
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

ATIK YER FISTIĞI KABUKLARININ LEVHA OLARAK EKONOMİYE KAZANDIRILMASI VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Ersin ERCAN

DOKTORA TEZİ
AĞAÇ İŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞUBAT 2019

Ersin ERCAN tarafından hazırlanan "ATIK YER FISTIĞI KABUKLARININ LEVHA OLARAK EKONOMİYE KAZANDIRILMASI VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Musa ATAR

Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum..

.....

Üye: Prof. Dr. Mustafa ALTINOK

Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Prof. Dr. Metin GÜRÜ

Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Onur ÜLKER

İç Mimarlık Ve Çevre Tasarımı Ana Bilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 14/02/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ersin ERCAN

14/02/2019

ATIK YER FISTIĞI KABUKLARININ LEVHA OLARAK EKONOMİYE KAZANDIRILMASI VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

Ersin ERCAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2019

ÖZET

Bu çalışmada atık yer fıstığı kabuklarından elde edilen yonga levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri, formaldehit emisyon salınımları ile yanma direnci incelenmiştir. Bu maksatla; odun yongalarına %100 (L1), %75 (L2), %50 (L3) ve %25 (L4) yer fıstığı kabuğu katılarak 4 farklı tipte levha üretilmiştir. Bağlayıcı olarak %100 Üre Formaldehit (Y1), %95 Üre Formaldehit+%5 Melamin Formaldehit (Y2), %95 Üre Formaldehit+%5 Fenol Formaldehit tutkalı (Y3) olmak üzere 3 farklı tutkal kullanılmıştır. 1,8 cm kalınlığında 50 x 50 cm^2 ebatlarında 0,65 g/cm^3 yoğunluk değeri baz alınarak toplam 72 adet levha üretilmiştir. Levhaların yoğunluk değeri TS EN 323' e göre, eğilme ve elastikiyet modülü TS EN 310'a göre, vida tutma direnci TS EN 13446 TS EN 320'e göre, Brinell sertlik değeri TS EN 1534'e göre, rutubet miktarı TS EN 322'e göre, su içerisinde kalınlığına şişme miktarı TS EN 317'e göre, su emme yüksekliğinin belirlenmesi TS 4616'a göre, formaldehit emisyonu TS EN 717-1'e göre, yanma özellikleri ASTM E 160-50'a göre belirlenmiştir. Test sonuçları MSTAT-C istatistiksel değerlendirme programında analiz edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; hava kurusu yoğunluk miktarı (g/cm^3) en yüksek L4+Y3'de (0,701), en düşük L1+Y1'de (0,662) bulunmuştur. 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme değeri (%) en yüksek L1+Y1'de (12,74), en düşük L4+Y3' de (9,62) bulunmuştur. 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme (%) en yüksek L1+Y1'de (18,14), en düşük L4+Y3' de (13,70) bulunmuştur. Eğilme direnci (N/mm^2) en yüksek L4+Y3' de (15.76), en düşük L1+Y1'de (11,31) bulunmuştur. Elastikiyet modülü (N/mm^2) en yüksek L4+Y3' de (3020,20), en düşük L1+Y1'de (1793,60) bulunmuştur. Vida tutma direnci (N/mm^2) en yüksek L4+Y3' de (15,02), en düşük L1+Y1'de (10,82) bulunmuştur. Brinell sertliği (N/mm^2) en yüksek L4+Y3' de (93,66), en düşük L1+Y1'de (26,48) bulunmuştur. Levha üretiminden 1 saat sonraki formaldehit emisyonu (ppm) en yüksek L1+Y1'de (0,28), en düşük L4+Y3'de (0,20 ppm) bulunmuştur. Levha üretiminden 24 saat sonraki formaldehit emisyonu (ppm) en yüksek L1+Y1'de (0,08), en düşük L4+Y3'de (0,06 ppm) bulunmuştur. Yanma sıcaklığı (^oC) en yüksek L1+Y1+KKY'de (406,667) en düşük L4+Y3+KHY (99,667) bulunmuştur. Bu sonuçlara göre; yer fıstığı kabuğu katkılı yonga levhalarda en iyi sonucun %25 yer fıstığı kabuğu katkılı ve %95UF+%5FF tutkalı kullanılarak üretilen levhalarda elde edildiği söylenebilir. Bu niteliklerin beklendiği levhalarda bu katkı oranı ve tutkal çeşidi dikkate alınabilir.

Bilim Kodu : 120403
Anahtar Kelimeler : Yonga levha, yer fıstığı kabuğu, ahşap, teknolojik özellikler
Sayfa Adedi : 161
Danışman : Prof. Dr. Musa ATAR

GAINING WASTE PEANUT SHELLS TO ECONOMY AS BOARD AND IMPROVING THEIR PERFORMANCE CHARACTERISTICS

(Ph. D. Thesis)

Ersin ERCAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

February 2019

ABSTRACT

In this study, some physical and mechanical properties, formaldehyde emission and combustion resistance of the particle boards derived from waste peanut shells were investigated. For this purpose; 100% (L1), 75% (L2), 50% (L3) and 25% (L4) peanut shell with 4 different types of boards were produced. 3 different adhesive were used as binding agent: 100% Urea Formaldehyde (Y1), 95% Urea Formaldehyde+5% Phenol Formaldehyde (Y2), 95%Urea Formaldehyde+5% Melamine Formaldehyde (Y3). A total of 72 boards were produced on the basis of 0,65 g/cm^3 density value, 1,8 cm thickness and 50 x 50 cm^2 size. The density value of the boards tested according to TS EN 323, the bending and elasticity module tested according to TS EN 310, the screw holding strenght tested according to TS EN 13446 TS EN 320, Brinell hardness value tested according to TS EN 1534, the moisture content tested according to TS EN 322, swelling in thickness after immersion tested according to TS EN 317, water absorption height tested according to TS 4616, emissions of formaldehyde tested according to TS EN 717-1, combustion properties tested according to ASTM E 160-50. The test results were analyzed in MSTAT-C statistical evaluation program. According to the research results; the highest density value (g/cm3) was found at L4+Y3 (0,701) and the lowest at L1+Y1 (0,662). The highest swelling value in thickness after 2 hours immersion was found (%) at L1+Y1 (12,74) and the lowest at L4+Y3 (9,62). The highest swelling value in thickness after 24 hours immersion was found (%) at L1+Y1 (18,14) and the lowest at L4+Y3 (13,70). The highest bending resistance value (N/mm^2) was found at L4+Y3 (15.76) and the lowest at L1+Y1 (11,31). The highest elasticity module value (N/mm^2) was found at L4+Y3 (3020,20) and the lowest at L1+Y1 (1793,60). The highest screw holding resistance value (N/mm^2) was found at L4+Y3 (15,02) and the lowest at L1+Y1 (10,82). The highest Brinell hardness value (N/mm^2) was found at L4+Y3 (93,66) and the lowest at L1+Y1 (26,48). The highest formaldehyde emission value 1 hour after board production (ppm) was found at L1+Y1 (0,28) and the lowest L4+Y3 (0,20). The highest formaldehyde emission value 24 hour after board production (ppm) was found at L1+Y1 (0,08) and the lowest at L4+Y3 (0,06). The highest combustion temperature (^{o}C) value was found at L1+Y1+KKY (406,667) and the lowest at L4+Y3+KHY (99,667). According to these results; it can be said that the best result in particle boards to be produced with peanut shell additive is obtained by using 25% peanut shell and % 95UF +% 5PF adhesive ratios. In order to gather the desired qualities in the particle boards, these additive ratio and the type of adhesive could be taken into consideration.

Science Code : 120403
Key Words : Particle boards, peanut sell, wood, technological specifications
Page Number : 161
Supervisor : Prof. Dr. Musa ATAR

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresi boyunca beni destekleyerek, bilgisini ve tecrübesini her zaman benimle paylaşan kıymetli hocam Prof. Dr. Musa ATAR' a,, görüş ve önerileri ile gerçekleştirilen çalışmalara yön veren ve değer katan tez izleme komitesindeki hocalarım Prof. Dr. Mustafa ALTUNOK'a ve Prof. Dr. Metin GÜRÜ'ye, değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Ayhan ÖZÇİFÇİ'ye, levha üretimiyle ilgili deneyimlerini bana aktararak, çalışmalarımda bana yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Onur ÜLKER'e, laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan meslektaşım Burak Miraç YILMAZ 'a, hammadde temininde büyük yardımlarını gördüğüm Okay URAL'a, malzemelerin hazırlanmasında emeklerini esirgemeyen Ünal SEVİNÇ ile Erdal SEVİNÇ'e, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü'nün değerli öğretim elemanları ve personeline, Eğitim hayatım boyunca bana emek veren tüm hocalarıma, her zaman yanımda bulunan ve manevi desteğini hissettiğim sevgili eşime, anneme ve babama teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ x

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xv

RESİMLERİN LİSTESİ xviii

HARİTALARIN LİSTESİ xv

SİMGELER VE KISALTMALAR xvi

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 3

3. GENEL BİLGİLER 15

3.1. Yonga Levhalar 15

3.2. Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler 20

3.2.1. Odun 20

3.2.2. Lignoselülozik bitkiler 23

3.2.3. Levha üretiminde kullanılan tutkallar 24

3.3. Yonga Levhaların Üretimi 29

3.3.1. Yonga hazırlama 30

3.3.2. Yongaların kurutulması 31

3.3.3. Yongaların sınıflandırılması 32

3.3.4. Tutkallama 32

3.3.5. Yonga serme (taslak oluşturma) işlemi 33

3.3.6. Presleme 34

Sayfa

3.4. Yer Fıstığı Bitkisi Hakkında Genel Bilgiler 35
3.5. Formaldehit Emisyonu 38
3.6. Yanma 40
3.6.1. Yanma evreleri 42
4. MATERYAL VE METOT 45
4.1. Materyal 45
4.1.1. Yer fıstığı kabukları 45
4.1.2. Odun yongaları 46
4.1.3. Tutkallar 47
4.2. Metot 49
4.2.1. Odun yongaları ve yer fıstığı kabuklarının hazırlanışı 49
4.2.2. Levhaların üretimi 50
4.2.3. Deney örneklerinin hazırlanması ve iklimlendirilmesi 56
4.2.4. Yoğunluğun belirlenmesi 58
4.2.5. Rutubet miktarının belirlenmesi 59
4.2.6. Su içerisinde kalınlığına şişme miktarının belirlenmesi 60
4.2.7. Su emme yüksekliğinin belirlenmesi 61
4.2.8. Eğilme direnci & elastikiyet modülünün belirlenmesi 62
4.2.9. Brinell sertliğinin belirlenmesi 65
4.2.10. Vida tutma direncinin belirlenmesi 66
4.2.11. Formaldehit emisyon değerinin belirlenmesi 69
4.2.12. Yanma özelliklerinin belirlenmesi 70
4.2.13. Verilerin değerlendirilmesi 72
5. ARAŞTIRMA BULGULARI 73
5.1. Fiziksel Özellikler 73
5.1.1. Hava kurusu yoğunluk değerleri 73

Sayfa

5.1.2. Rutubet miktarı 74
5.1.3. Su içerisinde kalınlığına şişme miktarı 77
5.1.4. Su emme yüksekliği 86
5.2. Mekanik Özellikler 89
5.2.1. Eğilme direnci 89
5.2.2. Elastikiyet modülü 94
5.2.3. Vida tutma direnci 98
5.2.4. Brinell sertliği 103
5.3. Formaldehit Emisyonu 107
5.4. Yanma Deneyleri 114
5.4.1. Yanma sıcaklıkları 114
5.4.2. Işık yoğunlukları 118
5.4.3. Yanma süreleri 121
5.4.4. Toplam ağırlık kayıpları 125
5.5. Yanma Sonucu Oluşan CO_2 ve NO Değerleri 129
5.5.1. Alev kaynaklı yanma sonucu CO_2 ve NO değerleri 129
5.5.2. Kendi kendine yanmada CO_2 ve NO değerleri 130
5.5.3. Kor halinde yanmada CO_2 ve NO değerleri 131
6. SONUÇ VE TARTIŞMA 133
KAYNAKLAR 153
ÖZGEÇMİŞ 161

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. TS EN 312'ye göre kuru şartlarda iç donanımlarda (mobilya dâhil) kullanılan levhaların mekanik özellikleri 18

Çizelge 3.2. Türkiye'de üretime devam eden odun esaslı levha fabrikaları (Türkiye Orman Ürünleri Meclisi Sektör Raporu, 2015) 19

Çizelge 3.3. Ülkemizde üretime devam etmeyen odun esaslı levha fabrikaları 19

Çizelge 3.4. Yıllara göre yonga levha üretim, ihracat ve ithalat bilgileri 20

Çizelge 3.5. Ülkelimizde yer fıstığı toplam ekili alanı ve üretimi 36

Çizelge 3.6. Üretimi yapılan kabuklu yer fıstığının şehir bazında dağılımı-1 (ton) 37

Çizelge 3.7. Üretimi yapılan kabuklu yer fıstığının şehir bazında dağılımı-2 (ton) 37

Çizelge 3.8. Yer fıstığı kabuğunun kimyasal yapısı (%) 37

Çizelge 3.9. Formaldehitin zararlı etkileri 39

Çizelge 3.10. Ülke ve levha tiplerine göre formaldehit emisyonunu sınır değerleri 40

Çizelge 4.1. Üre formaldehit tutkalının teknik özellikleri (POLİSAN, 2016)..... 47

Çizelge 4.2. Melamin formaldehit tutkalının teknik özellikleri (POLİSAN, 2016) 48

Çizelge 4.3. Fenol formaldehit tutkalının teknik özellikleri (POLİSAN, 2016) 48

Çizelge 4.4. Levha üretim değişkenleri 50

Çizelge 4.5. Mikser teknik özellikleri..... 51

Çizelge 4.6. Püskürtme tabancası teknik özellikleri 52

Çizelge 4.7. Laboratuvar pres özellikleri..... 55

Çizelge 4.8. Kalibre zımpara makinesi teknik özellikleri..... 55

Çizelge 4.9. Testler, deney örnekleri ölçü ve sayıları..... 56

Çizelge 4.10. İklimlendirme kabini teknik özellikleri 57

Çizelge 4.11. Hassas terazi teknik özellikler 59

Çizelge 4.12. Etüv teknik özellikleri..... 60

Çizelge 4.13. Üniversal test cihazı teknik özellikleri 65

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.1. Örneklerin kava kurusu yoğunluklarına ait istatistiksel değerler (g/cm³) .. 73

Çizelge 5.2. Rutubet miktarına ait istatistiksel değerler (%) 74

Çizelge 5.3. Levha tipi, tutkal çeşidinin rutubet miktarı etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları 75

Çizelge 5.4. Levha tipine göre rutubet miktarları (%) 75

Çizelge 5.5. Tutkal çeşidine göre rutubet miktarı değerleri (%)..... 76

Çizelge 5.6. Deney örneklerinin 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarlarına ilişkin istatistiksel değerler (%) 77

Çizelge 5.7. Levha tipi ile tutkal çeşidinin 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları 78

Çizelge 5.8. Levha tipine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları (%).... 78

Çizelge 5.9. Tutkal çeşidine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri (%)..... 79

Çizelge 5.10. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları (%) 80

Çizelge 5.11. 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı istatistiksel değerleri (%)..... 82

Çizelge 5.12. Levha tipi ve tutkal çeşidine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarlarına ilişkin çoklu varyans analizi 82

Çizelge 5.13. Levha tiplerine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları (%) 83

Çizelge 5.14. Tutkal çeşidine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları (%) 84

Çizelge 5.15. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları (%) 85

Çizelge 5.16. Su emme yüksekliklerine ilişkin istatistiksel değerler (mm)..... 87

Çizelge 5.17. Levha tipi ile tutkal çeşidinin su emme yüksekliği etkisine ilişkin çoklu varyans analizi 87

Çizelge 5.18. Levha tiplerine göre su emme yükseklikleri (mm)..... 88

Çizelge 5.19. Tutkal çeşidine göre su emme yükseklikleri (mm)..... 89

Çizelge 5.20. Deney örneklerinin eğilme direncine ilişkin istatistiksel değerler (N/mm2) 90

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.21. Levha tipi ile tutkal çeşidinin levha eğilme direnci etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları 90

Çizelge 5. 22. Levha tipine göre eğilme direnci (N/mm2) 91

Çizelge 5.23. Tutkal çeşidine göre eğilme direnci (N/mm2) 92

Çizelge 5.24. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre eğilme direnci (N/mm2) 93

Çizelge 5.25. Deney örneklerinin elastikiyet modülüne ilişkin istatistiksel değerler (N/mm2) 94

Çizelge 5.26. Levha tipi ile tutkal çeşidinin levha elastikiyet modülü etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları 95

Çizelge 5.27. Levha tipine göre elastikiyet modülü değerleri (N/mm2) 95

Çizelge 5.28.Tutkal çeşidine göre elastikiyet modülü değerleri 96

Çizelge 5.29. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre elastikiyet modül değerleri (N/mm2) 97

Çizelge 5.30. Vida tutma direncine ilişkin istatiksel bilgiler (N/mm2) 99

Çizelge 5.31. Levha tipi ile tutkal çeşidinin vida tutma direnci etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi 99

Çizelge 5.32. Levha tiplerine göre vida tutma direnci (N/mm2) 100

Çizelge 5.33. Tutkal çeşidine göre vida tutma direnci (N/mm2) 101

Çizelge 5.34. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminin vida tutma direnci değerleri (N/mm2) 102

Çizelge 5.35. Deney örneklerinin Brinell sertliğine ilişkin istatiksel bilgiler (N/mm2) 103

Çizelge 5.36. Levha tipi ile tutkal çeşidinin Brinell sertliği etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları 104

Çizelge 5.37. Levha tipine göre Brinell sertlik değerleri (N/mm2) 104

Çizelge 5.38. Tutkal çeşidine göre Brinell sertlik değerleri 105

Çizelge 5.39. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine bağlı Brinell sertlik değerleri 106

Çizelge 5.40. Levha üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonuna ilişkin istatistiksel bilgiler (ppm) 108

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.41. Levha tipi ile tutkal çeşidinin, üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonuna ilişkin çoklu varyans analizi 108

Çizelge 5.42. Levha tipine göre üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonu (ppm) 109

Çizelge 5.43. Tutkal çeşidine göre üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyon değerleri (ppm) 110

Çizelge 5.44. Levha üretiminden 24 saat sonraki ortalama formaldehit emisyon değerlerine ilişkin istatistiksel bilgiler (ppm) 111

Çizelge 5.45. Levha tipi ile tutkal çeşidinin levha üretiminden 24 saat sonraki formaldehit emisyon değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları 112

Çizelge 5.46. Levha tiplerine göre levha üretiminden 24 saat sonraki formaldehit emisyon değerleri (ppm) 113

Çizelge 5.47. Tutkal çeşidine göre üretimden 24 saat sonrasında formaldehit emisyon değerleri (ppm) 114

Çizelge 5.48. Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidine göre yanma sıcaklıkları (°C) 115

Çizelge 5.49. Levha tipi ve tutkal çeşidinin sıcaklık değerine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi 116

Çizelge 5.50 Yanma çeşidi, levha tipi ile tutkal çeşidine göre yanma sıcaklıkları (°C). 117

Çizelge 5.51. Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidine göre ışık yoğunlukları (lüks) 118

Çizelge 5.52. Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidinin ışık yoğunluk değeri etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi 119

Çizelge 5.53. Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidine göre ışık yoğunlukları (lüks) 120

Çizelge 5.54. Yanma süresi, levha tipi ve tutkal çeşidine göre ortalama değerler (sn.). 121

Çizelge 5.55. Levha tipi, yanma çeşidi ve tutkal çeşidinin yanma süreleri etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi 122

Çizelge 5.56. Levha tipi ile tutkal çeşidine göre yanma süreleri (sn.) 123

Çizelge 5.57. Tutkal çeşidine göre yanma süreleri (sn.) 124

Çizelge 5.58. Toplam ağırlık kaybına ilişkin istatistiksel bilgiler (%) 125

Çizelge 5.59. Levha tipi ile tutkal çeşidinin toplam ağırlık kaybı etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi 126

Çizelge 5.60. Levha tiplerine göre ortalama ağırlık kayıpları (%) 126

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 5.61. Tutkal çeşidine göre ortalama ağırlık kayıpları (%) 127

Çizelge 5.62. Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine göre ortalama ağırlık kayıpları (%) 128

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.1. Üre formaldehit tutkalının oluşumu…… 25

Şekil 3.2. Fenol formaldehit tutkalının oluşumu……. 27

Şekil 3.3. Yonga levha üretim süreci…….. 30

Şekil 4.1. Eğilme direnci deney düzeneği..... 64

Şekil 4.2. Brinell sertlik deneyi..... 65

Şekil 4.3. Vida ölçüleri 67

Şekil 4.4. ASTM E 160-50 deney düzeneği 72

Şekil 5.1. Levha tipine göre rutubet miktarı değişmeleri..... 76

Şekil 5.2. Tutkal çeşidine göre rutubet miktarı değişmeleri 76

Şekil 5.3. Levha tipine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme değişmeleri..... 79

Şekil 5.4. Tutkal çeşidine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri..... 80

Şekil 5.5. Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşiminin 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri..... 81

Şekil 5.6. Levha tipine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri..... 84

Şekil 5.7. Tutkal çeşidine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı..... 85

Şekil 5.8. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları değişmeleri..... 86

Şekil 5.9. Levha tipine göre su emme yükseklik değişmeleri..... 88

Şekil 5.10. Tutkal çeşidine göre su emme yükseklik değişmeleri 89

Şekil 5.11. Levha tipine göre eğilme direnci değişmeleri 91

Şekil 5.12. Tutkal çeşitlerine göre eğilme direnci değişmeleri..... 92

Şekil 5.13. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre eğilme direnci değişmeleri 93

Şekil 5.14. Levha tipine göre elastikiyet modülü değerlerinin değişmeleri 96

Şekil 5.15. Tutkal çeşitlerine göre elastikiyet modülü değerleri değişmeleri..... 97

Şekil **Sayfa**

Şekil 5.16. Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine göre elastikiyet modül değişmeleri 98

Şekil 5.17. Levha tipine göre vida tutma direnci değişmeleri 100

Şekil 5.18. Tutkal çeşidine göre vida tutma direnci değişmeleri 101

Şekil 5.19. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine bağlı vida tutma direnci değişmeleri 102

Şekil 5.20. Levha tipine göre Brinell sertlik değişmeleri 105

Şekil 5.21. Tutkal çeşitlerine göre Brinell sertlik değerleri değişmeleri 106

Şekil 5.22. Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine bağlı Brinell sertliği değişmeleri ... 107

Şekil 5.23. Levha tipine üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonu değişmeleri .. 110

Şekil 5.24. Tutkal çeşidine göre levhaların üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyon değişmeleri 111

Şekil 5.25. Levha tipine göre üretiminden 24 sonra formaldehit emisyon değişmeleri . 113

Şekil 5.26. Tutkal çeşidine göre üretimden 24 saat sonrasında formaldehit emisyon değişmeleri 114

Şekil 5.27. Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidi yanma sıcaklıkları üçlü etkileşimleri 118

Şekil 5.28. Tutkal çeşidi, levha tipi ve yanma çeşidine göre ışık yoğunlukları değişmeleri 121

Şekil 5.29. Levha tipi ve tutkal çeşidine göre yanma süreleri değişmeleri..... 123

Şekil 5.30. Tutkal çeşidine göre yanma süreleri değişmeleri 124

Şekil 5.31.Levha tiplerine göre ortalama ağırlık kaybı değişmeleri 127

Şekil 5.32. Tutkal çeşitlerine göre ortalama ağırlık kaybı değişmeleri 128

Şekil 5.33. Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine göre ortalama ağırlık kaybı değişmeleri 129

Şekil 5.34. Alev kaynaklı yanma sonucu CO2 değerleri 129

Şekil 5.35. Alev kaynaklı yanma sonucu NO değerleri 130

Şekil 5.36. Kendi kendine yanma sonucu CO2 değerleri 130

Şekil 5.37. Kendi kendine yanma sonucu NO değerleri 131

Şekil **Sayfa**

Şekil 5.38. Kor halde yanma sonucu CO2 değerleri..... 131

Şekil 5.39. Kor halde yanma sonucu NO değerleri 132

Şekil 6.1. Su içerisinde kalınlığına şişme değişmeleri (2-24 saat) 137

Şekil 6.2. Emisyon değerleri (üretimden 1 saat-24 saat sonrası) değişmeleri 147

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 3.1. (a) (b) Yer Fıstığı (a) (*Arachis hypogaea L.*) 35

Resim 3.2. Yer fıstığı kabuğu yüzey görünüşü 38

Resim 3.3. Yer fıstığı kabuğu makta görünüşü 38

Resim 4.1. Orta tabakada kullanılan yer fıstığı kabukları 45

Resim 4.2. Yüzey tabakalarda kullanılan yer fıstığı kabukları 45

Resim 4.3. Orta tabakada kullanılan odun yongaları 46

Resim 4.4.Yüzey tabakalarda kullanılan odun yongaları 46

Resim 4.5. (a) (b) Yer fıstığı kabuğunun öğütülmesi 49

Resim 4.6. Geniş yer fıstığı kabuklarının hazırlanışı 49

Resim 4.7. Karıştırma mikseri 51

Resim 4.8. a) Alt yüzey serme işlemi, b) Orta yüzey serme işlemi, c) Üst yüzey serme işlemi 52

Resim 4.9. Ön pres sonrası levha taslağı 53

Resim 4.10. Pres işlemi 53

Resim 4.11. Hidrolik pres 54

Resim 4.12. Levhaların ortam iklimine uyumlandırılması 54

Resim 4.13. (a) (b) Yer fıstığı kabuğu katkılı levhalar, ... 55

Resim 4.14. Mekanik testlere ait deney örneklerinin ölçülendirilmesi 57

Resim 4.15. Yanma testine ait deney örneklerinin ölçülendirilmesi 57

Resim 4.16. Fiziksel testlere ait deney örnekleri 58

Resim 4.17. Etüve yerleştirilen deney örnekleri 59

Resim 4.18. Su içerisinde kalınlığına şişme testi için yerleştirilen deney örnekleri 61

Resim 4.19. (a) (b) Su emme yüksekliğinin belirlenmesi 62

Resim 4.20. (a) (b) Eğilme direnci deneyi 64

Resim 4.21.(a) (b) Brinell deneyinin yapılışı 66

Resim **Sayfa**

Resim 4.22. (a) (b) Merkezleme işlemi yapılan deney parçaları 67

Resim 4.23. (a) (b) Pilot deliklerinin açılması 68

Resim 4.24. Vidalama yapılan deney parçaları 68

Resim 4.25. Emisyon ölçüm kabini 69

Resim 4.26. Emisyon gaz dedektörü..... 70

Resim 4. 27. Yanma deney düzeneğine parçaların yerleştirilmesi 71

Resim 4.28. Yanma deneyinin gerçekleştirilmesi..... 71

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita **Sayfa**

Harita 3.1. Türkiye de yer fıstığı yetiştiriciliği 36

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
ΔF	Yük-sehim oranlılık bölgesindeki yük artışı,
A_0	Deney numunesinin deneyden önceki alanı
b	Eğilmede numune genişliği, mm
E	Eğilmede elastikiyet modülü, N/mm^2
F_1	En yüksek kuvvetin % 10'u,
F_2	En yüksek kuvvetin % 40'ı,
fm	Eğilme direnci, N/mm^2
F_{max}	Kırılma anındaki en yüksek kuvvet,
g	Gram
h	Eğilmede numune yüksekliği, mm
K	Kelvin
kJ	Kilo Jule
lp	Levhaya girme mesafesi, mm
Ls	Eğilmede mesnet açıklığı, mm
m	Kütle
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp
mm^2	Milimetrekare
N	Newton
Nm	Newton metre
r	Rutubet, %
sb	Basınç direnci, N/mm^2
sç	Çekme direnci, N/mm^2
Sd	Standart Sapma
V	Hacim
δ	Yoğunluk, g/cm^3
σ	Normal gerilme

Kısaltmalar	Açıklamalar
AKY	Alev kaynaklı yanma süresi
ASTM	American Society for Testing and Materials
FF	Fenol formaldehit reçinesi
KHY	Kor hali yanma sıcaklığı
KHYS	Kor hali yanma süresi
KKY	Kendi kendine yanma sıcaklığı
KKYS	Kendi kendine yanma süresi
L	Levha tipi
MF	Melamin formaldehit reçinesi
TS	Türk standardı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
UF	Üre formaldehit reçinesi
Y	Tutkal çeşidi

1. GİRİŞ

XXI. yüzyılın en önemli sorunlarından biri doğal kaynakların korunmasıdır. Hızla artan insan nüfusu, yerleşim yerlerinin doğaya tahribat verecek şekilde genişlemesi ve artan çevre kirliliği beraberinde büyük çevre sorunlarını da getirmektedir.

En önemli doğal kaynaklar arasında gösterilen ormanlar, birçok canlıya ev sahipliği yapması sebebiyle ekolojik önemi büyüktür. Ayrıca ağaç işleri endüstrisinde hammadde ihtiyacı büyük ölçüde ormanlardan temin edilmektedir.

Ülkemizin tarım ülkesi olması sebebiyle, hasat mevsimi sonrasında yoğun miktarda tarım atıkları ortaya çıkmaktır. Bu atıklar genellikle yakılmakta veya tekrar toprağa sürülmektedir. Bunun yerine tarım atıkların üretimde değerlendirilmesiyle ekonomiye kazandırılabilir.

Son yıllarda odun kaynaklarının daha verimli kullanılması konusunda bilinç artmıştır. Bu çerçevede ağaç işleri endüstrisinde, odun kullanımını azaltıcı üretim yöntemleri ile teknolojiler araştırılmış olup AR-GE çalışmaları bu alanda yoğunlaşmıştır. Ayrıca sanayi üretiminde artış gösteren hammadde maliyetleri önemli bir sorun teşkil etmiş olup, odun yongasının yerine geçebilecek ikame malzeme arayışına geçilmiştir.

Ülkemiz mobilya endüstrisinde en önemli hammadde girdisi levha ürünleridir. En çok kullanılan levha ürünlerinin başında yonga levhalar gelmekte olup, bu durum odun yongasına dolayısıyla da orman kaynaklarına olan bağımlılığı arttırmaktadır.

Orman varlığının korunarak, odun yongasına olan talebin azaltılması için özellikle tarımsal kaynaklı ürünlerin yonga levha üretiminde uygunlukları araştırılmış olup, bu alanda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Tarımsal kaynaklı ürünlerden bir tanesi de yer fıstığıdır. Ülkemizde yer fıstığı (*Arachis hypogaea*) yetiştiriciliğinin neredeyse tamamı Çukurova bölgesinde yapılmakta olup, yetiştirilen ürünlerin birçoğu çerez veya yağı için tüketilmektedir.

Araştırma kapsamında yer fıstığı kabukları, Çam (Pinus brutia Ten.), Kayın (Fagus Orientalis L.) ve Kavak (Populus alba L.) ağaç türlerinden elde edilen odun yongaları ile %25, 50, 75, 100 oranlarında karıştırılarak çeşitli varyasyonlarda 500x500x18 mm boyutlarında levha üretilmiştir. Bağlayıcı olarak yonga levha üretiminde yaygın kullanılan üre formaldehit (UF) ile fenol formaldehit (FF) ve melamin formaldehit (MF) tutkalları

kullanılmıştır. Tutkal muhteviyatı %100 UF, %95UF - %5MF ve %95UF - %5FF şeklindedir.

Üretilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri (yoğunluk, eğilme ve elastikiyet modülü, vida tutma direnci, Brinell sertlik değeri, rutubet miktarı, su içerisinde kalınlığına şişme, su emme yüksekliğinin belirlenmesi, formaldehit emisyon ölçümü ile yanma özellikleri (alev kaynaklı yanma sıcaklığı, kendi kendine yanma süresi, kendi kendine yanma sıcaklığı, kor halde yanma süresi, kor halde yanma sıcaklığı, duman yoğunluğu ve ağırlık kaybı) incelenmiştir.

Bu konu ile ilgili literatür taramasında herhangi bir çalışmaya rastlanılmamış olup tezin amacı, ekonomik bir değeri olmayan yer fıstığı kabuklarının levha endüstrisinde hammadde olarak kullanımının araştırılmasıdır. Ayrıca yapılan çalışma ile levha üretiminde ağaç kullanım oranının düşürülerek orman varlığının korunmasına, levha maliyetlerinin aşağılara çekilmesine, yeni teknoloji ve üretim metotlarının geliştirilerek istihdam alanlarının arttırılmasına ve çevre kirliliğinin azaltılmasına yardımcı olmaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

%1-33 rutubet ve -15 ile 45 °C arasında Üre formaldehit ve Fenol formaldehit tutkallarıyla üretilmiş levhaların çekme direnci ve elastikiyet modülü tüm sıcaklık derecelerinde rutubetin artmasıyla önemli derecede azalmıştır. Düşük rutubet değerlerinde her iki tutkal türünde benzer değişiklikler görülmüş olup, rutubet değeri %7'nin üzerine çıktığında bu değişikliklerin Üre formaldehit tutkalında daha belirgin olduğu belirlenmiştir. Aynı rutubet miktarında sıcaklığın artmasıyla direnci değerleri azaldığı, yüksek sıcaklık ve yüksek rutubetin kombinasyonunda levha direnci değerlerinin ise en fazla etkilendiği tespit edilmiştir (Dexin ve Östman, 1983).

Serme işleminde oluşturulan yonga taslağının kenarlarının düzgün bir şekilde korunarak düzgün bir şekilde prese girebilmesi için ön pres işlemi uygulanır. Bu amaçla şekillendirme çerçevesi kullanılarak yüzey ve orta tabakaların birbirlerine daha iyi kenetlenmeleri sağlanmış olur. (Bozkurt ve Göker, 1990).

Yonga levha üretiminde yongaların, sıvı veya toz tutkal kullanılarak hassas bir şekilde tutuklanması gerekmektedir. Tutkalın püskürtülerek tüm karışıma homojen bir şekilde dağıtılması için bazı özel ekipmanlar kullanılır. Hazırlanan tutkal karışımı fazla bekletilmeden uygulanmalıdır. Tutkalın yüzeylere eşit bir şekilde dağıtılması, levha direnci özelliklerin istenilen seviyelerde olması için şarttır. Yongaların tutkallanmasında yonga yüzeyi ile sıvı tutkal arasındaki oran önemlidir. Genellikle 1 m^2 yonga yüzeyi için 8-12 gr sıvı tutkal gerekmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Odunun cinsi, odun hammaddesinin boyutu ve şekli, kabuklu veya kabuksuz oluşu, odun kökenli olmayan hammadde kullanılması (tarımsal, bitkisel atıklar vb.), kullanılan yonganın tipi, boyutu ve rutubet muhteviyatı, yonga kurutma metodu, tutkal tipi ve miktarı, pres değerleri (ısı, basınç, zaman), levha kalınlığı, yüzey kalitesi ve kaplama çeşitleri yonga levhaların özelliklerine etki eden faktörler olarak sıralanabilir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Çay fabrikası atıklarının yonga levha üretiminde kullanımı ile ilgili yapılan çalışmada, üretilen levhaların eğilme direnci 11.37 N/mm^2, yüzeye dik çekme direnci 0.11 N/mm^2, 24 saat için su alma miktarı, % 60-71 kalınlık artışları ise, % 22-37 olarak belirlenmiştir (Örs ve Kalaycıoğlu, 1991).

