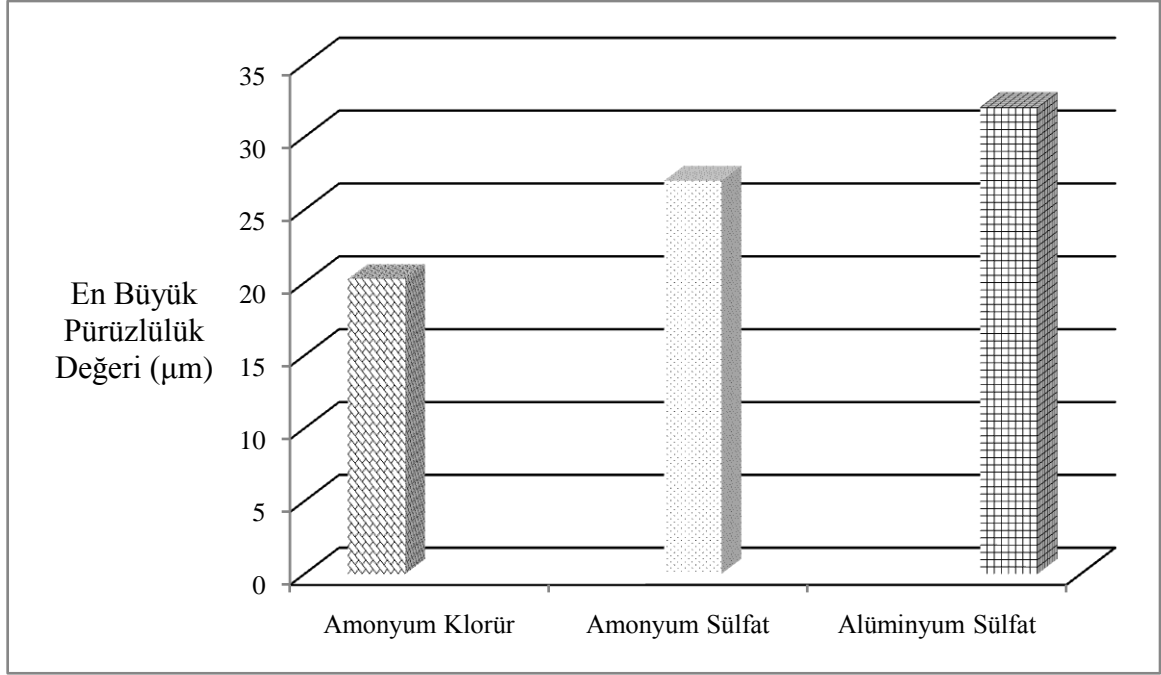
En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresi etkisinin incelendiği Newman-Keuls testi sonucuna göre bir ay depolanan yongalevhaların en büyük pürüzlülük değeri (24,78µm) olarak ölçülürken bir gün depolanan yongalevhaların en büyük pürüzlülük değeri (28,20µm) olarak ölçülmüştür (Tablo 34). En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 33’te verilmiştir.



Şekil 33. En büyük pürüzlülük değeri üzerine depolama süresinin etkisi

Sıcak presten çıkan levhalarda tutkalın kondenzasyon reaksiyonları belirli bir süre daha devam ettiği için bir gün depolanan yongalevhelerde tutkal bağı oluşumu tamamlanamaz. Bu sebepten bir gün depolanan yongalevhelerin en büyük pürüzlülük değeri bir ay depolanan yongalevhelerin en büyük pürüzlülük değerine göre daha yüksek çıkmış olabilir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Tablo 34'den görüldüğü gibi amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhelerin en büyük pürüzlülük değeri 20,23µm iken amonyum sülfat kullanılarak üretilen yongalevhelerin en büyük pürüzlülük değeri 26,97µm olup, alüminyum sülfatla üretilen yongalevhelerde ise 32,03µm olarak ölçülmüştür. En büyük pürüzlülük değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 34'te gösterilmiştir.



Şekil 34. En büyük pürüzlülük değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi

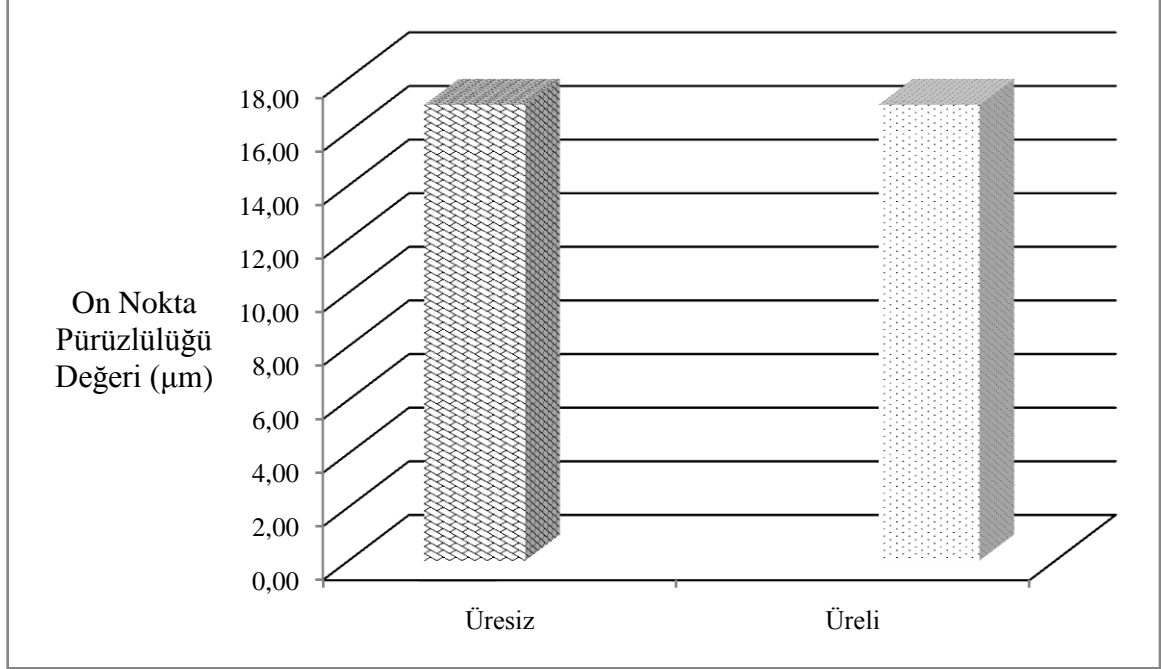
İlgili tablo incelendiğinde bir gün depolanan yongalevhaların temas açıları, bir ay depolanan yongalevhaların temas açısı değerlerinden daha büyük olduğu görülecektir (Tablo 43). Temas açısı değerindeki artış ıslanabilme yeteneğini azaltır. Dolayısıyla tutkal molekülleriyle yonga bünyesindeki hidroksil grupları arasındaki adhezyonun azaldığı böylece zayıf tutkal bağlarının meydana geldiği yapılan literatür araştırması sonucunda tespit edilmiştir (Buscher vd., 1983; Aydın, 2003). Zayıf bir yapışmanın olduğu yongalevhalarda, sıkı ve düzgün yüzeyler oluşmayacağından bir gün depolanan yongalevhaların en büyük pürüzlülük değerleri, bir ay depolanan yongalevhaların en büyük pürüzlülük değerine göre daha yüksek çıkmış olabilir.

4.5.1.3. On Nokta Pürüzlülüğü (Rz)

On nokta pürüzlülük değerleri incelendiğinde, en yüksek değere üre ilaveli alüminyum sülfat kullanılarak üretilmiş ve bir gün depolanmış yongalevhalarda ulaşıırken (21,16 µm); en düşük değere ise üre ilavesiz, amonyum klorür kullanılarak üretilen ve bir ay depolanmış yongalevhalarda (11,44 µm) ulaşılmıştır (Tablo 35).

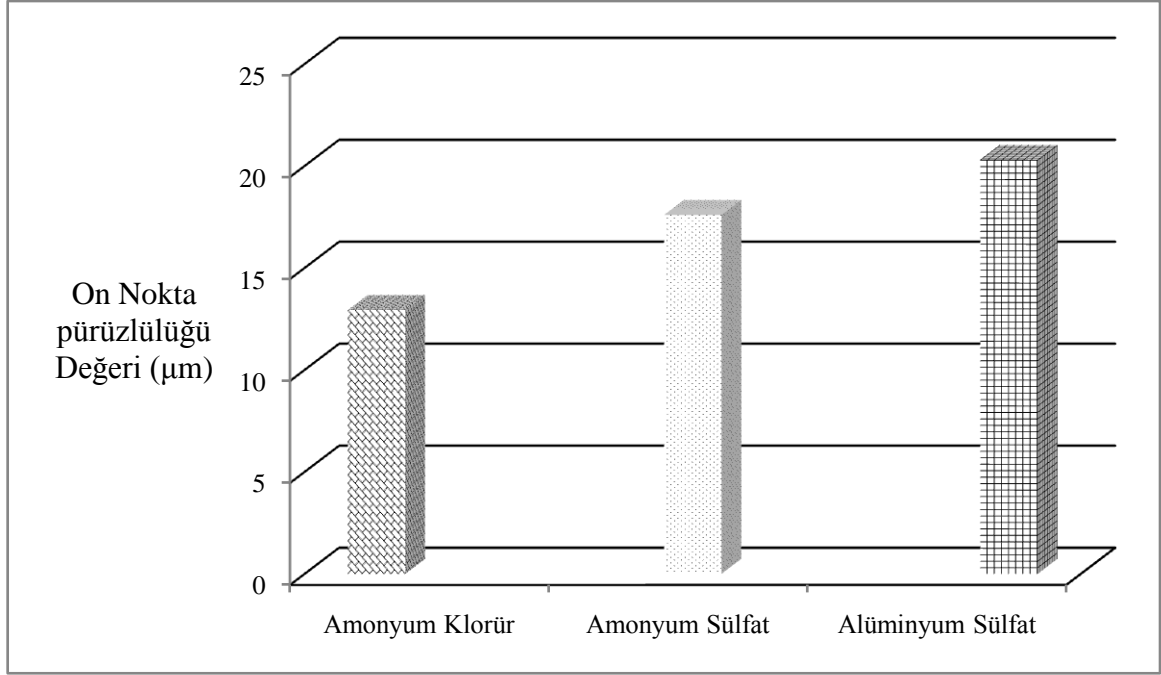
Yapılan çoğul varyans analizi sonuçlarına göre, on nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresi ve sertleştirici türünün etkisi önemli çıkarken, üre kullanımı önemsiz

çıkıştır (Tablo 36). On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 35'te verilmiştir.



Şekil 35. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine üre kullanımının etkisi

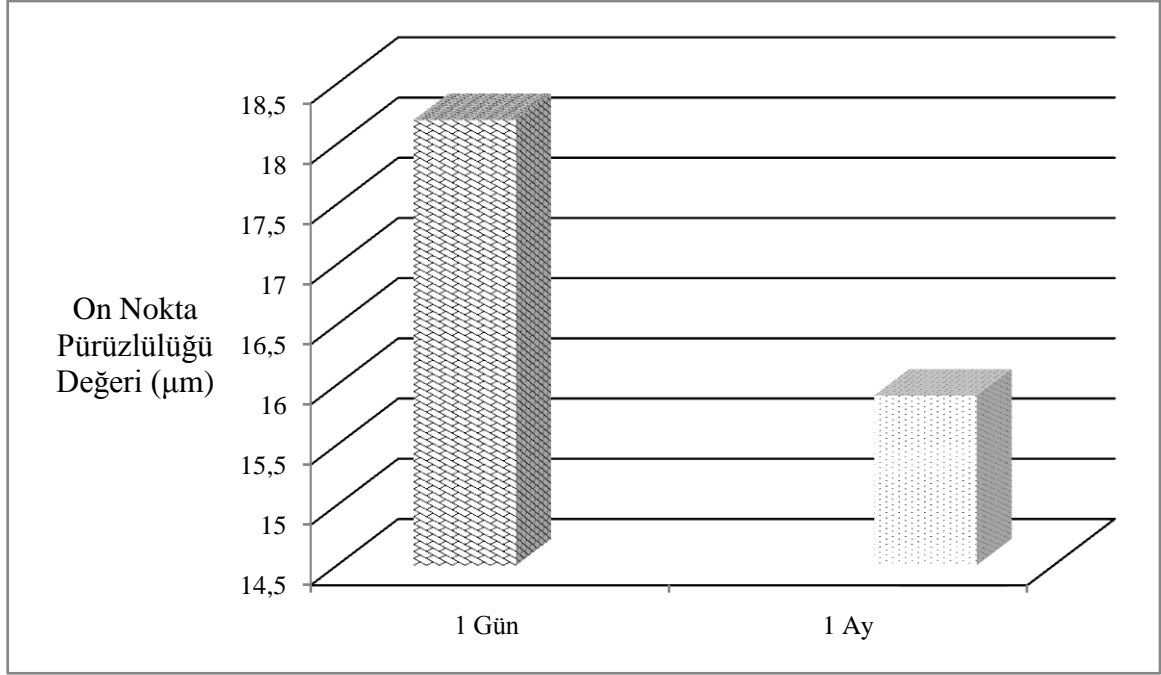
Sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhaların on nokta pürüzlülüğü değeri 12,93 µm iken, amonyum sülfatla üretilen yongalevhaların 17,59 µm ve alüminyum sülfatla üretilen yongalevhaların 20,30 µm olarak bulunmuştur (Tablo 37). On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 36'da gösterilmiştir.