Sahil Çamının yonga levha üretiminde kullanılabilirliği araştırılmış olup, üretilen yonga levhaların kalınlık artışı ile su içerisinde su emme miktarları normal yonga levhalara göre yüksek bulunmuş olup, kullanılan parafin miktarının arttırılması ile bu değerlerde iyileşme olacağı tespit edilmiştir. (Kalaycıoğlu, 1991).

Alçı, kavak, kızılağaç ve çam yongaların (%15-40) oranında karıştırılması ile elde edilen alçı katkılı yonga levhanın yanma testleri DIN 4102'e göre yapılmış olup %25 ve üzerinde alçı içeren levhalar A2 sınıfına girmişlerdir. Levhada alçı oranı arttıkça yanma direnci değerlerinin yükseldiği bildirilmiştir (Dobrowolska ve Tröger, 1996).

Polimarin esaslı tutkallar kullanılarak Doğu kayını, Sarıçam ve Sapsız meşe odunlarından hazırlanan örnekler; klimatize etme, soğuk ve sıcak suda bekletme ile kaynatma işlemlerinden sonra çekme ve makaslama direnci deneyleri uygulanmıştır. Çıkan sonuçlara göre D-VTKA'ın kuru veya rutubetli iç ve dış mekanlarda kullanılabileceği belirtilmiştir (Özçifçi, Özen, Altınok, 1997).

Odun yongalarına %30 oranında pomza taşı karıştırılarak üretilen levhaların birim hacim ağırlığı 450 kg/m^3 iken şişme oranı %6,72, rutubet miktarı %4,77, eğilme direnci 4,37 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir. Pomza taşının gözenekli yapısının ses ve ısı izolasyonuna katkıda bulunacağı öne sürülerek, üretilen levhaların bu amaçla kullanılabileceği belirtilmiştir (Göktaş, Vurdu, Göktaş, 1997).

Karton içecek kutuları ile üretilen yonga levhaların yoğunlukların yüksek olmasından dolayı kenardan uygulanan vidalama işlemlerinde ayrılmalar olabileceği, kenar kesme işlemlerinde düzgün yüzeyler elde edilmesine rağmen, freze ve kalıp çaplı delme işlemlerinde düzgün kesiş yapılamadığı belirtilmiştir. Yoğunluğun azaltılması ile bu sakıncaların ortadan kaldırılabileceği ifade edilmiştir (Göker ve Akbulut, 1998).

Keten sapı yongaları kullanılarak üretilen yonga levhalara, yanmayı geciktirici olarak demir, magnezyum silikat ile alüminyum katılmıştır. Levhalar, 20 dakika boyunca ısıya maruz bırakılmışlardır. Yangın geciktirici madde katılarak üretilen levhalarda, 50 kW/m² ısı değerinde 865 sn.'de tutuşma görülürken 30 kW/m² ısı değerinde tutuşma görülmemiştir. Yangın geciktirici madde ihtiva etmeyen levhalar 30 kW/m² ısı değerinde 89,9 sn.'de tutuşurken, ısı değerinin 50 kW/m²' ye çıkarıldığı zaman ise levhalar 33 sn.'de tutuşmuştur.

Yangın geciktirici madde olarak kullanılan demir, magnezyum silikat ile alüminyumun levha yanma dayınım değerlerini 25 kat iyileştirdiği tespit edilmiştir (Kozlowski, Wladyka, Wesolek, Przybylak 1999).

Odun kullanım alanlarının genişlemesinden ötürü tüketim her geçen gün artmaktadır. Üretim teknolojisinde odun kaynaklı hammadde kullanımı yerine tarımsal ürünlerin tercih edilmesiyle hem alternatif kaynaklar terch edilmiş olacak hem de yeni teknolojilerin geliştirilmesi söz konusu olabilecektir (Cooper ve Balatinecz, 1999).

Asma sapları, çam, kavak yongaları ile testere talaşı kullanılarak üretilen yonga levhaların eğilme direnci; %100 asma sapı yongası kullanılarak üretilen levha gruplarında 10,12 N/mm^2, yüzeyde kavak yongası orta tabakada asma sapı yongası kullanılan levhalarda, 13,77 N/mm^2, yüzeyde asma sapı yongası orta tabakada çam, kavak yongası ve testere talaşı kullanılan levha gruplarında ise 12,78 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir. Levha yüzeyine dik yönde vida tutma direnci en yüksek 1351,2 N ile yüzeyde kavak yongası orta tabakada asma sapı yongası kullanılan levhalarda tespit edilmiştir (Örs, As, Baykan, Akbulut, 2000).

Zengin lif ihtiva etmesinden dolayı kenaf *(hibiscus cannabinus L.)* bitkisi levha üretiminde kullanılmıştır. Bitkinin öz ve kabuk kısımlarıyla birlikte odun yongalarını karıştırarak, tek tabakalı levhalar üretilmiştir. Yapılan çalışmada üre formaldehit tutkalı tercih edilmiş olup, bitkinin öz kısımları ile üretilen levhalar kabuk kısmı ile üretilen levhalara nazaran daha iyi performans özelliği göstermiştir (Grigoriou, Passialis, Voulgaridis, 2000).

0,680 gr/cm^3 yoğunlukta, 210 x 280 x 1,8 cm ebatlarında genel kullanım amaçlı üretilen levhaların yüzeyi doğal ahşap kaplama, melamin kaplama, laminat kaplama ve lake boya uygulanmıştır. Kullanılan yüzey kaplamasında göre levhaların fiziksel, mekanik ve formaldehit emisyonunda bir iyileşme gözlemlenirken, formaldehit emisyonu ile ısı iletim özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca pres sıcaklığı, süresi ve kullanılan tutkal çeşidinin formaldehit emisyonu üzerinde etkili çıkmıştır (Nemli, 2000).

Pamuk sapları ile üç tabakalı 20 mm kalınlığında levhalar üretilmiştir. Levha yoğunlukları 0.60-0.70 gr/cm³ arasında değişirken, bağlayıcı olarak üre formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Tutkal yoğunlukları orta yüzeyde %6-8-10, dış yüzeylerde ise %8-10-12 oranında kullanılmıştır. Pres değerleri 150 ºC ve 6 dakika olarak ayarlanmış olup basınç 2.4-2.6

N/mm² uygulanmıştır. Levhaların fiziksel ve mekanik testleri gerçekleştirilmiş olup, optimum sonucu, % 8-10 tutkal muhteviyatında 0.6 gr/cm³ yoğunluk ile üretilen levhalarda tespit edilmiştir (Güler, Özen, Kalaycıoğlu, 2001).

Yalancı Akasya *(Robinia pseudoacacia L.)* odunun yonga levha üretimi için uygunluğunun araştırıldığı çalışmada; dal, çürük odun ve kabuk kullanımının, levha mekanik özelliklerini düşürdüğü ve kalınlığa şişme oranı üzerinde yükseltici bir etki gösterdiği belirlenmiştir. Çürük odun katkı oranının %25, kabuk katkı miktarının da %12,5'in üstüne çıkmadığı durumlarda, levha direnci değerlerinin istenilen düzeyde olduğu tespit edilmiştir. (Nemli, 2002)

Ayçiçeği *(Helianthus annuus L.)* sapları ile yonga levha üretimi araştırılmış olup bağlayıcı olarak üre-formaldehit tutkalı kullanılmıştır. Üretilen levhaların eğilme direnci (14,3-17,5 N/mm^2) arasında değişmekte olup standartlara uygunluk göstermiştir. Ayrıca pres süresi ile miktarının arttırılması durumunda performans özelliklerinde artış olacağı tespit edilmiştir (Bektaş, Güler, Kalaycıoğlu, 2002).

Buğday saplarından üretilen levhaların, ANSI standartlarında çekme ve eğilme direnci ile elastikiyet modülü incelenmiştir. Sonuç olarak yonga levha ve lif levhaya göre çekme direncinde %10'luk bir artış gözlenmiştir (Mengeloğlu, Alma, 2002).

Levha üretim teknolojisinde alternatif hammadde olarak, malzemenin liflendirilerek alçı gibi bağlayıcı maddelerle birlikte kullanılması, yonga levha üretiminde pomza taşının kullanılması, çimentolu yonga levha kullanım alanlarının genişletilmesi, çay, pamuk vb. tarım ürünleri atıklarının üretimde değerlendirilmesi, hızlı gelişen iğne yapraklı ağaç türü yetiştiriciliğine önem verilmesi, olarak sıralanmıştır. (Akyıldız, 2003).

Bambu yongasının, sanayi odun yongasına göre düşük yoğunluğa sahip olması, lif uzunluk ve genişliğinin daha fazla olması sebebiyle levha üretiminde kullanılmıştır. %10 oranında üre formaldehit kullanarak üretilen levhaların fiziksel ve mekanik testleri olumlu çıkdığı bildirilmiştir (Papadopoulos, Hill, Gkaraveli, 2004).

Üre formaldehit tutkal kullanılarak üretilen ev mobilyalarından çevreye formaldehit salınımı olduğu bildirilmiştir. Lif levhadan, yonga levhaya nazaran daha fazla emisyon salınımı

meydana geldiği ifade edilmiştir. Bu durum, lif levha ile üretilen büro mobilyalarında uzun süre devam etmektedir. Bunda çevre sıcaklığı ile nisbi nemin artış göstermesinin çevreye yayılan emisyon miktarını arttırdığı tespit edilmiştir (Aksakal, Vaizoğlu, Güler, 2005).

Yonga levha üretiminde badem kabukları kullanılmıştır. Kullanılan tutkalın çeşidi ve oranı, yonga uzunlukları, pres değerleri, üretilen yonga levhanın mukavemet özellikleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre 0,97' lik üre formaldehit tutkalı oranı, 0,3 mm'lik yonga uzunluğu, 25 dk. pres süresi ve 70 °C pres sıcaklığı optimum değerler olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre en yüksek sertlik direnci (97,5 N/cm²) bulunurken en yüksek eğilme direnci (84,52 N/cm²) olarak tespit edilmiştir (Gürü, Tekeli, Bilici, 2006).

Üre formaldehit ve fenol formaldehit tutkalları kullanılarak antep fıstığı kabukları ile polimer kompozit malzeme üretilmiştir. Söz konusu çalışmada üretilen malzemenin yanmaya dayanımı arttırmak için uçucu kül kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek eğilme direnci 1,45 N/mm^2 ile üre formaldehit ile üretilen levhalarda tespit edilmiştir. Rutubete dayanımın arttırılması için %60'lık fenol formaldehit tutkalı kullanımının tespit edildiği çalışmada su emme değeri 0,047 g olarak belirtilmiştir (Şahin, 2006).

Seralarda üretilen tarımsal ürünlerin atıkları yonga levha üretiminde kullanılmış olup, üretilen levhaların bazı fiziksel ve mekanik testleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 0,73 gr/cm³ yoğunluk ve % 10 - 12 tutkal muhteviyatının optimum değerler olduğu bulunmuştur. Ayrıca melamin ve üre formaldehit kullanılarak üretilen levhalar, üre formaldehit tutkal reçinesi ile üretilen levhalara nazaran daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. (Karakuş, 2007).

Tarımsal ürün atıklarından lif ve yonga levha üretimi ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiş olup, tarımsal ürün atıklarının levha endüstrisinde tek başına ya da belli oranlarda kullanılabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca söz konusu atıkların hammadde olarak kullanılmasının önündeki bazı sorunlara yer verilmiştir. Bunlar söz konusu ürünlerin; zamanında toplanması, uygun şartlarda depolanması, üretim yerlerine nakliyesi vb. olarak belirtilmiştir (Arslan, Karakuş, Güntekin 2007).

Çinko klorür ve boraks ile emprenye edilmiş lamine ahşapların yanma özelliklerinin incelendiğinde çalışmada; en fazla ağırlık kaybı, 43,1 g ile emprenye edilmemiş deney

örneklerinde bulunurken, en fazla CO gaz miktarı kontrol örneklerinde 2834,7 ppm olarak ölçülmüştür. Sonuç olarak boraksın yangın geciktirici malzeme olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Özçifçi, Okçu, 2008).

Bağ budama artıklarıyla çam odunu belirli oranlarda karıştırılmış ve üre formaldehit tutkalı kullanılarak yonga levha üretimi gerçekleştirilmiştir. 0,59-0,8 g/cm^3 yoğunluğunda üretilen levhaların eğilme direnci ile elastikiyet modüllerinin standartlara uygun olduğu, kalınlığına şişme oranının (%14) uygun olmadığı tespit edilmiştir (Yeniocak, 2008).

Ceviz kabuğu kullanılarak üretilen polimer kompozit levhaların yanma testleri ASTM-E 160-50 esaslarına göre yapılmıştır. Uçucu kül katılmış levhaların yanma testlerinde maksimumum sıcaklık 299 °C olarak bulunurken uçucu kül kullanılmayan levhalarda sıcaklık 535 °C olarak tespit edilmiştir (Gürü, Atar, Yıldırım, 2008).

Geri dönüştürülebilir malzemeler ve atık olarak değerlendirilen ahşap ile FF reçinesi ve izosiyanat tutkalı kullanılarak düsük formaldehit emisyonlu kompozit levhalar üretilmiştir. Üretimi gerçekleştirilen levhalarda FF/izosiyanat oranının levhaların fiziksel mekanik özellikleri ile yanma dayanımına olan etkileri araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre FF/izosiyanat oranının azaltılması formaldehit emisyon miktarını arttırırken, bu oranın artması ile birlikte vida tutma direnci, yüzeye paralel çekme kuvveti ile eğilme mukavemeti, artmaktadır. Bu yöntemle üretilen levhaların CNS 6532 yakma esaslarına göre, üçüncü sınıf yangına dayanıklı malzeme olduğu tespit edilmiştir (Wang S., Yang T., Lin L., Lin C., Tsai M., 2008).

Orman ve tarımsal atıkların levha üretimine uygunluğunun araştırıldığı çalışmada, atık malzeme olarak kiraz, elma budama atıkları, haşhaş sapı, kozalak ile kızılçam yongaları kullanılmıştır. Kiraz, elma budama atıkları, haşhaş sapı ile üretilen levhaların performans testlerinin ilgili standartları karşıladığı tespit edilirken, kozalak yongaları ile kızılçam odun yongaları karıştırılarak üretilen levhaların test sonuçlarının istenilen sonuçları karşılamadığı belirlenmiştir. Kızılçam kabuk yongaları ile üretilen tek tabakalı yonga levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri üç tabakalı üretilen yonga levhalara göre daha üstün çıkmıştır. Tek tabakalı ve %8'lik tutkal ile üretilen yonga levhalarda en yüksek eğilme direnci 2,52 MPa tespit edilirken en düşük 2,15 MPa ile %10'luk tutkal ile üretilmiş levhalarda bulunmuştur (Arslan, 2008).

Ceviz kabuğundan elde edilen levhalarda maksimum eğilme direnci 3,8 N/mm^2 ile 3,0 kabuk/ÜF oranında tespit edilirken, optimum sıcaklık 70°C, tane büyüklüğü 0,12 mm, reaksiyon süresi ise 25 dk. olarak ortaya konmuştur (Gürü, Atar, Yıldırım, 2008).

Levhalarda formaldehit emisyonunun kaynağı ÜF tutkalıdır. Bu tutkalın ucuz olması ve kolay reaksiyona girmesi sebebiyle yoğun bir şekilde tercih edilmektedir. Su ile birlikte kullanımı esnasında hidroliz tepkime girmesiyle serbest formaldehitin açığa çıkması olup, bu durum formaldehit emisyonuna sebebiyet vermemektedir (Boran ve Usta, 2010).

Sarıçam ile Doğu Kayını odununun, yapışma direncinin belirlenmesi DIN 53 255'e göre testler yapılmıştır. Bağlayıcı olarak %100 PVAc, %100 UF, PVAc + %15,35,50 UF, UF + %15,35,50 MF, UF+%15,35,50 FF, tutkal grupları kullanılmıştır. Çıkan sonuçlara göre en yüksek yapışma direnci, Doğu kayınında UF+MF (%50) 9,24 N/mm^2, soğuk suda 6,06 N/mm^2, kaynar suda 4,39 N/mm^2 tespit edilmiştir (Altınok, Atar, Keskin, Korkut, Kocaturk 2011).

Lignoselülozik yapıya sahip olan sazlık kamışlar ile üre formaldehit tutkalı kullanılarak tek katmanlı yonga levhalar üretilmiştir. Üretim aşamasında pres sıcaklığı 120 ^{o}C pres süresi 6 dakika, basınç 3,5 N/mm^2 olarak ayarlanmış olup, 500*350 mm ebatlarında, 7,25-10,61 mm kalınlıklarında, 5 tip levha üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen levhaların yoğunluk, eğilme ve elastikiyet modülleri, kopma mukavemetleri, vida çekme direnci, iç yapışma mukavemetleri, su içerisinde kalınlığına şişme, rutubet miktar testleri yapılmıştır. Sonuçlara göre, sazlık kamışların yonga levha üretiminde kullanılabilecek uygun alternatif hammadde olduğu belirlenmiştir. (Ortuno, Rodríguez, MTF García, MFV García, CEF García, 2011).

Soyma kayın kaplama kullanılarak üretilen lamine ahşap levhaların yanma özelliklerinin araştırıldığı çalışmada, yangın geciktirici malzeme olarak, boraks-borik asit karışımı, mono ammonyum fosfat ve diamonyum fosfat kullanılmıştır. Yanma testi sonuçlarına göre; en düşük sıcaklık (220°C) ile diamonyum fosfat kullanılan panellerde, en yüksek sıcaklık ise (420°C) ile boraks-borik asit karışımı kullanılan panellerde görülmüştür. Kimyasal yangın geciktirici malzeme kullanılan panellerde ağırlık kaybı, kullanılmayanlara göre daha az olurken, yangına dayanımın aranıldığı güvenli yapılarda, kimyasal yangın geciktirici malzeme kullanılarak üretilen panellerin kullanılması tavsiye edilmiştir. (Candan, Ayrılmış, Dündar, Atar, 2012).

Taş yünü ve cam yünü kullanılarak üretilen yonga levhalarda katkı oranının artması ile birlikte alev kaynaklı yanma sıcaklığının düştüğü tespit edilmiştir. MF ve UF tutkalları kullanılarak üretilen levhalarda; % 20 cam yünü katkılı ve MF tutkallı levhalarda alev kaynaklı yanma sıcaklığı değeri (99,64°C) iken ÜF tutkallı ve % 20 taş yünü katkılı yonga levhalarda (137,19°C) olarak tespit edilmiştir. En yüksek alev kaynaklı yanma sıcaklığı ise MF tutkallı katkısız yonga levhalarda (248,75°C) olarak bulunmuştur. Cam ve taş yünü kullanımı yonga levhaların yanma özellikleri değerlerinde % 30'dan % 335'e kadar artışa sebebiyet verdiği tespit edilmiştir (Ülker, 2013).

%10, %15 ve %20 oranlarında cam ve taş yünü katılarak üretilen yonga levhaların fiziksel ve mekanik testleri yapılmış olup, ortaya çıkan sonuçlara göre en düşük rutubet miktarı %20 taş yünü katkılı levhalarda görülmüştür. Üretimde üre formaldehit yerine melamin formaldehit kullanılması durumunda elastikiyet modülünde %3' lük bir iyileşmeye neden olduğu tespit edilmiştir (Ülker, 2013).

Haşhaş bitkisi ve çam odun yongası katılarak üretilen yonga levhaların performans testleri gerçekleştirilmiş olup, %25 ve daha az haşhaş kullanımının optimum sonuçları verdiği tespit edilmiştir. Haşhaş yongası katkı oranı artıkça yüzeyde vida tutma direncinde düşüş gözlemlenmiştir. %100 haşhaş yongası katkılı levhalarda bu düşüş %60 iken %25 katkılı yonga levhalarda bu değer %19 olarak tespit edilmiştir. Buna benzer bir ilişki yüzey sağlamlığında da görülmüş olup %100 haşhaş yongası katkılı levhalarda yüzey sağlamlığında %72'lik bir azalış gözlemlenirken, %25 haşhaş yongası katkılı levhalarda düşüş %20 olarak ortaya konulmuştur (Küçüktüvek, 2015).

Odun esaslı kompozit malzeme üretiminde bazı yıllık bitkilerin değerlendirilmesi adlı çalışmada, ülkemizde ekimi gerçekleştirilen bazı tarımsal bitkilerin levha üretimine olan uygunluğunu araştırmıştır. Sonuç olarak genel kullanım amaçlı olmak üzere tarımsal kaynakların levha üretiminde hammadde olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir (Güler, 2015).

Haşhaş yongası ve üre formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen yonga levhalarda, haşhaş kullanım oranı azaldıkça formaldehit emisyonunun azaldığı tespit edilmiştir. %100 haşhaş ve %9 ÜF tutkalı ile üretilen levhalarda bu değer 0,710 ppm iken %11 ÜF tutkalı ile üretilenlerde 0,810 ppm olarak bulunmuştur. %25 haşhaş kullanımı ile üretilen yonga

levhalarda formaldehit değerleri ortalama %30'luk bir artış göstermiştir (Küçüktüvek, 2015).

Ham, boyalı, PVC ve melamin kaplı yonga levha, lif levha ve kontrplakta formaldehit emisyonları incelenmiş olup en fazla emisyon değeri 0,144 mg/m^3 ham lif levhada tespit edilirken bu değer ham yonga levhadan %9, ham kontrplaktan ise %10 daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Gündüz, 2015).

Sarıçam, Doğu kayını, yonga levha, melamin kaplamalı yonga levha, lif levha, melamin kaplamalı lif levha, kavak ve kayın kontrplaktan oluşan numuneler hazırlanmış olup, TS EN 717-1' e göre gaz ölçümleri yapılmıştır. Sarıçam odunu ile lamine edilen malzemedeki gaz ölçüm değeri, Doğu kayını ile lamine edilen numuneden (36,1 ppb) daha fazla çıkmıştır. Levha ürünlerinde en yüksek emisyon yonga levhada görülürken, bu değer en az emisyonun görüldüğü kayın kontrplaktan (1332,5 ppb) daha fazla çıkmıştır (Keskin ve Tekin, 2015).

Formaldehit emisyonunun belirli değerlerin üstüne çıkmaması ve standartlara uygun sağlığa zarar teşkil etmeyenen levhaların üretilebilmesi, tutkal içerisinde mevcut olan serbest formaldehit miktarının azaltılması ile gerçekleşecektir. Yüksek emisyon içeren E2, E3 sınıfı levhaların iç yapışma direnci, düşük emisyon E0, E1 sınıfı levhalara göre daha yüksektir. Daha fazla tutkal kullanımıyla, levhaların mukavemet değerlerinde iyileşme gözükme beraber üretim maliyetleri artmaktadır. Söz konusu durumun önüne geçebilmek için; düşük formaldehit içeren ürünleri tercih etmek, tutkal içerisine serbest formaldehit oluşumunu engelleyici kimyasallar ilave etmek, farklı bio seçenekleri kullanmak gibi seçenekler tercih edilebilir (Özlüsoylu ve İstek, 2015).

Öztürk, "Ahşap esaslı levhalarda formaldehit emisyon hızının belirlenmesi" adlı çalışmasında levha ürünlerinin çevreye yaydığı formaldehit emisyonlarının salınım hızları incelenmiştir. TS EN 717-1' e göre yapılan ölçümlerde; kontrplak levha ürünlerinde en yüksek hız tespit edilirken, en düşük hız yonga levhalarda bulunmuştur. Kullanılan tutkal çeşidi, levhanın kaplamalı veya kaplamasız kullanılması, levha yüzeyinin yapısı, konstrüksiyon amaçlı levha üzerinde açılan delikler formaldehit yayılma hızına etki eden faktörler olarak sıralanmıştır (Öztürk, 2016).

Melamin-üre formaldehit ve üre formaldehit tutkalları kullanılarak üretilen yonga levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiş olup, yüksek mukavemet ve rutubete dayanıklılığın arandığı ortam koşullarında, melamin üre formaldehit tutkalının kullanımı tavsiye edilmiştir. Melamin formaldehit tutkalının maliyetli olması sebebiyle normal ortam koşullarında kullanılacak levhalarda üre formaldehit tutkalının da rahatlıkla kullanılabileceği tespit edilmiştir (Güler, Altıntaş, Yüksek 2016).

Yönlendirilmiş yonga levhaların kullanım yeri ve özelliklerine göre farklı oranlarda tutkal ve parafin kullanımının, levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada tutkal türü ve parafin miktarının levhaların çekme direnci, eğilme direnci, elastikiyet modülü ve kalınlığına şişme özelliklerine olumlu yönde tesir ettiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; en yüksek mekanik direnç özellikleri, %65 tutkal ve %40 parafin oranı ile üretilen levhalarda tespit edilmiştir (Özçiftçi, Kara, Karakaya, Biçer, 2017).

Motorlu testere talaşının yonga levha üretimin uygunluğunun araştırıldığı çalışmada hammadde olarak sahil çamı, kayın ve dişbudak odunlarından elde edilen motorlu testere talaşı ile endüstriyel odun yongaları kullanılmıştır. Deney levhaları üre formaldehit tutkalı ile 3 tabakalı olarak üretilmiştir. Elde edilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri standart yonga levha özellikleriyle karşılaştırılarak motorlu testere talaşının yonga levha üretimine uygunluğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek yüzeye dik çekme direnci 0,51 N/mm^2 ile endüstriyel yonga karışımları kontrol grubunda görülürken, en yüksek eğilme direnci 12.84 N/mm^2 olarak motorlu testere talaşı kontrol grubu levhalarında elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde fiziksel ve mekanik özelliklerin genel amaçlı kullanımlar için gerekli özellikleri sağladığı tespit edilmiştir (Çelik, 2017).

Pirinç kabukları kullanılarak üretilen kompozit levhalarda bağlayıcı olarak tanen kullanılmıştır. Üç farklı türde üretilen levhalarda pirinç kabukları küçültülerek, küçültülmeden ve %30 testere talaşı ile birlikte kullanılmıştır. Pres değerleri 180 ºC, 27.6 MPa ve 12 dakika olarak ayarlanmıştır. 0.9 gr/cm^3 ortalama yoğunlukta ve 22,5 mm kalınlıkta üretilen levhaların elastikiyet modülü ile eğilme direnci ilgili standart şartlarını sağlamazken, doğal pirinç kabukları ile üretilen levhalarda yüzeye dik çekme sonuçları başarılı çıkmıştır (Ndazi, Karlsson, Tesha, 2017).

Sapsız meşe odunu (Quercus petraea L.), ahşap koruyucu ile emprenye yapıldıktan sonra üst yüzey işlemleri tamamlanmıştır. Yanma özelliklerinin ASTM–E 160-50 esaslarına göre belirlenmesi maksadıyla yapılan çalışmada, hazırlanan numuneler ASTM-D 1413-76 'ya göre tanalith-E (T) ve wolmanit-CB (WC) ile emprenyesi gerçekleştirilmiş olup, ASTM-D 3023' e göre sentetik (St) ve su bazlı (Sb) vernik ile verniklenmiştir. Çıkan sonuçlara göre alev kaynaklı yanma sıcaklığı en düşük vernik yapılmayan numunelerde (458^{o}C), en yüksek su bazlı verniklerde (490^{o}C), kendi kendine yanma aşamasında en düşük sentetik vernik uygulanan numunelerde (544^{o}C) en yüksek su bazlı vernikte (572 ^{o}C), kor halde yanma sürecinde en yüksek sıcaklık vernik uygulanmayan numunelerde (306,5 ^{o}C), en düşük sıcaklık ise sentetik vernik uygulanan numunelerde görülmüştür. Ayrıca emprenye uygulanan numunelerin toplam yanma sürelerini %15-18 arasında arttırıp, yıkılma süresini ise düşürdüğü tespit edilmiştir (Yaşar ve Atar, 2018).

Muz bitkisi köklerinin yongalarıyla tek katmanlı yonga levha üretimi gerçekleştirilmiştir. üretilen levhaların yoğunlukları 737-754 kg/m^{3} arasında değişmekte olup kopma mukavemeti 17,18-11,88 MPa arasında iç yapışma mukavemeti ise 0,78-0,28 MPa arasında değişmektedir. Muz yongası oranını düşük tutulması durumunda levhaların mekanik özellikleri tatmin edici düzeyde iken, su içerisinde kalınlığına şişme standartları karşılamamıştır. %1 oranında parafin kullanımı ve tutkal yüzdesinin %14' e çıkarılması ile EN 312 standardı gereksinimleri karşılanmış olmakla beraber ANSI standartları karşılanmamıştır. (Papadopoulos, 2018).

3. GENEL BİLGİLER

3.1. Yonga Levhalar

TS EN 309 (1999)' a göre yonga levha; odun veya lignoselülozik malzemelerden sağlanmış yongaların tutkallama işleminden sonra, sıcak preslenmesiyle elde edilen levha olarak tanımlanmaktadır (TS EN 309, 1999).

Yonga levha yapımında kullanılacak odunun belirli boyutlarda yongalar halinde ufalanması ve elde edilen yongaların homojen olarak belli bir düzeye kadar kurutulması gerekmektedir. Bu bakımdan gerek yongalama gerekse kurutma işlemlerinde odun muhteviyatındaki su miktarı önem arz etmektedir. İstenilen kalitede odun yongaları elde edebilmek için rutubet miktarının %30-60 arasında olması gerekmektedir. Yuvarlak odunlarda rutubet değerinin %30' un altında olduğu durumlarda, yongalama için daha fazla güç gerekeceğinden odunun gerektiğinden fazla ufalanması ile yonga kalitesinin bozularak toz haline gelmesine sebep olacaktır. Odun nem miktarının %60'ın üzerinde olması durumunda ise bu durum levha üretim maliyetlerine yükseltecektir (Ötem, 1979).

Odun veya odunlaşmış diğer lignoselülozik bitkisel hammaddelerin kurutulmuş yongalarının, sentetik reçine ile ısı ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi sonucunda elde edilen levhalara yonga levha denilmektedir (Özen, 1980).

Yonga levhalar, odun hammaddesinin yongalara ayrılması ile reçine veya bağlayıcı kullanılarak belirli ısı ve basınç değerleri ile istenilen ölçülerde üretilebilmektedir. Yonga levha odun ve odunlaşmış bitkilerden üretilen belirli özelliklerdeki yongaların çeşitli yapıştırıcı maddeler ile tutkallanması ve bunların basınç ve sıcaklık etkisinde yapıştırılmasıyla üretilen bir malzemedir (Özen, 1980).

Yonga levhaların üretiminde kullanılan hammaddelerin başında odun gelmektedir. Odun hammaddesi geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ormanlarımız da, bu kullanım alanlarının taleplerini karşılamakta yetersizdir. Bu kullanım alanlarımızdaki hammadde sorununu karşılayabilmek için yeni hammadde kaynaklarının arayışı içine girilmiştir (Karakuş, 2007).

Odunun hemen hemen hiç fire vermeden yongaya dönüştürülerek, istenilen ebatlarda levha üretiminin gerçekleştirilebilmesi, su itici bir takım kimyasallar kullanılarak hidrofobik

malzeme elde edilebilmesi, levhanın istenilen yönde performans özelliklerinin arttırılabilmesi, mantar, böcek zararlıları ve yangına dayanıklı levhalar elde edilmesi, gibi hususlar yonga levhaların üstün özellikleri olarak gösterilebilir (Burdurlu, 1994).

Odun tamamının yongaya dönüştürülerek hemen hemen hiç fire vermeden istenilen ebatta üretilebilmeleri, yonga boyutu ve pozisyonun uygun şekilde yönlendirilmesi levha dayanımının istenilen yönde arttırılabilmesi, hidrofobik özellik kazandırılması, belirli bir kalıp içerisinde taslak ile form verilmiş levhaların üretilebilmesi, geniş yüzeylerde, istenilen kalınlıklarda üretilebilmesi, işlenmesi sırasında firenin düşük ve iş veriminin yüksek olması yonga levhaların genel özellikleri arasında sayılabilir (Dayanıklıoğlu, 2004).

Yongaların levha içerisindeki durumuna göre levhalar, dik ve yatay yongalı olarak ikiye ayrılırlar. Yatay yongalı levhalarda yongalar levha yüzeyine paralel, diğerinde ise diktir. Yatay yongalı levhalarda basınç levha yüzeyine dik diğerinde ise paralel olarak uygulanmaktadır. Yatay yongalı levhalar 1,3 ve 5 tabakalı olarak üretilebilirler. Her bir tabakada değişik özelliklerde yongalar kullanılır. Kullanılan yapıştırıcı madde miktarı da farklılık gösterir (Özen, 1980).

Yonga levhalar; kullanım yeri, presleme şekilleri, yüzey kaplamaları, yonga çeşidi, levha kalınlıkları, kullanılan tutkal türü yongaların en kesitteki dağılımı, üretim yöntemi vb. faktörlere göre sınıflandırılmaktadır (TS EN 309, 1999; TS EN 312, 2005; TS EN 310, 1999; TS EN 319, 1999; TS EN 323, 1999; TS EN 13446, 2005; Güler, 2001; Burdurlu, 1994; Göker, 2000; Günsel, 2004).

Kullanım yerlerine göre:

i. Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı yonga levhalar
ii. Kuru şartlarda kapalı ortamlarda (mobilya dahil) kullanılan yonga levhalar
iii. Kuru şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan yonga levhalar
iv. Rutubetli şartlarda yük taşıyıcı olarak kullanılan yonga levhalar
v. Kuru şartlarda ağır yük taşıyıcı olarak kullanılan yonga levhalar
vi. Rutubetli şartlarda ağır yük taşıyıcı olarak kullanılan yonga levhalar

Yoğunluklarına göre:

i. Hafif; yoğunlukları 590 kg/m³' e kadar

ii. Orta; yoğunlukları 590-800 kg/m³ arasında

iii. Yüksek yoğunlukları 800 kg/m³' den fazla

Kalınlıklarına göre (mm):

i. 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 16, 18, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 60

Üretim yöntemlerine göre:

i. Genel amaçlı yonga levhalar

ii. Şekillendirilmiş (kalıplanmış) yonga levhalar

- Termodin metodu
- Callipress metodu
- Werzalith metodu

iii. Delikli (okal) yonga levhalar

Yüzey işlemlerine göre;

i. Zımparalanmış yonga levhalar

ii. Zımparalanmamış yonga levhalar

Pres durumlarına göre:

i. Yatay preslenmis yonga levhalar

ii. Dikey preslenmis yonga levhalar

Tutkal veya bağlayıcı cinsine göre

i. Doğal yapıştırıcılı

ii. Üre formaldehit tutkallı

iii. Fenol formaldehit tutkallı

iv. Melamin formaldehit tutkallı

v. Poliizosiyonat tutkallı

vi. Sülfit atık suyu bağlayıcılı

vii. Çimento bağlayıcılı

viii. Alçı bağlayıcılı

Yüzeylerinin kaplanması ve kaplama malzemesi türüne göre:

i. Kaplama yapıştırılmamış yonga levhalar

ii. Ahşap kaplama yapıştırılmış yonga levhalar

iii. Laminat yapıştırılmış yonga levhalar

iv. Reçine emdirilmiş kağıt yapıştırılmış yonga levhalar

v. Düz veya desen boyalı yonga levhalar (lake boya vb.)

Tabaka sayılarına göre

i. Tek tabakalı (homojen)) yonga levhalar

ii. Üç tabakalı yonga levhalar

iii. Beş tabakalı yonga levhalar

iv. Tabakaları belirsiz yonga levhalar

Yonga büyüklüğü ve geometrisine göre

i. Normal yonga levhalar (Particleboard)

ii. Etiket yongalı levhalar (Waferboard)

iii. Şerit yongalı levha (Flakeboard)

iv. Yönlendirilmiş Yongalı Levha (Oriented Structural Board – OSB)

TS EN 312' ye göre kuru şartlarda iç donanımlarda (mobilya dâhil) kullanılan levhalar için belirlenen mekanik özellikler Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. TS EN 312'ye göre kuru şartlarda iç donanımlarda (mobilya dâhil) kullanılan levhaların mekanik özellikleri

Özellik	Deney Metodu	Birim	Kalınlık Aralığı (mm)								
			<3	3<ila ≤14	4<ila ≤6	6<ila ≤13	13<ila ≤20	20<ila ≤25	25<ila ≤32	32<ila ≤40	>40
Eğilme Mukavemeti	EN 310	N/mm^2	13	13	12	11	11	10,5	9,5	8,5	7
Elastikiyet Modülü	EN 310	N/mm^2	1800	1800	1950	1800	1600	1500	1350	1200	1050
İç Yapışma	EN 319	N/mm^2	0,45	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
Yüzey Sağlamlığı	EN 311	N/mm^2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Yonga levhaların özelliklerini etkileyen faktörler; ağaç türü, tutkal çeşidi ve üretim teknolojisi olarak sayılabilir. Bunların uygun bir şekilde kullanılmasıyla istenilen özelliklerde yonga levha üretilebilir. Bu nedenle daha üretime geçmeden önce kullanım

yerine uygun olacak şekilde levha özellikleri belirlenir. Buna karşılık bir ağaç türü odununun özellikleri ise onun genetiği ile yetişme koşullarına bağlıdır. Bu bakımdan bir ağaç türünden üretilen kerestenin özellikleri belli sınırlar içerisinde değişirken, aynı hammaddelerden üretilen yonga levhalar çok farklı özellikler gösterebilirler (Özen, 1980). Ülkemiz de üretime devam eden ve kapanan odun esaslı levha fabrikaları Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Türkiye'de üretime devam eden odun esaslı levha fabrikaları (Türkiye Orman Ürünleri Meclisi Sektör Raporu, 2015)

İşletmenin Adı	Bulunduğu yer	Kapasite (m^3/gün)	Durum
Starwood A.Ş.	İnegöl	2,300	Çalışıyor
Kastamonu Ent. A.Ş.	Balıkesir	1,600	Çalışıyor
Tever Ağaç	İzmit	1,500	Çalışıyor
Orma	Isparta	750	Çalışıyor
Serdar Ağaç (İlkersan)	Bursa	750	Çalışıyor
Kastamonu Entegre	Kastamonu	650	Çalışıyor
Teverpan	Tekirdağ	600	Çalışıyor
Panel (Yontaş) A.Ş.	Samsun	500	Çalışıyor
Samedoğlu A.Ş.	Mersin	500	Çalışıyor
İttaş A.Ş. (Anadolu Sunta)	İnegöl	350	Çalışıyor
Yonsan	Manisa	300	Çalışıyor
Foça Sunta A.Ş.	Foça	300	Çalışıyor
Dekor (Suntasan)	Eskişehir	250	Çalışıyor
Sumaş A.Ş.	Balıkesir	240	Çalışıyor
SFC	Kastamonu	200	Çalışıyor
Vezirağaç	Vezirköprü	175	Çalışıyor
Kastamonu Entegre A.Ş.	Gebze	150	Çalışıyor
Masstaş A.Ş.	Bolu	140	Çalışıyor
GBS Gentaş	Mengen	96	Çalışıyor

Ülkemizde üretime devam etmeyen odun esaslı levha fabrikaları Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Ülkemizde üretime devam etmeyen odun esaslı levha fabrikaları

İşletmenin adı	Bulunduğu yer	Kapasite (m^3/ gün)	Durum
Köseoğlu A.Ş.	Kayseri	600	Çalışmıyor
Devrektaş A.Ş.	Zonguldak	340	Çalışmıyor
Koyuncuoğlu (Setaş)	Kütahya	300	Çalışmıyor
Giresun Orman Ltd.Şti.	Giresun	170	Çalışmıyor
Ayorsan A.Ş.	Sinop	80	Çalışmıyor

Mevcut bu işletmelerle 2016 yılı verilerine göre Türkiye'nin kompozit yonga levha üretim kapasitesi yıllık 4 282 000 m^3, ihracatı 556 000 m^3 (105 372 000 $) ve ithalatı 260 000 m^3 (55 602 000 $) 'dır.

Yıllara göre üretim, satış, ithalat ve ihracat verileri Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Yıllara göre yonga levha üretim, ihracat ve ithalat bilgileri (Koç, Dilik, Kurtoğlu, 2017)

Yıllar	Üretim (m^3)	İhracat (m^3)	İthalat (m^3)	İhracat ($)	İthalat ($)
2004	2 700 000	172 419	272 791	42 070 000	52 484 000
2005	2 890 000	284 227	270 736	45 592 000	55 955 000
2006	2 750 000	178 000	179 000	44 842 000	44 636 000
2007	3 047 000	231 000	190 000	65 655 000	52 779 000
2008	3 181 000	320 000	239 000	93 334 000	59 570 000
2009	2 350 000	254 000	244 000	63 886 000	59 272 000
2010	3 100 000	264 000	367 000	62 684 000	84 954 000
2011	3 620 000	317 000	332 000	74 172 000	89 088 000
2012	3 950 000	320 000	478 000	73 688 000	111 756 000
2013	4 300 000	308 509	427 000	78 589 000	110 405 000
2014	4 500 000	481 446	264 995	106 735 000	78 541 000
2015	4 436 000	410 000	223 000	80 626 000	80 177 000
2016	4 282 000	556000	260 000	105 372 000	55 602 000

Ülkemizde yonga levha üretimine, kontrplak ve lif levhadan sonra başlanmasına rağmen hızlı tüketim artışı göstermiştir. Yonga levha üretimindeki bu hızlı artışta; ana hammaddesi odunun kolay ve ucuz elde ediliyor olabilmesi, mobilya endüstrisinde geniş bir kullanım alanı bulunması, kalkınma planlarında üretim artışının öngörülerek bu alandaki yatırımların özendirilmiş olması olarak sıralanabilir (Gümüşkaya, 1983).

3.2. Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

3.2.1. Odun

Yonga levha üretiminde genellikle ince, yuvarlak odun kullanılır. Bunlar bakım ve aralama kesimlerinden elde edilir. Ayrıca bazı ağaçların dal ve tepe uçları da kullanılabilir. Ancak bu tür odunların üretimi ve fabrikaya taşınmasında zorluklar yaşanabilir. Buna göre boyu 0,5-2 m arasında değişen ince uç çapı en az 4 cm, kalın uç çapı en çok 20 cm olan yuvarlak ve yarma odunu ile kalınlığı 20 cm' den az artık parçalar ve tane büyüklüğü 2 mm küçük olmayan testere talaşı yonga odunu olarak kullanılabilir (Özen, 1980).

Yonga levha endüstrisinde kullanılan odun hammaddesi 2 sınıfa ayrılmaktadır. Bunlar; çaplı yuvarlak dal odunu, gövde kısımları ile kapak tahtası, tomruk uçları, çıta vb. ince odunlardır (Göker, As, Akbulut, 1993).

Odun kullanılan diğer endüstri dallarında tomruk, çap ve boyu, lif kıvrıklığı, eğrilik, koniklik, reaksiyon odunu oluşumu vb. kusur olarak değerlendirilirken, odunu yongalayarak kullanan yonga levha endüstrisi için önemli bulunmamaktadır (Özen, 1980).

Yongaların üretiminde, boyutları 0,5-2 m arasında değişen ve çapları 20 cm ile 4 cm arasında değişen, ağaç dallarından ve kesim artıklarından elde edilen odunlar kullanılmaktadır. Yonga levha üretimi için tercih edilecek odunların rutubetinin %35-50 arasında olması gerekmektedir (Burdurlu,1994).

Düzgü yüzeyli ve ince uzun yongalar elde edebilme ağaç türüne farklılık göstermektedir. Aynı çevre koşulları altında yetişen değişik ağaç türlerinin yongaları arasında büyük farklılıklar görülmektedir. Yonga levha üretim teknolojisi açısından değerlendirildiğinde genel olarak iğne yapraklı ağaç türlerinin yongaları yapraklı ağaçlara göre daha uygundur. Sert ağaç türlerinin yongaları küçüktür ve fazla miktarda yonga elde edilir. Ancak bu yongaların yüzeyleri düzgün olmayıp, tutkallama sonrasında istenilen sonuçları vermeyebilir. Bu durum levhanın düşük dirençli olmasına sebep olmaktadır. Bu bakımdan yonga üretiminde orta yoğunluktaki ağaç türlerini tercih etmek daha uygundur (Bozkurt ve Göker, 1990).

Yonga ve lif üretiminde, talaş yapımında kullanılan odun standardına göre yonga odununda dış ve iç kabuk, budak, çatlak, lif kıvrıklığı, olukluluk, ikiz özlülük, eksantrik büyüme, yaralar, ur ve çatal gibi odun kusurlarının tamamında %10'a kadar eğrilik bulunabilir. Her ne kadar standartlarda budaklar konusunda bir kısıtlama getirilmemiş olmasına rağmen fazla budaklı odunun yongalanması ile yonga randımanının düşmesine ve yongalama maliyetlerinin artmasına neden olmaktadır (Öktem, 1979).

Yonga levha üretiminde kullanılacak odunun kabuk içermesi istenilmemektedir. Ancak yonga üretiminde, kabuğu soyulmamış odunlar da kullanılabilmektedir. Ağacın türü, yaşı ve yetişme yerine bağlı olarak bulundurduğu kabuk miktarı %5 ile %25 arasında değişmektedir (Özen, 1980).

Yonga levha üretiminde yakacak odun da kullanılabilir. Bunlardan yuvarlak olan odunlarda ortalama çaplar 4 cm'den başlamaktadır. Kabukları soyulmuş veya soyulmamış odunlar kullanılabilir. Kabukları soyulmamış yarılmış yakacak odunlar en çok %12 – 14 oranında

kabuk ihtiva etmelidir. Kabukları soyulmuş yuvarlak odunlarda ise kabuk oranı %3'ü aşmamalıdır. Bu odunların boyları 1,0 m veya daha fazla olabilir. (Bozkurt ve Göker, 1985).

Yonga levha teknolojisinde kullanılacak odun özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

i. Odunun özgül ağırlığı

Yonga levhanın toplam kuru ağırlığının %90'ı odun olmasından dolayı kullanılan odunun cinsi yonga levha özelliklerini büyük oranda etkilemektedir. Odun yongalarının yüzeylerinin düz ya da pürüzlü oluşu levha özelliklerine tesir etmektedir. Enine kesiti dar (ince) ve düzgün yüzeyli yongalar üzerinde tutkal daha geniş yüzeylere yayılarak fireyi azaltır ve böyle levhaların direnç özelliklerini yükseltmektedir. Bu bakımdan yumuşak ağaçlar sert ağaçlardan daha avantajlıdır. Yongaların içerdiği kabuk, levhanın hem görünümünü bozmakta hem de yonga levhanın direncini ters yönde etkilemektedir.

ii. Odunun sıkıştırılma kabiliyeti

Odunun diğer özellikleri gibi sıkıştırılma kabiliyeti özgül ağırlığının bir sonucudur. Bu sebepten ötürü yonga levha üreticileri düşük özgül ağırlıklı odunu tercih etmektedirler. Ancak yüksek özgül ağırlıkta bir yonga levha üretilmek istenirse kullanılan odun cinsinin de yüksek özgül ağırlıkta olması tercih edilebilir.

iii. Odunun pH değeri

Yonga levha yapımında kullanılan üreformaldehit veya fenolformaldehit sentetik tutkalları miktarları belli bir optimum üzerindeki pH değerlerine karşı duyarlı olduklarından dolayı yonga levha üretiminde kullanılacak odunun pH değeri önemlidir. Sert ağaç türleri bu yönden büyük farklılıklar gösterirken, yumuşak ağaç türleri uygun pH değerine sahiptir.

iv. Odunun rutubet miktarı

Yonga levha üretiminde kullanılacak odunun belirli boyutlarda yongalar halinde ufalanması ve elde edilen yongaların homojen olarak belli bir düzeye kadar kurutulması gerekmektedir. Bu bakımdan gerek yongalama ve gerekse kurutma işlemlerinde odundaki su miktarı önem arz etmektedir. İyi kalitede yongalar elde etmek için odun rutubet miktarının %30-60 arasında olması önerilir.

v. Odunun geçirgenliği

Üretiminde kullanılan odunun geçirgenliği yonga levhanın özelliklerini etkileyen bir faktördür. Tutkallanma işleminde amacın tutkalı yonganın yüzeyinde tutarak, içine nüfuz etmesinin sağlanmasıdır. Sürülen tutkal miktarı kısıtlı olduğundan ve maliyetlerin artmaması için, odunun geçirgenliği yeterli bir tutkal uygulanması veya uygulanamaması bakımından önemli bulunmaktadır (Özen, 1980).

3.2.2. Lignoselülozik bitkiler

Lignoselülozik yapıya sahip olan çavdar, muz, arpa, su kamışı, keten, pamuk, buğday gibi bitkiler kompozit levha üretiminde kullanılabilmektedir. Ancak bu malzemelerin uzun süre bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı korunabilmesi sorun teşkil edebilmektedir. Özellikle sıcak ve rutubetli iklim bölgelerinden bunların korunması zordur (Özen, 1980).

Yonga odunu temininde yaşanılan sıkıntılar ve buna bağlı olarak artan maliyetler yıllık bitkilerin odunlaşmış kısımlarının yonga levha üretiminde kullanılmasına yol açmıştır. Özellikle yeteri kadar odun hammaddesi bulamayan veya sahip olmayan yerlerde bu yöndeki çalışmalar daha fazladır. Yapılan araştırmalar birçok yıllık bitki artığının başarıyla kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Ancak yıllık bitkilerin tek başına levha üretimine uygun olması yeterli değildir. Bunun yanı sıra miktarının yeterli, toplanmasının, taşınmasının, depolama ve işlenmesinin kolay, ucuz ve tehlikesiz de olması gerekmektedir. (Özen, 1980).

Odun hammaddesine oranla, yıllık bitkileri kullanmanın bazı dezavantajları mevcuttur, Bunlar;

i. Ürün miktarı, üretim şekli ve fiyat dalgalanmaları gibi bazı tarımsal koşulların değişmesi sonucunda bunların temininde, kalitesinde ve maliyetinde bazı güçlükler olabilir.
ii. Yoğunlukları düşük olduğundan istifleme, depolama, elleme ve taşımada bir takım güçlükler olabilir. Ayrıca kısa mesafeden bol miktarda temin edilmeleri de ekonomik bir güçlük yaratabilir.
iii. Ot, yaprak, kırıntı, toz ve kir gibi pislikler ile bazılarında görülen silis oranı yapıştırmada bazı güçlükler yaratmaktadır. (Özen, 1980)

Yonga levha üretiminde kullanılan belli başlı yıllık bitkiler aşağıda anlatılmıştır;

i. Şeker kamışı: Şeker kamışı yetişen bölgelerde bulunmaktadır. 2-3 ay gibi bir hasat döneminde toplanıp balyalanıp, kendi kendine yanma, küf ve mantarlara karşı korunacak şekilde depo edilmelidir. Elastik ve katı lifleri izolasyon ve orta sert lif levha için iyi bir hammadde olup ayrıca yonga levha üretiminde de kullanılabilir.
ii. Keten sapları: Yonga levha için önemli bir hammadde olarak sayılabilir. Bazı koşullarda odun hamuru ve kağıt hamuru ile birlikte karışım olarak izolasyon lif levha yapımında kullanılabilir. Depolama sorunları şeker kamışına benzer olup en önemli sorun sürekli temin edilmesidir.
iii. Tahıl sapları: Buğday, arpa, pirinç, çavdar sapları odun lifleriyle karışım halinde yonga levha ve lif levha üretiminde kullanılabilirler. Yıllara göre miktar değişimi, depolama, taşıma gibi bazı sorunlar olabilmektedir. Özellikle üretimin bol olduğu ve kısa mesafede taşınabilen bölgelerde kullanılması mümkün olup Ülkemizde Orta Anadolu, Çukurova, Trakya bölgeleri bu amaca uygun olabilir.
iv. Pamuk sapları: Lif özellikleri ve kimyasal yapıları bakımından yapraklı ağaçlara çok benzeyen pamuk sapları yonga levha ve lif levha üretimine uygun bir hammaddedir. Türkiye'de pamuk yetiştirilen bölgelerde dünyada ise odun hammaddesinin kıt olduğu bölgelerde bu amaçla kullanılabilir.
v. Mısır sapları: Birleşik Amerika'da uzun yıllar izolasyon levhası üretiminde kullanılmıştır. Ancak, toplama, depolama ve elleçleme maliyetlerinin yüksek olması ve odun hammaddesinin bol olması nedeniyle son yıllarda tercih edilmemiştir.
vi. Diğer bitkiler: Potansiyel olarak hammadde olabilecek hammaddeler ayçiçeği sapı, tütün sapı, haşhaş sapı, bambu, papirüs, palmiye yaprağı sayılabilir (Bostancı, 1980; Özen, 1980).

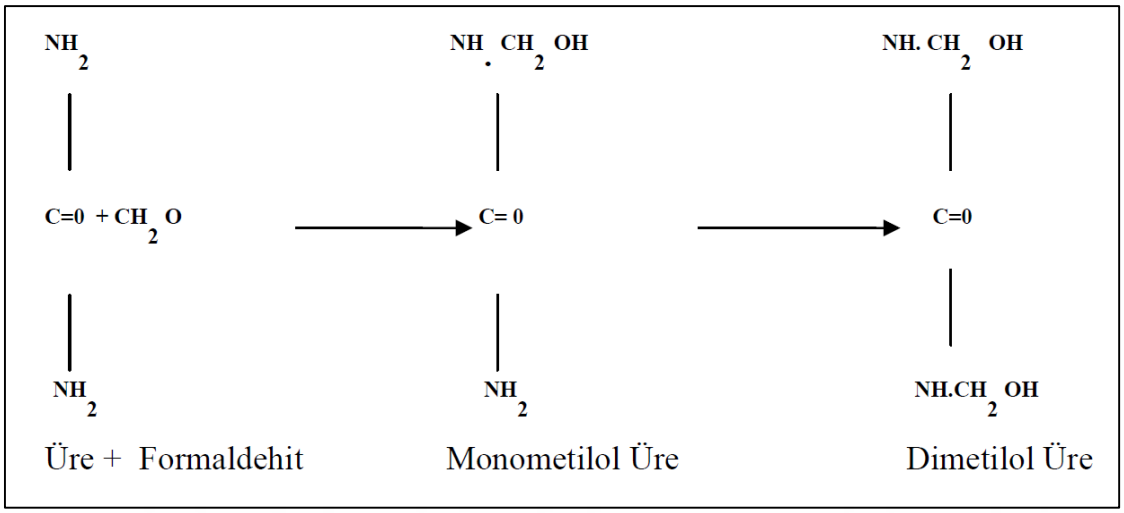
3.2.3. Levha üretiminde kullanılan tutkallar

Üre formaldehit tutkalı

Üre formaldehit tutkalının ucuz olması ve kolay temini kullanımını kolaylaştırmaktadır. Günümüzde levha sektöründe de en çok kullanılan tutkal türü, üre formaldehit tutkalıdır.

Üre formaldehit tutkalı üre ile formaldehitin oluşturduğu bir kondenzasyon ürünüdür. Hem kuru hem de sıvı hallerde kullanımı mümkündür. Tutkalın özelliklerini; pH değeri, reaksiyon süresi, sıcaklık, molar oranı ve katalizör konsantrasyonu etkilemektedir. (Çolakoğlu, 2001).

Daha önceleri ürenin formaldehite mol oranı 1, 1.5-2 iken, günümüzde bu oran 1-1,25 arasındaki değerlerdedir. Formaldehit oranının azaltılması, serbest formaldehit ayrışmasını düşürmekle beraber sertleşme süresinin uzamasına neden olmaktadır (Alvur, 2001).



Şekil 3.1. Üre formaldehit tutkalının oluşumu (Alvur, 2001)

Ucuzluğu, kullanma teknolojisinin kolaylığı ve teknik üstünlükleri nedeniyle, günümüzde yonga levha teknolojisinde en çok tercih edilen tutkal türü üre formaldehit tutkalıdır. Üre basınç altında ve katalizatörlerin varlığında amonyak ve karbondioksitten elde edilir. Üre formaldehit tutkalı, üre ve formaldehitin kademli bir şekilde kondenze olmasıyla elde edilir. Bunun için PH değeri 5 olan sulu bir çözeltide, üre ve formaldehitin 1/1,5-2 mol oranında karıştırılması ve istenilen reaksiyon göre sıcaklığın ayarlanması gerekir. Reaksiyon seyri, çözeltinin PH değeri ile sıcaklığa bağlıdır. Birincisinin azalması, ikincisinin artmasıyla reaksiyon hızı artar. Üre formaldehit tutkalı toz veya %60-70'lik çözelti halinde piyasadan temin edilebilir. Üre formaldehit serin bir yerde, toz halinde saklanmalı ve rutubetten korunmalıdır (Özen, 1980).

Melamin formaldehit tutkalı

Melamin formaldehit tutkalı; melamin ile formaldehitin kondenzasyonu sonucu elde edilir. Melamin reçinesi 110–140°C'ta ilave bir kimyasala gereksinim duymadan ısının etkisi ile sertleştirilebilmektedir. Melamin formaldehit tutkalları, daha çok sıcakta tepkimeye giren özellikte üretilir, su ve rutubete dayanımın istenildiği lamine masif ağaç malzeme üretiminde, kağıt esaslı reçine kaplamaları ile deniz araçları üretiminde ve mobilyalarında tercih edilir. (Burdurlu, 1994).

Melamin formaldehit tutkalı açık hava koşullarına dayanıklılığın arandığı ve daha ucuz olan fenol formaldehitin kullanılmasının uygun olmadığı yerlerde kullanılabilir. Örneğin; açık renkli ağaçlardan sandal yapımında renk sakıncası nedeniyle fenol formaldehitin yerine melamin formaldehit tercih edilebilir. Maliyetli olması sebebiyle melamin formaldehit tutkalına dolgu maddesi ilave edilerek veya üre formaldehit karıştırılarak kullanılabilir. Üre formaldehit için tutkal çözeltisinin hazırlanması, dayanma süresi, odun rutubeti vb. hususlar yaklaşık olarak melamin formaldehit için de geçerlidir. Melamin formaldehit tutkalının özel kullanma yerleri; levha kenarlarının yapıştırılması, yüksek frekanslı yapıştırılmalar, film tutkalı şeklinde lamine ağaç malzeme ve yüzey işlemleri olarak sıralanabilir. Yüzey işlemlerinde melamin formaldehit tutkalının kullanılması, çözeltinin levha yüzeyine sürülmesi veya püskürtülmesi ve özel pres saçları kullanarak basınç ve sıcaklık etkisinde sertleştirilmesi şeklindendir. Böylece levha yüzeyinde oluşan tutkal tabası şeffaf ve parlak olmaktadır (Özen 1980).

Melamin reçineleri fenol ve üre reçinelerine oranla daha pahalı, fakat neme karşı üre reçinelerinden daha dayanıklı, fenol reçinesinden ise daha dayanıksızdır. Melamin formaldehit reçine tutkalının üretim biçimi üre formaldehit reçine tutkalınkine benzer yapıdadır (Burdurlu, 1994).

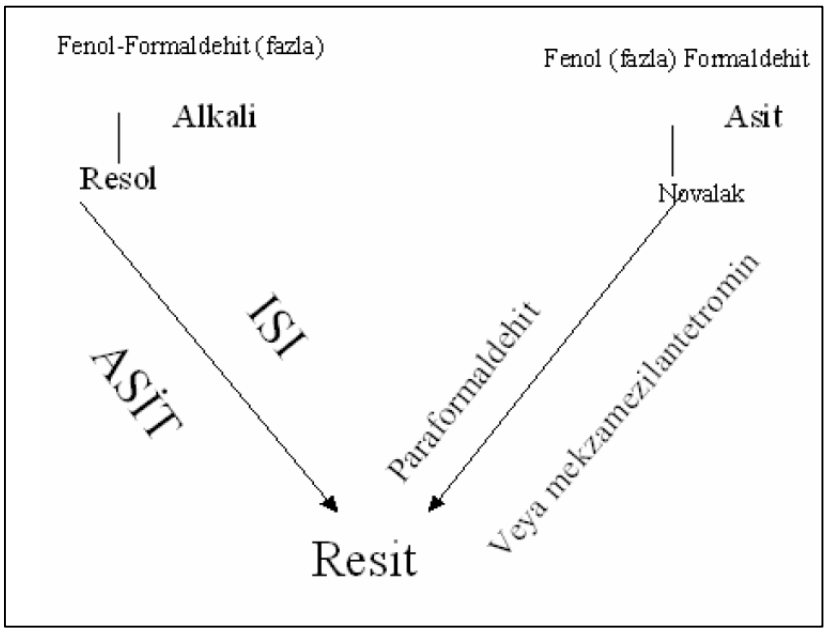
Fenol formaldehit tutkalı

Fenol formaldehit tutkalı 2 mol formaldehitin 1 mol fenol ile reaksiyona girmesiyle oluşur ve genellikle 126-146 ^{o}C'de preslenir. Rutubet, su, yağ, organik çözücüler, birçok asit, mantar ve bakterilere karşı oldukça dayanıklı olan bu tutkal genellikle klimatize edilmeyen

yerlerde ve açık havada kullanılacak olan malzemelerin yapımında kullanılır. (Burdurlu, 1994).

Fenol formaldehit tutkalı (FF); fenol ve formaldehit bileşenlerinin, paslanmaz çelikten yapılan reaktörlerde, katalizör ve ısı etkisi ile yaptıkları kondenzasyon sonucu elde edilirler.

Dış hava koşullarına karşı dayanıklı oluşu nedeniyle, daha çok açık havada ve klimatize edilmeyen yerlerde kullanılacak masif ağaç ve tabakalı ağaç malzemelerinin üretimi için fenol formaldehit tutkalı kullanılır. Amino plastik tutkallara oranla üstün özelliklerinin bir sonucu olarak kullanma alanı geniştir. Fenol formaldehit tutkalı, taşıyıcı ağaç malzemelerde odun ile metalin yapıştırılmasında; ince levhaların ve yüzey kaplamalarında kullanılan bazı özel kağıtların emprenye edilmesinde ve yine benzer yerlerde kullanılan film tutkallarının üretiminde kullanılır. Tutkalın kırmızı kahverengi oluşu, hatalı yapıştırmalarda odun renginin yer değişmesine yol açtığı için kusur sayılabilir. Masif malzemenin yapıştırılmasında katı miktarı %65-75 olan FF kullanılır. Sertleştirici olarak kuvvetli asitler seçilir. Bu asitlerin etkisiyle FF'nin kahverengi, yeşil veya maviye dönüşür. Yapıştırıldıktan sonra tutkal yine eski rengini alır. Oda sıcaklığında (20°C) yapıştırılır. Tutkallanmış yüzeyler hemen yanyana getirilmez, belli bir süre bekletilir. Pres süresi ise yaklaşık 6 saattir (Özen, 1980).



Şekil 3.2. Fenol formaldehit tutkalının oluşumu (Alvur, 2001)

İzosiyanat tutkalı

İzosiyanat tutkalı üretan zincirlerinden meydana gelmekte olup, uygun koşullarda uygulandığı takdirde alkollü sıvılara ve asitlere karşı yüksek dayanım gösterir. Katı madde oranı % 100 olup sertleşme kısa sürede gerçekleşmektedir. Bu tutkalın önemli bir avantajı içerisinde formaldehit içermemesinden dolayı diğer sentetik tutkalların aksine formaldehit emisyonu oluşmamaktadır. Bu tutkalın diğer önemli bir avantajı da yapışma dayanımını düşüren katkı maddelerin olumsuz etkisini ortadan kaldırmasıdır. Maliyetinin yüksek olması ve metallere yapışma meyli olduğu için yonga levha üretiminde, tutkalın pres tablasına yapışma sorunu olabilir. Bu sorunu ortadan kaldırmak için pres tablasına yapışmayı önleyici yağlı malzemeler sürülebilir (Ayrılmış, 2000).

Resorsin formaldehit tutkalı

Rezorsin ve formaldehitin polikondenzasyonu ile üretilir. Fenol formaldehit reçinesine göre 5–6 kat daha pahalı olup, her türlü açık hava şartlarına, asitlere, alkalilere ve diğer çözücülere karsı dayanıklı bir tutkal türüdür. Yüksek yapışma dayanımının arandığı ve soğuk preslemenin gerektiği uygulamalarda, kayık, tekne, gemi ve uçakların ahşap detaylarının tutkallamasında kullanılır. Aynı zamanda, gerek sentetik ve gerekse doğal kauçuğun, tekstil ve seramik malzemelerin yapıştırılmasında da kullanılır. Resorsin formaldehit tutkalı, katmanın yüksek frekansla sertleştirildiği uygulamalar için de uygundur. Resorsin formaldehit tutkalı piyasada sıvı halde satılmakta olup kırmızımsı erguvani renktedir. Katı madde oranı % 50-60’ tır (Güler, 2001).

Sülfit asit suyu

Son yıllarda üretimi esnasında ortaya çıkan sülfit atık sularının levha üretiminde yapıştırıcı olarak kullanabileceği ortaya çıkmıştır. Bu yöntemle levha üreten ilk fabrikalar Finlandiya ve Danimarka’da kurulmuştur. Kanada’da geliştirilen bir metotla, sülfit suyuna kuvvetli asitlerden sülfürik asit eklenmesi ile suya karşı dayanıklı ve iyi yapışma sağlayan, hem ekonomik, hem de pratik bir yapıştırıcı elde edilmiştir (Bozkurt ve Göker, 1985).

Katkı maddeleri

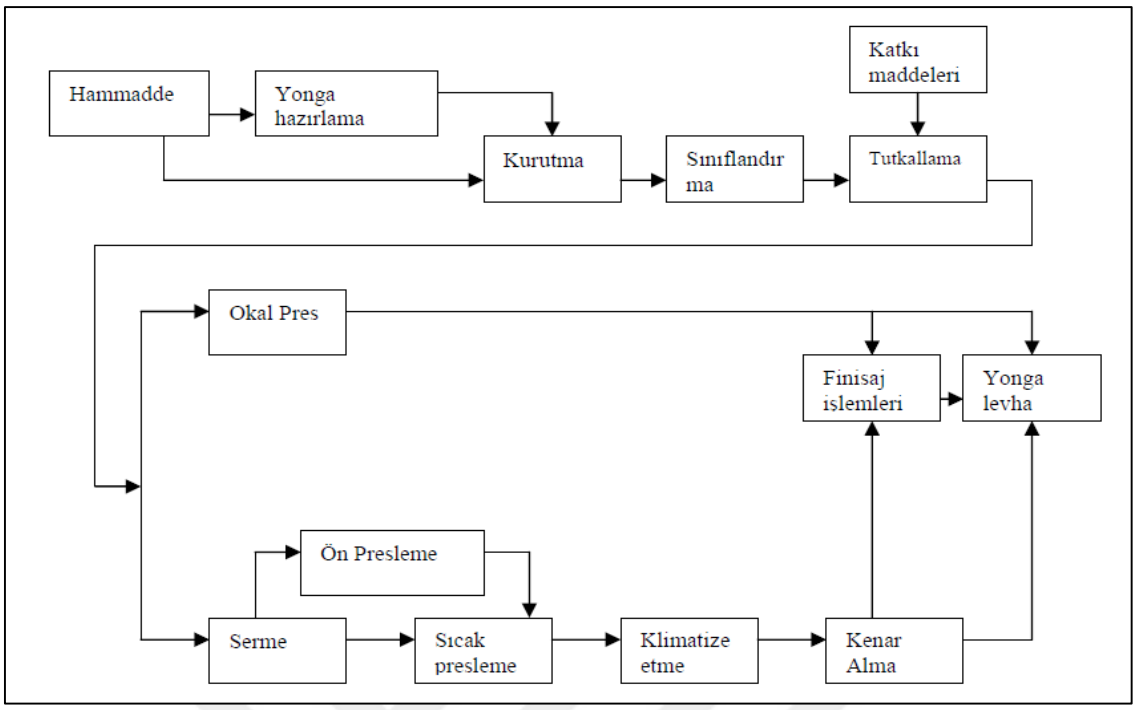
Levhaların rutubete karşı dayanımı arttırılması, mantar ve böcek zararlılarına karşı dayanım sağlanması için ahşap esaslı kompozit levhaların üretiminde bazı katkı maddeleri ilave edilebilmektedir (Nemli ve Kalaycıoğlu, 2000).

Katkı maddesi olarak en çok kullanılan malzemelerden birisi de parafindir. Yonga levha fabrikasında üretilen levhanın, su içerisinde şişme (24 saat) ve su alma (24 saat) değerlerinin istenilen seviyelerde olacağı ve minimum düzeyde parafin kullanımının hedeflendiği çalışmada; orta ve üst tabaka için 150 ml/dk parafin kullanımının uygun olduğu tespit edilmiştir. (Gözalan, 2016)

3.3. Yonga Levhaların Üretimi

Odun; yonga üretiminde asıl malzeme olarak kullanılmaktadır. Boyları 0,5-2 m arasında olan ve ince uç çapı 4 cm kalın uç çapı 20 cm aralığında olan ve kesilen ağaçların kesim artıklarından ve dallarından elde edilen odunlar tercih edilmektedir (Burdurlu, 1994).

Yonga levha üretimi, yıllık bitkiler, odun ve odun artıklarının birtakım bağlayıcı ve katkı maddeleri ile ısı altında pres işlemine girmesidir. Üretim sürecinde önemli aşamalar yongaların hazırlanması, tutkallama ve pres işlemi olarak sıralanabilir. Yonga levha üretim süreci Şekil 3.4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Yonga levha üretim süreci (Nemli, Kalaycıoğlu, 2001)

3.3.1. Yonga hazırlama

Yonga levha üretiminde kullanılması düşünülen odunların nem oranının %35-50 arasında olması istenmektedir (Burdurlu, 1994). Nem oranının düşük olması durumunda fazla miktarda toz oluşur ve bu durum yonga verimine etki eder. Rutubetin yüksek olması durumunda ise yongaların kurutma süresi uzayacağından yonga levha üretim maliyeti de artacaktır. Bu sebepten ötürü odun rutubeti % 30'dan daha düşük ve % 60'dan yüksek olmamalıdır (Güler, 2001).

Yongaların hazırlanma sürecinde ilk yapılacak işlem, odunlarının kabuğun soyulmasıdır.

Odun kabuğu ölü hücrelerden meydana geldiği için, bu kısımlardan üretilecek levhanın görünüş ve performans özelliklerini olumsuz etkileyebileceğinden, yonga üretiminde kullanılacak odunların kabuğunun soyulması gerekmektedir (Burdurlu, 1994).

Yüzey düzgünlüğü ile levha kalitesine etki eden faktörlerden biri elde edilen yongaların

Uzunluk ve kalınlıklarıdır. Bu çerçevede; yongaların kalınlıkları arttıkça eğilme direnci düşmekle beraber dik yönde çekme direnci artmaktadır. Yonga uzunluk değeri arttıkça

eğilme direnci artarken yüzey dik çekme direnci azalmaktadır. Ayrıca yonga içerisindeki toz miktarının fazla bulunması eğilme ve dik çekme değerlerini olumsuz etkilemektedir. (Karakuş, 2007).