Şekil 36. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi

Amonyum klorür ve amonyum sülfatla üretilen yongalevhaların preslenmesi sırasında bir miktar amonyak gazı açığa çıkar ve presleme sırasında ön sertleşmeyi önler (Bozkurt ve Göker, 1990). Sertleştirici olarak alüminyum sülfat kullanıldığında ise amonyak gazı oluşmaz. Dolayısıyla alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda ön sertleşme olabileceğinden yüzey kalitesi değer levha örneklerine göre daha az olur. Ayrıca, amonyum klorürden presleme sırasında ısının etkisiyle hidroklorik asit açığa çıkar. Amonyum sülfat ve alüminyum sülfatta ise presleme sırasında sülfirik asit açığa çıkar. Hidroklorik asit, sülfirik asite göre daha uçucu olduğundan presleme sırasında yongalevhanın her yerine daha homojen olarak yayılır. Bunun neticesinde amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhalarda daha sıkı ve kompakt bir yüzey oluşacağından diğer yongalevha türlerine göre on nokta pürüzlülüğü değeri daha az çıkmış olabilir.

Tablo 37'de görüldüğü üzere bir gün depolanan yongalevhaların on nokta pürüzlülüğü değeri 18,04 µm iken, bir ay depolanan yongalevhaların on nokta pürüzlülüğü değeri 15,91µm olarak tespit edilmiştir. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 37'de verilmiştir.



Şekil 37. On nokta pürüzlülüğü değeri üzerine depolama süresinin etkisi

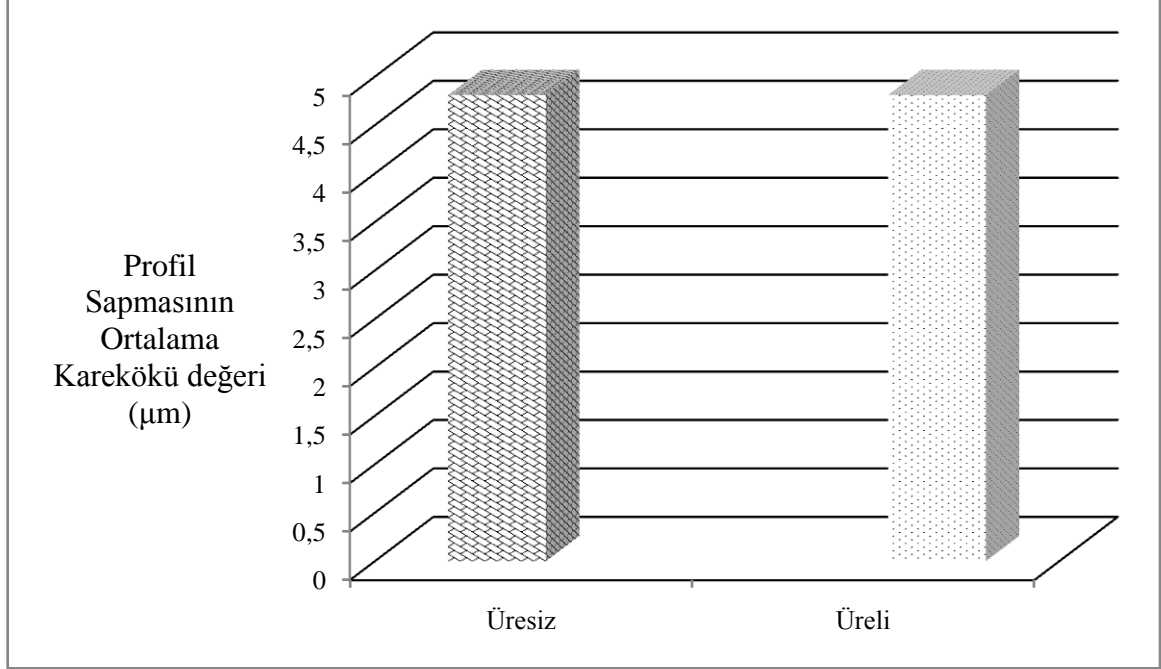
Bir ay depolanan levhaların ıslanabilme yeteneği, bir gün depolanan levhaların ıslanabilme yeteneğinden daha iyi olduğu görülmektedir (Tablo 43). Islanabilme yeteneğindeki artış yongalarla tutkal molekülleri arasındaki bağların daha kuvvetli olmasını sağlar (Buscher vd., 1983; Aydın, 2003). İyi bir yapışma reaksiyonu gerçekleşmiş yongalevhaların yüzey özellikleri olumlu olarak etkileneceğinden, bir gün depolanan yongalevhaların on nokta pürüzlülüğü değeri bir ay depolanan yongalevhaların on nokta pürüzlülüğü değerinden daha yüksek çıkmış olabilir.

4.5.1.4. Profil Sapmasının Ortalama Karekökü (Rq)

Yapılan çalışmada profil sapmasının ortalama karekökü değeri sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılan ve üre eklenmeden üretilip, bir ay depolanan yongalevhelerde en düşükken (3,11µm); en yüksek değere, sertleştirici türü olarak alüminyum sülfat kullanılan ve üre eklenerek üretilip, bir gün depolanan yongalevhelerde (6,20 µm) ulaşmıştır (Tablo 38).

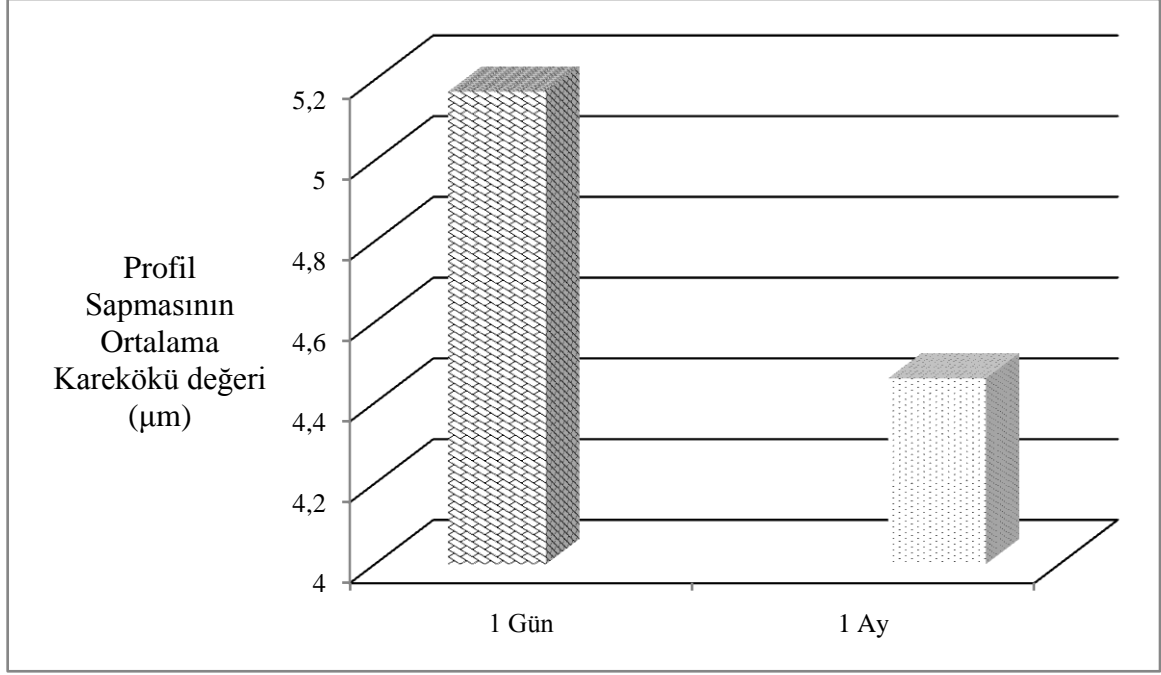
Çoğul varyans analizi sonuçlarına göre profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresi ve sertleştirici türünün etkisi önemli bulunurken üre kullanımının

etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 39). Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 38’de gösterilmiştir.



Şekil 38. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine üre kullanımının etkisi

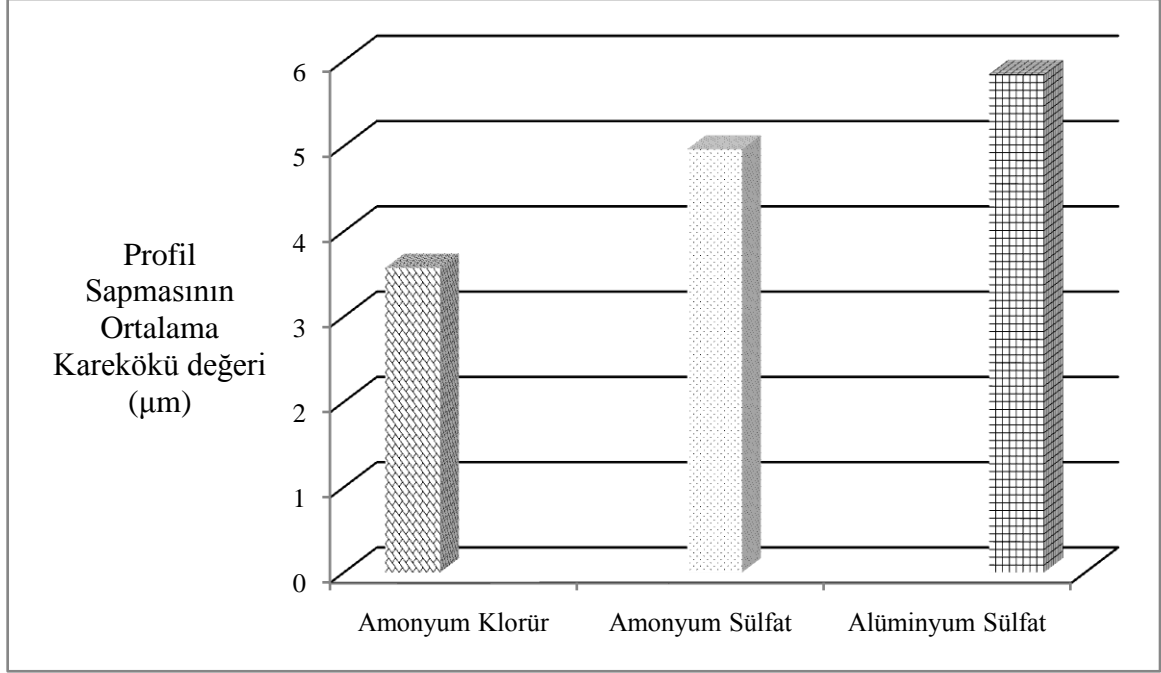
Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süre etkisinin incelendiği Newman-Keuls testi sonucuna göre bir ay depolanan yongalevhaların profil sapmasının ortalama karekökü değeri (4,46 µm) olarak ölçülürken bir gün depolanan yongalevhaların profil sapmasının ortalama karekökü değeri (5,17 µm) olarak ölçülmüştür (Tablo 40). Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 39’da verilmiştir.



Şekil 39. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine depolama süresinin etkisi

Tablo 43 incelendiğinde bir gün depolanan yongalevhaların temas açıları, bir ay depolanan yongalevhaların temas açısı değerlerinden daha büyük olduğu görülür. Temas açısı değerlerindeki artış ıslanabilme yeteneğini azaltmaktadır. Bundan dolayı tutkal molekülleriyle yonga bünyesindeki hidroksil grupları arasındaki yapışma kuvveti azaldığı böylece zayıf tutkal bağlarının meydana geldiği daha önce yapılan araştırmalar sonucunda tespit edilmiştir (Buscher vd., 1983; Aydın, 2003). Zayıf bir yapışma sonucunda sıkı ve kapalı yüzeyler elde edilemeyeceğinden bir gün depolanan yongalevhaların profil sapmasının ortalama karekökü değerleri, bir ay depolanan yongalevhaların profil sapmasının ortalama karekökü değerlerinden daha yüksek çıkmış olabilir.

Tablo 40'tan görüldüğü gibi amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhaların profil sapmasının ortalama karekökü değeri 3,57µm iken amonyum sülfat kullanılarak üretilen yongalevhalarınki 4,96µm olup, alüminyum sülfatla üretilen yongalevhalarda ise 5,84µm olarak ölçülmüştür. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 40'ta gösterilmiştir.



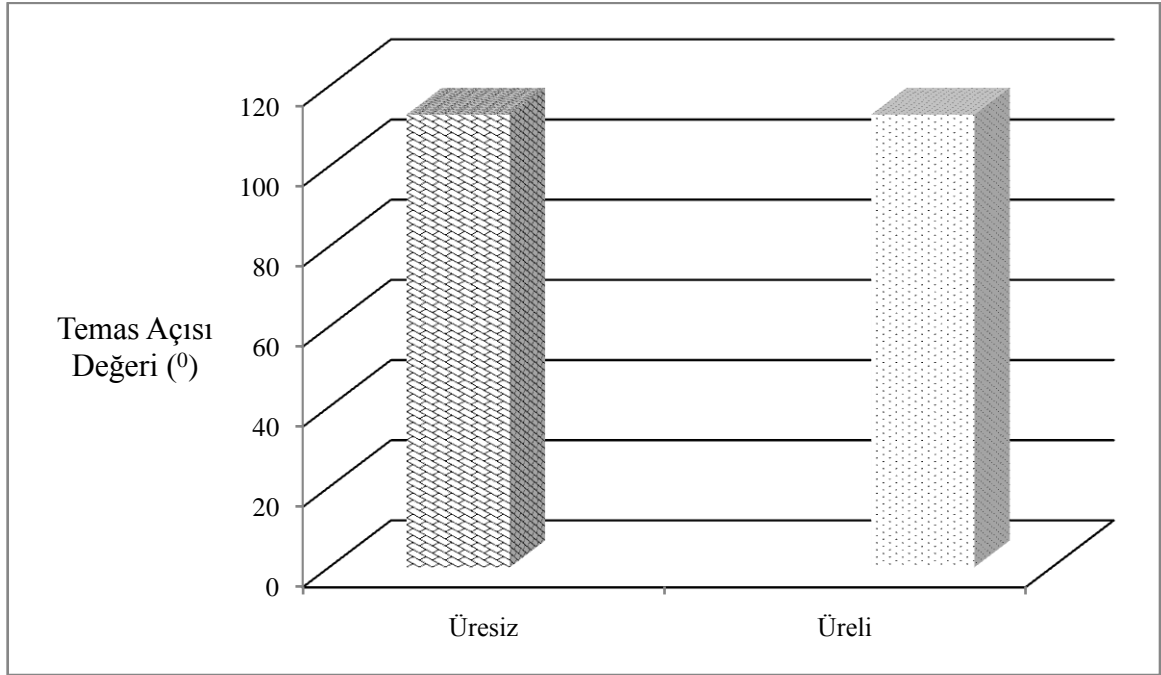
Şekil 40. Profil sapmasının ortalama karekökü değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi

Üç değişik sertleştirici türü ile üretilen yongalevha örneklerinin pH değerleri incelendiğinde istatistiksel olarak birbirinden farklı değerlere sahip oldukları tespit edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda amonyum klorür, amonyum sülfat ve alüminyum sülfatla üretilen levhaların pH değerleri sırasıyla 4,33- 4,64 ve 5,01 olarak bulunmuştur (Tablo 23). Yongalevha üretiminde üre formaldehit tutkalının sertleşmesi için en uygun pH değerinin 4-5 aralığında ve 4'e yaklaştıkça daha iyi bir yapışmanın olacağı bulunmuştur. Bu pH aralığında üre formaldehit tutkalının polimerizasyon derecesi artmakta, kuvvetli bir tutkal bağı oluşmaktadır (Akyüz vd., 2010). pH değerleri incelendiğinde alüminyum sülfat ilavesiyle pH değeri, üre formaldehit tutkalı için uygun aralığın üst sınırı aştığından, diğer sertleştiricilere göre daha zayıf bir yapışma ve düşük yüzey kalitesi oluşmuş olabilir. Bundan dolayı alüminyum sülfatla üretilen yongalevhaların profil sapmasının ortalama karekökü değerleri diğer levha türlerine oranla düşük çıkmış olabilir.

4.5.2.İslanabilme Yeteneği (Temas Açısı)

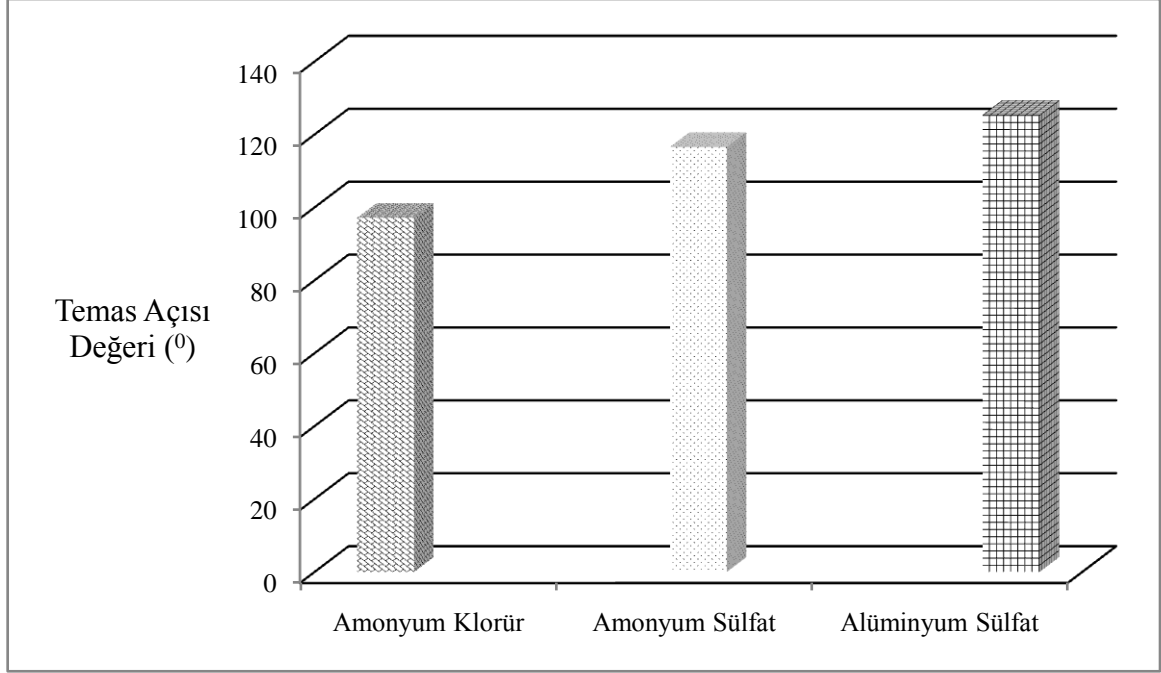
İslanabilme yeteneği incelendiğinde, en yüksek değere üre ilaveli, alüminyum sülfat kullanılarak üretilmiş ve bir gün depolanmış yongalevhelerde ulaşılrken ($128,98^\circ$); en düşük değere üre ilavesiz, amonyum klorür kullanılarak üretilen ve bir ay depolanmış yongalevhelerde ($89,79^\circ$) ulaşılmıştır (Tablo 41).

Yapılan çoğul varyans analizi sonuçlarına göre, temas açısı değeri üzerine depolama süresi ve sertleştirici türünün etkisi önemli bulunurken üre kullanımının etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 42). Temas açısı değeri üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 41’de verilmiştir.



Şekil 41. Temas açısı değeri üzerine üre kullanımının etkisi

Sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhelerin temas açısı değeri $97,14^\circ$ iken amonyum sülfatla üretilen yongalevhelerin $116,54^\circ$ ve alüminyum sülfatla üretilen yongalevhelerin $125,38^\circ$ olarak bulunmuştur (Tablo 43). Temas açısı değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 42’de gösterilmiştir.

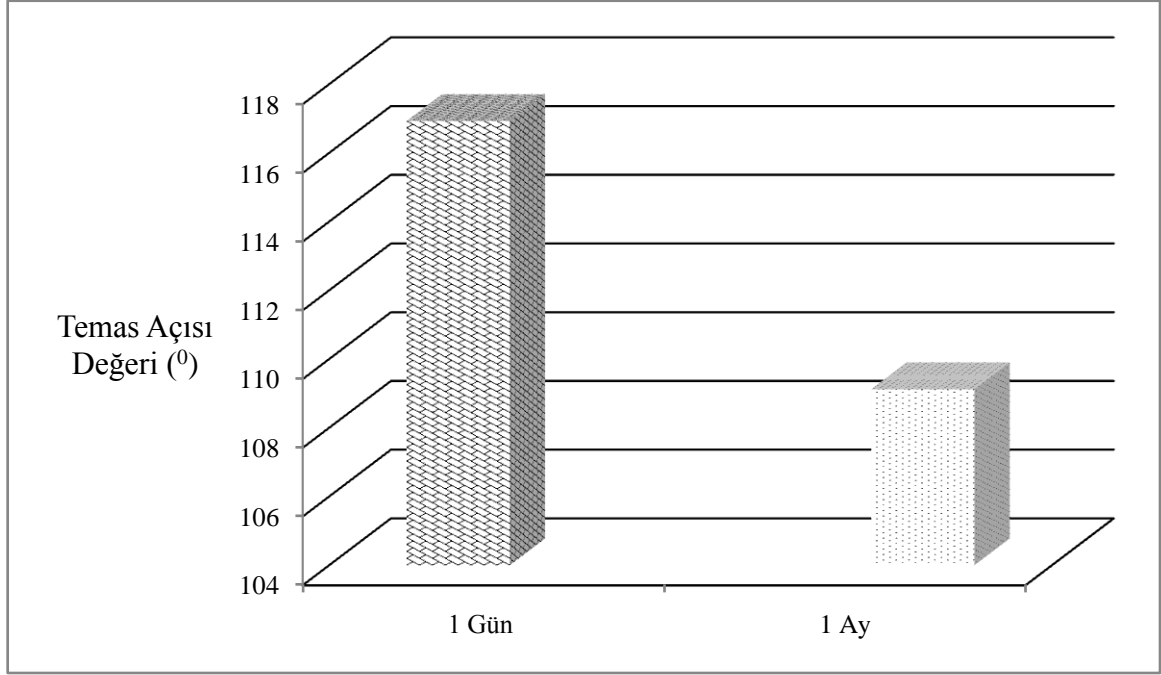


Şekil 42. Temas açısı değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi

Kullanılan sertleştirici türlerine göre, üretilen yongalevhaların pH değerleri incelendiğinde bu değerlerin birbirinden farklı oldukları görülmüştür (Tablo 23). Üre formaldehit tutkalının yongalevha üretiminde en iyi yapışmayı sağlaması için pH'ın 4-5 arasında tutulması gerekmektedir (Akyüz vd., 2010). Sertleştirici olarak alüminyum sülfat kullanılan yongalevhaların pH'ı 5 ten fazla olduğu için tutkal bağı oluşumu diğer levhalara göre daha zayıf olabilir.