Yongalama işlemi üç farklı aşamada gerçekleştirilir.

i. İnce yongalama
ii. Normal yongalama
iii. Kaba yongalama

Kaba yongalama işleminde kaba yongalama makineleri kullanılmaktadır. Kaba yongalama makineleri ince dallardan, kereste endüstrisi atıklarından olan kırıntılardan, kontrplak ve kaplama fabrikaları atıklarından, çalı ve yıllık bitki demetlerinden kaba yongalar kesmeye yararlar Yongalama sonrası değirmenlerde ufalanacak olan kaba yongaların boyları 10-30 mm, ince yongalama makinelerinde inceltilecek, ufalanacak olan kaba yongaların boyları ise 30-60 mm arasında değişmektedir. Odunlar liflere dik olarak veya liflere 45º'lik açı yapacak şekilde kesilirler. (Bozkurt, Göker, 1990).

Levha üretiminde uygun olan yongaları farklı malzemelerden bir defada elde etmek mümkün olmadığından, normal ve kaba yongalar ince yongalama makinelerinden geçirilerek boyutları küçültülmektedir. Düzgün yüzeyli bir kompozit levha üretimi için normal yongalama makinelerinden gelen materyalin ince yongalama makinelerinde işleme tabi tutulması gerekmektedir. Genellikle ince materyalin üretilmesinde elekli değirmenler tercih edilir. Her türlü yonga, elekli değirmenlerde inceltilebilir (Bozkurt, Göker, 1990).

3.3.2. Yongaların kurutulması

Yongaların öngörülen nem oranına (%3-6) kadar homojen bir şekilde kurutulması levhanın üretim sonrası nem miktarının dengeli olmasını ve deforme olmamasını sağlamaktadır. Kurutma makinelerine sevk edilen yongaların nem oranları genellikle %35- 120 aralığında olup bazen %16'ya kadar da düşebilmektedir (Karakuş, 2007).

Yongaların kurutulmasında aşağıdaki makineler kullanılmaktadır (Karakuş, 2007):

i. Döner silindirli kurutucular,
ii. Döner jet kurutucular,

iii. Borulu kurutucular,
iv. Çok bantlı kurutucular,
v. Kontak kurutucular,
vi. Türbünlü kurutucular,
vii. Yanık gaz kullanan kurutucular,
viii. Süspansiyon tipi kurutucular,

3.3.3. Yongaların sınıflandırılması

İstenilen rutubet derecesine kadar kurutulan yongalar elekten geçirilerek, belirli boyut aralığında homojen yongalar elde edilir. Elekler, istenilen büyüklükte yongaları ayrı ayrı sınıflandırmak üzere, çok katlı olarak yapılmıştır. Üst kat eleğe yerleştirilen bir emme sistemi ile geniş yüzeyli yongalar emilir ve eleğin gözlerinin tıkanması engellenir. Yongalar, elek üzerinde yatay ve düşey olarak hareket edebilecek şekilde karma bir harekete sahiptir.

Elekler taban yapısına göre beş farkı şekilde sınıflandırılır (Burdurlu, 1994).
i. Yatay titreşimli
ii. Dikey titreşimli
iii. Dairesel titreşimli
iv. Bir eksen etrafında dönen
v. Üç boyutlu hareket edenler

3.3.4. Tutkallama

Mobilya üretiminde sentetik reçinelerin geliştirilmesiyle teknik ve yapısal değişmeler olmuş; tablalı (panel tipi) ve masif mobilya üretiminde mekanik birleştirmelerin (çivi, vida, kinişli, kamalı vb) yerini tutkallı birleştirmeler almıştır. Günümüzde atölye tipi ve seri üretime uygun soğuk-sıcak, rutubetli ortamlara elverişli, farklı özelliklerde sentetik reçinelerden tutkallar üretilmektedir. Mobilya endüstrisinde kalitenin arttırılması ve malzeme kayıplarının önlenmesi bakımından tutkalların en uygun kullanım yerleri ve uygulanma esasları konularında araştırmalar sürdürülmektedir (Atar, 2006).

Levha kalitesinin istenilen seviyede olabilmesi için yongaların homojen bir şekilde tutkallanması gerekmektedir. Tutkallama homojen bir şekilde yapılmadığı takdirde levhanın

direnç özelliklerinde düşüş görülmektedir. Tutkal miktarının belirlenmesinde levha yüzey büyüklüğü önemli olup genellikle 1 m² yonga yüzeyi için 8-12 gr tutkal kullanılmaktadır. Tutkallama işleminde çeşitli teknolojiler kullanılmakta olup günümüzde en etkili sistem noktasal tutkallamadır. Bu sistemde tutkal çözeltisini çok küçük taneciklere ayrılarak taslak yonga yüzeyine eşit bir şekilde püskürtülmektedir (Karakuş, 2007).

3.3.5. Yonga serme (taslak oluşturma) işlemi

Serme, dozajlama denilen ve levha taslağının her yerde aynı kütlede ve kalınlıkta olmasını sağlayıcı işlemlerle birleştirilmiştir. Taslak oluşturmakta kullanılan metot, aynı zamanda eleme işleminden sonraki süreci etkileyen en önemli faktördür.

Levha taslağının oluşturulmasında daha çok savurma yöntemi olmak üzere aşağıdaki üç yöntemden biri kullanılır.

i. Dökme
ii. Serpme
iii. Savurma

Dökme yöntemiyle taslak oluşturmada, eleme ve pnömatik sistemle tasnif edilen yongalar, kat sayısı kadar olmak üzere, ayrı ayrı bunkerlere veya silolara alınır. Buralardan tahrikli bant üzerine veya tahrikli bant üzerindeki sac levhalar üzerine katlar ardışık ve direkt olarak üst üste dökülmek suretiyle taslak oluşturulur. Serpme yönteminde, yongalar, dikey olarak dönen bir çark üzerine çarptırılır. Çarka çarpan yongaların ağır ve iri olanlar daha ileriye ve hafif ve ince olanları ise daha yakına düşer. Bu serpme işlemi, karşılıklı olarak yapıldığı takdirde, yongalar otomatik olarak, ortadan çift yüzeye kalından inceye doğru katmanlanmış olur. Savurma yönteminde ise aralıklı çift hazneden dikey yönde düşmekte olan yongalara ortadan çift taraflı basınçlı hava uygulayarak yongalar sağa-sola yönlendirilir. Basınçlı havanın etkisi ile hafif ve ince yongalar daha uzağa ve ağır ve iri yongalar daha yakına düşecek şekilde savrulurlar. Böylelikle ince yongalar kademeli geçişle yüzeylerde, kaba yongalar kademeli geçişle ortada olacak şekilde serme işlemi tamamlanmış olur (Burdurlu, 1994).

3.3.6. Presleme

Yongalar çeşitli serme sistemlerinden biriyle serilerek çok gevşek yapıda kalın bir keçe oluşturulur. Keçe kalınlığı levha kalınlığının 20 katı kadar olmaktadır. Bu gevşek haldeki keçenin herhangi bir şekilde sarsılması ince yonga parçacıklarının alt kısımda toplanmasına yol açmaktadır. Bu durumda levhaların görünüşlerinde bozukluklar oluşur ve mekanik özelliklerde de farklılıklar ortaya çıkar. Presleme "Sıcak presleme" ve "Soğuk presleme" olmak üzere iki aşamada yapılmaktadır (Güler, 2001).

Soğuk preslemede serilen yonga taslağı preste 0,15-0,20 bar'lık bir basınçla soğuk olarak ön sıkıştırmaya tabi tutulmakta ve bu aşama ön presleme olarak adlandırılmaktadır. Soğuk preslemede, levha taslağının sıkıştırılması yanı sıra yongalar arasındaki havanın da uzaklaşması sağlanır. Taslak içerisinde eğik veya dikey durumda bulunması olası yongalar yatay duruma getirilir. Sıcak preslemede küçük boyutlu yongaların uçarak yer değiştirmeleri engellenir. Üretim akışının aralıksız olmasını sağlamak için pres olarak "sürekli pres" kullanılmaktadır. Soğuk presten çıkan taslağın kalınlığı serme kalınlığının 1/3'üne düşmektedir (Güler, 2001).

Presleme tekniği bakımından dış ve orta tabaka yongalarının rutubetlerinin farklı olması faydalıdır. Bunun için; her iki tabakanın yongası aynı rutubet oranına kadar kurutulur, levha taslağı hazırlanırken / hazırlandıktan sonra pres saclarına su püskürtülür veya dış tabaka yongaları daha az kurutulur. Yongaların rutubeti normalden fazla ise sıcak presleme esnasında yonga levhanın orta kısmında buhar kabarcıklarının oluşmasına, ortaya çıkan basınçla levha yüzeyinin bozulmasına ve tutkalın serleşmemesine neden olurlar. Fazla rutubetten kaynaklı suyun buharlaşması ile ortaya çıkan çok yüksek basınçlardan dolayı presten çıkan levhalarda patlamalar oluşabilir (Bozkurt, Göker, 1990).

Üretilen levhalara estetik değer katılması ve levhaların bu sınır değerlerinin korunması açısından presleme işlemi sonrasında levhalara aşağıdaki işlemler uygulanmalıdır (Karakuş, 2007).

i. Levhaların klimatize edilmesi
ii. Boyutlandırma
iii. Levhaların tasnif edilmesi ve depolanması (zımparalama)
iv. Kalınlık hatalarının giderilmesi

3.4. Yer Fıstığı Bitkisi Hakkında Genel Bilgiler

Yerfıstığı bitkisi (*Arachis hypogaea L.)* baklagiller familyasına dâhil olup, yılda bir kez sıcak bölgelerde yazları yetişen bir bitkidir. Meyvelerini toprak altında oluşturmasından dolayı diğer bitkilerden ayrılır. Dünyada tropik iklim bölgelerinde yetiştirilen yer fıstığı Güney Amerika kökenli olup, Amerika kıtasının keşfinden sonra 16. yüzyılda Avrupa'ya buradan Afrika ve Asya kıtalarına götürülmüştür (Kadiroğlu, 2018).



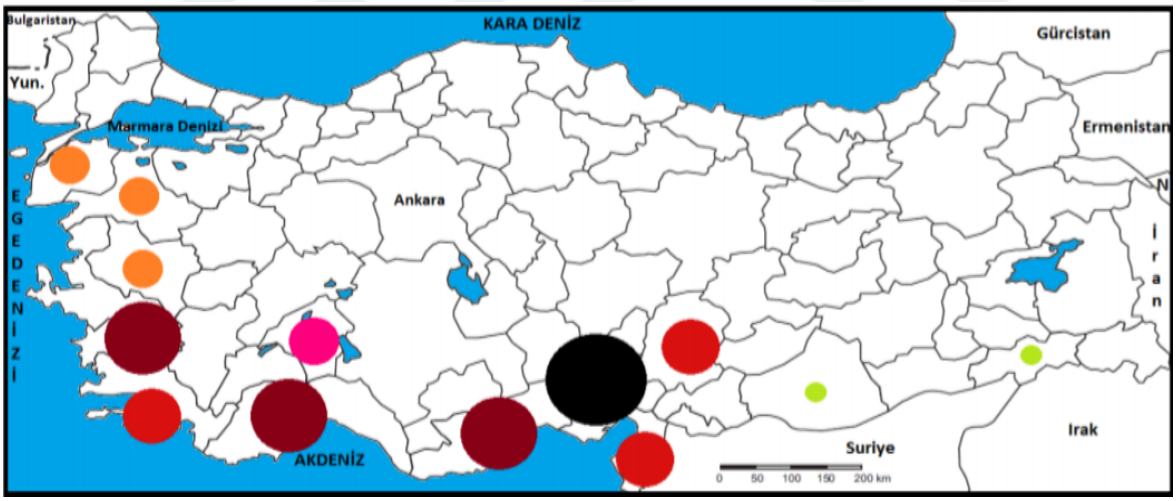
Resim 3.1. (a) (b) Yer Fıstığı (a) (*Arachis hypogaea L.*) (www.yerfistigi.gen.tr)

Yer fıstığı insan gıdası, yağ, yem ve tohum gibi çeşitli amaçlarla tüketilmektedir. Dünyada en çok yağı için tüketilmekte olup, Asya kıtasında %78, Amerika kıtasında ise %74'lük kısmı yağı için tüketilmektedir. 2016 yılı verilerine göre dünyada en çok yer fıstığı yetiştiren ülke % 37.8 ile Çin gelmektedir. Çin'i, %15.6 ile Hindistan, %6.9 ile Nijerya ve %5.9 ile ABD izlemektedir. Ülkemizde yetiştirilen yer fıstığı miktarı dünya üretiminin %0,37'sine tekabül etmektedir (Kadiroğlu, 2018).

2018 yılı içerisinde dünyada 44 milyon ton kabuklu yer fıstığı üretimi gerçekleştirilirken ülkemizdeki üretim 172.834 tondur (TÜİK, 2019). Bu rakamın %90' ı Çukurova bölgesinden temin edilmekte olup, Adana ve Osmaniye illeri ilk sıraları paylaşmaktadır. Ülkemizde yıllara göre yer fıstığı ekili alanı ve üretim miktarı aşağıdaki Çizelge 3.5' de gösterilmektedir.

Çizelge 3.5. Ülkelimizde yer fıstığı toplam ekili alanı ve üretimi (TÜİK 2019)

Yıl	Ekili alan (dekar)	Üretim (ton)
2007	259 423	86 409
2008	248 376	85 274
2009	253 345	90 081
2010	274 500	97 310
2011	254 711	90 416
2012	373 881	122 780
2013	359 428	128 265
2014	333 289	123 600
2015	377 729	147 537
2016	422 444	164 186
2017	419 495	165 330
2018	443.342	173 835



Harita 3.1. Türkiye de yer fıstığı yetiştiriciliği (Şahin, 2014)

Ülkemizdeki yer fıstığı yetiştiriciliği Harita 3.1.'de gösterilmiştir.

Yıllara göre ülkemizde üretimi yapılan kabuklu yer fıstığı şehir bazında dağılımı Çizelge 3.6. ile Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Üretimi yapılan kabuklu yer fıstığının şehir bazında dağılımı-1 (ton)

Yıl	Adana	Antalya	Aydın	Balıkesir	Edirne	Antep	Hatay
2015	88221	3469	4803	21	130	460	1444
2016	99325	3608	4470	21	130	440	1772
2017	97788	3703	4175	19	224	464	934
2018	98834	3855	4108	18	504	1200	2469

Çizelge 3.7. Üretimi yapılan kabuklu yer fıstığının şehir bazında dağılımı-2 (ton)

Yıl	Isparta	Maraş	Mersin	Muğla	Osmaniye	Çanakkale	Şırnak
2015	60	2952	2132	340	43434	54	0
2016	60	2831	2548	331	48573	62	0
2017	42	2853	2260	393	50157	68	2250
2018	42	2849	2788	465	47632	70	9000

Yer fıstığı tohumlarında yüksek oranda (% 45-55) yağ ihtiva etmektedir. Ayrıca birim alandan elde edilen yağ verimi diğer bitkilere göre daha yüksektir. Yerfıstığı yağında genel olarak %45-60 oleik asit, %20-40 linoleik asit, %5-10 palmitik asit, %3-7 stearik asit, %1-3 behenik asit ve %0.5-2 arasında arasidik asit bulunmaktadır. Yerfıstığı tohumları protein içeriği (% 20-25) bakımından oldukça zengindir. Meyvelerinden tohumların ayrılmasıyla ortaya çıkan kabukları % 5 azot, % 3 potasyum ve silis ihtiva eder (Kadiroğlu, 2018).

Yer fıstığı kabuğunun kimyasal yapısı Çizelge 3.8.'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.8. Yer fıstığı kabuğunun kimyasal yapısı (%)

Madde	Miktar
Selüloz	45,3
Lignin	32,8
Hemiselüloz	8,1
Protein	4,9
Kül	2,3

Yer fıstığı kabuğunun mikroskop ile incelenmesi sonucu yüzey ve makta kısmına ilişkin

görseller aşağıda verilmiştir.



Resim 3.2. Yer fıstığı kabuğu yüzey görünüşü



Resim 3.3. Yer fıstığı kabuğu makta görünüşü

3.5. Formaldehit Emisyonu

Formaldehit, insan sağlığı ve çevre için çok zararlı olan renksiz, kötü ve keskin kokulu bir kimyasal madde olup boyalar, kumaş dokumalar, kozmetikler, cilalar, halı, sigara dumanı, tekstil, buruşmayı önlemek için giysilerde ve odun esaslı birçok yapı malzemesinde ve dolayısıyla birçok ev eşyasında bulunmaktadır. Bu malzemelerde bağlayıcı olarak melamin formaldehit, üre formaldehit, fenol formaldehit vb. tutkallar kullanıldığından ve de bu tutkallarla üretilmiş levha ürünlerinden formaldehitin açığa çıkması söz konusu olduğundan açığa çıkan serbest formaldehit, sağlık açısından dikkate dilmesi zorunlu sınırlamalara uyulması gerekli hale gelmiştir (Boran ve Usta, 2010).

Son dönemlerde dış ortamlar kadar iç ortamdaki hava kalitesinin de insan sağlığı üzerinde önemli etkilere sahip olduğu yönündeki görüşler artmıştır. Günümüz insanının iç ortam kirleticilerine fazlaca maruz kalması sonucunda kronik ve akut sağlık sorunları ortaya

çıkabilmektedir. Özellikle mobilya ile mobilya imalatında kullanılan ahşap esaslı malzemeler ve daha sonrasında da her çeşit tekstil ve yapı malzemesinin çeşitlenmesi ve gelişmesi sonucu daha çok çeşitte desen, renk ve boyut sağlayabilmek için ham maddelere katılan çeşitli kimyasallar sağlığın negatif etkilenmesinin başkahramanları olarak karşımıza çıkmaktadır. Her ne kadar formaldehit emisyonunu mekan da sigara içilip içilmemesinden, ortamın işlek bir caddede olup olmamasına kadar bir çok faktör etkilese de levha ürünlerinin kullanımı bu etkilerden daha fazla bir paya sahiptir (Alyüz, Veli, 2006).

Formaldehit emisyonunun insan sağlığına olan etkileri Çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9. Formaldehitin zararlı etkileri (Öztürk, 2016)

Formaldehit Konsantrasyonu (μg m^3)	Olumsuz Etki
<67	Belirsiz
67-2000	Nöropsikolojik Etkileri
67-1337	Koku eşik limiti
13-2674	Göz tahrişi
134-33425	Üst solunum yolları tahrişi
6685-40110	Alt solunum yolları tahrişi ve akciğerler üzerine etki
66850-133700	Akciğerlerde ödemi iltihaplanma, zatürre
>137000	Koma ve ölüm

Ülke ve levha tiplerine göre formaldehit emisyonunu sınır değerleri Çizelge 3.10.'da verilmiştir.

Çizelge 3.10. Ülke ve levha tiplerine göre formaldehit emisyonunu sınır değerleri (Öztürk, 2016)

Ülke	Standart	Test Metodu	Levha Sınıfı	Sınır Değerleri
Avrupa	EN 13986	Oda Metodu EN717-1	E1 : YL, MDF OSB	≤ 0.1 ppm
		Perfaratör EN 120		≤ 8 mg/100
		Oda Metodu EN 717-1	E1 : Kontrplak	≤ 0.1 ppm
		Gaz Analizi EN 717-2		≤ 3.5 mg/h*m^2
		Oda Metodu EN 717-1	E2 : YL, MDF, OSB	> 0.1 ppm
		Perfaratör EN 120		> 8 - ≤ 30 mg/100g
		Oda Metodu EN 717-1	E2 : Kontrplak	> 0.1 ppm
		Gaz Analiz Metodu EN 120		> 3.5 ≤ 8÷ mg/h*m^2
Avustralya	AS / NZS 1859-1 &2	Desikatör AS/ NZS 4266.16	E0 : YL, MDF	≤ 0.5 mg/L
			E1 : YL	≤ 1.5 mg/L
			E1 : MDF	≤ 1.0 mg/L
			E2 : YL, MDF	≤ 4.5 mg/L
Amerika	ANSI A208.1 &2 (YL, MDF)	Büyük Oda ASTM E1333	YL, MDF	≤ 0.3 ppm
			Endüstriyel Kontrplak	≤ 0.3 ppm
			Kontrplak Duvar Panelleri	≤ 0.2 ppm

3.6. Yanma

Sunar (1983)' a göre yanma; en genel anlamda yanıcı denen bir maddenin yakıcı olarak adlandırılan bir başka madde ile birleşmesi sonunda ısı vererek meydana getirdiği olayların tümüdür. Yangın ise, yanıcı özellik gösteren katı, sıvı ve gaz maddelerin kontrol dışı yanması olarak tanımlanmaktadır. Yangının bir başka tarifi ise " zaman ve mekanda kontrol dışı gelişen yanma olgusudur" (Ata Kuş, 2003).

Ahşap yanabilen malzemeler arasında olup, yanmanın gerçekleşebilmesi için sıcaklığın 275°C olması gerekmektedir. (Le Van ve Winandy, 1990).

Ağaç malzeme selüloz, lignin, hemiselüloz ve az miktarda yabancı maddelerden oluşur. Lignin yüksek sıcaklık derecelerine kadar dayanırken, hemiselülozlar yaklaşık 325° C'de ve selüloz 370° C' de tamamen ayrışır (Rowell, 2013).

Yonga levhaların yangına karşı dayanımının arttırabilmesi için ilave edilen katkı malzemelerin fazla olması durumunda; levhaların makinelerde işlenmesini güçleştirmekte ve levha fiziksel ve mekanik özelliklerinde olumsuz tesirler yapabilmektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda levha renginin koyulaşmasında sebebiyet verebilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Ağaç malzeme yanarken CO ve NO_x gibi başlıca iki kirletici gaz ile, benzen, aldehitler, solunabilir parçacık maddeler ve diğer serbest radikaller gibi sağlığa zararlı maddeler üretmektedir (Naeher, 2007).

Lu ve Hamerton, bor, azot-fosfor, silis ve halojen bazlı yangın geciktiricileri ile ultra-düşük yoğunluklu lif levhanın yanma performansının belirlenmesi için oksijen indeks analizi (LOI) gerçekleştirmişlerdir. Çıkan sonuçlara göre katkısız lif levha ile kıyaslandığında yanmaz madde ihtiva eden lif levhanın LOI değerinin arttığı tespit edilmiştir (Lu, 2012).

ACQ, tanalit-E, wolmanit-CB, imersol aqua, vacsol aqua, timbercare aqua ve protim-41 ahşap koruyucularının yanma özelliklerinin kıyaslandığı çalışmada en yüksek LOI (oksijen limit index) düzeyi, wolmanit-CB'nin % 5 konsantrasyonu ve borik asit + boraks karışımında belirlenmiştir (Dönmez, 2014).

Borlu bileşikler ve çeşitli bitkisel sepi maddeleri ile muamele edilen Doğu Kayınının yanma özelliklerinin araştırıldığı araştırmada, alev kaynaklı yanma aşamasında boraks ile muamele edilen örneklerde 270 °C, alev kaynaksız yanma aşamasında borik asit ve boraks karışımı ile muamele edilen örneklerde 356 °C ve kor hali yanma aşamasında sumak+(borik asit +boraks) ile muamele edilen örneklerde 103 °C ile en düşük sıcaklık dereceleri tespit edilmiştir (Baysal, 2003).

Yaşar ve Atar, bazı ağaç türlerine ahşap koruyucu uygulamış ve malzemenin yanması sonucunda ortaya çıkan O_2, CO_2, CO ve NO_x gaz emisyon miktarlarını araştırmışlardır. Deney örnekleri, Sarıçam (Pinus sylvestris L.), Sapsız Meşe (Quercus petraea L.) ve Doğu

Kayını (Fagus orientalis L.) odunlarından hazırlanmış olup yanma testleri ASTM–E 160-50'e göre yapılmıştır. Çıkan sonuçlara göre Doğu Kayını örnekleri kor halde yanmada O_2 miktarını azaltırken, CO, CO_2 ve NO_x miktarını yükselttiği tespit edilmiştir. Wolmanit CB tüm yanma aşamalarında CO_2 ve NO_x miktarlarını azalttığı belirlenmiştir. (Yaşar, Atar, 2017).

3.6.1. Yanma evreleri

Yangının çıkabilmesi için yanıcı madde oksijen tutuşma sıcaklığı üçlüsünün varlığı ve bunların uygun bir oranda bulunması gerekir. Eğer bu üçlüden herhangi biri olmazsa yangın olmaz. Sıcaklık, oksijen ve yanıcı madde dengesindeki değişiklikler ise yangının şiddetini belirler. Bir yangının çıkmasına engel olmak veya mevcut bir yangını durdurmak için bu üç öğeden birini ortadan kaldırmak ya da aralarındaki dengeyi bozmak gerekir (Aslan, 1994). Yangın esnasında sıcaklık seviyesi zamana bağlı olarak değişmekte ve bu değişime bağlı olarak yanma olayı evreleri üçe ayrılmaktadır (Aydın, 1994);

i. Gelişme evresi
ii. Yanma evresi
iii. Sönme evresi

Gelişme evresi

Isı kaynağından malzemeye ulaşan ısı, zamanla malzemenin sıcaklığını arttırır. Gelişme evresinde tutuşma yaşanır. Tutuşmanın gerçekleştiği sıcaklığa tutuşma sıcaklığı, gerçekleşme süresine ise tutuşma zamanı denilmektedir. Tutuşma sıcaklığı ve zamanı malzemenin türüne göre değişmektedir.

Yanma evresi

Tutuşmanın gerçekleşmesi ile yanma alanı giderek genişler, yanan madde miktarının artması ile daha fazla ısı üretilir bunun sonucunda alev genişliği, yüksekliği ile alev kaynaklı sıcaklık değerlerinde artışlar görülür. Bununla beraber bu ısı iletim ile çevredeki diğer maddelere sıçrar ve bunların tutuşması ile yangın büyür ve yayılır. Bu süreç, yangının gerçekleştiği çevre içerisindeki tüm malzemelerin yanmasına kadar sürer.

Sönme evresi

Yangı ortamında bulunan oksijenin, ısı salınımının, yanıcı malzemenin veya sıcaklığın azalmasıyla birlikte alevli yanma sona erer ve yangının sönme evresi başlar. Alevlerin kaybolması ile sönmeye başlayan yangın, kor halde yanma sürecine geçer. Kor halde yanmaya başlayan yapı malzemeleri koyu kırmızı renk alır ve bu süreçte zehirli gaz çıkısı azalır. Bu sürecin sonunda yanan malzeme kömürlesir ve deformasyona uğrar. Bu süreye "kor halde yanma süresi" olusan sıcaklığa da "kor halde yanma sıcaklığı" denir. Kömürleşme ile ortaya çıkan deformasyon miktarı ise "ağırlık kaybı" ile ölçülür (Ülker, 2013).

Ahşap ve ahşap esaslı malzemeleri tamamen yanmaz hale getirmek mümkün değildir. Ahşap ve türevlerinden üretilmiş malzemelerin yapıları ve boyutları yanmanın şiddetini etkilemektedir. Isıya maruz kalan ince ve nem ihtiva etmeyen kaplama kolayca tutuşabilirken, lif levha, yonga levhanın ve kontrplağın tutuşması daha uzun sürede olmaktadır. Tutuşmada önemli faktörlerden birisi de malzeme yüzeyinin hacime oranıdır. Bu oran arttıkça ahşabın tutuşma yeteneği artış göstermekte ve alev hızlı yayılmaktadır (Göker, Ayrılmış, 2003).

Tutuşma sıcaklığı ahşap malzemenin fiziksel özelliklerine, birim yoğunluğuna, anatomisine, ısı iletkenliği ile çevre şartları ile ısı kaynağının niteliğine bağlı olarak değişmektedir (Göker, Ayrılmış, 2003).

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Materyal

4.1.1. Yer fıstığı kabukları

Yonga levha üretiminde kullanılan yer fıstığı (*Arachis hypogaea*) kabukları Adana ve Osmaniye İllerinden temin edilmiştir. Yer fıstığı kabuğunun kalınlıkları, 0,1-0,5 mm, genişlikleri 2,1-7,8 mm ve uzunlukları 1,1-7,9 mm aralığında oldukları tespit edilmiştir. Orta tabaka ile yüzey tabakada kullanılan yer fıstığı kabuklarının büyüklükleri birbirlerinden farklı olup bunlar Resim 4.1 ile Resim 4.2'de verilmiştir.



Resim 4.1. Orta tabakada kullanılan yer fıstığı kabukları



Resim 4.2. Yüzey tabakalarda kullanılan yer fıstığı kabukları

4.1.2. Odun yongaları

Yongalar; % 35 Doğu Karadeniz meşesi (*Quercus Pontica*), % 45 Karaçam (*Pinus nigra*), % 10 Titrek Kavak (*Populus tremula*) ve % 10 atölye talaşı karışımından oluşmaktadır. Oluşturulan karışımda kabuk bulunmamaktadır. Yongaların kalınlıkları, 0,2-0,6 mm, genişlikleri 2,0-3,84 mm ve uzunlukları ise 2,09-10,44 mm aralığında değişmektedir. Levha üretiminde orta ve yüzey tabakalarda kullanılan yongalara ait resimler Resim 4.3 ile Resim 4.4' de verilmiştir.



Resim 4.3. Orta tabakada kullanılan odun yongaları



Resim 4.4.Yüzey tabakalarda kullanılan odun yongaları

4.1.3. Tutkallar

Üre formaldehit tutkalı

Levha üretiminde kullanılan üre formaldehit tutkalının teknik özellikleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Üre formaldehit tutkalının teknik özellikleri (POLİSAN, 2016)

Özellikler	Ortam Sıcaklığı	Birim	Değer
Görünüm Berrak	0° -40° C	----	Beyaz
Yoğunluk (δ)	20° C	g/cm^3	1,235-1,240
pH	20° C	----	7,5-8,7
Viskozite	20° C	cP	140-200
Jel zamanı	100° C	sn.	15 - 25
Serbest Formaldehit	-	%	En yüksek - 0,8
Mol Oranı	-	-	1,45-1,55
Katı Madde	-	%	55 ± 1
Depolama Süresi	20° C	gün	30
Sertleştirici olarak Amonyum Sülfat $(NH_4)_2SO_4$ katılmıştır.			

Melamin formaldehit tutkalı

Levha üretiminde kullanılan melamin formadehit tutkalının teknik özellikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Melamin formaldehit tutkalının teknik özellikleri (POLİSAN, 2016)

Özellikler	Ortam Sıcaklığı	Birim	Değer
Görünüm Berrak	0° -40° C	----	Beyaz
Yoğunluk (δ)	20° C	g/cm3	1.225 --□ 1240
pH	20° C	----	8.5 – 9,5
Viskozite	20° C	cP	100-200
Jel zamanı	70 - 110° C	sn.	70 - 110
Serbest Formaldehit	-	%	En yüksek - 0,8
Mol Oranı	-	-	1,80-1,85
Katı Madde	-	%	54 ± 1
Depolama Süresi	20° C	gün	20
Sertleştirici olarak Amonyum Sülfat $(NH_4)_2SO_4$ katılmıştır.			

Fenol formaldehit tutkalı

Levha üretiminde kullanılan fenol formaldehit tutkalının teknik özellikleri Çizelge 4.3.'de verilmiştir.

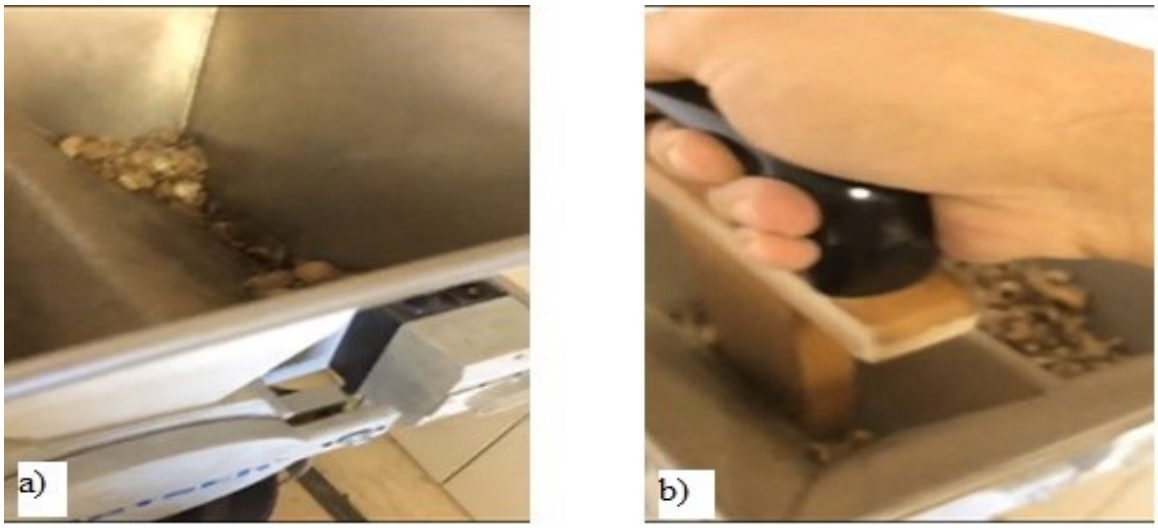
Çizelge 4.3. Fenol formaldehit tutkalının teknik özellikleri (POLİSAN, 2016)

Özellikler	Ortam Sıcaklığı	Birim	Değer
Görünüm Berrak	0° -40° C	----	Kırmızı - Kahverengi
Yoğunluk (δ)	20° C	g/cm^3	1.200 -- 1.210
pH	20° C	----	10.5 -- 13
Viskozite	20° C	cP	250--- 500
Jel zamanı	100° C	sn.	10-20
Serbest Formaldehit		----	En yüksek - 1
Mol Oranı		%	55 ± 1
Katı Madde	20° C	gün	45
Depolama Süresi	0° -40° C	----	Kırmızı Kahverengi
Sertleştirici olarak Amonyum Sülfat $(NH_4)_2SO_4$ katılmıştır.			

4.2. Metot

4.2.1. Odun yongaları ve yer fıstığı kabuklarının hazırlanışı

Levha üretiminde kullanılan yongalar Yıldız Entegre A.Ş.'nin Bolu'daki yonga levha fabrikasından sanayi tipi kurutma makinesinde % 1,4-3 rutubete kadar kurutulmuş olarak temin edilmiştir. Yüzey tabakalarda kullanılan ince yer fıstığı kabukları değirmen kullanılarak elde edilmiş olup orta tabakada kullanılan geniş yer fıstığı kabukları 5x5 mm elek kullanılarak üretilmiştir.



Resim 4.5. (a) (b) Yer fıstığı kabuğunun öğütülmesi

Orta katmanda kullanılan geniş yer fıstığı kabuklarının hazırlanışı Resim 4.6'da gösterilmiştir.



Resim 4.6. Geniş yer fıstığı kabuklarının hazırlanışı

4.2.2. Levhaların üretimi

Levhaların üretim aşamasına geçilmeden önce %50 yer fıstığı kabuğu katkısı kullanılarak numune çalışması yapılmış, bu çalışmadan alınan sağlıklı sonuçlar neticesinde levha üretimine karar verilmiştir. Yonga levhaların ortalama yoğunluk değerleri 0,65 g/cm^3 olarak tasarlanmış olup, yoğunlukların belirlenmesinde ağırlık esas alınmıştır. Levhaların kalınlığı 18 mm olup 500 mm x 500 mm ebatlarındadır. Toplamda 72 adet levha üretilmiştir. Levhaların üretim parametreleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Levha üretim değişkenleri

Levha Tipi	No	Yer Fıstığı Kabuğu Oranı (%)	Odun Yongası (%)	Tutkal Muhteviyatı (%)	Yoğunluk (g/cm^3)	Kalınlık (mm)	Boyut (mm)
L1	1	100	0	%100 UF (Y1)	0,650	18	500x500
	2	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	0,650	18	500x500
	3	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	0,650	18	500x500
L2	4	75	25	%100 UF (Y1)	0,650	18	500x500
	5	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	0,650	18	500x500
	6	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	0,650	18	500x500
L3	7	50	50	%100 UF (Y1)	0,650	18	500x500
	8	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	0,650	18	500x500
	9	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	0,650	18	500x500
L4	10	25	75	%100 UF (Y1)	0,650	18	500x500
	11	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	0,650	18	500x500
	12	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	0,650	18	500x500

Yüzey tabakaları ile orta tabakada kullanılan tutkal miktarının, tam kuru yonga ağırlığına oranı %10 olarak belirlenmiştir. Hazırlanan tutkal çözeltisine sertleştirici olarak yüzey ve orta tabaka için %1 oranında amonyum sülfat $(NH_4)_2SO_4$ katılmıştır.