Amonyum klorür presleme sırasında ısının etkisiyle hidroklorik asit meydana getirir. Amonyum sülfat ve alüminyum sülfatta ise presleme sırasında sülfirik asit açığa çıkar. Hidroklorik asitin sülfirik asite göre daha uçucu olması sebebiyle presleme sırasında yongalevhanın her yerine daha homojen olarak yayılır. Bunun neticesinde amonyum klorür kullanılan yongalevhalarda daha iyi ve homojen sertleşme oluşacaktır. Alüminyum sülfatan üretilen yongalevhaların preslenmesi sırasında açığa çıkan sülfirik asitin amonyum sülfatından daha az olacağından üre formaldehitin yapışması için gerekli olan asidik ortam (pH 4-5) optimum seviyede olmamakta bunun neticesinde amonyum sülfat ve amonyum klorüre göre iyi bir yapışma elde edilememektedir. Yongalarla tutkal molekülleri arasındaki bağlar zayıf olursa temas açısı büyümektedir. Dolayısıyla alüminyum sülfatla üretilen yongalevhaların temas açıları diğer yongalevha türlerinden daha büyük çıkmış olabilir.

Temas açısı değeri üzerine depolama süresi etkisinin incelendiği Newman-Keuls testi sonucuna göre bir ay depolanan yongalevhaların temas açısı değeri $109,12^\circ$ olarak ölçülürken, bir gün depolanan yongalevhaların temas açısı değeri $116,93^\circ$ olarak ölçülmüştür (Tablo 43). Temas açısı değeri üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 43'te verilmiştir.



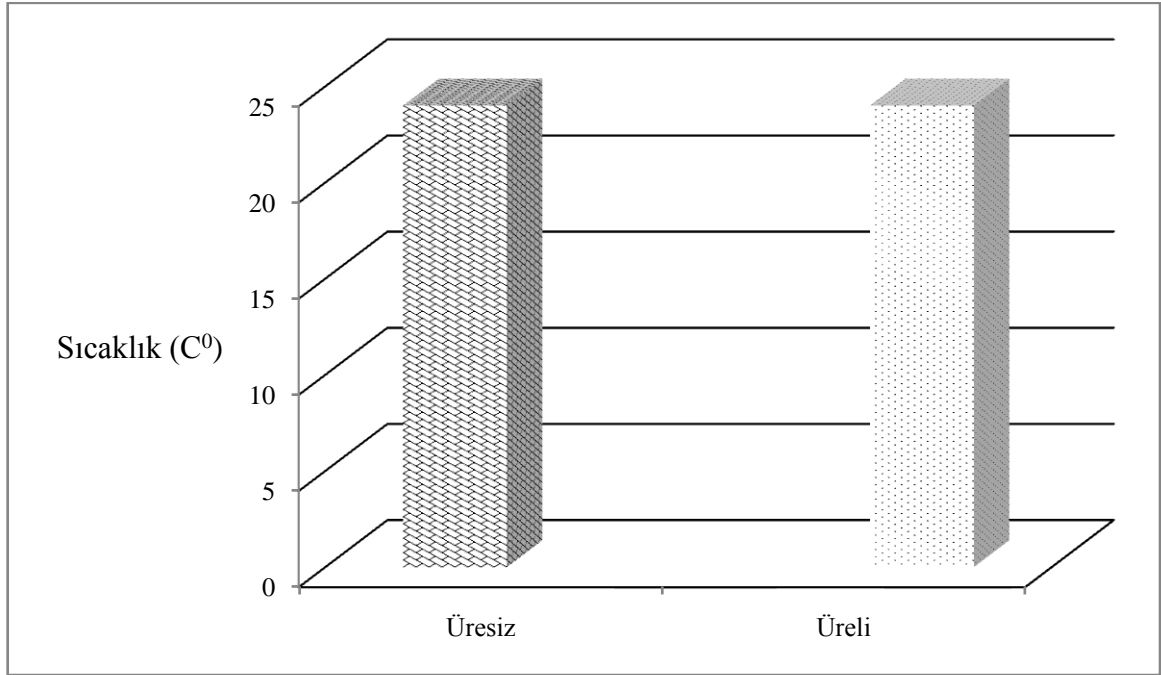
Şekil 43. Temas açısı değeri üzerine depolama süresinin etkisi

Tablo 31, 34, 37 ve 40'tan görüldüğü gibi bir gün depolanan yongalevhaların pürüzlülük değerleri bir ay depolanan yongalevhaların pürüzlülük değerlerinden daha büyüktür. Literatür incelendiğinde pürüzlülük değerindeki artışın ıslanabilme yeteneğini azalttığını bundan ötürüde spesifik adhezyon kuvvetinin azaldığı böylece zayıf tutkal bağlarının meydana geldiği tespit edilmiştir (Buscher vd., 1983; Sarı, 2011). Bundan dolayı bir gün depolanan levhaların temas açıları bir ay depolanan levhaların temas açılarından daha yüksek çıkmış olabilir.

4.6. Sıcaklık

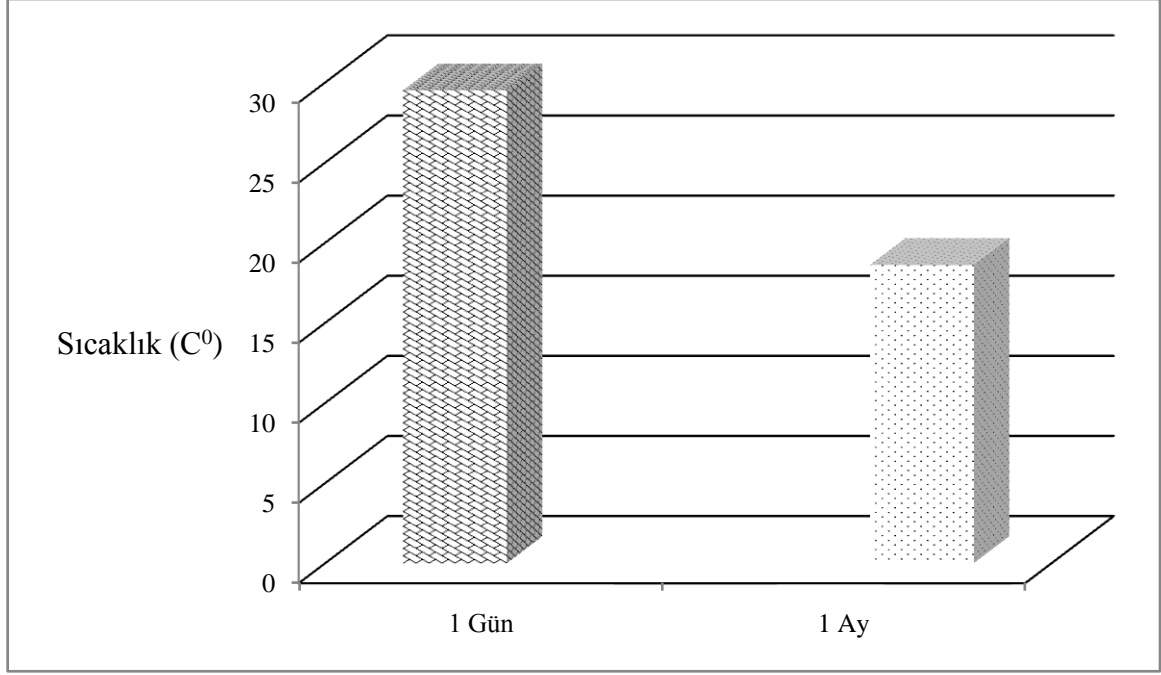
Deneme levhalarına ait ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde, en yüksek değere üre ilavesiz amonyum klorür kullanılarak üretilen ve bir gün depolanan yongalevhelerde ($29,78\text{ C}^\circ$) rastlanırken en düşük değere üre ilavesiz amonyum sülfatla üretilen ve bir ay depolanan yongalevhelerde ($18,39\text{ C}^\circ$) rastlanmıştır (Tablo 44).

Yapılan oğl varyans analizi sonuçlarına göre, sıcaklık değeri üzerine depolama süresinin etkisi önemli bulunurken, sertleştirici türünün ve üre kullanımının etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 45). Sıcaklık değeri üzerine üre kullanımının etkisi Şekil 44’de gösterilmiştir.



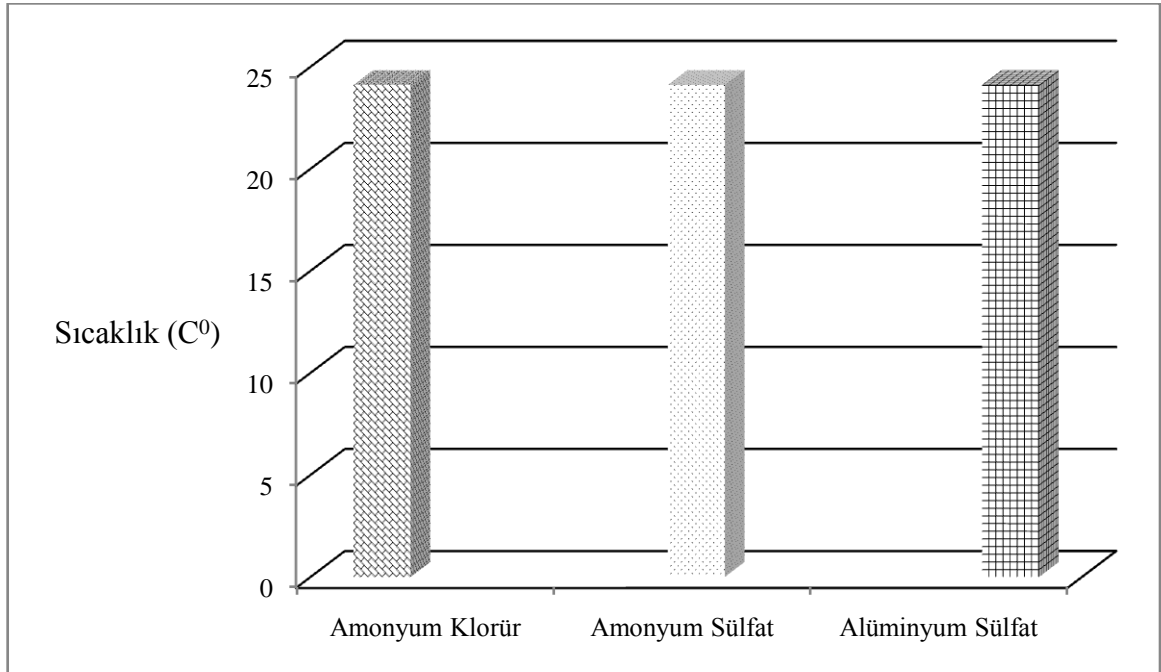
Şekil 44. Sıcaklık değeri üzerine üre kullanımının etkisi

Tablo 46’da görüldüğü üzere bir gün depolanan yongalevhelerin sıcaklık değeri $29,50\text{ C}^\circ$ iken bir ay depolanan yongalevhelerin sıcaklık değeri $18,60\text{ C}^\circ$ olarak tespit edilmiştir. Bir gün depolanan yongalevhelerin sıcaklıkları ölçüldükten sonra sıcaklığı ve bağıl nemi kontrol edilen klimatize odasında bir ay depolanmıştır. Dolayısıyla beklendiği gibi yongalevhelerin sıcaklıkları azalmıştır. Sıcaklık değeri üzerine depolama süresinin etkisi Şekil 45’te verilmiştir.



Şekil 45. Sıcaklık değeri üzerine depolama süresinin etkisi

Sıcaklık değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi Şekil 46’da gösterilmiştir.



Şekil 46. Sıcaklık değeri üzerine sertleştirici türünün etkisi

5. SONUÇLAR

5.1. Fiziksel Özellikler

5.1.1. Özgül Ağırlık

1. Yapılan çalışmalar sonucu; üretilen deneme levhalarının özgül ağırlık değerleri $0,626 \text{ gr/cm}^3$ ile $0,630 \text{ gr/cm}^3$ arasında ölçülmüştür. Hedeflenen özgül ağırlık $0,630 \text{ gr/cm}^3$ olduğundan deneme levhalarının özgül ağırlık değerleri hedeflenen özgül ağırlık değerine yakın çıkmıştır.

2. Yapılan çalışmalar sonucunda özgül ağırlık üzerine sertleştirici türü, üre kullanımı ve depolama süresinin istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

5.1.2. Rutubet Miktarı

1. Yapılan çalışmalar sonucu; deneme levhalarının rutubet miktarlarının % 6,13-% 9,40 arasında değiştiği belirlenmiştir. TS EN 312-1 (2005) nolu standartta yongalevhalarında rutubet miktarının % 9 ± 4 arasında olması öngörülmektedir. Levhalar bu bakımdan standartta belirtilen esaslara uymaktadır.

2. Yapılan çalışmalar sonucu; sertleştirici türü ve üre kullanımının deneme levhalarının rutubet miktarı üzerine etkisi istatistiksel anlamda etkili bulunmazken depolama süresinin bir günden bir ay'a çıkarılmasıyla levhaların rutubet miktarları artmıştır.

5.1.3. Kalınlık Artışı (Şişme) Oranı

1. TS EN 312 (2005) nolu standartta nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan yongalevhalarında 24 saatte kalınlığına şişme oranının en çok % 14 olması öngörülmektedir. Bu standart'a göre 7. ve 8. grup levhalar standartta öngörülen esaslara uymaktadır.

2. TS EN 312 (2005) nolu standartta kuru şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan yongalevhelerde 24 saatte kalınlığına şişme oranının en çok % 15 olması öngörülmektedir. Buna göre 7. ve 8. grup levhalar standartta öngörülen esaslara uymaktadır.

3. Sertleştirici türünün kalınlık artışı üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. En yüksek kalınlık artışı oranına alüminyum sülfat kullanılan yongalevhelerde, en düşük kalınlık artışı oranına ise amonyum klorürle üretilen yongalevhelerde ulaşılmıştır.

4. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, depolama süresi kalınlık artışı oranı üzerine etkilidir. Depolama süresinin artışına paralel olarak kalınlığına şişme oranı azalmaktadır.

5.2. Mekanik Özellikler

5.2.1. Eğilme Direnci

1. 18 mm kalınlığındaki yongalevhelerde eğilme direncinin genel kullanım için en az 11,5 N/mm², mobilya üretimi için en az 13 N/mm² ve nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan yongalevhalar için minimum 14 N/mm² olması gerekmektedir (T.S.E., 2005).

2. Yapılan deneyler sonucu; 1-2-3-4-7-8-9-10-11 ve 12. grup levhaların genel kullanım için uygun olduğu belirlemiştir. 1-2-7-8-9 ve 10. grup yongalevharın mobilya üretimine uygun olduğu bulunmuştur. 7 ve 8. grup levhaların yük taşıyıcı olmayan nemli şartlarda kullanılabilceği tespit edilmiştir.

3. Yapılan çalışmalar sonucunda sertleştirici türünün eğilme direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En yüksek eğilme direnci değerine amonyum klorür kullanılan levhalarda ulaşılrken en düşük eğilme direnci değerine alüminyum sülfatla üretilen yongalevhelerde ulaşılmıştır.

4. Depolama süresinin eğilme direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Depolama süresinin 1 günden 1 ay'a çıkarılmasıyla eğilme direnci değerlerinde artış meydana gelmiştir.

5.2.2. Eğilmede Elastikiyet Modülü

1. 18 mm kalınlığındaki yongalevhelerde elastikiyet modülü değeri mobilya üretimi için en az 1600 N/mm^2 , nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan yongalevheler için minimum 1950 N/mm^2 ve kuru şartlarda yük taşımada kullanılan levhalar için en az 2300 N/mm^2 (T.S.E., 2005).

2. Mobilya üretimi için bütün levha grupları uygun bulunmuştur. 1-2-7-8-9 ve 10. grup yongalevhelerin nemli şartlarda yük taşıyıcı olmayan kullanımlar için uygun olduğu belirlenmiştir. Kuru şartlarda yük taşımada ise 7 ve 8. grup levhaların kullanımı uygun çıkmıştır.

3. Depolama süresinin elastikiyet modülü üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Depolama süresinin 1 günden 1 ay'a çıkarılmasıyla elastikiyet modülü değerlerinde artış meydana gelmiştir.

4. Yapılan çalışmalar sonucunda sertleştirici türünün elastikiyet modülü üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En yüksek elastikiyet modülü değerine amonyum klorür kullanılan levhalarda ulaşıırken en düşük elastikiyet modülü değerine alüminyum sülfatla üretilen yongalevhelerde ulaşılmıştır.

5.2.3. Yüze Dik Çekme Direnci

1. Yüze dik çekme direnci değerinin 18 mm kalınlığındaki yongalevhelerde en az; genel kullanımlar için $0,24 \text{ N/mm}^2$, mobil üretimi için $0,35 \text{ N/mm}^2$, nemli şartlarda yük taşıyıcı olmayan kullanımlar için $0,45 \text{ N/mm}^2$ ve kuru şartlarda yük taşımada ise $0,35 \text{ N/mm}^2$ olması öngörülmektedir (T.S.E., 2005).

2. Bütün yongalevha gruplarının genel kullanım için uygun olduğu tespit edilmiştir. 1-2-3-4-7-8-9 ve 10. grup levhaların mobilya üretimi ve kuru şartlarda yük taşımada kullanılabileceği belirlenmiştir. 1-7 ve 8. grup yongalevhelerin nemli şartlarda yük taşıyıcı olmayan kullanımlar için uygun olduğu bulunmuştur.

3. Sertleştirici türünün yüze dik çekme direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En yüksek yüze dik çekme direnci değerine amonyum klorür kullanılan levhalarda ulaşıırken en düşük yüze dik çekme direnci değerine alüminyum sülfatla üretilen yongalevhelerde ulaşılmıştır.

4. Yapılan çalışmalar sonucunda depolama süresinin yüzeye dik çekme direnci üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Depolama süresinin 1 günden 1 ay'a çıkarılmasıyla yüzeye dik çekme direnci değerlerinde artış meydana gelmiştir.

5.3. pH Değeri

1. Yapılan istatistik çalışmalar sonucunda sertleştirici türü ve tutkallamanın pH değeri üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir.

2. En düşük pH değerine amonyum klorür kullanılarak üretilen yongalevhelerde rastlanırken en yüksek pH değerine alüminyum sülfatla üretilen levhalarda rastlanmıştır.

3. Tutkal kullanımıyla yongalevhelerde pH değerinin düştüğü gözlenmiştir.

5.4. Formaldehit Emisyonu

1. Formaldehit emisyonuna göre yongalevhalar E₁ ve E₂ şeklinde sınıflandırılırlar. E₁ için formaldehit emisyonu değeri <8 mg/100gr , E₂ sınıfı için formaldehit emisyonu değeri 8> mg/100g dir.

2. Yapılan çalışmalar sonucunda 2-4-8-10 ve 12. grup levhalar E₁ sınıfına uygun bulurken 1-3-5-6-7-9 ve 11. grup levhalar E₂ sınıfına uygun bulunmuştur.

3. İstatistiksel çalışmalar sonucunda sertleştirici türünün formaldehit emisyonu üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. En yüksek formaldehit emisyonu değerine alüminyum sülfatlı levhalarda rastlanırken en düşük formaldehit emisyonuna amonyum klorürlü levhalarda rastlanmıştır.

4. Formaldehit emisyonu üzerine depolama süresinin etkili olduğu belirlenmiştir. Depolama süresinin 1 gün den 1 ay'a çıkarılmasıyla formaldehit emisyonu azalmaktadır.

5. Üre kullanımının formaldehit emisyonu üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur. Üre kullanımıyla formaldehit emisyonu düşmektedir.

5.5. Yongalevhaların Yüzey Özellikleri

5.5.1. Yüzey Pürüzlülüğü

1. Yapılan istatistik çalışmalar sonucunda yüzey pürüzlülüğü üzerine sertleştirici türü ve depolama süresinin etkisi önemli iken üre kullanımının etkisi önemsiz çıkmıştır.

2. En düşük pürüzlülük değerine amonyum klorür kullanılarak üretilen levhalarda rastlanırken en büyük pürüzlülük değerine alüminyum sülfat kullanılan yongalevhelerde rastlanmıştır.

3. Depolama süresinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünde azalma görülmektedir.

5.5.2. Islanabilme Yeteneği (Temas Açısı)

1. Yapılan istatistik çalışmalar sonucunda temas açısı değeri üzerine sertleştirici türü ve depolama süresinin etkisi önemli iken üre kullanımının etkisi önemsiz çıkmıştır.

2. En düşük temas açısı değerine amonyum klorür kullanılarak üretilen levhalarda rastlanırken en büyük temas açısı değerine alüminyum sülfat kullanılan yongalevhelerde rastlanmıştır.

3. Depolama süresinin artmasıyla temas açısı değerinde azalma görülmektedir.

5.6. Sıcaklık

1. Yapılan çalışmalar sonucunda sıcaklık değeri üzerine depolama süresinin etkisi önemli iken sertleştirici türü ve üre kullanımının etkisi önemsiz çıkmıştır.

2. Depolama süresinin artmasıyla sıcaklık değerinde azalma görülmektedir.

6. ÖNERİLER

Bu çalışmada sertleştirici türü, üre kullanımı ve depolama süresinin yongalevhanın kalite özellikleri üzerine etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar ışığında aşağıdaki öneriler sunulmuştur.

1. Amonyum klorür, amonyum sülfat ve alüminyum sülfat ile üretilen levhaların genel kullanım amaçlar için uygun olduğu belirlenmiştir.

2. Yapılan çalışmalar sonucunda amonyum klorür ve amonyum sülfatla üretilen yongalevhaların mobilya üretimi için uygun olduğu saptanmıştır.

3. Fiziksel, mekanik ve yüzey özelliklerini iyileştirmek için aşağıdaki önlemler alınabilir.

a) Kondisyonlama süresinin bir ay'a çıkarılması

b) Sertleştirici olarak amonyum klorür kullanılması önerilebilir.

4. Levhaların kalınlık artışını önlemek için kondisyonlama süresini arttırıp, sertleştirici olarak amonyum klorür tercih edilebilir.

5. Üre kullanımı formaldehit emisyonunu azaltmıştır. Dolayısıyla üre ilavesiyle üretilen yongalevhaların iç mekanlarda kullanılması önerilebilir.

6. Kuru şartlarda yük taşımada kullanılacak yongalevhalar amonyum klorürle üretilip 1 ay depolanması önerilebilir.

7. Formaldehit emisyonunu azaltmak için aşağıdaki önlemler alınabilir.

a) Üre ilave edilebilir.

b) Sertleştirici türü olarak amonyum klorür kullanılabilir.

c) Depolama süresi uzatılabilir.

8. Mobilya üretimi ve nemli şartlarda taşıyıcı olmayan kullanımlar için alüminyum sülfatın kullanılması uygun değildir.

9. Bunlara ek olarak yongalevhanın mekanik özelliklerini arttırmak için aşağıdaki önlemler alınabilir.

a) Tutkal miktarı artırılabilir (Liv ve McNatt, 1991).

b) Pres süresi ve sıcaklığı artırılabilir (Hata, T., 1993).

c) Yongalevha özgül ağırlığı artırılabilir (Göker, vd., 1984).

d) Levhanın yüzeyleri çeşitli malzemelerle kaplanabilir (Nemli, 200).

e) Narinlik oranı yaklaşık 150 olan yongalar kullanılabilir (Göker ve Akbulut, 1992).

- f) Pres basıncı artırılabilir.
- g) Karışımdaki iğne yapraklı ağaç oranı artırılabilir.
- h) Orta permabil ağaç türleri kullanılabilir.
- i) Yüzey tabakalarda daha rutubetli yongalar kullanılabilir (Akbulut, 1995).

10. Yongalevhanın fiziksel özelliklerini iyileştirmek için ise; dış tabaka yonga kullanım oranının yükseltilmesi, üretimde iğne yapraklı ağaç kullanımının arttırılması, odun yongalarının su buharı etkisinde bırakılması, yongaların asetilendirilmesi, yongalevha yüzey ve kenarlarının kaplanması, levha üretiminde hidrojen peroksit, lignosülfonat ve furfurool alkol kullanımı, orta tabaka yongalarına kabuk karıştırılması, tutkal miktarının artırılması, üre formaldehit tutkalına melamin formaldehit ilave edilmesi, melamin modifiyeli üre formaldehit, fenol formaldehit veya izosiyanat tutkallarının kullanılması ve yongaların kabuk eksraklarıyla muamele edilmesi önerilebilir (Demirel, 2006; Esmeralda, vd., 2004; Nemli vd., 2004).