Yonga levha üretiminde kullanılacak yongalar ile yer fıstığı kabuğu katkısının karıştırılarak taslak oluşturulmasında Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü Ahşap Laboratuvarında bulunan karıştırma mikseri kullanılmıştır. Miksere ait teknik özellikler Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Mikser teknik özellikleri

Kazan hacmi	125 lt
Karıştırma kapasitesi	100 lt
Motor gücü	0,6 kW
Elektrik bağlantısı	220 V
Verim (saat)	1,0 - 2,0 m^3
Ağırlık	39 kg

Tutkallama işlemi, dairesel hareket eden bir mikser içerisindeki yonga üzerine hava tabancası yardımı ile tutkal püskürtülerek gerçekleştirilmiştir. Tutkallama işleminde kullanılan mikser Resim 4.7.'de verilmiştir.



Resim 4.7. Karıştırma mikseri

Püskürtme tabancasına ait teknik özellikler Çizelge 4.6.'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Püskürtme tabancası teknik özellikleri

En yüksek çalısma basıncı	2,5 – 3 Bar
Hava tüketimi	60 lt/dk
Meme ağzı	3 mm
Boya – tutkal haznesi	8 x 0,75 üstten bağlantılı
Hava hortum bağlantısı	G ¼"

Levha taslağının hazırlanmasında 60x60x2 cm, 56x56x10 cm, 56x56x4 cm ebatlarında kılavuz şekillendirme çerçevelerinden faydalanılmıştır. Serme işlemi şekillendirme çerçevesinin içerisinde gerçekleştirilmiş olup, sırasıyla yüzey, orta ve diğer yüzey tabaka serilerek üç tabakalı levhalar üretilmiştir. Toplam pasta kalınlığı 16 cm olup levha kalınlığının %65'ini orta tabaka, %35'ini ise yüzey tabakalar oluşturmuştur. Serme işlemi, levha tabakalarını bozmadan homojen bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Serme işlemi Resim 4.8.'de verilmiştir.



Resim 4.8. a) Alt yüzey serme işlemi, b) Orta yüzey serme işlemi, c) Üst yüzey serme işlemi

Serme işleminden sonra kılavuz çerçeve çıkartılarak levha taslağına 10 N değerinde kuvvet uygulanarak ön pres yapılmıştır. Ön pres sonrasında levha taslağı nihai pres işlemine sokulmuştur. Ön pres sonrası levha taslağı Resim 4.9.'da verilmiştir.



Resim 4.9. Ön pres sonrası levha taslağı

Presleme işleminde; presleme alanı 60x60 cm olan, elektrikli hidrolik pres makinesi kullanılmıştır. Pres işlemi Resim 4.10. ile Resim 4.11'de verilmiştir.



Resim 4.10. Pres işlemi



Resim 4.11. Hidrolik pres

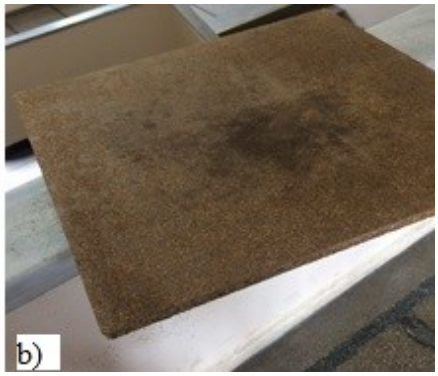
Pres değerleri; sıcaklık 165 ºC, basınç 0.25 N/mm^2, pres süresi 7 dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Presten çıkan levhalar normal oda şartlarında (20 °C ± 2 °C, %65 ± %5 nispi nem) 24 saat kadar bekletilmiştir. Pres değerleri; sıcaklık 165 ºC, basınç 0.25 N/mm^2, pres süresi 7 dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Presten çıkan levhalar normal oda şartlarında (20 °C ± 2 °C, %65 ± %5 nispi nem) 24 saat kadar bekletilmiştir.



Resim 4.12. Levhaların ortam iklimine uyumlandırılması

Ortam iklimine uyumlandırılan levhaların boyutlandırma ve zımpara işlemleri yapılmıştır.





Resim 4.13. (a) (b) Yer fıstığı kabuğu katkılı levhalar,

Yonga levha taslaklarının preslenmesi için Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü Ahşap Laboratuvarında bulunan Hürsan marka, laboratuvar presi kullanılmıştır. Prese ait teknik özellikler Çizelge 4.7.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Laboratuvar pres özellikleri

Basınç kapasitesi	100 ton – 250 Bar
Rezistans sistemi	Yaprak resiztans
Basınç piston stroku	500 mm
Sıcaklık değer aralığı	0-250 ^{o}C
Pres tabla boyutları	600 * 600 mm
İniş/kalkış sistemi	Otomatik / Manuel, 8 mm/sn. -11 mm/sn.
Pompa	24 lt

Üretilen yonga levhaların kalibre edilerek zımparalanması için Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü Ahşap Laboratuvarında bulunan kalibre zımpara makinesi kullanılmıştır. Kalibre zımpara makinesi teknik özellikleri Çizelge 4.8.'de belirtmiştir.

Çizelge 4.8. Kalibre zımpara makinesi teknik özellikleri

Band genişliği	1100 mm
İşlem yüksekliği	170 mm
Hız (zımparalama)	18 m/sn.
Hız (besleme)	6-16 m/dk.
İşlem basıncı	6 atü
Güç	17,6 kW

4.2.3. Deney örneklerinin hazırlanması ve iklimlendirilmesi

Üretimi gerçekleştirilen levhalar için yapılan testler, deney örneği sayısı ve ölçüleri Çizelge 4.9.'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Testler, deney örnekleri ölçü ve sayıları

Testin Adı	İlgili Standart	Deney Örneği Ölçüleri (mm)	Deney Örneği Sayısı
Yoğunluk	TS EN 323	50 x 50 x 18	60
Rutubet Miktarı	TS EN 322	50 x 50 x 18	60
Su İçerisinde Kalınlığına Şişme	TS EN 317	50 x 50 x 18	60
Su Emme Yüksekliği	TS 4616	200 x 15 x 18	60
Eğilme Direnci ve Eğilmede Elastikiyet Modülü	TS EN 310	410 x 50 x 18	60
Vida Tutma Direnci	TS EN 13446 TS EN 320	50 x 50 x 18	60
Yüzey Sertliği (Brinell Sertliği)	TS EN 1534	50 x 50 x 18	60
Formaldehit Emisyonu	TS EN 717-1	500 x 500 x 18	24
Yanma Özellikleri	ASTM E 160-50	76 x 76 x 13	864

Hazırlanan deney örnekleri örnekler hava kurusu rutubet değerine (% 12) getirilmesi için testleri yapılmadan önce 20 ± 2 °C sıcaklık ve % 65 ± 5 bağıl nem değerlerine göre iklimlendirme kabininde, 24 saat aralıklı ölçümlerde değişmez ağırlığa gelene kadar bekletilmiştir. İklimlendirme sonrasında hava kurusu rutubet değerine getirilen örnekler TSE Ankara Yapı Malzemeleri Laboratuvarında 20 ± 2 °C sıcaklık ve %65 ± 5 bağıl nem ortamında testleri yapılmıştır.

Deney örnekleri Resim 4.14. ile Resim 4.15.'de gösterilmiştir.



Resim 4.14. Mekanik testlere ait deney örneklerinin ölçülendirilmesi



Resim 4.15. Yanma testine ait deney örneklerinin ölçülendirilmesi

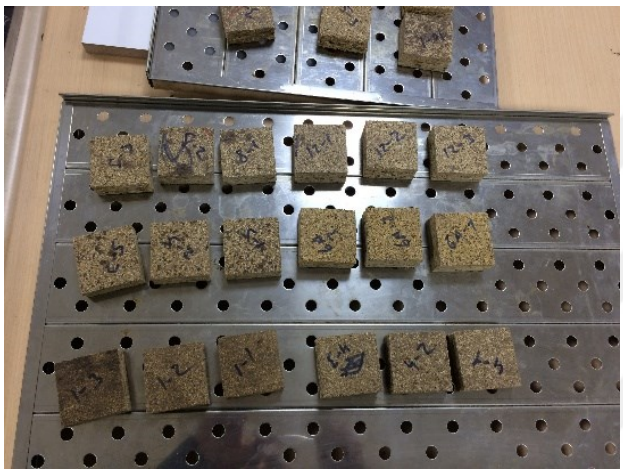
Deney örneklerinin fiziksel ve mekanik testler öncesinde hava kurusu rutubet değerine (% 12) ulaştırılmasında TSE Ankara Yapı Malzemeleri Laboratuvarında bulunan iklimlendirme kabini kullanılmıştır. İklimlendirme kabini teknik özellikleri Çizelge 4.10.'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.10. İklimlendirme kabini teknik özellikleri

Sıcaklık Aralığı:	70 ºC ile 150 ºC
Nem Aralığı	% 10 - 98 RH
Doğruluk	± 0,5 ºC; %1,5 nem
Hız (ısıtma)	3 ºC
Hız (soğutma)	3 ºC
Güç kaynağı	3 fazlı 380Vac

4.2.4. Yoğunluğun belirlenmesi

Örneklerin yoğunlukları TS EN 323 (1999) esaslarına göre belirlenmiştir. Her düzeydeki levhadan alınan toplam 60 adet numune, sıcaklık % 65 ± 5 bağıl nem ve 20 ± 2 °C değerine sahip iklimlendirme kabininde kütleleri değişmez oluncaya kadar bekletilmiştir. Kütle ölçümleri 24 saat aralıklarla 0,01g hassasiyette terazi ile yapılmış, son iki ölçümdeki kütle farkının deney parçası kütlesinin % 0,1'inden fazla olmaması durumundaki kütle değerleri değişmez kütle olarak kabul edilmiştir.



Resim 4.16. Fiziksel testlere ait deney örnekleri

Yoğunluk değerleri 4.1 nolu eşitlik ile hesaplanmıştır. (4.1)

$$\delta = \frac{m}{V}$$

δ = Yoğunluk (g/cm^3)

V = Deney örneği hacmi (cm^3)

m = Deney örneği ağırlığı (g)

Yoğunluk, yonga levhanın fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Yonga levha yoğunluğun artması ile kalınlığına şişme ve boyut stabilitesi hariç olmak üzere birçok özelliğinde iyileşmeler olduğu tespit edilmiştir. (Bozkurt ve Göker, 1990).

Deney örnekleri kütlelerinin ölçümünde Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü Ahşap Laboratuvarında bulunan hassas terazi kullanılmıştır. Hassas teraziye ait teknik özellikler Çizelge 4.11.' de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Hassas terazi teknik özellikler

Kapasite	220 g
Hassasiyet	0,001 g
Kefe çapı	85 mm
Kalibrasyon	Dahili
Stabilizasyon süresi	3,5 sn.

4.2.5. Rutubet miktarının belirlenmesi

Rutubet miktarının belirlenmesinde TS-EN 322 (1999) standardında belirlenen esaslara göre yapılmıştır. Levhanın rutubet miktarı, her bir levha grubu için 10 adet olmak üzere, toplamda 100 adet, standarda uygun olarak 50 x 50 x 18 mm boyutlarda hazırlanan deney örnekleri üzerinden belirlenmiştir. Deney örnekleri ± 0,01 g duyarlıkta terazi ile tartılmış, etüve konulmuş ve 103 ± 2 °C' de değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kurutulmuştur. 6 saat ara ile yapılan tartımlarda, birbirini izleyen iki tartım arasındaki ağırlık farkının, deney parçası ağırlıklarının 0,01'inden fazla olmaması durumuna geldiğinde, bu ağırlık değişmez ağırlık olarak kabul edilmiştir.

Rutubet miktarının belirlenmesi için etüve yerleştirilen deney örnekleri resim 4.17.'de gösterilmektedir.



Resim 4.17. Etüve yerleştirilen deney örnekleri

Sonrasında deney örnekleri kurutma fırınından çıkarılarak desikatör içinde soğutulmuş ve 0,01 g duyarlılıkta terazi ile tartılmıştır. Değerler 4.2 nolu eşitlikte yerine konarak deney örneklerinin rutubet miktarları bulunmuştur.

$$r = \frac{\mathrm{Mr-Mo}}{Mo} \quad (4.2)$$

Burada;

r = Rutubet miktarı (%)

M_r = Rutubetli deney örneği ağırlığı (g)

M_o = Tam kuru haldeki deney örneği ağırlığı (g)

Üretimi gerçekleştirilen yonga levhaların rutubet ile yoğunluklarının tespiti için deney örneklerinin tam kuru hale getirmesinde TSE Ankara Yapı Malzemeleri Laboratuvarında bulunan etüv kullanılmıştır. Etüve ait teknik özellikler Çizelge 4.12.'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Etüv teknik özellikleri

Sıcaklık aralığı	0-250 ºC
Homojen ısı dağılımı	± 5 ºC
Çalışma hassasiyeti	± 1 ºC
Termostat cinsi	Sıvı genleşmeli mekanik termostat
İç gövde malzemesi	Paslanmaz çelik saç
Raf sayısı	2

Levhalar kullanım yerine göre değişik hava şartlarına maruz kalabilmektedir. İç veya dış ortamda kullanılacak levhalarda, rutubet değişimleri levhanın performans özelliklerini direkt etkilemektedir.

4.2.6. Su içerisinde kalınlığına şişme miktarının belirlenmesi

Su içerisinde kalınlığına şişme miktarının belirlenmesi için TS-EN 317 (1999)' da belirtilen esaslara uygun olarak 60 adet örnek hazırlanmıştır. Kuru haldeki deney örneklerinin tam ortasından ± 0,01 mm duyarlılıkta dijital kumpas ile ölçüm yapılmıştır. Daha sonra deney örnekleri 20 ± 2 °C sıcaklıkta saf suda 2 saat ve 24 saat süre ile su yüzeyinden 25 mm aşağıda tutulmuştur. 2 saat ve 24 saat sonra sudan çıkarılan deney örneklerinin fazla suları bir bezle kurulanmış ve kalınlıklar ilk ölçüm noktasından tekrar ölçülmüştür. Ölçümlere ilişkin deney örnekleri Resim 4.18'de gösterilmiştir.



Resim 4.18. Su içerisinde kalınlığına şişme testi için yerleştirilen deney örnekleri

Kalınlığına şişme 4.3 nolu eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$K = \frac{My-Ek}{Ek} \quad (4.3)$$

Olarak hesaplanmıştır. Burada;

K = Su içerisinde kalınlığına şişme (%)
M_y = Suda bekletilen deney örneklerinin kalınlığı (mm)
E_k = Klimatize edilmiş durumdaki deney örneklerinin kalınlığı (mm)

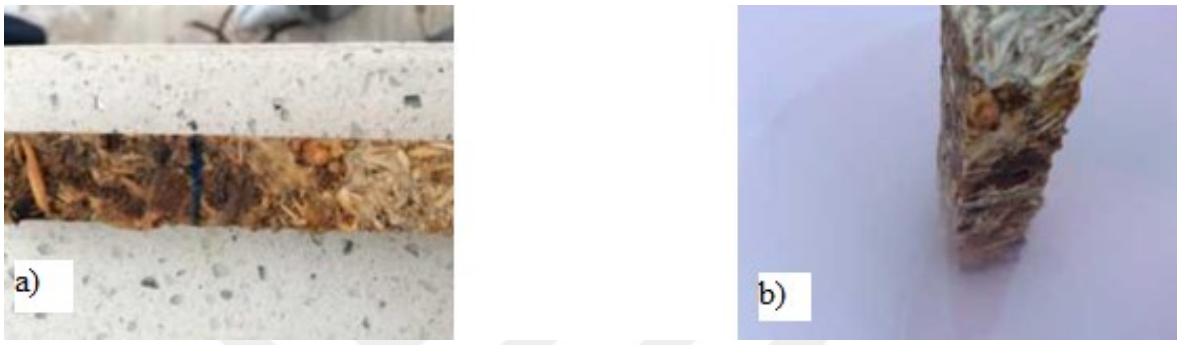
Su içerisinde kalınlığına şişme testi ile levhanın kullanım yerinde su içerisinde kalması sonucu oluşacak deformasyon miktarı tespit edilmektedir. Böylece levhanın kullanım şartlarına uygunluğu belirlenmiş olmaktadır.

4.2.7. Su emme yüksekliğinin belirlenmesi

Su emme testi TS 4616 esaslarına göre gerçekleştirilmiştir. Buna göre 200x15x18 (mm) ölçülerindeki deney örnekleri deterjanlı su kabına, 5 cm kadarı su içinde kalacak şekilde daldırılarak, su yüzeyi deney örnekleri üzerine işaretlenmiştir. Deney düzeneği, hareket

ettirilmeden oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Sürenin sonunda suyun, deney parçalarına nüfuz ederek yükseldiği en üst seviye, kesit yüzeylerinde işaretlenerek, daha önce işaretlenen su yüzeyi ile deney sonunda işaretlenen nüfuz yüksekliği arasındaki fark ölçülmüştür.

Su emme yüksekliğinin belirlenmesine ilişkin resimler Resim 4.19.'da gösterilmiştir.



Resim 4.19. (a) (b) Su emme yüksekliğinin belirlenmesi

Su emme testi ile levhaların su alma davranışları incelenmektedir. Su ile temas edebilecek ortamlarda kullanılacak levhaların istenilen performans özellikleri sağladığının anlaşılabilmesi için su emme yüksekliğinin belirlenmesi testi uygulanmaktadır.

4.2.8. Eğilme direnci & elastikiyet modülünün belirlenmesi

Eğilme direnci ile eğilmede elastikiyet modülünün belirlenmesi için TS EN 310'da belirtilen esaslara uyulmuştur. Deney örnekleri, 410 x 50 x 18 mm ölçülerinde, her bir gruptan 5 adet olmak üzere, toplamda 60 adet deney örneği hazırlanmıştır. Destek açıklıkları (L1) kalınlığın 20 katı, deney örneklerinin uzunlukları (L2) ise, L1 + 50 mm olarak alınmıştır. Deneylerde kullanılan desteklerin çapı 15 ± 0.5 mm, yüklemenin yapıldığı başlığın çapı ise 30 ± 0.5 mm'dir. Deney parçası boyuna ekseni desteklerin düşey eksenine dik olacak şekilde destekler üzerine düz olarak yerleştirilmiştir. Böylece deney parçasının enine ekseni ile kuvvet uygulama başlığının düşey ekseni aynı düzlemde olmuştur. Deneylerde kuvvet, parçanın tam ortasından sabit hızla ve deney cihazının yükleme hızı 2 mm/ dk. olacak şekilde ayarlanmıştır. Eğilme, deney parçasının ortasından (yükleme başlığı altından) 0.1 mm hassasiyetle ölçülmüş ve ölçüm sırasında uygulanan statik yükün değeri de 0,1 g hassasiyetle ölçülerek, yük/sehim diyagramı çizilmiştir.

Kırılma anındaki maksimum yük (F_{max}) için, eğilme direnci (e) aşağıda yer alan eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$\partial e = \frac{3*Fmax*L1}{2*b*h2} \quad (4.4)$$

Burada;

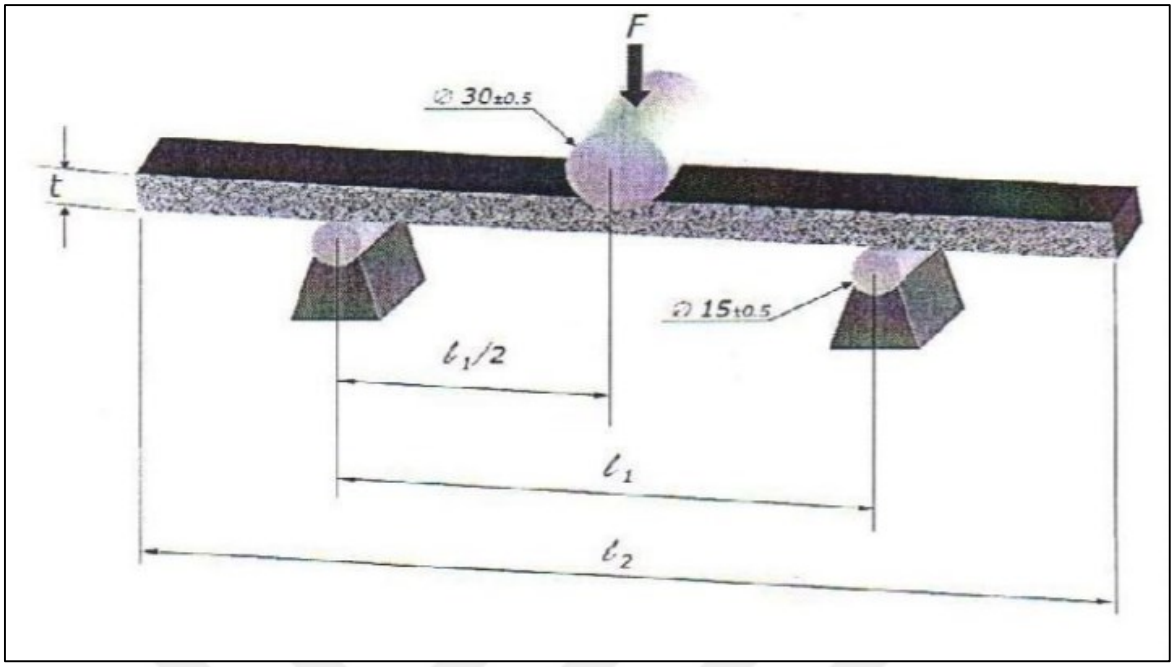
∂e = Eğilme direnci (N/mm^2)
F_{max} = Kırılma anındaki maksimum yük (N)
L_1 = Destekler arası açıklık (mm)
b = Deney parçası genişliği (mm)
h =Deney parçası kalınlığıdır (mm)

Eğilme deneylerinde, TS EN 310 esaslarına göre eğilmede elastikiyet modülü değerleri de hesaplanmıştır. Elastikiyet modülü (E), aşağıda yer alan eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$E = \frac{L_1^3}{4*b*h^3} * \frac{\Delta F}{\Delta f} \quad (4.5)$$

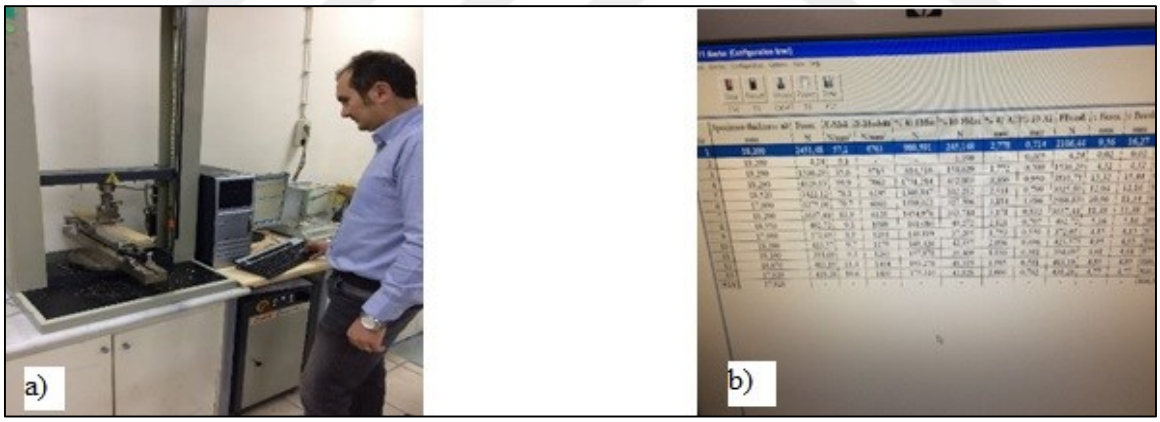
Burada;

E = Elastikiyet modülü (N/mm^2)
L1 = Destek açıklıkları (mm)
b = Deney parçası genişliği (mm)
h = Deney parçası kalınlığı (mm)
ΔF = Yük-sehim diyagramı oranlılık bölgesindeki yük artışı (F2-F1) (N)
Δf =Kuvvet artışları nedeniyle deney parçası uzunluğunun ortasında meydana gelen sehim artışıdır (mm)



Şekil 4.1. Eğilme direnci deney düzeneği (Güler, 2015)

Ölçümlere ilişkin resimler Resim 4.20’ de gösterilmiştir.



Resim 4.20. (a) (b) Eğilme direnci deneyi

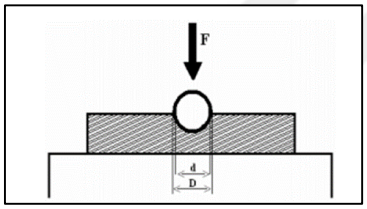
Levhaların mekanik testleri (eğilme, elastikiyet, vida çekme direnci) TSE Ankara Yapı Malzemeleri Laboratuvarında bulunan üniversal test cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üniversal test cihazı teknik özellikleri Çizelge 4.13.’de belirtilmiştir.

Çizelge 4.13. Üniversal test cihazı teknik özellikleri

Yükleme hızı	0,01 - 15 kN/sn
Yükleme kapasitesi	5 ton
Hassasiyet	0,01 mm/dk - 0,01 kN/s
Üst test mesafesi	1195 mm
Alt test mesafesi	1100 mm
Güç kaynağı	115/230V, AC, ±% 10, 50-60 Hz.
Gerçekleştirilen testler	Çekme, basma, makaslama, eğilme, sertlik, burkulma

4.2.9. Brinell sertliğinin belirlenmesi

Sertlik, ağaç malzeme içerisine girmeye çalışan herhangi bir cisme karşı koyma gücüdür. Brinell sertlik deneyleri 50x50x18 mm boyutlarında 60 adet hazırlanan örneklerle ve TS 1534 esaslarına göre yapılmıştır. Brinell sertlik testinin prensibi Şekil 4.2.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Brinell sertlik deneyi

50x50x18 mm deney parçasının orta noktasından 10 mm çapındaki küre ile 50 kgf uygulanacak şekilde makineye yerleştirilmiştir. Maksimum kuvvete 15 saniyede ulaşacak şekilde hız ayarlanmış ve bu kuvvet etkisinde 30 saniye beklenmiştir. Çukur çapları, kumpas ile ±0,01 mm duyarlılıkta ölçülerek, Brinell sertlik değeri 4.6 nolu eşitliğe göre belirlenmiştir.

$$HB = \frac{2F}{g*\pi*D[D-\sqrt{D^2-d^2}}} \quad (4.6)$$

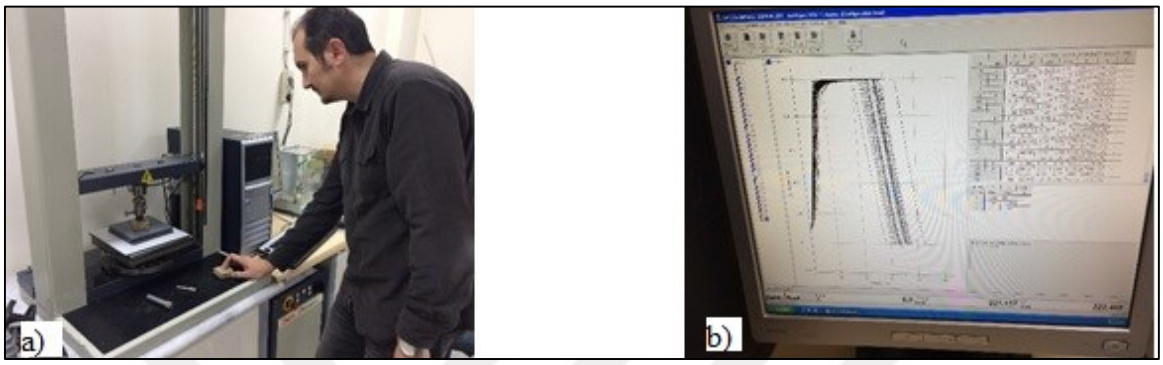
Bu eşitlikte;

F = Uygulanan kuvvet (N)
D = Brinell sertlik küresinin çapı (mm)

d = Numune yüzeyi çukur çapı (mm)

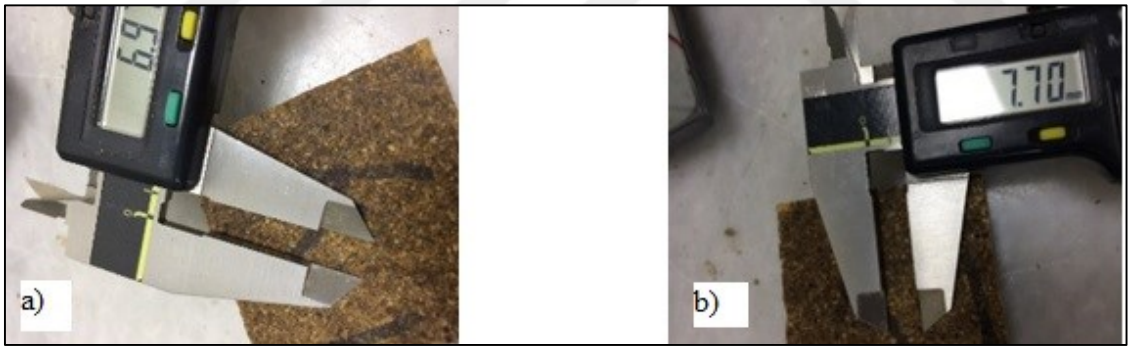
g = Yer çekimi ivmesi (m^2/sn)

Brinell deneyinin yapılmasına ilişkin görseller Resim 4.21' de gösterilmiştir.



Resim 4.21.(a) (b) Brinell deneyinin yapılışı

Brinell sertlik değerinin hesaplanmasına ilişkin görseller Resim 4.22.'de gösterilmiştir.

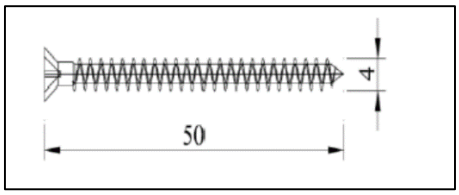


Resim 4.1. (a) (b) Brinell sertliği ölçümü

4.2.10. Vida tutma direncinin belirlenmesi

Vida tutma kabiliyetinin belirlenmesi amacıyla TS EN 13446 ve TS EN 320'de belirlenen esaslara göre çekme testi uygulanmıştır. Deney parçaları her bir gruptan 5 adet toplamda 60 adet 50 x 50 x 18 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Parçalar %65 ± 5 bağıl nem ve 20 ± 2 °C sıcaklık şartlarındaki iklimlendirme kabininde, değişmez ağırlığa ulaşıncaya kadar kondisyonlanmıştır. Deneylerde 4x50 mm ölçüsünde düşük karbon çelikli vidalar kullanılmıştır.

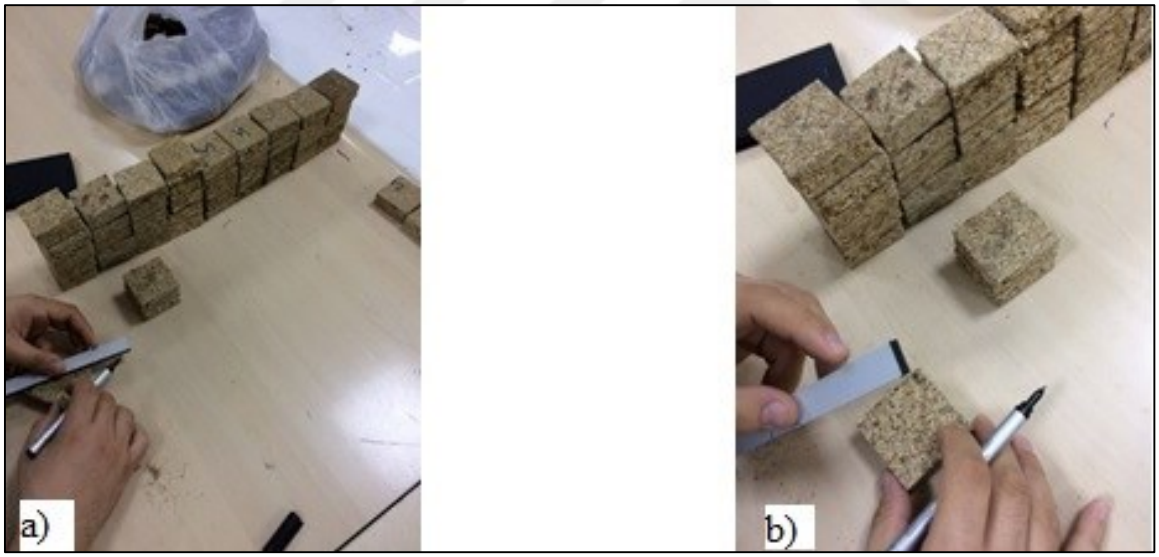
Testlerde kullanılan vida ölçüleri (mm) aşağıda Şekil 4.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Vida ölçüleri

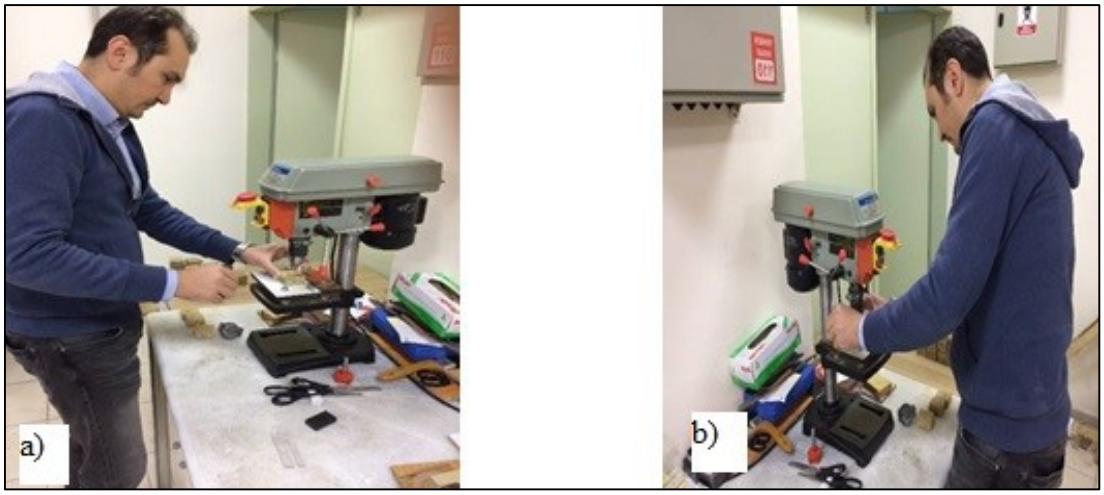
Vidalama işlemi öncesinde levhalara vida diş dibi çapı kadar delik açılmış olup, vida dişlerinin çevresel olarak buraya oturması sağlanmıştır. Deney örneklerinde hem yüzeye, hem de kenarlara vida diş dibi çapında (2,7 mm) pilot delikleri açılarak vidalama işlemi yapılmıştır.

Merkezleme işlemi Resim 4.22.'de gösterilmiştir.