11. Formaldehit emisyonunu azaltmak için ise;

a) Formaldehit/üre mol oranı düşük tutkal kullanılmasıyla formaldehit emisyonu azaltılabilir (Myers, 1984).

b) Üre formaldehit tutkalına üre veya melamin ilave edilebilir (Tsai, 1984).

c) Üre formaldehit, fenol formaldehit ve izosiyanat bileşikleri karışım halinde kullanılabilir (Kurtoğlu ve Uçar, 1985).

d) Amonyak (NH_3) ile formaldehitin reaksiyonu; levhaların direkt olarak amonyak gazına maruz bırakılması veya amonyak tuzları ile muamele edilmesi şeklinde uygulanır. Amonyak tuzlarının çeşitleri ile muamele edilen kontrplaklarda kullanılan tuz çözeltisinin artan pH'ı ile formaldehit emisyonunun azaldığı saptanmıştır (Myers, 1986).

e) Oksijenli sülfür bileşikleri ile formaldehitin reaksiyonu; bu amaçla pek çok oksijenli sülfür asitlerinin alkali tuzları kullanılmaktadır. Ayrıca SO_2 kullanımı da formaldehit emisyonunu azaltıcı etki yapmaktadır (Çolak ve Nemli., 2001).

f) Organik NH grupları ile formaldehitin reaksiyona tabi tutulması: Bu amaçla amin ve amidler kullanılmasına rağmen esas madde üredir (Çolak ve Nemli., 2001).

g) Odun yongalarının nitrik asit ile muamele edilmesi ayrışan formaldehit miktarını azaltmaktadır (Çolak ve Nemli., 2001).

12. Yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için ;

a) Yongalevhaların yoğunluğu artırılabilir.

b) Kullanılan tutkal miktarı artırılabilir.

c) Pres süresi artırılabilir.

d) Levha taslağının rutubeti artırılabilir.

e) Levha yüzeyi sırasıyla 150, 180, ve 220 nolu zımparalarla zımparalanabilir

(Tabarsa vd., 2011).

7. KAYNAKLAR

- Abdullah, Z.A ve Park, B. D., 2009. Hydrolytic Stability of Cured Urea Formaldehyde Resins Modified by Additives, Journal of Applied Polymer Science, 14, 2, 1011-1017.
- Akbulut, T., 1991. ORÜS Vezirköprü Yongalevha Fabrikasında Üretilen Levhaların Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akbulut, T., 1995. Çeşitli Faktörlerin Yatay Preslenmiş Yongalevhaların Özellikleri Üzerine etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akbulut, T., 2000. Yongalevha Endüstrisi, Laminat Dergisi, 7, 3, 112-119.
- Akyüz, K.C., Nemli, G., Baharoğlu, M. ve Zeković, E., 2010. Effects of Acidity of The Particles and Amount of Hardener on The Physical and Mechanical Properties of Particleboard Composite Bonded with Urea Formaldehyde.
- Alma, M.H., Kalaycıoğlu, H., Bektaş, İ. ve Tutuş, A., 2005. Properties of Cotton Carpel Based Particleboards, Industrial Crops and Products, 22, 2, 141-149.
- Amazio, P., Avella, M., Errico, M.E., Gentile, G., Balducci, F., Gnaccarini, A., Moratalla, J. ve Belanche, M., 2011. Low Formaldehyde Emission Particleboard Panels Realized Through a New Acrylic Binder, Journal of Applied Polymer Science, 122, 4, 2779-2788.
- Almeida, R.R., Menezzi, C.H. ve Teixeira, D.E., 2002. Utilization of The Coconut Shell of Babaau to Produce Cement-Bonded Particleboard, Bioresource Technology, 85, 2, 159-163.
- Anonim, 1972. Wood Handbook, Insulation Board, Hardboard, MDF and Laminated Paperboards, Forest Products Laboratory, Washington, USA.
- Anonim, 1975. Adhesive Bonding of Wood, Us Department of Agriculture, Forest Service, Technical Bulletin No: 1512, Washington.
- Ashori, A., Tabarsa, T. ve Sepahvand, S., 2012. Cement-Bonded Composite Boards Made from Poplar Strands, Construction and Building Materials, 26, 1, 131-134.
- ANSI/ASME B46.1, 1995. Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay), American National Standart Institute.

- Aydın, İ., 2003. Çeşitli Ağaç Türlerinden Elde Edilen Kaplamaların Islanabilme Yeteneği ve Yapışma Direnci Üzerine Bazı Üretim Şartlarının Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, A., 2005.Sahil Çamı İbrelerinin Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilmesi İmkânları, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydın, İ. ve Çolakoğlu, G., 2005. Formaldehyde Emission, Surface Roughness, and Some Properties of Plywood As Function of Veneer Drying Temperature, Drying Technology, 23, 5, 1107-1117.
- Ayrılmış, N., Büyüksarı, M. ve Avcı, E., 2009. Utilization of Pine (*Pinus pinea L.*) Cone in Manufacture of Wood Based Composite, Forest Ecology and Managment, 259, 1, 65-70.
- Azizi, K., Tabarsa, T. ve Ashori, A., 2011. Performance Characterization of Particleboards Made with Wheat Straw and Waste Veneer Splinters, Composites Part B-Engineering, 42, 7, 2085-2089.
- Baştürk, M.A., 1993. Boylu Ardıç Odununun Yongalevha Üretimine Uygunluğu Üzerine Araştırmalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 43, 2, 1-14.
- Batu, F., 1978. Varyans Analizi, K.T.Ü Orman Fakültesi Dergisi, 1, 2, 234-235.
- Bekalo, SA. ve Reinhardt, HW., 2010. Fibers of Coffee Husk and Hulls for the Production of Particleboard, Materials and Structures, 43, 8, 1049-1060.
- Berg, J.C., 1993. Chapter 2, Role of Acid-Base Interaction in Wetting and related Phenomena, In: Wettability, Ed. J.C. Berg. Marcel Dekker, New York, 75-148.
- Blanchet, P., Clastier, A. ve Riedl, B., 2000. Particleboard Made from Hammermilled Black Spruce Bark Residues, Wood Science and Technology, 34, 11-19.
- Bozkurt, A.Y., 1982. Çimentolu Yongalevhalar, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 32, 2, 30-34.
- Bozkurt, Y. ve Göker, Y., 1985. Yongalevha Endüstrisi Ders Kitabı, İ.Ü.. Orman Fakültesi Yayın No: 33111372, İstanbul.
- Bozkurt, A. Y. ve Göker, Y., 1990. Yongalevha Endüstrisi Ders Kitabı, İÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Boran, S., Usta, M. ve Gümüşkaya, E., 2011. Decreasing Formaldehyde Emission from Medium Density Fiberboard Panels Produced by Adding Different Amine Compounds to Urea Formaldehyde Resin, International Journal of Adhesion and Adhesives, 31, 7, 674-678.
- Burdurlu, E., 1994. Ahşap Kökenli Kaplama ve Levha Üretim Kullanım Teknikleri, Bizim Büro Basımevi, Ankara.

- Buscher, H.J., Pelt, A.W.J., Boer, P. ve Arends, J., 1983. The Effect of Surface Roughening of Polymers on Measured Contact Angles of Liquids, University of Groningen, Laboratory for Materia Technica, The Netherlands.
- Büyüksarı, Ü., Ayrılmış, N. ve Akbulut, T., 2012. Compression Wood as a Source of Reinforcing Filler for Thermoplastic Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 123, 3, 1740-1745.
- Cabral, C.P., Vital, B.R., ve Lucia, R.M.D., 2007. Properties of Particleboards Manufactured with Mixed Particles from Eucalyptus and Pinus Elliottii, *Revista Arvore*, 31, 5, 897-905.
- Carpenter, M.W., 1999. Characterizing The Chemistry of Yellow-Poplar Surfaces Exposed to Different Surface Energy Environments Using DCA, DSC and XPS, Master Thesis, Department of Wood Science, West Virginia University, West Virginia.
- Chang F.C. ve Lam, F., 2009. Use of Mountain Pine Beetle Killed Wood to Produce Cement-Bonded Particleboard, *Wood and Fiber Science*, 41, 3, 291-299.
- Chen, T.T., Soong, H.D. ve Tsai C.T., 2006. Effects of Radiata Pine Bark on Properties of Particleboard, *Forest Products Industries*, 25, 2, 133-142.
- Cheng, E., Sun, X. ve Karr, G.S., 2004. Adhesive Properties of Modified Soybean Flour Wheat Straw Particleboard, *Applied Science and Manufacturing*, 35, 3, 297-302.
- Chow, S., 1972. Thermal Reactions and Industrial Uses of Bark, *Wood Fiber*, 4, 3, 130-138.
- Chow, S. ve Pickles, K. J., 1972. Thermal Softening and Degradation of Wood and Bark, *Wood Fiber*, 3, 3, 166-178.
- Chow, S., 1975. Bark Board without Synthetic Resins, *Forest Products Journal*, 25, 11, 32-37.
- Christiansen, A.W., 1990. How Overdrying Wood Reduces Its Bonding to Phenol Formaldehyde Adhesives: A Critical Review of The Literature, Part I. Physical Responses, *Wood and Fiber Science*, 22, 4, 441-459.
- Ciannamea, F.M., Stefani, P.M. ve Ruseckajte, R.A., 2010. Medium-Density Particleboard from Modified Rice Husks and Soybean Protein Concentrate- Based Adhesives, *Bioresource Technology*, 101, 2, 818-825
- Conner, A.H., 2001. Urea Formaldehyde Adhesive Resins, Forest Products Laboratory, USDA Forest Service, 8496-8501.
- Coplugil, E., 1993. Formaldehit ve Formaldehit Reçineleri, Orenko 93 Bildiri Metinleri, KTÜ Orman Fakültesi, Trabzon.

- Çetin, N.S. ve Özmen, N., 2002. Use of Organosolv Lignin in Phenol Formaldehyde Resins for Particleboard Production: I, Organosolv Lignin Modified Resins, International Journal of Adhesion and Adhesives, 22, 6, 477-480.
- Çolakoğlu, G., 1993. Kontrplak Üretim Şartlarının Formaldehit Emisyonu ve Teknik Özelliklere Etkisi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çolakoğlu, G., Aydın, İ., Nemli, G. ve Çolak, S., 2002. Ahşap Sanayiinde Melamin Formaldehit ve Melamin Üre Formaldehit Yapıştırıcılarının Kullanımı, Mobilya Dekorasyon Dergisi, 47, 2, 130-138.
- Çolak, S. ve Nemli, G., 2001. Ağaç Levha Endüstrisinde Formaldehit Emisyonu ve Azaltıcı Yöntemler, Mobilya Dekorasyon Dergisi, KTÜ Orman Fakültesi, 44.
- Deppe, HJ. ve Ernst, K., 1977. Taschenbuch Der Spanlatten Technik, 2.Überarbeitete Und Enveiterte Auflage, Drw-Werlag Leinfelden.
- DIN 4768, 1990. Determination of Values of Surface Roughness Parameters Ra, Rz, Rmax Using Electrical Contact (Stylus) Instruments, Concepts and Measuring Condition, Deutsches Institut for Norming, Berlin Germany.
- Dundar, T., Ayrılmış, N. ve Candan, Z., 2008. Evaluation of Surface Roughness of Laminated Veneer Lumber (LVL) Made from Beech Veneer Treated with Various Fire Retardants and Dried at Different Temperatures, Forest Products Journal, 58, ½, 71-76.
- Dunky, M., 1998., Urea-Formaldehyde Adhesive for Wood, International Journal of Adhesion and Adhesives, 18, 95-107.
- EN 309, 1992. Wood Particleboards-Definition and Classification, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1992.
- EN 310, 1993. Wood Based Panels, Determination of Modulus of Elasticity in Bending and Bending Strength, European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium.
- EN 317, 1993. Particleboard and Fiberboards, Determination of Swelling in the Thickness after Immersion, European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium.
- EN 319, 1993. Particleboards and Fiberboards, Determination of Tensile Strength Perpendicular to the Plane of The Board, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- EN 322, 1993. Wood Based Panels, Determination of Moisture Content, European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium.
- EN 120-1, 1993. Wood based panels, determination of formaldehyde content-extraction method called perforator method, European Committee for Standardization, Brussels-Belgium.

- Erakhruman, A.A, Areghan S.E. ve Ogunleye, M.B, 2008. Selected Physico-Mechanical Properties of Comentbonded Partcleboard Made from Pine (*Pinus Caribaea* M.) Sawdust-Coir (*Cocos Nurifera* L.) Mixture, Scientific Research and Essays, 3, 5, 197-203.
- Esmeralda, Y.A., Okino, M.RR., Markos, A.E., Marcus V.D., Mario, E.D. ve Souza, D.E., 2004. Evaluation of The Physical and Biological Properties of Particleboard and Flakeboard Made from *Cupressus* Spp, International Biodeteration & Biodegradation, 53, 2, 1-5.
- Espinoza-Herrera, R. ve Cloutier, A., 2011. Physical and Mechanical Properties of Gypsum Particleboard Reinforced with Portland Cement, European Journal of Wood and Wood Products, 69, 2, 247-254.
- Garnier, S., Pizzi, A., Huang, Z. ve Dry, J.B., 2002. Forecasting of Commercial Tannin and Herives-Bonded Particleboard by Tma Bending, Holz als Roh-Und Werkstoff, 60, 5, 372.
- Gerardi, V., Mineli, F. ve Viggiano, D., 1998. Steam Treated Rice, Industry Residues as an Alternative Feedstock for the Wood Based Particleboard Industry in Italy, Biomass and Bioenergy, 14, 3, 295-299.
- Ghalehno, M. D., Nazerian, M. ve Bayatkashkooli, A., 2011. Influence of Utilization of Bagasse in Surfaca Layer on Bending Strength of Three-Layer Particleboard, European Journal of Wood and Wood Product, 69, 4, 533-535.
- Ghalehno, MD., Madhoushi, M., Tabarsa, T. ve Nazerian, M., 2011. The manufacture of particleboards using mixture of reed (surface layer) and commercial species (middle layer), European Journal of Wood and Wood Products, 69, 3, 341-344.
- Goncalves, F. G., Lelis, R.C.C. ve Oliveria, J.T.D., 2008. Influence of The Composition of Tannin-Urea-Formaldehyde Resins The Physieal and Mechanicals Properties of Particlebord, Revista Arvore, 32, 4, 715-722
- Grexa, O., Lübke, H., 2001. Flammability Parameters of Wood Tested on Acone Calorimeter, Polymer Degradation and Stability, 74, 3, 183-191.
- Grigoriou, A.H., ve Ntalos, G.A., 2001. The Potantial Use of Easter Stalks as a Lignocellulosic Resource for Particlebords, Industrial Crops and Products, 13, 3, 209-218.
- Guru, M., Tekeli, S. ve Bilici, L., 2005. Manufacturing of Urea-Formaldehyde Based Composite Particleboard From Almond Shell, Materials and Design, in Press, Corrected Proof.

- Guru, M., Atar, M. ve Yıldırım, R., 2008. Production of Polymer Matrix Composite Particleboard from Walnut Shell and Improvement of Its Requirements, Material and Design, 29, 1, 284-287.
- Guru, M., Aruntaş, Y. ve Tüzün, F.N., 2009. Processing of Urea formaldehyde Based particleboard from Hazelnut Shell and Improvement of Its Fire and Water Resistance, Fire and Materials, 33, 8, 419-419.
- Güler, C., 1996. Bazı Üretim Faktörlerinin Kızılçam kontrplaklarının Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Güler, C. ve Özen, R., 2004. Some Properties of Particleboards Made From Cotton Stalks, Holz als Roh-Und Werkstoff. 62, 1, 40-43.
- Güler, C., Çopur, Y. ve Taşcıoğlu, M., 2008. The Manufacture of Particleboards Using Mixture of Peanut Hull (*Arachis hypoqaea L.*) an European Black Pine (*Pinus nigra arnold*) Wood Chips, Biosource Techology, 99, 8, 2893-2897.
- Güntekin, E. ve Karakuş, B., 2009. Feasibility of Using Eggplant (*Solanum melagene*) Stalks in The Production of Experimental Particleboard, Industrial Crops and Products, 25, 3, 354-358.
- Güntekin, E., Üner, B., Karakuş, B., 2009. Chemical Composition of Tomato (*Solanum lycopersicum*) Stalks and Suitability in The Particleboard Production, Journal of Environmental Biology, 30, 5, 731-734.
- Hashim, R., Nadhari, WNAW., Sulaiman, O., Hiziroglu, S., Sato, M., Kawamura, F., Seng, TG., Sugimoto, T. ve Tanaka, R., 2011. Evaluations of some properties of exterior particleboard made from oil palm biomass, Journal of Composite Materials, 45, 16, 1659-1665.
- Heinrich, H., Pichelin, F. ve Pizzi, A., 1996. Lower Temperature Tanin/Hexamine-Bonded Particleboard of Improved Performance, Holz als Roh-Und Werkstoff, 54, 4, 262.
- Heller, F., 1980. The Manufacture of Particleboard from Unconventional Raw Materials, Holz als Roh-Und Werkstoff, 38, 10, 393-396.
- Hendarto, B., Shayan, E., Ozarska, B. ve Carr, R., 2006. Analysis of Roughness of a Sanded Wood Surface, International Journal of Advance Manufacturing Technology, 28, 7-8, 775-780.
- Hiziroğlu, S., 1993. Linear Expansion and Surface Stability of Particleboard, Forest Products Journal, 43, 4, 31-35.
- Hiziroğlu, S., 1996. Surface Roughness Analysis of Wood Composites: A Stylus Method, Forest Products Journal, 46, 7-8, 67-72.

- Hiziroğlu, S., Jarusombuti, S. ve Fueangvivat, V., 2004. Surface Characteristics of Wood Composites Manufactured in Thailand, Building and Environment, 39, 11, 1359-1364.
- Hiziroğlu, S., Holcomb, R., 2005. Some of the Properties of three- layer particleboard Made From Eastern Redcedar, Building and Environment, 40, 5, 719-723.
- Hsy, C.Y., 2009. Development of Melamine Modified Urea Formaldehyde Resins Based on Strong Acidic pH Catalyzed Urea Formaldeyde Polymer, Forest Products Journal, 59, 5, 19-24.
- Hundhauzen, U., Stohldreier, R., Miltz, H. ve Mai, C., 2009. Procedural İnfluence On The Properties of Particleboards Made from AKD Modified Chips, European Journal of Wood and Products, 67, 3, 303-311.
- Huş, S., 1997. Ağaç Malzeme Tutkalları, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 2337, Orman Fakültesi Yayın No: 242, Kutulmuş Matbaası, İstanbul.
- Iskenderani, F.A., 2009. Tensile Strength of Monolayer Particleborads Produced from Date Palm Midrib Chips Bonded with Urea Formaldehyde, International Journal of Polymeric Materials, 58, 6, 297-311.
- Jianying, X. ve Guenping, H., 2003. Development of Binderless Particleboard from Kenaf Core Using Steam Injection Pressing, Journal of Wood Science, 49, 4, 327-332.
- Kalaycıoğlu, H., 1987. Amonyum Lignosülfonat ve Fenol Formaldehit Tutkalı Kullanılarak Üretilen Yongalevhaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kalaycıoğlu, H. ve Çolakoğlu, G., 1994. Çeşitli Ağaç Türlerinden Üretilmiş Kontrplak ve Yongalevhalarından Üretim Şartlarına Bağlı Olarak Formaldehit Çıkışının Sınırlandırılması İmkanları, TÜBİTAK TOAG-935 Nolu Proje, Trabzon.
- Kalaycıoğlu, H., Deniz, I. ve Hiziroğlu, S., 2005. Some of Properties of Particleboard Made from Paulownia, Journal of Wood Science, 51, 4, 410-414.
- Kalaycıoğlu H. ve Özen R., 2009. Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Kamdem, D.P., 1994. The Durability of Phenolic Bonded Particleboards Made of Decay Resistant, Black Lotust and Nondurable Aspen, Forest Products Journal, 44, 2, 65-68.
- Kartal, S.N. ve Clausen, C.A., 2001. Leacability and Decoy Resistance of Particleboard Made from Acid Extracted and Bioremediated CCA-Treated Wood, International Biodeterioration &Biodegradation, 47, 3, 183-191.
- Khedari, J., Choroenvai, S. ve Hirunlabh, J., 2003. New Insulating Particleboard from Durian Peel and Coconut Coir, Bulding and Enviroment, 38, 3, 435-441.

- Khedari, J., Nonkangrob, N., Hirunlabh, J. ve Teekasap, S., 2004. New Lost-Cost Insulating Particleboards from Mixture of Durian Peel and Coconut Coir, Bulding and Enviroment 39, 59-65.
- Khosravi, S., Nordqvist, P., Khabbaz, F. ve Johansson, M., 2001. Protein-Based Adhesives for Particleboards-Effect of Application Process, Industrial Crops and Products, 34, 3, 1509-1515.
- Kim, S., Kim, H.J. ve Park, J.C., 2009. Application of Recycled Paper Sludge and Biomass Materials in Manufacture of Gren Composite Palet, Resources Conservation and Recycling, 53, 12, 674-679
- Kowaluk, G. ve Fuczek, D., 2009. PVA_c Glue as a Binding Agent in Particleboards, Drewno-Wood, 52, 182, 17-24.
- Kurtoğlu, A. ve Uçar, H., 1985. Orman Ürünleri Sanayiinde Formaldehit Ayrışması ve Çevre Sağlığına Etkileri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, 35, 3, 27-36.
- Latorraca, J.V.D., Teixeira D.E. ve Batiscta D.C., 2009. Overlay of *Eucalyptus urophylla* Cement-Bonded Particleboard for Application as Flooring Panels, Forest Products Journal, 59, 6, 65-69.
- Lee, BH., Kim, HS., Kim, S., Kim, HJ., Lee, B., Deng, YH., Feng, Q. ve Luo, JY., 2011. Evaluating the Flammability of Wood-Based Panels and Gypsum Particleboard Using a Cone Calorimeter, Construction and Building Materials, 25, 7, 3044-3050.
- Lehmann, W.F. ve Geimer, RX., 1974. Properties of Structural Particleboards from Douglas-Fir Forest Residues, Forest Products Journal, 24, 10, 17-25.
- Malları, V.C., Kawai, S., Hara, S., Sakuno, T., Furukowa, I. ve Kishimoto, J., 1989. The Manufacturing of Particleboard II, Board Qualities of Sugi and Niseakashia, Mokuzai Gakkaishi, 35,1, 1-7.
- Maloney, T.M., 1973. Bark Boards from Four West Coast Soft Wood Species, Forest Products Journal, 23, 8, 30-38.
- Maloney, T.M., 1977. Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing, San Francisco, U.S.A.
- Maminski, M.L., Borysiuk, P. ve Parzuchowski, P.G., 2008. Improved Water Resistance of Particleboards Bonded with Glutaraldehyde Blended UF Resin, Holz Als Roh-Und Werkstoff, 66, 5, 381-383.
- Mendes, L.M., Iwakiri, S. ve Miori, F.A., 2009. *Eucalyptus urophyllas* Stands Wood Utilization at Two Different Ages for Production of Particleboard Panels, CERNE, 15, 3, 288-296.

- Mo, X., Cheng, E., Wang, D. ve Sun, X., 2003. Physieal Properties of Medium-Density Wheat Straw Particleboard Using Different Adheives, Industrial Crops and Products, 18, 47-53.
- Muszynski, Z. ve Macnatt, J.D., 1984. Investigations on the Use of Spruce Bark in The Manufacture of Particleboard in Poland, Forest Products Journal, 34, 1, 28-35.
- Myers, G.E., 1984. How Mole Ratio of UF Resin Affects Formaldehyde Emission and other Properties: A Literature Critique, FPJ, 34, 5, 35-41.
- Myers, G.E., 1960-1984. Effect of Manufacture Board Treatments on Formaldehyde Emission : Literature Review, FPJ. 36, 6, 41-51.
- Nemli, G., Yalınkılıç, M.K. ve İmanure, Y., Takakoshi., M., Kalaycıoğlu, H., Demirci, Z. ve Özdemir, T., 1998. Biological, Physieal and Mechanical Properties of Particleboard Manufactured from Waste Tea Leaves, International Biodeterioration Biodergaration, 41, 1, 75-84.
- Nemli, G., 2000. Yüzey Kaplama Malzemeleri ve Uygulama Parametrelerinin Yongalevha Teknik Özellikleri Üzerine Etkileri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Nemli, G., Kalaycıoğlu, H. ve Alp, T., 2001. Suitability of Date Palm Branches for Particleboard Production, Holz als Roh Und Werkstoff, 59, 6, 411-412.
- Nemli, G. ve Aytaç, A., 2002. Üre Formaldehit Tutkalları, Mobilya Dekorasyon Dergisi, 47, 6, 218.
- Nemli, G. ve Çolak, S., 2002. Laminat Endüstrisinde Üre ve Melamin Formaldehit Tutkalları, Ağaç Makineleri, 4, 46-48.
- Nemli, G., Çolakoğlu, G., Çolak, S. ve Aydın, İ., 2002. Yalancı Akasya Odunundan Üretilen Yonga Levhalarda Tomruk Depolama Süresi ve Kabuk Oranının Formaldehid Oranına Etkisi, İ.Ü. Orman Fak. Dergisi, Seri A, 52,2, 73-83.
- Nemli, G., Kalaycıoğlu, H., Ay, N. ve Şahin, H., 2002. Duglas Göknarı Türünün Yongalevha Üretimi İçin Uygunluğunun Belirlenmesi, K.Ü. Artvin Orman Fak. Dergisi, 3, 18-20.
- Nemli, G., 2003. Effects of Some Manufacturing Factors on the Properties of Particleboard Manufactured from Alder, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 27, 2, 99-104.
- Nemli, G., Kırıcı, H., Serdar, B. ve Ay, N., 2003. Suitability of Kiwi Prunings for Particleboard Manufacturing, Industrial Crops and Products, 17, 1, 39-46.