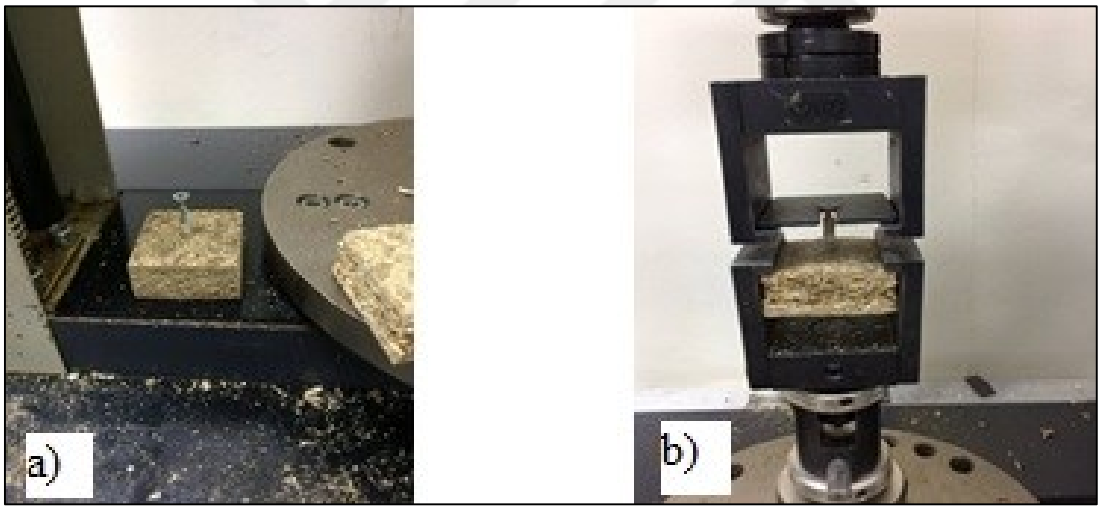
Resim 4.22. (a) (b) Merkezleme işlemi yapılan deney parçaları

Pilot deliklerinin açılma işlemi Resim 4.23.'de gösterilmiştir.



Resim 4.23. (a) (b) Pilot deliklerinin açılması

Vidalama işlemi Resim 4.24.'de gösterilmiştir.



Resim 4.24. Vidalama yapılan deney parçaları

$$f = \frac{\mathrm{Fmax}}{d * lp} \tag{4.7}$$

Bu eşitlikte;

f = Vida tutma direnci (N/mm^2)

F_{max} = Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

d = Vida çapı (mm)

l_p = levhaya girme mesafesi (mm)'dir.

4.2.11. Formaldehit emisyon değerinin belirlenmesi

Üretilen levhaların formaldehit emisyon miktarları TS EN 717-1 esaslarına göre belirlenmiştir. İlgili standart; yaşanılan ortam ile aynı iklim şartlarına sahip bir kabin içerisindeki ortamın denge durumu konsantrasyonu karşılaştırarak, formaldehit tutkalı kullanılarak üretilen levhaların emisyon tayini için kullanılan oda metodu deneyini kapsamaktadır.

Formaldehit emisyonu Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü Ahşap Laboratuvarında bulunan ve fotoiyonize teknolojisi ile çalışan Multi-RAE lite PGM 6208 formaldehit dedektörü ve deney örneklerinin belirli bir sıcaklık ve rutubet altında kalmasına imkan veren test kabininde gerçekleştirilmiştir.

Emisyon ölçümlerine ilişkin görseller, Resim 4.25 ile Resim 4.26' da gösterilmektedir.



Resim 4.25. Emisyon ölçüm kabini



Resim 4.26. Emisyon gaz dedektörü

Formaldehit emisyon miktarı cihazdan okunarak kaydedilmiştir.

4.2.12. Yanma özelliklerinin belirlenmesi

Ahşap malzemenin yanma özelliklerinin belirlenmesinde ASTM-E 160-50 esaslarına uyulmuştur. Buna göre; yanma deneyi öncesi her örnek grubu tartılarak aletteki tel sehpaya istiflenmiştir. Her katta bulunan örnekler alt ve üstündeki katlarda bulunanlara dikey konumda yerleştirilmiştir. Altta bulunan Maker tipi çıkış ağzından alev yüksekliği cihaz boşken 25±1.3 cm, manometredeki gaz basıncı ise 0.5 kg/cm² olmak üzere sabit tutulmuştur. Gaz yandığında termokupulun monte edildiği baca kısmında 215±8°C sıcaklık oluşacak şekilde sürekli kontrol edilmiştir. Alev kaynağı istifin altına merkezlenerek 3 dakika süreyle alev kaynaklı yanma (AKY) sürdürülmüştür. Alev kaynağının söndürülmesini takiben, kendi kendine yanma (KKY) ve kor halinde yanma aşamaları gerçekleştirilmiştir.

Yanma aşamalarında ölçümler sırasıyla 15sn, 30sn ve 30sn sürelerde yapılarak sıcaklık değişimleri (°C) termometreden belirlenmiştir. Ayrıca bacaya yerleştirilen Sigma Baca Gazı Analizörü ile CO2 (ppm) ve NO (ppm) gazları ölçümü yapılmıştır. Yanma işlemine ait görseller Resim 4.27. ile 4.28.'de görülmektedir.

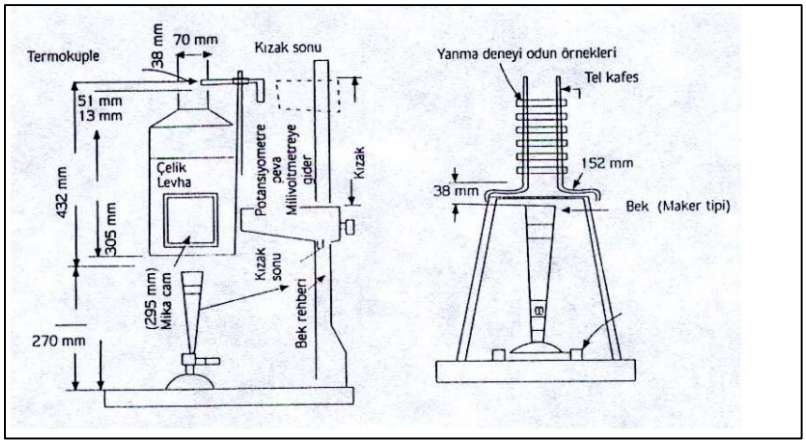


Resim 4. 27. Yanma deney düzeneğine parçaların yerleştirilmesi



Resim 4.28. Yanma deneyinin gerçekleştirilmesi

Deney örneklerinin yanma direncinin belirlenmesinde Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü Ahşap Laboratuvarında bulunan yanma düzeneği kullanılmıştır. Yanma düzeneğine ait teknik özellikler Şekil 4.4.'de verilmiştir.



Şekil 4.4. ASTM E 160-50 deney düzeneği (ASTM E 160-50, 1975; Örs, 2002)

4.2.13. Verilerin değerlendirilmesi

Çalışmada, yer fıstığı kabuğu katkı oranı, tutkal çeşidi ile muhteviyatının levhanın bazı teknolojik özelliklerine; yoğunluk, su içerisinde kalınlığına şişme, su emme yüksekliği, eğilme ve elastikiyet modülü, rutubet miktarı, brinell sertliği, yüzeyde vida tutma direnci, formaldehit emisyonu, yanma özelliklerine olan etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu etkinin araştırılmasında yer fıstığı kabuğu katkı oranı, tutkal çeşidi ile muhteviyatı bağımsız değişkenler, fiziksel, mekanik özellikler, formaldehit emisyonu ile yanma özellikleri de bağımlı değişkenler olarak dikkate alınmıştır. Verilere, MSTAT-C istatistiksel değerlendirme programında, çoklu varyans analizleri (Anova) uygulanmış ve gruplar arası fark önemli çıktığında, Duncan testi ile ortalama değerler arasındaki fark karşılaştırılmıştır. Böylece, denemeye alınan faktörlerin birbirleri arasındaki başarı sıralamaları, en küçük önemli fark (lsd) kritik değerine göre homojenlik gruplarına ayrılarak belirlenmiştir.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Fiziksel Özellikler

5.1.1. Hava kurusu yoğunluk değerleri

Ahşap esaslı yapı malzemesinde yoğunluk o malzemenin öz yükünün göstergesidir. Levhalarda yoğunluğun çok yüksek olması imalatçı tarafından istenilmeyen bir durumdur.

Deney örneklerinin hava kurusu yoğunluklarına ait istatistiksel değerler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Örneklerin kava kurusu yoğunluklarına ait istatistiksel değerler (g/cm³)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{max}	$X_{ort.}$	Sd.
L1	100	0	%100 UF (Y1)	5	0,641	0,682	0,662	10,41
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	5	0,651	0,693	0,672	21,68
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	5	0,636	0,677	0,656	13,66
L2	75	25	%100 UF (Y1)	5	0,705	0,746	0,725	9,89
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	5	0,651	0,692	0,671	15,67
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	5	0,676	0,717	0,697	34,08
L3	50	50	%100 UF (Y1)	5	0,660	0,701	0,681	28,23
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	5	0,690	0,731	0,710	19,07
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	5	0,682	0,724	0,703	26,39
L4	25	75	%100 UF (Y1)	5	0,700	0,742	0,721	8,21
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	5	0,674	0,715	0,695	32,39
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	5	0,680	0,722	0,701	32,18

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{mak}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer, S_d: Standart Sapma

Buna göre; hava kurusu yoğunluk (g/cm^3) ortalama değerleri en yüksek L4+Y3'de (0,721), en düşük L1+Y1'de (0,662) bulunmuştur.

5.1.2. Rutubet miktarı

Deney örneklerinin rutubet miktarına ait istatistiksel değerler Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Rutubet miktarına ait istatistiksel değerler (%)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{max}	$X_{ort.}$	$S_{d.}$
L1	100	0	%100 UF (Y1)	5	7,39	7,85	7,62	0,11
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	5	6,65	7,11	6,88	0,15
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	5	6,15	6,61	6,38	0,13
L2	75	25	%100 UF (Y1)	5	7,31	7,77	7,54	0,47
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	5	6,55	7,01	6,78	0,19
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	5	6,29	6,75	6,52	0,04
L3	50	50	%100 UF (Y1)	5	7,11	7,57	7,34	0,36
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	5	6,41	6,87	6,64	0,22
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	5	6,09	6,55	6,32	0,29
L4	25	75	%100 UF (Y1)	5	7,03	7,49	7,26	0,36
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	5	6,13	6,59	6,36	0,30
	25	75	%100UF+%5FF (Y3)	5	5,73	6,19	5,96	0,09

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{mak}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer, S_d: Standart Sapma

Ahşap malzemede çevreden fazla miktarda rutubet çekmesi istenilmeyen bir durumdur. Ahşap malzemenin çevresinden az miktarda rutubet alması uygun olarak değerlendirilmekte olup, bu durum yapısal bir özellik teşkil etmektedir.

Buna göre; ortalama rutubet miktarı (%) en yüksek L1+Y1'de (7,62), en düşük L4+Y3'de (5,96) ölçülmüştür.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin, rutubet miktarı etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi Çizelge 5.3.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Levha tipi, tutkal çeşidinin rutubet miktarı etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	α<0.05
Levha tipi (A)	1,844	3	0,615	9,220	0,000
Tutkal çeşidi (B)	13,657	2	6,829	102,428	0,000
A x B	,199	6	0,033	0,498	0,807
Hata	3,200	48	0,067		
Toplam	2793,300	60			

Rutubet miktarında en çok tutkal çeşidinin, sonrasında levha tipinin etkisinin olduğu Çizelge 5.3.'de görülmektedir.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin rutubet miktarına etkileri istatiksel anlamda önemli, ikili etkileşimleri önemsiz bulunmuştur (α =0,05). Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

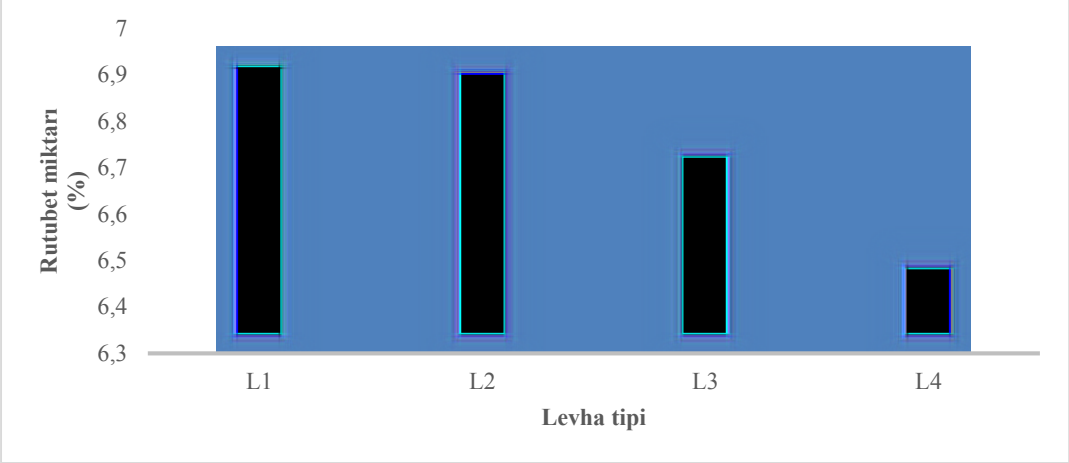
Levha tipine göre rutubet miktarları Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Levha tipine göre rutubet miktarları (%)

Levha tipi	X	HG*
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	6,960	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	6,947	A
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	6,767	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	6,527	C

*LSD = ± %0,177

Buna göre; rutubet miktarı, (%) en yüksek L1'de (6,960), en düşük L4'de (6,527) olarak tespit edilmiştir. Levha tipine göre rutubet miktarı değişmeleri Şekil 5.1.'de gösterilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.1. Levha tipine göre rutubet miktarı değişmeleri

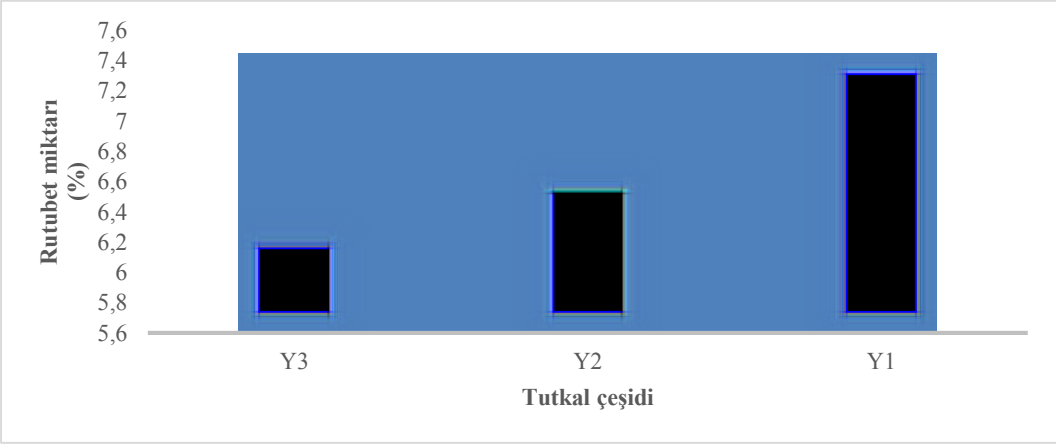
Tutkal çeşidine göre rutubet miktarları Çizelge 5.5'de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Tutkal çeşidine göre rutubet miktarı değerleri (%)

Tutkal Çeşidi	X	HG*
%100UF (Y1)	7,440	A
%95UF+%5MF (Y2)	6,665	B
%95UF+%5FF (Y3)	6,295	C

*LSD = ± %0,301

Buna göre; rutubet miktarı, (%) en yüksek Y1'de (7,440), en düşük Y3'de (6,295) olarak tespit edilmiştir. Tutkal çeşidine göre rutubet miktarı değişmeleri Şekil 5.2.'de verilmiştir.



Y1=%100UF, Y2=%95UF+%5MF, Y3=%95UF+%5FF

Şekil 5.2. Tutkal çeşidine göre rutubet miktarı değişmeleri

5.1.3. Su içerisinde kalınlığına şişme miktarı

Ahşap esaslı yapı levhalarda su içerisinde tutulması halinde bünyesine çok su alıp kalınlığına şişmesinin fazla olması istenilmeyen bir durumdur. Levhanın az miktarda su alması veya hiç almaması daha uygun olarak değerlendirilmektedir.

2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı

Deney örneklerinin 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı istatistiksel değerleri Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6. Deney örneklerinin 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarlarına ilişkin istatistiksel değerler (%)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{max}	$X_{ort.}$	$S_{d.}$
L1	100	0	%100 UF (Y1)	5	12,71	12,77	12,74	0,05
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	5	11,97	12,03	12,00	0,00
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	5	11,07	11,13	11,10	0,00
L2	75	25	%100 UF (Y1)	5	12,17	12,23	12,20	0,00
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	5	11,57	11,63	11,60	0,00
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	5	10,25	10,31	10,28	0,04
L3	50	50	%100 UF (Y1)	5	11,97	12,03	12,00	0,00
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	5	11,33	11,39	11,36	0,05
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	5	9,97	10,03	10,00	0,00
L4	25	75	%100 UF (Y1)	5	11,87	11,93	11,90	0,00
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	5	11,37	11,43	11,40	0,00
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	5	9,59	9,65	9,62	0,04

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{mak}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer, S_d: Standart Sapma

Buna göre; 2 saat su içerisinde ortalama kalınlığına şişme miktarları (%) en yüksek L1+Y1' de (12,74), en düşük L4+Y3' de (9,62) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ile tutkal çeşidinin 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi Çizelge 5.7.'de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Levha tipi ile tutkal çeşidinin 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	α<0.05
Levha tipi (A)	8,263	3	2,754	3305,333	0,000
Tutkal çeşidi (B)	40,144	2	20,072	24086,400	0,000
A * B	1,043	6	0,174	208,533	0,000
Hata	0,040	48	0,001		
Toplam	7778,840	60			

2 saat su içerisinde kalınlığına şişmesine en çok tutkal çeşidinin, sonrasında levha tipinin ve en düşük ise ikili etkileşimin etkisinin olduğu Çizelge 5.7.'de görülmektedir.

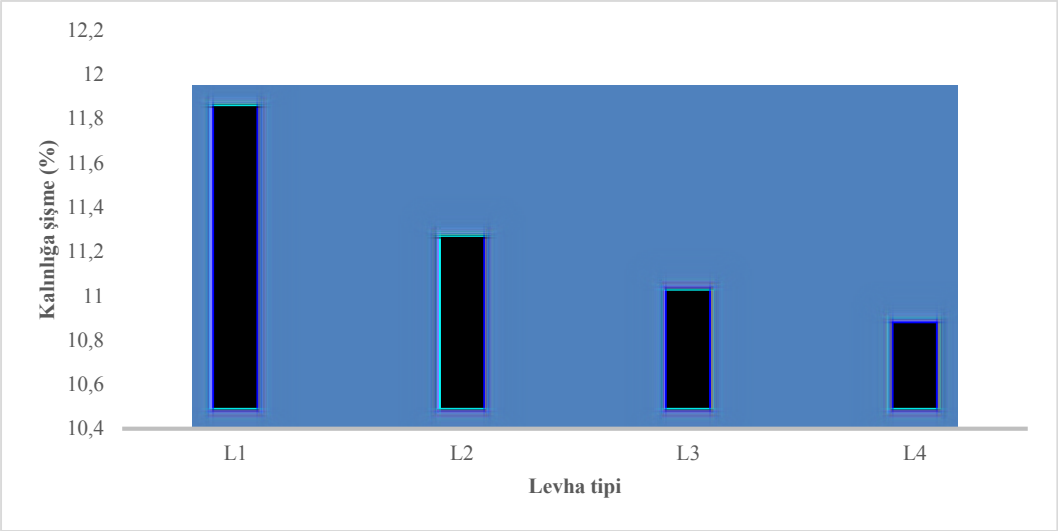
Levha tipi, tutkal çeşidinin 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarına etkileri istatiksel anlamda önemli bulunmuştur (α=0,05). Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır. Levha tipine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları Çizelge 5.8.'de verilmiştir.

Çizelge 5.8. Levha tipine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları (%)

Levha Tipi	X	HG*
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	11,947	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	11,360	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	11,120	C
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	10,973	D

*LSD = ± %0,132

Buna göre; 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı, (%) en yüksek L1'de (11,947), en düşük L4' de (10,973) olarak tespit edilmiştir. Levha tipine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri Şekil 5.3.'de verilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.3. Levha tipine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme değişmeleri

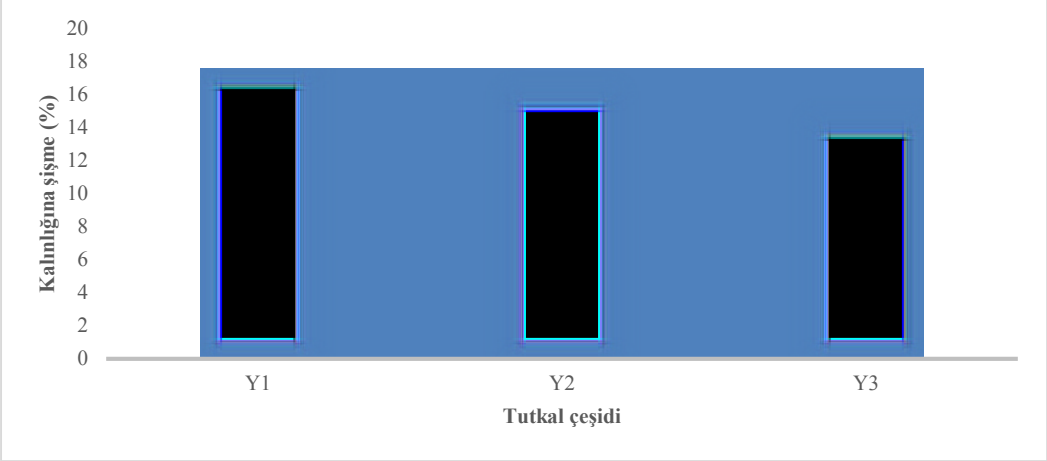
Tutkal çeşidine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı Çizelge 5.9.'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Tutkal çeşidine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri (%)

Tutkal Çeşidi	X	HG*
%100UF (Y1)	12,210	A
%95UF+%5MF (Y2)	11,590	B
%95UF+%5FF (Y3)	10,250	C

*LSD= ± %0,587

Buna göre; 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı, (%) en yüksek Y1'de (12,210), en düşük Y3'de (10,250) olarak tespit edilmiştir. Tutkal çeşidine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri Şekil 5.4.'de verilmiştir.



Y1=%100UF, Y2=%95UF+%5MF, Y3=%95UF+%5FF

Şekil 5.4. Tutkal çeşidine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri

Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları Çizelge 5.10' da verilmiştir.

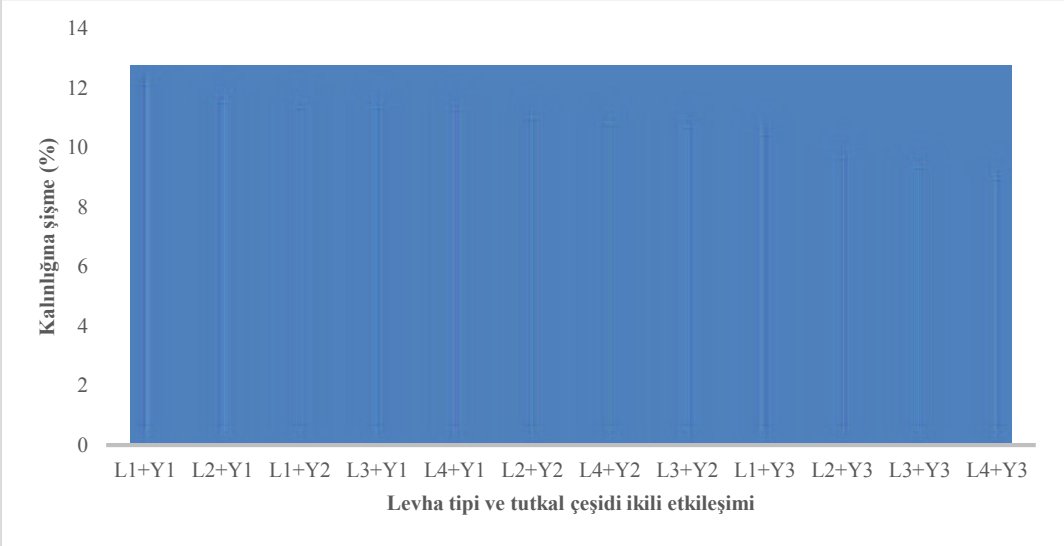
Çizelge 5.10. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları (%)

Levha Tipi	Tutkal çeşidi	X	HG*
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%100UF (Y1)	12,74	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%100UF (Y1)	12,2	B
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5MF (Y2)	12	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%100UF (Y1)	12	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%100UF (Y1)	11,9	BC
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5MF (Y2)	11,6	D
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5MF (Y2)	11,4	D
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5MF (Y2)	11,36	D
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (LI)	%95UF+%5FF (Y3)	11,1	DE
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5FF (Y3)	10,28	F
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5FF (Y3)	10	F
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5FF (Y3)	9,62	G

*LSD= ± %0,292

Bu göre; 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı (%) en yüksek L1+Y1'de (12,74), en düşük L4+Y3'de (9,62) olarak tespit edilmiştir.

Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminin 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri Şekil 5.5'de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşiminin 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri

24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı

Deney örneklerinin 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı istatistiksel değerleri Çizelge 5.11.'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı istatistiksel değerleri (%)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{maks}	$X_{ort.}$	$S_{d.}$
L1	100	0	%100 UF (Y1)	5	18,12	18,16	18,14	0,05
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	5	17,38	17,42	17,40	0,00
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	5	15,98	16,02	16,00	0,00
L2	75	25	%100 UF (Y1)	5	17,58	17,62	17,60	0,00
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	5	15,98	16,02	16,00	0,00
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	5	14,50	14,54	14,52	0,04
L3	50	50	%100 UF (Y1)	5	17,38	17,42	17,40	0,00
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	5	15,78	15,82	15,80	0,00
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	5	13,88	13,92	13,90	0,00
L4	25	75	%100 UF (Y1)	5	16,98	17,02	17,00	0,00
	25	75	%100 UF (Y1)	5	15,68	15,72	15,70	0,00
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	5	13,68	13,72	13,70	0,00

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{maks}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer S_d: Standart Sapma

Buna göre; 24 saat su içerisinde kalınlığına ortalama şişme miktarı (%) en yüksek L1+Y1'de (18,14), en düşük L4+Y3'de (13,70) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ve tutkal çeşidine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarlarına ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.12'de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Levha tipi ve tutkal çeşidine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarlarına ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	α <0.05
Levha tipi (A)	25,966	3	8,655	20772,800	0,000
Tutkal çeşidi (B)	90,794	2	45,397	108953,200	0,000
A * B	3,079	6	0,513	1231,600	0,000
Hata	0,020	48	0,000		
Toplam	15666,020	60			

24 saat su içerisinde kalınlığına şişmesine en çok tutkal çeşidinin, sonrasında levha tipinin ve en düşük ise ikili etkileşimin etkisinin olduğu Çizelge 5.12'de görülmektedir.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı etkileri istatiksel anlamda önemli bulunmuştur (α=0,05). Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

Levha tiplerine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları Çizelge 5.13'de verilmiştir.

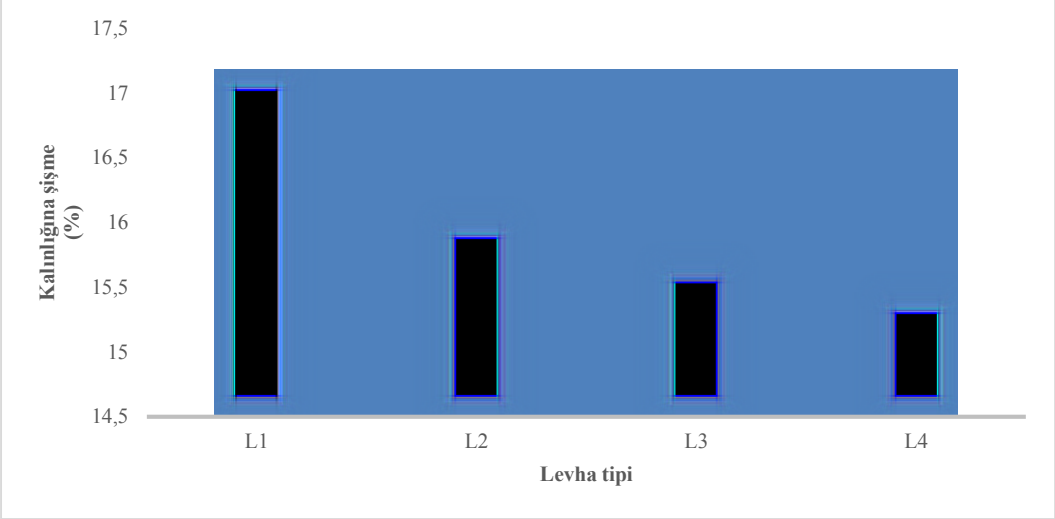
Çizelge 5.13. Levha tiplerine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları (%)

Levha tipi	X	HG*
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	17,18	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	16,04	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	15,70	C
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	15,46	D

*LSD = ± %0,218

Buna göre; 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı (%), en yüksek L1' de (17,18), en düşük (15,46) olarak tespit edilmiştir.

Levha tipine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri Şekil 5.6.'da gösterilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.6. Levha tipine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri

Tutkal çeşidine göre, 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme değerleri Çizelge 5.14'de verilmiştir.

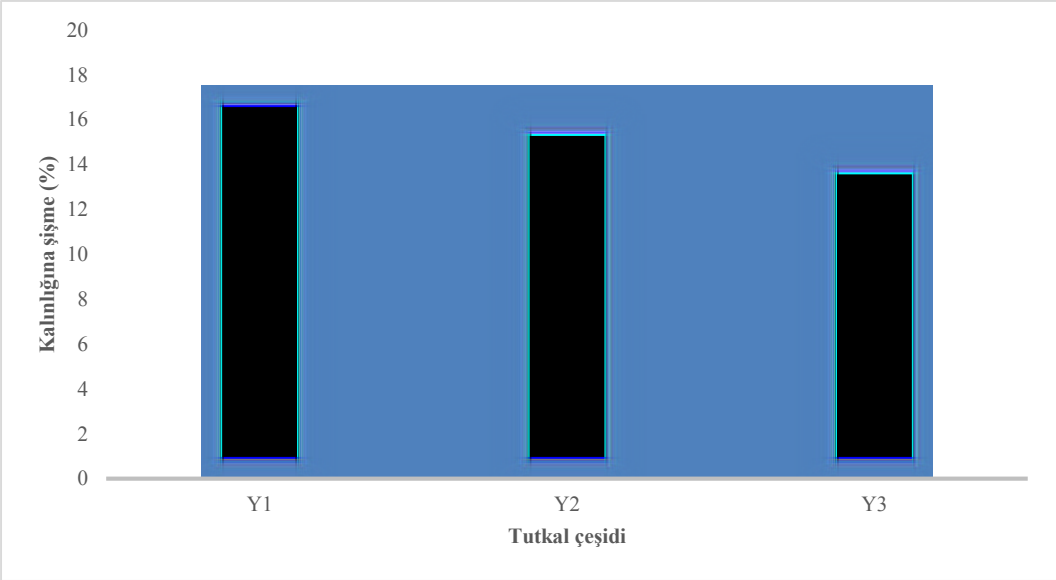
Çizelge 5.14. Tutkal çeşidine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları (%)

Tutkal çeşidi	X	HG*
%100UF (Y1)	17,535	A
%95UF+%5MF (Y2)	16,225	B
%95UF+%5FF (Y3)	14,530	C

*LSD = ± %1,285

Buna göre; 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı (%), en yüksek Y1'de (17,535), en düşük Y3' de (14,530) olarak tespit edilmiştir.

Tutkal çeşidine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri Şekil 5.7.'de gösterilmiştir.



Y1=%100UF, Y2=%95UF+%5MF, Y3=%95UF+%5FF

Şekil 5.7. Tutkal çeşidine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı

Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları Çizelge 5.15.'de verilmiştir.

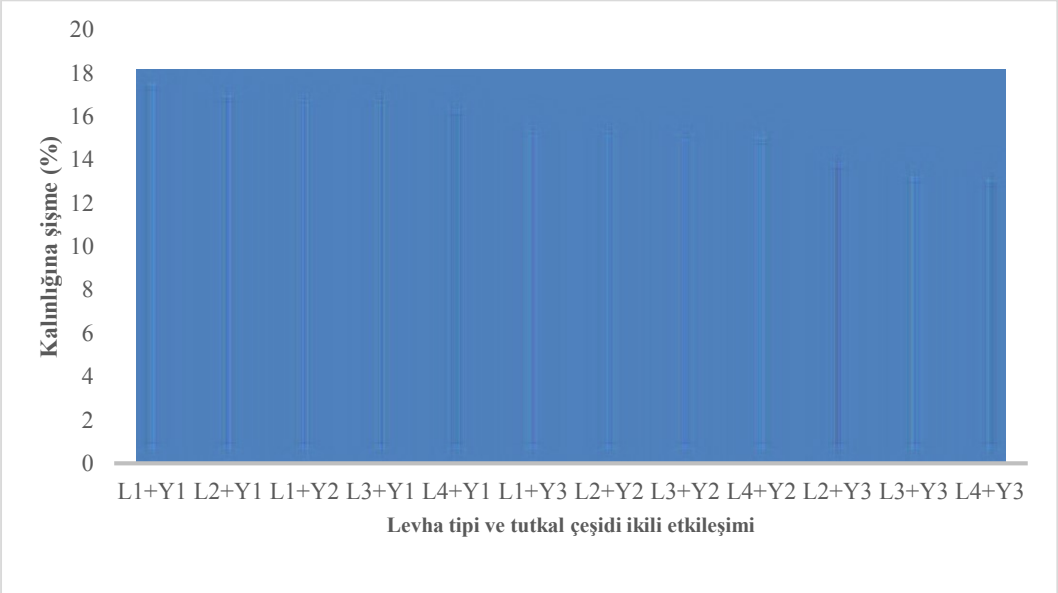
Çizelge 5.15. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları (%)

Levha Tipi	Tutkal çeşidi	X	HG*
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%100UF (Y1)	18,14	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%100UF (Y1)	17,6	B
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5MF (Y2)	17,4	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%100UF (Y1)	17,4	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%100UF (Y1)	17	C
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5FF (Y3)	16	D
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5MF (Y2)	16	D
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5MF (Y2)	15,8	D
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5MF (Y2)	15,7	D
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5FF (Y3)	14,52	E
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5FF (Y3)	13,9	F
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5FF(Y3)	13,7	F

*LSD=± %0,386

Buna göre; 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı, (%) en yüksek L1+Y1' de (18,14), en düşük L4+Y3' de (13,7) olarak tespit edilmiştir.

Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarı değişmeleri Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



Şekil 5.8. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarları değişmeleri

5.1.4. Su emme yüksekliği

Ahşap esaslı levhaların suya maruz kalması durumunda bünyesine fazla miktarda su alması istenilmeyen bir durumdur. Levhanın az su alması veya hiç su almaması daha uygun olarak değerlendirilmektedir.

Levhaların su emme yüksekliklerine ilişkin istatistiksel değerler Çizelge 5.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.16. Su emme yükseklikliklerine ilişkin istatistiksel değerler (mm)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{maks}	$X_{ort.}$	$S_{d.}$
L1	100	0	%100 UF (Y1)	5	39,37	41,03	40,20	1,30
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	5	34,37	36,03	35,20	0,84
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	5	33,97	35,63	34,80	0,84
L2	75	25	%100 UF (Y1)	5	37,17	38,83	38,00	0,71
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	5	31,97	33,63	32,80	0,84
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	5	30,57	32,23	31,40	1,14
L3	50	50	%100 UF (Y1)	5	34,97	36,63	35,80	0,84
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	5	29,97	31,63	30,80	0,84
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	5	29,17	30,83	30,00	0,71
L4	25	75	%100 UF (Y1)	5	27,97	34,80	29,63	1,30
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	5	27,77	29,43	28,60	0,55
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	5	33,97	30,63	28,80	0,84

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{maks}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer S_d: Standart Sapma

Buna göre; ortalama su emme yüksekliği (mm), en yüksek L1+Y1'de (40,20), mm, en düşük L4+Y2'de (28,60) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ile tutkal çeşidinin su emme yüksekliği etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.17' de verilmiştir.

Çizelge 5.17. Levha tipi ile tutkal çeşidinin su emme yüksekliği etkisine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	α <0.05
Levha tipi (A)	301,533	3	100,511	118,248	0,000
Tutkal çeşidi (B)	429,233	2	214,617	252,490	0,000
A * B	5,167	6	0,861	1,013	0,428
Hata	40,800	48	0,850		
Toplam	67844,000	60			

Su emme yüksekliğine en çok tutkal çeşidinin, sonrasında levha tipinin etkisinin olduğu Çizelge 5.17'de görülmektedir.

Levha tipi ile tutkal çeşidinin su emme yüksekliği etkisi istatistiksel anlamda önemli, ikili etkileşimleri ise önemsiz çıkmıştır (α =0,05). Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

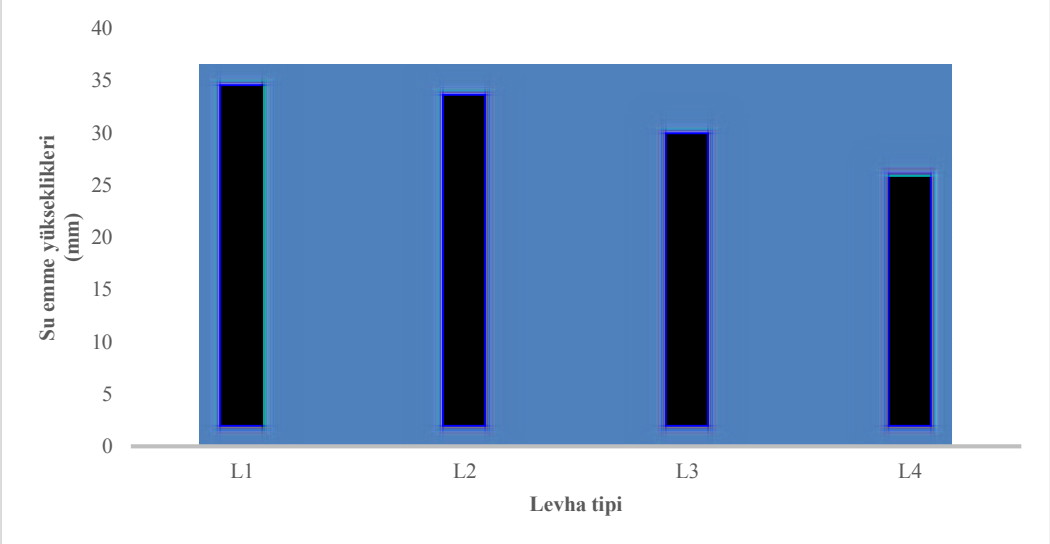
Çizelge 5.18. Levha tiplerine göre su emme yükseklikleri (mm)

Levha Tipi	X	HG*
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	36,73	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	34,06	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	32,20	C
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	30,73	D

*LSD = ± 1,47 mm

Buna göre; su emme yüksekliği, (mm) en yüksek L1' de (36,73) en düşük (L4)' de (30,73) olarak tespit edilmiştir.

Levha tipine göre su emme yükseklik değişmeleri Şekil 5.9.'da gösterilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.9. Levha tipine göre su emme yükseklik değişmeleri

Tutkal çeşidine göre su emme yükseklikleri Çizelge 5.19.'da verilmiştir.

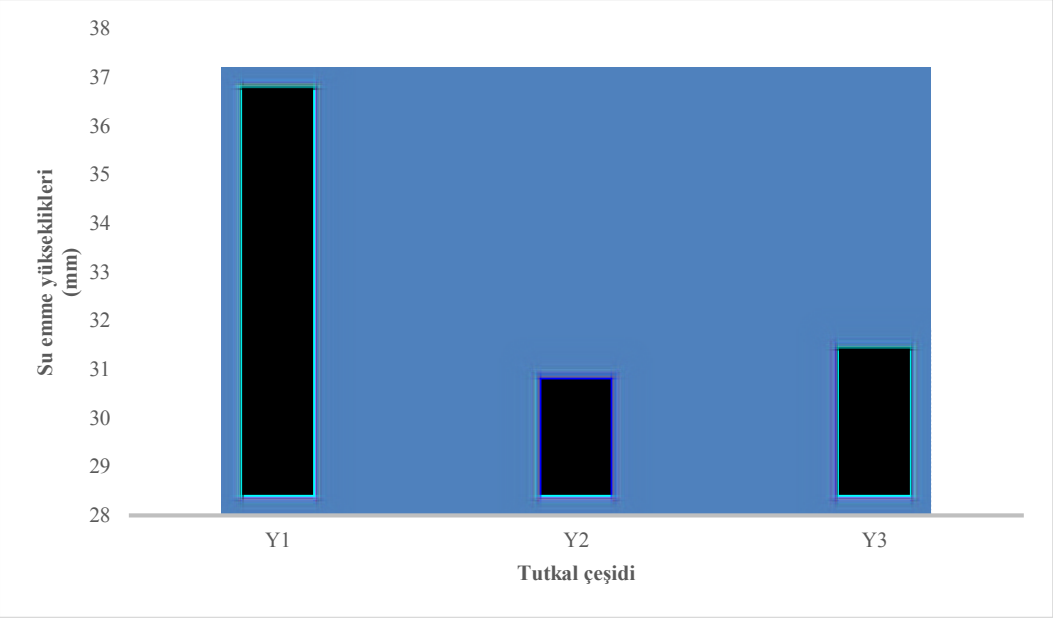
Çizelge 5.19. Tutkal çeşidine göre su emme yükseklikleri (mm)

Tutkal Çeşidi	X	HG*
%100UF (Y1)	37,20	A
%95UF+%5FF (Y3)	31,85	B
%95UF+%5MF (Y2)	31,25	B

*LSD = ± 2,28 mm

Buna göre; su emme yüksekliği (mm) en yüksek Y1'de (37,20), en düşük Y3' de (31,25) olarak tespit edilmiştir.

Tutkal çeşidine göre su emme yükseklik değişmeleri Şekil 5.10.'da gösterilmiştir.



Y1=%100UF, Y2=%95UF+%5MF, Y3=%95UF+%5FF

Şekil 5.10. Tutkal çeşidine göre su emme yükseklik değişmeleri

5.2. Mekanik Özellikler

5.2.1. Eğilme direnci

Eğilme direnci, iki mesnet arasına yerleştirilen levhaya belirli noktalardan kuvvet uygulanması ve bunun sonucunda malzemede meydana gelen maksimum gerilmenin tespit

edilmesidir. Dayanımın arandığı kullanım koşullarında eğilme direnci testi sonuçları önem arz etmektedir.

Deney örneklerinin eğilme direncine ilişkin istatistiksel değerler Çizelge 5.20.'de verilmiştir.

Çizelge 5.20. Deney örneklerinin eğilme direncine ilişkin istatistiksel değerler (N/mm2)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Eğilme Direnci				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{maks}	$X_{ort.}$	S_d
L1	100	0	%100 UF (Y1)	5	10,97	11,65	11,31	0,24
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	5	11,42	12,11	11,77	0,08
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	5	12,39	13,08	12,73	1,10
L2	75	25	%100 UF (Y1)	5	12,35	13,04	12,69	0,00
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	5	12,27	12,96	12,61	0,22
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	5	13,28	13,97	13,62	0,20
L3	50	50	%100 UF (Y1)	5	12,86	13,55	13,20	0,00
	50	50	%95UF+%5MF(Y2)	5	12,98	13,66	13,32	0,20
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	5	13,54	14,23	13,88	0,31
L4	25	75	%100 UF (Y1)	5	13,39	14,08	13,74	0,33
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	5	13,44	14,13	13,78	0,19
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	5	15,42	16,11	15,76	0,35

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{maks}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer S_d: Standart Sapma

Buna göre; ortalama eğilme direnci (N/mm^2) en yüksek L4+Y3' de 15,76, en düşük L1+Y1' de (11,36) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin eğilme direncine etkilerine ilişkin varyans analizi Çizelge 5.21.'de verilmiştir.

Çizelge 5.21. Levha tipi ile tutkal çeşidinin levha eğilme direnci etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<0.05
Levha tipi (A)	48,382	3	16,127	109,790	0,000
Tutkal çeşidi (B)	19,232	2	9,616	65,463	0,000
A * B	3,834	6	0,639	4,350	0,001
Hata	7,051	48	0,147		
Toplam	10536,041	60			

Eğilme direncine en çok levha tipinin sonrasında tutkal çeşidinin ve en düşük ise ikili etkileşimin etkisinin olduğu Çizelge 5.21.'de görülmektedir.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin eğilme direncine etkisi istatiksel anlamda önemli bulunmuştur. (α =0,05). Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

Levha tipine göre eğilme direnci Çizelge 5.22.'de verilmiştir.

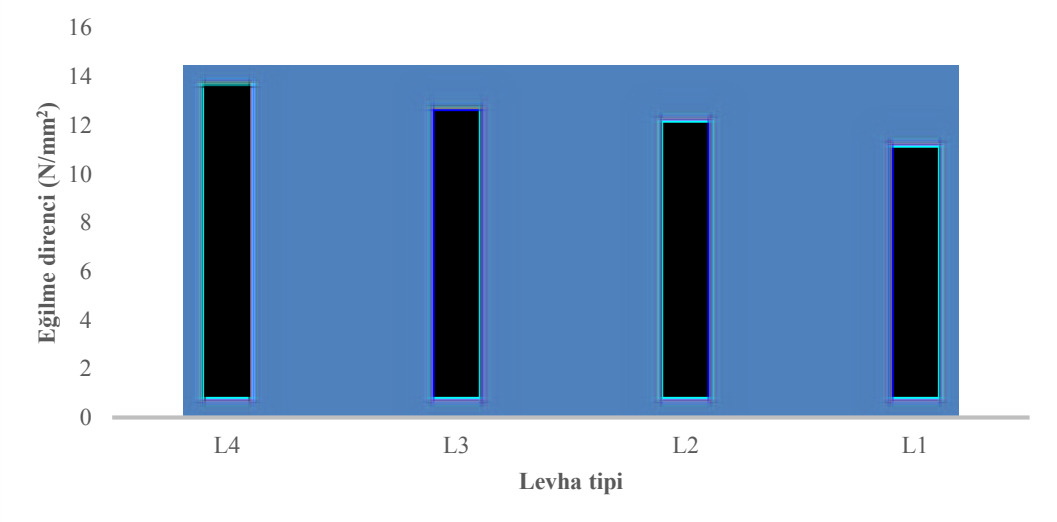
Çizelge 5. 22. Levha tipine göre eğilme direnci (N/mm^2)

Levha Tipi	X	HG*
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	14,427	A
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	13,469	B
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	12,975	C
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	11,936	D

*LSD = ± 0,478 (N/mm^2)

Buna göre; eğilme direnci (N/mm^2) en yüksek L4' de (14,427), en düşük L1'de (11,936) olarak bulunmuştur.

Levha tipine göre eğilme direnci değişmeleri Şekil 5.11.' de gösterilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.11. Levha tipine göre eğilme direnci değişmeleri

Tutkal çeşidine göre eğilme direnci Çizelge 5.23.'de verilmiştir.

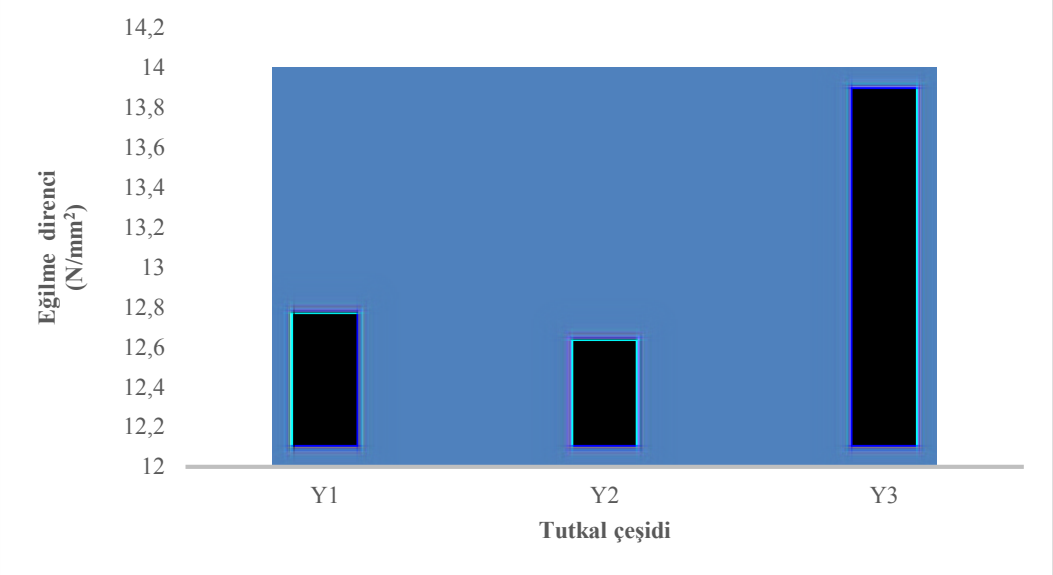
Çizelge 5.23. Tutkal çeşidine göre eğilme direnci (N/mm^2)

Tutkal Türü	X (N/mm^2)	HG*
%95UF+%5FF (Y3)	13,999	A
%100UF (Y1)	12,871	B
%95UF+%5MF (Y2)	12,736	B

*LSD= ± 0,736 (N/mm^2)

Buna göre; eğilme direnci (N/mm^2) en yüksek Y3'de (13,999), en düşük Y2'de (12,736) olarak bulunmuştur.

Tutkal çeşidine göre eğilme direnci değişmeleri Şekil 5.12.'de gösterilmiştir.



Y1=%100UF, Y2=%95UF+%5MF, Y3=%95UF+%5FF

Şekil 5.12. Tutkal çeşitlerine göre eğilme direnci değişmeleri

Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre eğilme direnci Çizelge 5.24.'de verilmiştir.

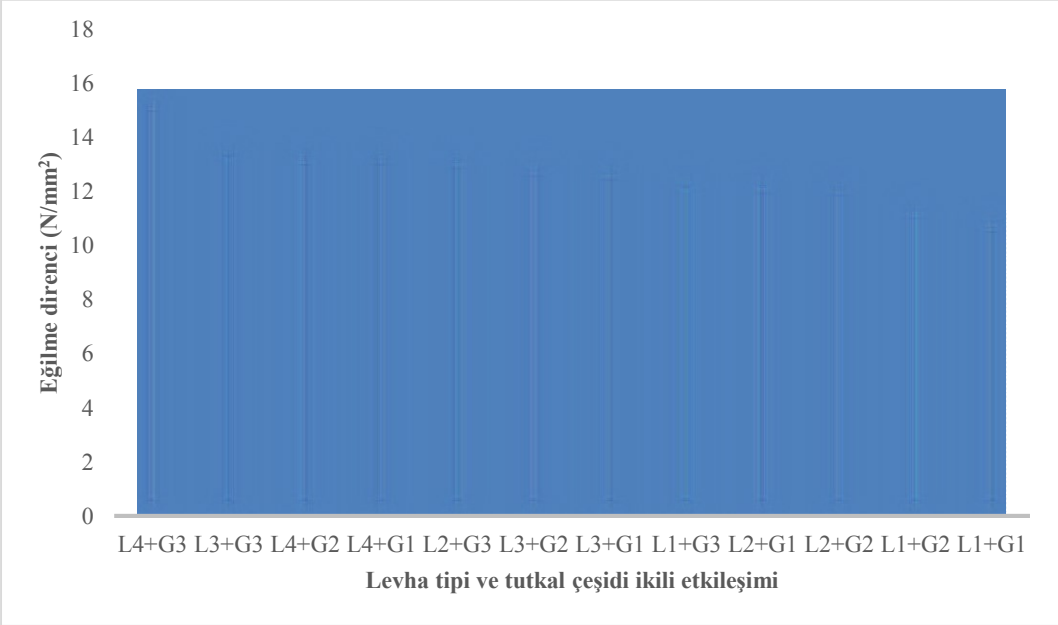
Çizelge 5.24. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre eğilme direnci (N/mm^2)

Levha Tipi	Tutkal çeşidi	X	HG*
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5FF (Y3)	15,76	A
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5FF (Y3)	13,88	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5MF (Y2)	13,78	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%100UF (Y1)	13,74	B
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5FF (Y3)	13,62	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5MF (Y2)	13,32	BC
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%100UF (Y1)	13,2	BC
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5FF (Y3)	12,73	D
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%100UF (Y1)	12,69	D
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5MF (Y2)	12,61	D
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5MF (Y2)	11,77	E
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%100UF (Y1)	11,31	F

*LSD=0,432

Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre; eğilme direnci (N/mm^2) en yüksek, L4+Y3' de (15,76), en düşük L1+Y1' de (11,31) olarak tespit edilmiştir.

Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre eğilme direnci değişmesi Şekil 5.13'de gösterilmiştir.



Şekil 5.13. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre eğilme direnci değişmeleri

5.2.2. Elastikiyet modülü

Elastikiyet modülü, ağaç malzemeye uygulanan kuvvet sonucunda meydana gelen şekil değişiminin kuvvet kaldırıldıktan sonra tamamen ortadan kalkması ve şekil bütünlüğünün geri kazanılması özelliğini ifade etmektedir. Elastikiyet modülü değerinin düşük olması istenilmeyen bir durumdur.

Deney örneklerinin elastikiyet modülüne ilişkin istatistiksel değerler Çizelge 5.25.'de verilmiştir.

Çizelge 5.25. Deney örneklerinin elastikiyet modülüne ilişkin istatistiksel değerler (N/mm^2)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{maks}	$X_{ort.}$	S_d
L1	100	0	%100 UF (Y1)	5	1658,50	1928,70	1793,60	59,99
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	5	1662,90	1933,10	1798,00	61,15
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	5	1831,30	2101,50	1966,40	122,00
L2	75	25	%100 UF (Y1)	5	1819,30	2089,50	1954,40	79,96
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	5	1812,10	2082,30	1947,20	189,08
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	5	2061,30	2331,50	2196,40	107,09
L3	50	50	%100 UF (Y1)	5	2003,90	2274,10	2139,00	111,43
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	5	2014,70	2284,90	2149,80	213,73
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	5	2385,10	2655,30	2520,20	204,83
L4	25	75	%100 UF (Y1)	5	2142,10	2412,30	2277,20	189,51
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	5	2173,50	2443,70	2308,60	130,92
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	5	2885,10	3155,30	3020,20	204,83

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{maks}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer S_d: Standart Sapma

Buna göre; ortalama elastikiyet modülü, (N/mm^2) en yüksek L4+Y3' de (3020,20), en düşük L1+Y1' de (1793,60) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ile tutkal çeşidinin levha elastikiyet modülü değerleri üzerinde etkili olup olmadığının belirlenmesine ilişkin varyans analizi Çizelge 5.26 'da verilmiştir.

Çizelge 5.26. Levha tipi ile tutkal çeşidinin levha elastikiyet modülü etkisine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<0.05
Levha tipi (A)	3944041,250	3	1314680,417	58,237	0,000
Tutkal çeşidi (B)	1924530,633	2	962265,317	42,626	0,000
A * B	610452,700	6	101742,117	4,507	0,001
Hata	1083580,000	48	22574,583		
Toplam	290769705,000	60			

Elastikiyet modülüne en çok levha tipinin sonrasında tutkal çeşidinin ve en düşük ikili etkileşiminin etkisinin olduğu Çizelge 5.26.'da görülmektedir.

Levha tipi, tutkal çeşidinin levha elastikiyet modülüne etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır. (α=0,05) Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

Levha tipine göre elastikiyet modülü değerleri Çizelge 5.27'de verilmiştir.

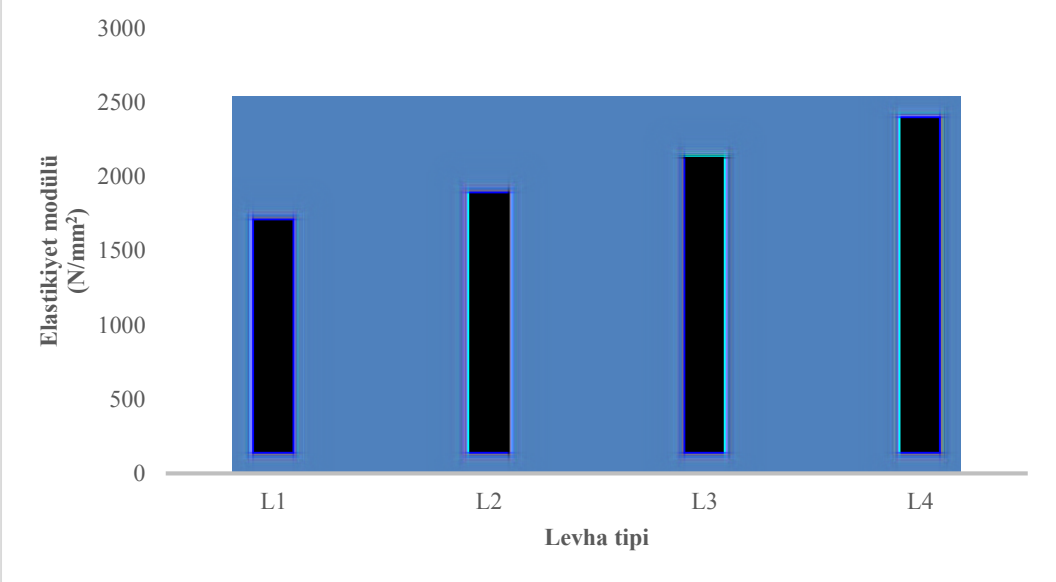
Çizelge 5.27. Levha tipine göre elastikiyet modülü değerleri (N/mm^2)

Levha Tipi	X	HG*
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	2535,333	A
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	2269,667	B
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	2032,667	C
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	1852,667	D

*LSD= ±167 (N/mm^2)

Buna göre; elastikiyet modülü, (N/mm²) en yüksek L4' de (2535,333), en düşük L1' de (1852,667) olarak bulunmuştur.

Levha tipine göre elastikiyet modülü değerlerinin değişmeleri Şekil 5.14'de gösterilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.14. Levha tipine göre elastikiyet modülü değerlerinin değişmeleri

Tutkal çeşidine göre elastikiyet modülü değerleri Çizelge 5.28.'de verilmiştir.

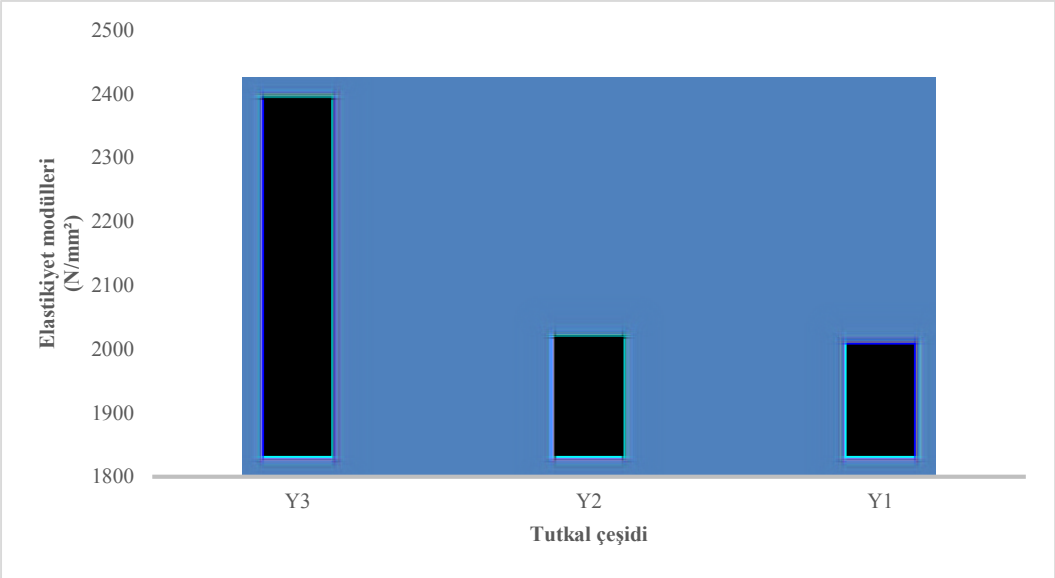
Çizelge 5.28.Tutkal çeşidine göre elastikiyet modülü değerleri

Tutkal Türü	X	HG*
%95UF+%5FF (Y3)	2425,800	A
%95UF+%5MF (Y2)	2050,900	B
%100UF (Y1)	2041,050	B

*LSD= ±152,825 (N/mm^2)

Buna göre; elastikiyet modülü (N/mm^2), en yüksek Y3' de (2425,800), en düşük Y1' de (2041,050) olarak bulunmuştur.

Tutkal çeşidine göre elastikiyet modülü değerleri değişmeleri Şekil 5.15' de gösterilmiştir.



Y1=%100UF, Y2=%95UF+%5MF, Y3=%95UF+%5FF

Şekil 5.15. Tutkal çeşitlerine göre elastikiyet modülü değerleri değişmeleri

Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine göre elastikiyet modül değerleri Çizelge 5.29.'da verilmiştir.

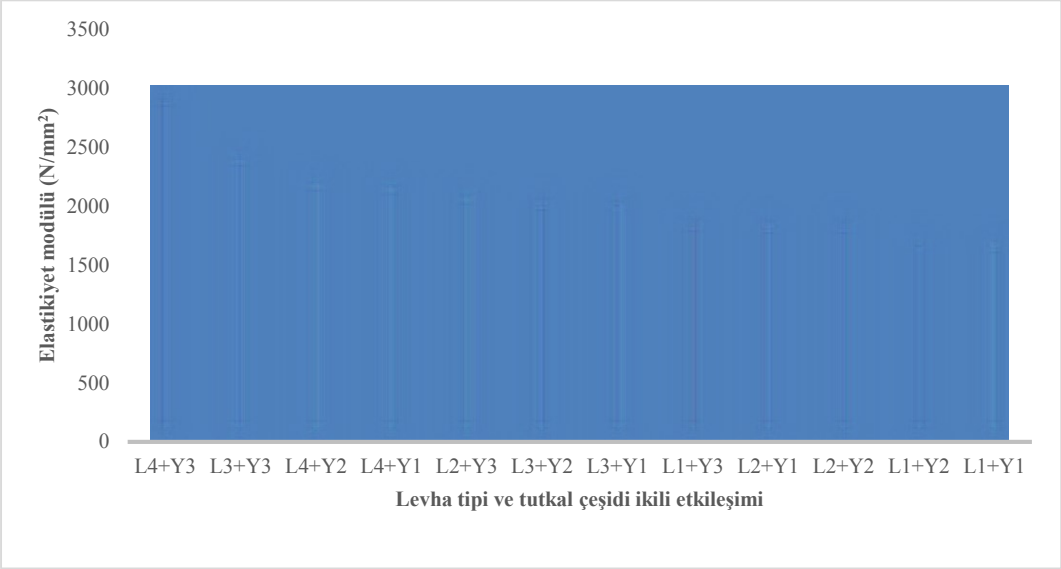
Çizelge 5.29. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre elastikiyet modül değerleri (N/mm^2)

Levha Tipi	Tutkal çeşidi	X	HG*
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5FF (Y3)	3020	A
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5FF (Y3)	2520	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5MF (Y2)	2309	C
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%100UF (Y1)	2277	C
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5FF (Y3)	2196	D
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5MF (Y2)	2150	E
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%100UF (Y1)	2139	E
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5FF (Y3)	1966	F
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%100UF (Y1)	1954	F
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5MF (Y2)	1947	F
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5MF (Y2)	1798	G
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%100UF (Y1)	1794	G

*LSD=42,7 (N/mm^2)

Buna göre; elastikiyet modülü (N/mm^2) en yüksek, L4+Y3' de (3020), en düşük L1+Y1' de (1794) olarak tespit edilmiştir.

Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre elastikiyet modülü değişmeleri Şekil 5.16.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.16. Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine göre elastikiyet modül değişmeleri

5.2.3. Vida tutma direnci

Mobilya konstrüksiyonunda bağlantı elemanlarının istenilen özellikleri karşılayabilmesi için levhaların vida tutma direncinin yüksek olması beklenmektedir.

Deney örneklerinin vida tutma direncine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 5.30.'da verilmiştir.

Çizelge 5.30. Vida tutma direncine ilişkin istatiksel bilgiler (N/mm^2)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{maks}	$X_{ort.}$	S_d
L1	100	0	%100 UF (Y1)	5	10,15	11,49	10,82	0,28
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	5	9,70	11,04	10,37	1,34
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	5	11,00	12,34	11,67	0,51
L2	75	25	%100 UF (Y1)	5	10,77	12,11	11,44	0,15
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	5	11,02	12,36	11,69	0,33
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	5	11,54	12,88	12,21	0,43
L3	50	50	%100 UF (Y1)	5	11,12	12,46	11,79	0,58
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	5	11,43	12,77	12,10	0,43
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	5	14,09	15,44	14,76	1,27
L4	25	75	%100 UF (Y1)	5	11,31	12,65	11,98	0,26
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	5	11,48	12,82	12,15	0,90
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	5	14,35	15,69	15,02	1,10

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{maks}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer S_d: Standart Sapma

Buna göre; ortalama vida tutma direnci N/mm^2 en yüksek L4+Y3'de (15,02), en düşük L1+Y2'de (10,37) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ile tutkal çeşidinin vida tutma direnci etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi Çizelge 5.31'de verilmiştir.

Çizelge 5.31. Levha tipi ile tutkal çeşidinin vida tutma direnci etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<0.05
Levha tipi (A)	43,847	3	14,616	26,281	0,000
Tutkal çeşidi (B)	46,852	2	23,426	42,123	0,000
A * B	14,945	6	2,491	4,479	0,001
Hata	26,694	48	0,556		
Toplam	9013,373	60			

Vida tutma direncine en çok tutkal çeşidinin, sonrasında levha tipinin ve en düşük ise ikili etkileşimin etkisinin olduğu Çizelge 5.31.'de görülmektedir.

Levha tipi ile tutkal çeşidinin vida tutma direnci etkileri istatistiksel anlamda önemli çıkmıştır (α=0,05). Farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

Levha tiplerine göre vida tutma direnci Çizelge 5.32.'de verilmiştir.

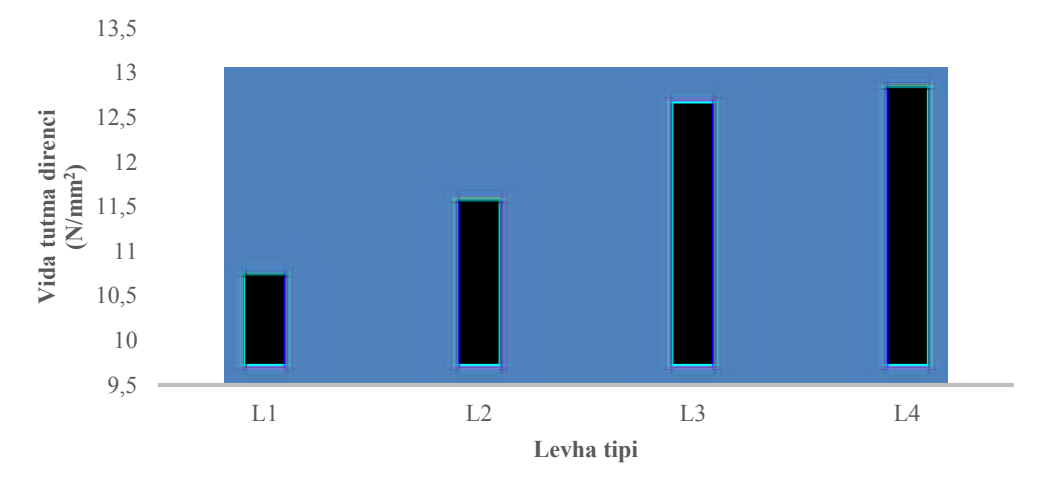
Çizelge 5.32. Levha tiplerine göre vida tutma direnci (N/mm^2)

Levha Tipleri	X	HG*
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	13,049	A
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	12,885	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	11,781	B
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	10,950	C

*LSD = ± 0,332 (N/mm^2)

Buna göre; vida tutma direnci (N/mm^2) en yüksek L4' de (13,049), en düşük L1' de (10,950) olarak bulunmuştur.

Levha tipine göre vida tutma direnci değişmeleri Şekil 5.17'de gösterilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.17. Levha tipine göre vida tutma direnci değişmeleri

Tutkal çeşidine göre vida tutma direnci Çizelge 5.33.'de verilmiştir.

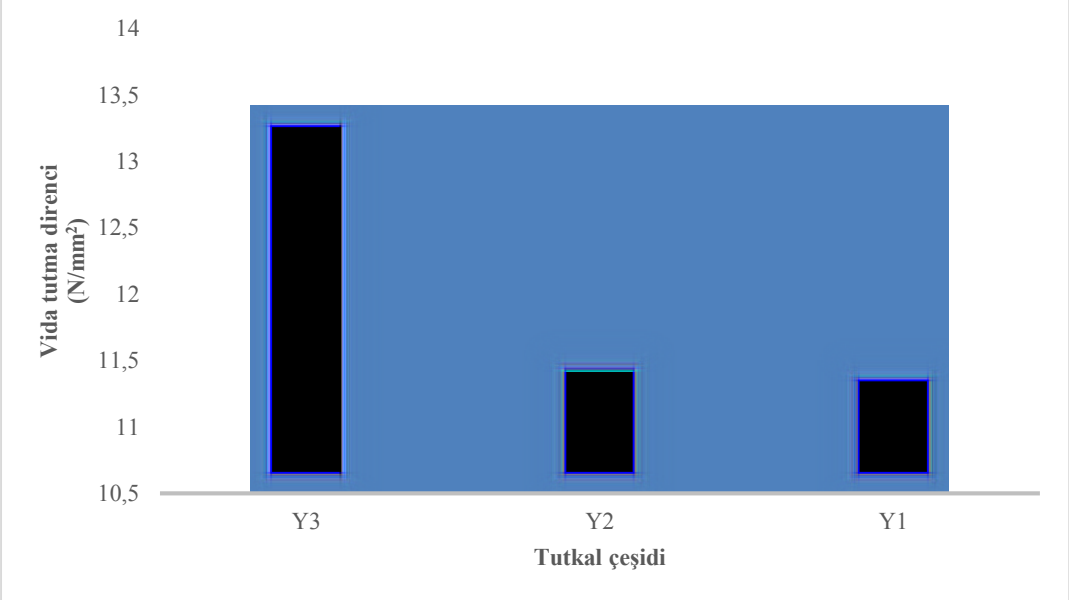
Çizelge 5.33. Tutkal çeşidine göre vida tutma direnci (N/mm^2)

Tutkal Türü	X	HG*
%95UF+%5FF (Y3)	13,415	A
%95UF+%5MF (Y2)	11,577	B
%100UF (Y1)	11,506	B

*LSD = ±0,221 (N/mm^2)

Buna göre; vida tutma direnci (N/mm²) en yüksek Y3' de (13,415), en düşük Y1'de (11,506) olarak bulunmuştur.