- Nemli, G., Kırıcı, H. ve Temiz, A., 2004. Influence of Impregnating Wood Particles with Mimosa Bark Extraction Some Properties of Particleboard, Industrial Crops and Products, 20, 3, 339-344.
- Nemli, G., Hızıroğlu, S., Usta, M., Z., Serin, Z., Özdemir, T. ve Kalaycıoğlu, H., 2004. Effect of Residue Type and Tannin Content on Properties of Particleboard from Black Locust, Forest Product Journal 54, 2, 36-40.
- Nemli, G., Öztürk, I. ve Aydın, I., 2005. Some of The Parameters Influencing Surface Roughness of Particleboard, Building and Environment, 40, 10, 1337-1340.
- Nemli, G., Aydın, I. ve Zekoviç E., 2007. Evaluation of Some of The Properties of Particleboard as Function of Manufacturing Parameters, Materials and Design, 28, 4, 1169-1176.
- Nemli, G. ve Aydın, I., 2007. Evaluation of the Physical and Mechanical Properties of Particleboard Made from the Needle Litter of Pinus Pinaster Ait, Industrial Crops and Products, 26, 252-258.
- Nemli G., Yıldız S. ve Gezer E.D., 2008. The Potential for Using The Needle Litter of Scotch Pine (Pinus Solvestris L.) as a Raw Material for Particleboard Manufacturing, Bioresource Technology. 99, 14, 6054-6058.
- Nemli, G., Demirel, S., Gümüşkaya, E., 2009. Feasibility of Incorporating Waste Grass Clippings (*Lolium perene L.*) in Particleboard Composites, Waste Management, 29, 3, 1129-1131.
- Nourbakhsh, A. ve Ashori, A., 2010. Particleboard Made from Waste Paper Treated with Maleicanhydride, Waste Management and Research, 28, 1, 51-55.
- Ntalos, G.A. ve Grigoriu, A.H., 2002. Characterization and Utilization of Vine Prunings as a Wood Substitute for Particleboard Production, Industrial Crops and Products, 16, 1, 59-68.
- Oh, Y.S. ve Yoo, J.Y., 2011. Properties of Particleboard Made from Chili Pepper Stalks, Journal of Tropical Forest Science, 23, 4, 473-477.
- Olorunnisola, A.O., 2009. Effects of Husk Particle Size and Calcium Chloride on Strength and Sorption Properties of Coconut Husk-Cement Composites, Industrial Crop and Products, 29, 2, 495-501.
- Öktem, E., 1979. Ormangülü Odunundan Yongalevha Yapılması Üzerine Araştırmalar, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No:113, Ankara.
- Örs, Y. ve Kalaycıoğlu, H., 1991. Çay Fabrikası Atıklarının Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilmesi, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 15, 968-974.
- Özen, R., 1980. Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No: 30, Trabzon.

- Özen, R. ve Kalaycıoğlu, H., 2008. Yongalevha Endüstrisi Ders Notları, KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Pan, Z., Cathcart, A. ve Wang, D., 2005. Properties of Particleboard Bond with Rice Bran and Polymeric Methylene Diphenyl Diisocyanate Adhesives, Industrial Crops and Products, 64, 3, 360-362.
- Papadapulos, A.N., Traboulay E.A. ve Hill, C.A., 2002. One Layer Experimental Particleboard From Coconutchips, Holz als Roh-Und Werkstoff, 60, 2, 394-396.
- Papadopoulos, A.N., Hill, C.A. ve Traboulay, E., 2002. Isocyanate Resins for Particleboard; PMD1 and EMDİ, Holz als Roh-Und Werkstoff, 60, 2, 81-83.
- Papadopulos, A.N. ve Hague, J.R.B., 2003. The Potential for Using Flax Shive as a Lignocellulosic Raw Material for Particleboard, Industrial Crops and Products, 17, 143-147.
- Papadopoulos, A.N. ve Gkaraveli, A., 2003. Dimensional Stabilisation and Strenght of Particleboard by Chemical Modification with Propionic Anhydride, Holz als Rohund Werkstoff, 61, 2, 142-144.
- Papadopulos, A.N., Hill, J. ve Gkoravelli, A., 2004. Bamboo Chips as an Alternative Lignocellulosic Raw Material for Particleboard Manufacture, Holz als Roh-Und Werkstoff, 62, 1, 36-39.
- Papadopoulos, A.N., 2008. Performance of Cement Bonded Boards Made from Maple Particleboards, Holz Als Roh-Und Werk Stoff, 66, 5, 385-387.
- Papadopoulos, A.N., 2008. Natural Durability and Performance of Hornbeam Cement Bonded Particleboard, Maderas-Ciencia Y Tecnologia, 10, 2, 93-98.
- Papadopoulos, A.N., 2010. Durability of particleboards made from wood particles chemically modified with propionic anhydride: results after six years in ground stake-test, European Journal of Wood and Wood Products, 68, 3, 353-354.
- Pasillias, C.N. ve Voulgaridis, E.V., 1999. Water Repellant Efficiency of Organic Solvent Extractives from Aleppo Pine Leaves and Bark Applied to Wood, Holzforschung, 53, 151-155.
- Pedieu, R., Riedi B. ve Pichette, A., 2009. Properties of Mixed Particleboards Based on White Birch (*Betula papyrifera*) Inner Bark Particles and Reinforced with Wood Fibres, European Journal of Wood and Wood Products, 67, 1, 95-101.
- Ping, L ., Pizzi, A., Guo, ZD. ve Brosse, N., 2011. Condensed Tannins Extraction from Grape Pomace: Characterization and Utilization as Wood Adhesives for Wood Particleboard, Industrial Crops and Products, 34, 1, 907-914.
- Pizzi, A., 1983. Wood Adhesives: Chemistry and Technology, Vol. 1, Marcel Dekker, New York.

- Place, T.A. ve Maloney, T.M., 1975. Thermal Properties of Dry Wood Bark Multilayer Boards, Forest Products Journal, 25, 1, 33-39.
- Radziszewski, P., Picard, B., Bourret, AM., Brunet, JP., Tetreault, M., Zaras, Z., Cheriet, M. ve Ouellet, J., 2005. Particleboard Surface Roughness Classification System Modeling, Simulation, and Bench Testing, Journal of Manufacturing Science and Engineering- Transactions of the Asme, 127, 3, 677-686.
- Salem, MZM., Bohm, M., Berankova, J. ve Srba, J., Effect of some manufacturing variables on formaldehyde release from particleboard: Relationship between different test methods, Building and Environment, 46, 10, 1946-1953.
- Sarı, B., 2011. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Sedano-Mendoza, M., Navarrete, P. ve Pizzi, A., 2010. Effect of Layers Relative Moisture Content on the IB Strength of Pine Tannin Bonded Particleboard, European Journal of Wood and Wood Products, 68, 3, 355-357.
- Sellers, J., 1985. Plywood Adhesive Technology, Forest Products Utilazation Laboratory, Marcel Decter Inc. New York.
- Sellers, T., Miller, G.D. ve Nieh, S., 1990. Evaluation of Post Added Ester and/or Urea as a Formaldehyde Scavenger in UF Resins Used to Bond Suthern Pine Particleboard, Forest Prod.J. 41, 1, 53-56.
- Soine, H., 1973. Modem Furniture Manufacture State of the Furniture Industry, Partieleboards, Laminating and Coating with, Solid and Liquid Materials, Cutting to Size and Trimming of Boards Finishing of Edges, Folding, Boring, Packing, Auxiliary Equipment, Holz als Roh-und Werkstoff, 31, 4, 145-156.
- Tabarsa, T., Ashori, A. ve Gholamzadeh, M., 2011. Evaluation of surface roughness and mechanical properties of particleboard panels made from bagasse, Composites Part B-Engineering, 42, 5, 1330-1335.
- TAPPI, 1992. TAPPI Test Methods 1992-1993, TAPPI Pres Atlanta, Georgia, U.S.A.
- Thole, V. ve Weiss, D., 1992. Suitability of Annual Plants as Additives for Gypsum Bonded Particleboards, Holz als Roh-Und Werkstoff, 50, 6, 241-252.
- Tröger, F., Wegener, G. ve Seemann, C., 1998. Misconthus and Flax as Raw Material for Reinforced Particleboards, Industrial Crops and Products, 8, 2, 113-121.
- Tsai, C. M., 1984. Effect of Adding Urea or Melamine to Urea Formaldehyde Release from Plywood, Technical Bulletin, Experimental Forest, National Taiwan University, 155.
- T.S.E., 1999. Ahşap Esaslı Levhalar, Birim Hacim Ağırlığının Tayini, TS-323/1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- T.S.E., 2005. Yongalevhalar-Özellikler, TS-312, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2005.
- Turreda, L.D., 1983. Bagasse, Wood and Wood-Bagasse Particleboards Bonded with Urea Formaldehyde and Polyvinil Acetate/Isocynate Adhesives, USDA Technology Journal 8, 3 66-78.
- Unchi, S., 1996. Acetylation of Acacia Magnum Wood Fibers and Its Application in the MDF Manufacturing, Ph.D.Thesis, Faculty of Forestry University Pertanian, Malaysia.
- Walinder, M., 2000. Wetting Phenomena on Wood, Doctoral Thesis, Department of Manufacturing Systems Wood Technology and Processing, KTH-Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Wellons, J. D. ve Kralmer, R. L., 1973. Self Bonding in Bark Composites, Wood Seience, 6, 2, 112-122.
- Wong, D. ve Sun, X.S., 2002. Low Density Particleboard from Wheat Straw and Pith, Industrial Crops and Products. 15, 1, 43-50.
- Yang, H.S., Kim, D.J. ve Kim, HJ., 2003. Riee Straw-Wood Partide Composite for Sound Absorbing Wooden the Construction Materials, Bioresource Technology, 86, 2, 117-121.
- Yemele, M., Blanchetp, A. ve Cloutien, A., 2008. Effect of Bark Content and Particle Geometry on The Physical and Mechanical Properties of Particleoard Made from Black Spruce and Tremnling Aspenbark, Forest Products Journal, 58, 11, 48-56.
- Yemele, M.C.N, Koubaa, A, Diouf, P.N., 2008. Effect of Hot-Water Treatment of Black Spruce and Trembling Aspen Bark Raw Material on The Physical and Mechanical Properties of Bark Particleoard, Wood and Fiber Sicience, 40, 3, 339-351.
- Yıldız, Ü.C., 1994. Bazı Hızlı Büyüyen Ağaç Türlerinden Hazırlanan Odun Polimer Kompozitlerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yusuf, S., 1996. Properties Enhancement of Wood by Crosslinking Formation and Its Application to The Recons Tituted Wood Products, Ph.D.Thesis Kyoto University, Kyoto, Japan.

ÖZGEÇMİŞ

17.09.1987 yılında Rize’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Rize’de tamamladı. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümünde yüksek öğrenimine başladı. 2009 yılında fakülte ve bölüm ikincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl içinde KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği ABD, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programında yüksek lisans eğitimine başladı ve halen devam etmektedir. Yabancı dili İngilizcedir.