Tutkal çeşidine göre vida tutma direnci değişmeleri Şekil 5.18.'de gösterilmiştir.



Y1=%100UF, Y2=%95UF+%5MF, Y3=%95UF+%5FF

Şekil 5.18. Tutkal çeşidine göre vida tutma direnci değişmeleri

Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşiminin vida tutma direnci değerleri Çizelge 5.34.'de verilmiştir.

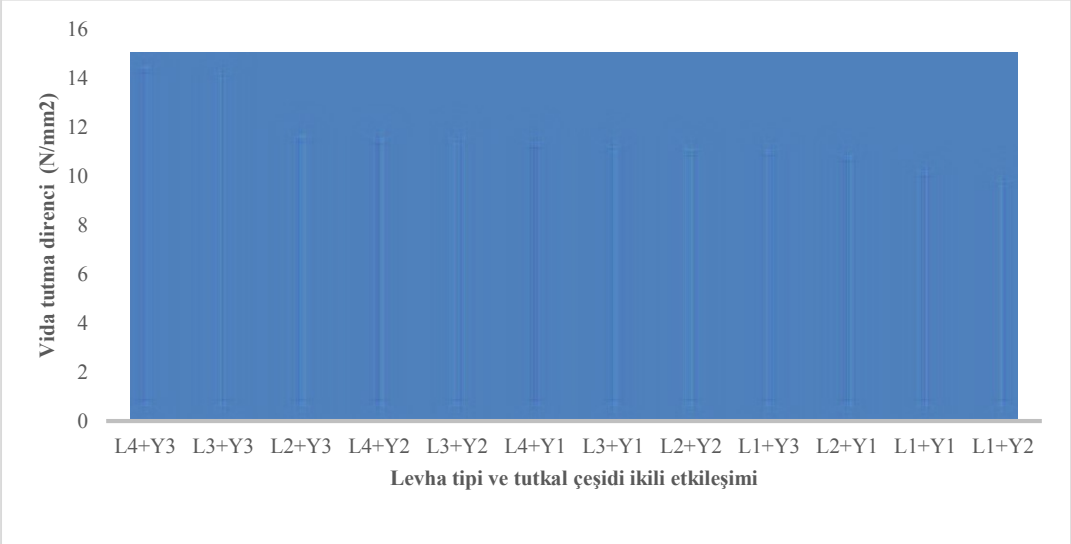
Çizelge 5.34. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşiminin vida tutma direnci değerleri (N/mm^2)

Levha Tipi	Tutkal çeşidi	X	HG*
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5FF (Y3)	15,02	A
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5FF (Y3)	14,76	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5FF (Y3)	12,21	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5MF (Y2)	12,15	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5MF (Y2)	12,1	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%100UF (Y1)	11,98	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%100UF (Y1)	11,79	B
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5MF (Y2)	11,69	BC
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5FF (Y3)	11,67	BC
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%100UF (Y1)	11,44	BC
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%100UF (Y1)	10,82	D
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5MF (Y2)	10,37	E

*LSD= ±0,437 (N/mm^2)

Buna göre; vida tutma direnci (N/mm^2) en yüksek L4+Y3' de (15,02), en düşük L1+Y2' de (10,37) olarak tespit edilmiştir.

Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre vida tutma direnci değişmeleri Şekil 5.19.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.19. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine bağlı vida tutma direnci değişmeleri

5.2.4. Brinell sertliği

Brinell sertliği ile orta ve yumuşak malzemelerin sertliği tespit edilmektedir. Malzemenin sertliği ile bazı mekanik özellikleri de benzerlik gösterdiğinden kullanım koşullarına göre levhalarda sertlik aranabilir.

Deney örneklerinin Brinell sertliğine ilişkin istatiksel bilgiler Çizelge 5.35.'de verilmiştir.

Çizelge 5.35. Deney örneklerinin Brinell sertliğine ilişkin istatiksel bilgiler (N/mm^2)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{maks}	$X_{ort.}$	S_d
L1	100	0	%100 UF (Y1)	5	19,85	34,75	26,48	11,53
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	5	15,09	29,99	22,54	0,64
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	5	19,03	33,93	27,30	2,44
L2	75	25	%100 UF (Y1)	5	22,27	37,17	29,72	2,13
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	5	23,20	38,10	30,65	2,46
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	5	28,59	43,49	36,04	4,19
L3	50	50	%100 UF (Y1)	5	36,59	51,49	44,04	6,31
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	5	34,27	49,17	41,72	3,51
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	5	57,44	72,33	64,88	10,64
L4	25	75	%100 UF (Y1)	5	54,94	69,84	62,39	11,63
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	5	52,85	67,75	60,30	5,24
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	5	86,21	101,10	93,66	18,12

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{maks}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer S_d: Standart Sapma

Buna göre; ortalama Brinell sertlik değeri (N/mm^2) en yüksek L4+Y3' de (93,66), en düşük L1+Y2' de 22,54 olarak bulunmuştur.

Levha tipi ile tutkal çeşidinin Brinell sertliği etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi Çizelge 5.36.'da verilmiştir.

Çizelge 5.36. Levha tipi ile tutkal çeşidinin Brinell sertliği etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	P<0.05
Levha Tipi (A)	19659,609	3	2268,961	95,477	0,000
Tutkal Çeşidi (B)	3338,092	2	121376,821	24,317	0,000
A * B	1960,874	6	6553,203	4,761	0,000
Hata	3294,560	48	1669,046		
Toplam	149629,955	60			

Brinell sertlik değerine en çok levha tipinin, sonrasında tutkal çeşidinin ve en düşük ise ikili etkileşimin etkisinin olduğu Çizelge 5.36.'da görülmektedir.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin Brinell sertlik değerine etkileri istatiksel anlamda önemli bulunmuştur (α=0,05). Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

Levha tipine göre Brinell sertlik değerleri Çizelge 5.37.'de verilmiştir.

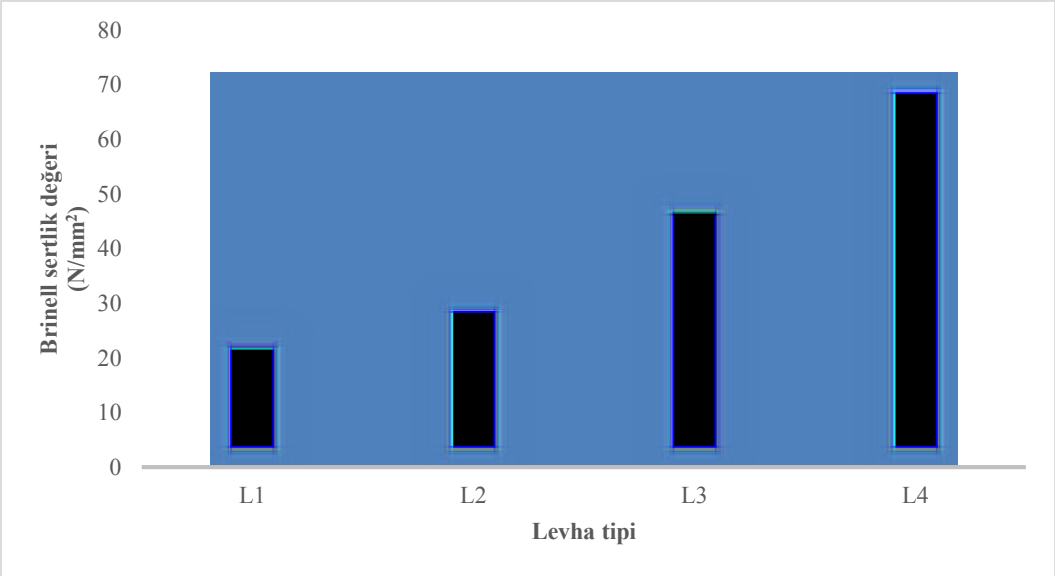
Çizelge 5.37. Levha tipine göre Brinell sertlik değerleri (N/mm^2)

Levha tipi	X	HG*
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	72,117	A
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	50,216	B
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	32,136	C
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	25,440	D

*LSD = ± 6,103 (N/mm^2)

Buna göre; Brinell sertlik değeri (N/mm^2), en yüksek L4'de (72,117), en düşük L1'de (25,440) olarak bulunmuştur.

Levha tipine göre Brinell sertlik değişmeleri Şekil 5.20.'de gösterilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.20. Levha tipine göre Brinell sertlik değişmeleri

Tutkal çeşidine göre Brinell sertlik değerleri Çizelge 5.38.'de verilmiştir.

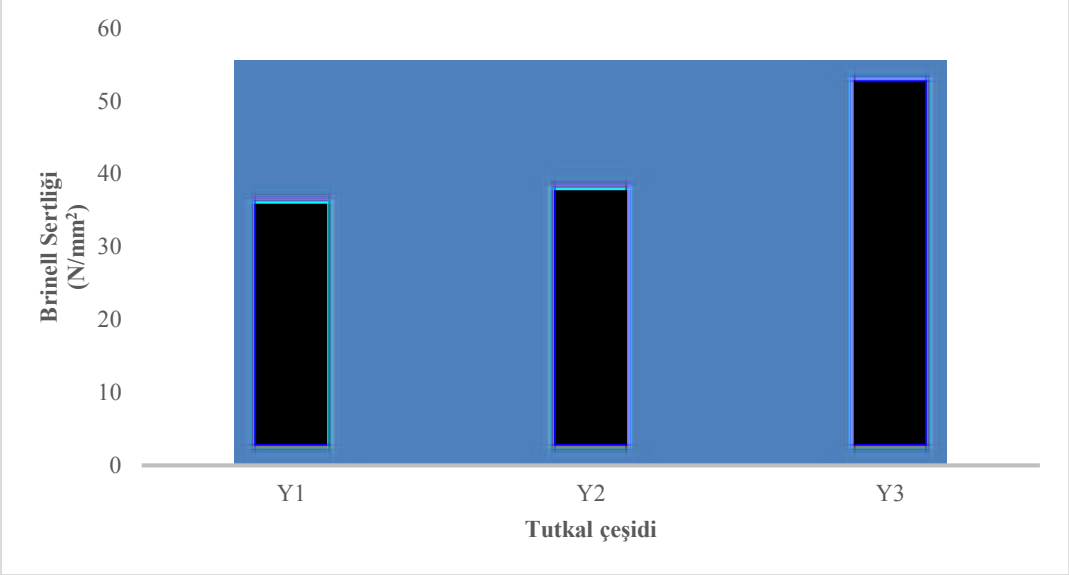
Çizelge 5.38. Tutkal çeşidine göre Brinell sertlik değerleri

Tutkal Türü	X (N/mm^2)	HG*
%95UF+%5FF (Y3)	55,471	A
%95UF+%5MF (Y2)	40,659	B
%100UF (Y1)	38,802	B

*LSD = ±5.478 (N/mm^2)

Buna göre; Brinell sertlik değeri (N/mm²), en yüksek Y3' de (55,471), en düşük Y1'de (38,802) olarak bulunmuştur.

Tutkal çeşidine göre Brinell sertlik değerleri değişmeleri Şekil 5.21'de gösterilmiştir.



Y1=%100UF, Y2=%95UF+%5MF, Y3=%95UF+%5FF

Şekil 5.21. Tutkal çeşitlerine göre Brinell sertlik değerleri değişmeleri

Çizelge 5.39. Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine bağlı Brinell sertlik değerleri

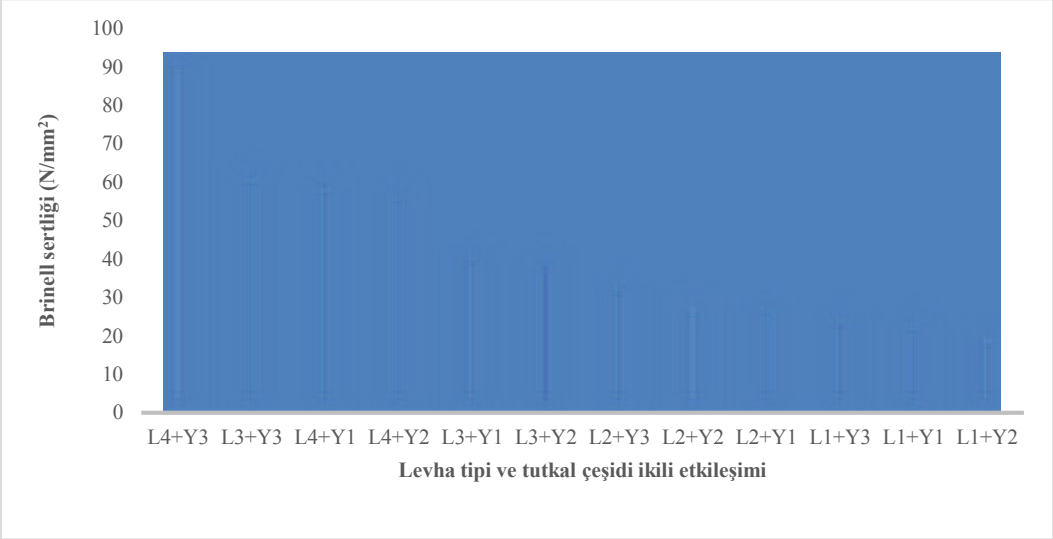
Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine bağlı Brinell sertlik değerleri Çizelge 5.39.'da verilmiştir.

Levha Tipi	Tutkal çeşidi	X	HG*
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5FF (Y3)	93,66	A
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5FF (Y3)	64,88	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%100UF (Y1)	62,39	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5MF (Y2)	60,3	BC
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%100UF (Y1)	44,04	D
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5MF (Y2)	41,72	D
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5FF (Y3)	36,04	E
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5MF (Y2)	30,65	F
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%100UF (Y1)	29,72	F
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5FF (Y3)	27,3	F
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%100UF (Y1)	26,48	FG
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5MF (Y2)	22,54	H

*LSD= ±3,85 (N/mm^2)

Buna göre; Brinell sertlik değeri (N/mm^2) en yüksek L4+Y3' de (93,66), en düşük L1+Y2' de (22,54) olarak tespit edilmiştir.

Levha tipi ve tutkal çeşidi ikili etkileşimine göre Brinell sertlik değişmeleri Şekil 5.22'de gösterilmiştir.



Şekil 5.22. Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine bağlı Brinell sertliği değişmeleri

5.3. Formaldehit Emisyonu

Formaldehit esaslı tutkallarla üretilmiş levhalar, kullanım yerlerinde formaldehit emisyonuna sebebiyet vermektedirler. Formaldehit emisyonunun belli değerlerden yüksek olması insan sağlık açısından ciddi riskler oluşturabilmektedir.

Levha üretiminden 1 saat sonraki formaldehit emisyonu

Levha üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonuna ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 5.40.'da verilmiştir.

Çizelge 5.40. Levha üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonuna ilişkin istatistiksel bilgiler (ppm)

Levha tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{maks}	$X_{ort.}$	S_d
L1	100	0	%100 UF (Y1)	2	0,26	0,29	0,28	0,01
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	2	0,22	0,26	0,24	0,01
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	2	0,24	0,28	0,26	0,00
L2	75	25	%100 UF (Y1)	2	0,24	0,28	0,26	0,01
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	2	0,20	0,24	0,22	0,00
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	2	0,24	0,27	0,26	0,02
L3	50	50	%100 UF (Y1)	2	0,23	0,26	0,25	0,01
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	2	0,21	0,25	0,23	0,00
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	2	0,21	0,25	0,23	0,01
L4	25	75	%100 UF (Y1)	2	0,19	0,22	0,21	0,01
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	2	0,15	0,18	0,17	0,01
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	5	0,18	0,21	0,20	0,01

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{maks}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer S_d: Standart Sapma

Buna göre; levha üretimden 1 saat sonraki ortalama formaldehit emisyonu (ppm) en yüksek L1+Y1 0,28 ppm, en düşük L4+Y2' de 0,17 ppm olarak bulunmuştur.

Levha tipi ile tutkal çeşidinin, üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonuna ilişkin çoklu varyans analizi Çizelge 5.41.'de verilmiştir.

Çizelge 5.41. Levha tipi ile tutkal çeşidinin, üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonuna ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	α <0.05
Levha tipi (A)	0,017	3	0,006	51,282	0,000
Tutkal çeşidi (B)	0,004	2	0,002	20,115	0,000
A * B	0,001	6	0,000	1,244	0,351
Hata	0,001	12	0,000		
Toplam	1,311	24			

Levha üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonuna en çok levha tipinin sonrasında tutkal çeşidinin etkisinin olduğu Çizelge 5.41'de görülmektedir.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonu üzerindeki etkileri istatistiksel anlamda önemli, etkileşimleri önemsiz bulunmuştur (α=0,05). Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

Levha tipine göre üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonu Çizelge 5.42.'de verilmiştir.

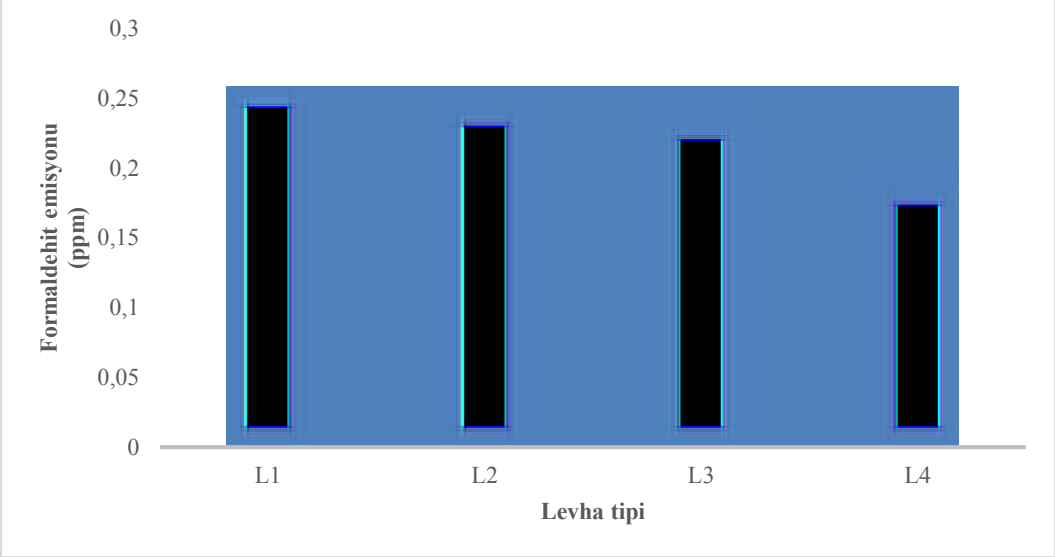
Çizelge 5.42. Levha tipine göre üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonu (ppm)

Levha Tipi	X	HG*
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	0,2583	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	0,2450	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	0,2350	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	0,1883	C

*LSD = ± 0,0122 ppm

Buna göre; emisyon miktarı (ppm), L1' de (0,2583), en düşük L4'de (0,1883) L4'de bulunmuştur.

Levha tipine göre üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonu değişmeleri Şekil 5.23.' de gösterilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.23. Levha tipine üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyonu değişmeleri

Tutkal çeşidine göre üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyon değerleri Çizelge 5.43.'de verilmiştir.

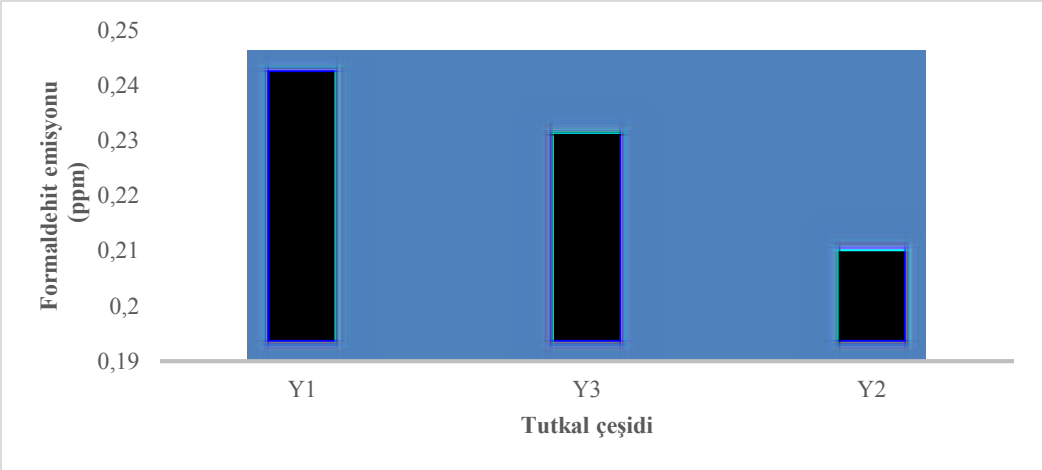
Çizelge 5.43. Tutkal çeşidine göre üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyon değerleri (ppm)

Tutkal Çeşidi	X	HG*
%100UF (Y1)	0,2463	A
%95UF+%5FF (Y3)	0,2350	A
%95UF+%5MF (Y2)	0,2138	B

*LSD = ± 0,0167 ppm

Tutkal çeşidinin levha üretiminden 1 saat sonraki formaldehit emisyonu üzerindeki etkisi anlamlı çıkmıştır. Buna göre; formaldehit emisyon miktarı (ppm) en yüksek Y1'de (0,2463), en düşük Y2' de (0,2138) olarak bulunmuştur.

Tutkal çeşidine göre levhaların üretiminden 1 saat sonraki formaldehit emisyon değişmeleri 5.24.'de belirtilmiştir.



Y1=%100UF, Y2=%95UF+%5MF, Y3=%95UF+%5FF

Şekil 5.24. Tutkal çeşidine göre levhaların üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyon değişmeleri

Levha üretiminden 24 saat sonraki formaldehit emisyon değerleri

Levha üretiminden 24 saat sonraki ortalama formaldehit emisyon değerlerine ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 5.44.'de verilmiştir.

Çizelge 5.44. Levha üretiminden 24 saat sonraki ortalama formaldehit emisyon değerlerine ilişkin istatistiksel bilgiler (ppm)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{maks}	$X_{ort.}$	S_d
L1	100	0	%100UF (Y1)	2	0,07	0,08	0,08	0,01
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	2	0,05	0,06	0,06	0,01
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	2	0,05	0,06	0,06	0,01
L2	75	25	%100UF (Y1)	2	0,05	0,07	0,06	0,00
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	2	0,03	0,05	0,04	0,00
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	2	0,05	0,06	0,06	0,01
L3	50	50	%100UF (Y1)	2	0,04	0,05	0,05	0,01
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	2	0,04	0,05	0,05	0,01
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	2	0,04	0,05	0,05	0,01
L4	25	75	%100UF (Y1)	2	0,05	0,06	0,06	0,01
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	2	0,02	0,04	0,03	0,00
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	2	0,05	0,06	0,06	0,01

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{maks}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer S_d: Standart Sapma

Buna göre; levha üretiminden 24 saat sonraki ortalama formaldehit emisyonu (ppm) en yüksek L1+Y1' de (0,08), en düşük L4+Y2' de (0,03) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ile tutkal çeşidinin levha üretiminden 24 saat sonraki formaldehit emisyon değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.45.'de verilmiştir.

Çizelge 5.45. Levha tipi ile tutkal çeşidinin levha üretiminden 24 saat sonraki formaldehit emisyon değerlerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	α <0.05
Levha tipi (A)	0,001	3	0,000	9,000	0,002
Tutkal çeşidi (B)	0,001	2	0,001	14,333	0,001
A * B	0,001	6	0,000	3,222	0,400
Hata	0,000	12	0,000		
Toplam	0,66	24			

Levha üretimden 24 saat sonraki formaldehit emisyonuna en çok tutkal çeşidinin sonrasında levha tipinin etkisinin olduğu Çizelge 5.45'de görülmektedir.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin levhaların üretimden 24 saat sonraki formaldehit emisyon değerleri etkileri istatistiksel anlamda önemli, etkileşimleri önemsiz bulunmuştur (α=0,05). Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek amacıyla Duncan testi uygulanmıştır.

Levha tiplerine göre levha üretiminden 24 saat sonraki formaldehit emisyon değerleri Çizelge 5.46.'da verilmiştir.

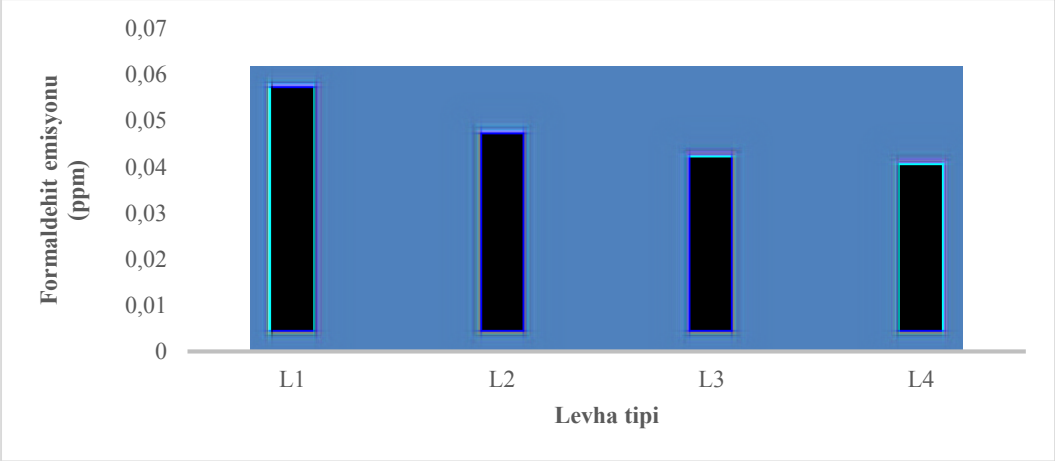
Çizelge 5.46. Levha tiplerine göre levha üretiminden 24 saat sonraki formaldehit emisyon değerleri (ppm)

Levha Tipi	X	HG*
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	0,0617 ppm	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	0,0517 ppm	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	0,0467 ppm	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	0,0450 ppm	B

*LSD = ±0,0074 ppm

Buna göre emisyon değeri (ppm) en yüksek L1 levhalarda (0,0617), en düşük L4'de (0,0450) bulunmuştur.

Levha tiplerine göre üretimden 24 saat sonraki formaldehit emisyon değişmeleri Şekil 5.25.'de gösterilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.25. Levha tipine göre üretiminden 24 sonra formaldehit emisyon değişmeleri

Tutkal çeşidine göre levha üretiminden 24 saat sonrasında formaldehit emisyon değerleri Çizelge 5.47.' de verilmiştir.

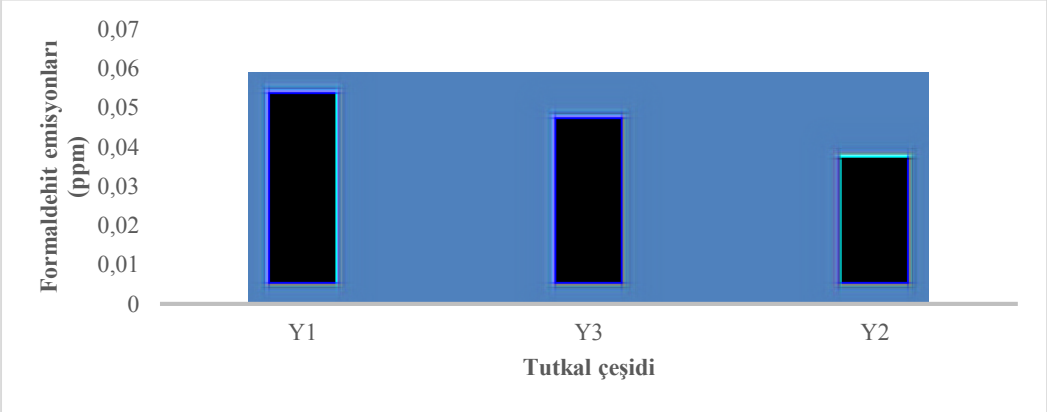
Çizelge 5.47. Tutkal çeşidine göre üretimden 24 saat sonrasında formaldehit emisyon değerleri (ppm)

Tutkal Çeşidi	X	HG*
%100UF (Y1)	0,0588	A
%95UF+%5FF (Y3)	0,0525	A
%95UF+%5MF (Y2)	0,0425	B

*LSD = ±0,0083 ppm

Buna göre; formaldehit emisyonu (ppm) en yüksek Y1' de (0,0588), en düşük Y2' de (0,0425) bulunmuştur.

Tutkal çeşidine göre üretimden 24 saat sonrasındaki formaldehit emisyon değerleri değişmeleri Şekil 5.26.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.26. Tutkal çeşidine göre üretimden 24 saat sonrasında formaldehit emisyon değişmeleri

5.4. Yanma Deneyleri

5.4.1. Yanma sıcaklıkları

Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidine göre ölçülen sıcaklıklar Çizelge 5.48'de verilmiştir.

Çizelge 5.48. Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidine göre yanma sıcaklıkları (°C)

Yanma Çeşidi	X	HG*
Kendi Kendine Yanma -KKY	357,44	A
Alev Kaynaklı Yanma -AKY	162,67	B
Kor Hali Yanma -KHY	121,39	C
*LSD = ± 37,14 ° C		
Levha tipi	X	HG**
%100 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L1	222,41	A
%75 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L2	211,11	B
%50 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L3	206,89	C
%25 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L4	201,23	D
**LSD = ± 4,07 °C		
Tutkal çeşidi	X	HG***
%100UF –Y1	223,08	**A**
%95UF+%5MF –Y2	213,83	B
%95UF+%5FF –Y3	204,58	C
***LSD = ± 8,96 °C		
X: Aritmetik Ortalama, HG: Homojenlik Grubu		

Buna göre; yanma sıcaklıkları (°C) en yüksek KKY'de (357,44), en düşük KHY'de (121,29°), levha tiplerine göre en yüksek L1'de (222,41), en düşük L4'de (201,23) tutkal çeşitlerine göre en yüksek Y1'de (223,08) en düşük Y3'de (204,58) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin kendi kendine, alev kaynaklı ve kor halde yanma sıcaklıklarına etkisine ilişkin çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 5.49.'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.49. Levha tipi ve tutkal çeşidinin sıcaklık değerine etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	α <0.05
Levha tipi (B)	2867,296	3	955,765	64,514	0,000
Tutkal çeşidi (A)	6160,500	2	3080,250	207,917	0,000
Yanma çeşidi (C)	1144373,556	2	572186,778	38622,608	0,000
A * B	21704,093	6	3617,349	244,171	0,000
A * C	429,944	4	107,486	7,255	0,000
C * B	1253,926	6	208,988	14,107	0,000
A * B * C	5839,019	12	486,585	32,844	0,000
Hata	1066,667	72	14,815		
Toplam	6121962,000	108			

Tutkal çeşidi, levha tipi ve yanma çeşidinin yanma sıcaklığına olan etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (α=0,05). Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.50.'de verilmiştir.

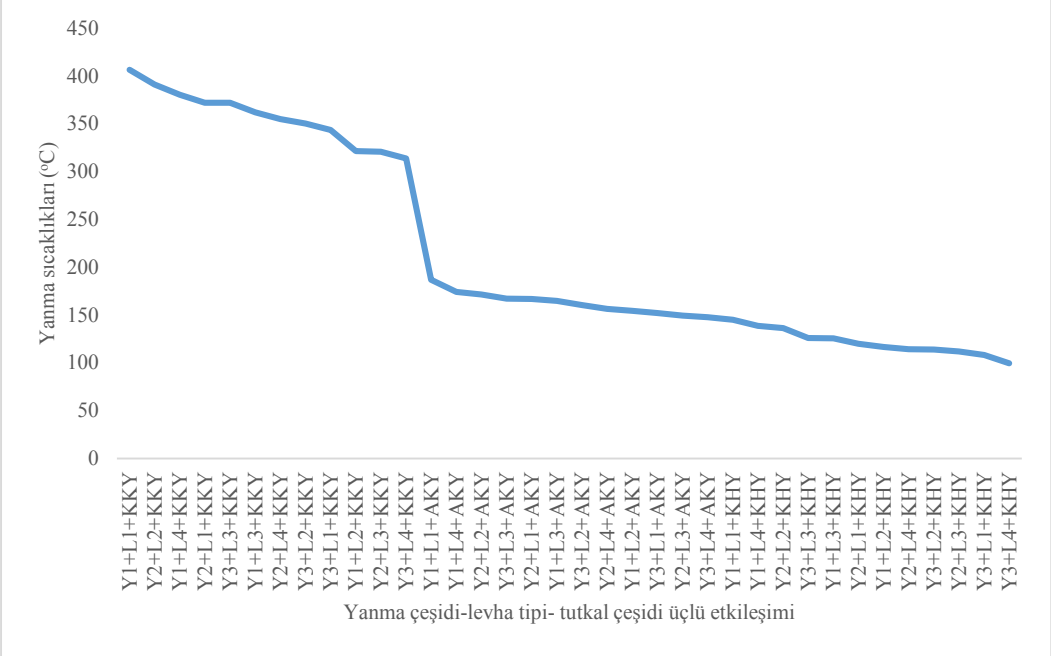
Çizelge 5.50 Yanma çeşidi, levha tipi ile tutkal çeşidine göre yanma sıcaklıkları (°C)

İşlem çeşidi	Sıcaklık		İşlem çeşidi	Sıcaklık	
	X	HG*		X	HG*
Y1+L1+KKY	406,667	a	Y3+L2+AKY	160,333	jklmnopqrst
Y2+L2+KKY	391	ab	Y1+L2+AKY	156,333	klmnopqrstu
Y1+L4+KKY	380,333	abc	Y2+L4+AKY	154,333	lmnopqrstuv
Y2+L1+KKY	372	abcd	Y3+L1+AKY	152	lmnopqrstuvw
Y3+L3+KKY	372	abcd	Y1+L1+KHY	149,333	mnopqrstuvwx
Y1+L3+KKY	362	abcde	Y3+L4+AKY	147,667	nopqrstuvwx
Y2+L4+KKY	355	abcdef	Y2+L3+AKY	145	opqrstuvwxyz
Y3+L2+KKY	350,333	abcdefg	Y1+L4+KHY	138,667	pqrstuvwxyz
Y3+L1+KKY	343,667	abcdefgh	Y2+L2+KHY	136,333	qrstuvwxyz
Y1+L2+KKY	321,667	abcdefghij	Y1+L3+KHY	126	rstuvwxyz
Y3+L4+KKY	313,667	abcdefghijk	Y3+L3+KHY	125,667	stuvwxyz
Y2+L3+KKY	321	abcdefghijkl	Y2+L1+KHY	120	tuvwxyz
Y1+L1+AKY	187	jklmn	Y1+L2+KHY	116,667	uvwxyz
Y1+L4+AKY	174,333	jkklmno	Y2+L3+KHY	112	vxyz
Y2+L2+AKY	171,667	jklmnop	Y3+L2+KHY	114,333	xyz
Y3+L3+AKY	167,333	jklmnopq	Y2+L4+KHY	114	xyz
Y2+L1+AKY	167	jklmnopqr	Y3+L1+KHY	108,333	yz
Y1+L3+AKY	164,667	jklmnopqrs	Y3+L4+KHY	99,667	z

*LSD = ± 40,24 °C

Buna göre; yanma sıcaklığı (°C), en yüksek Y1+L1+AKY'de 406,666, en düşük; Y3+L4+KHY'de (99,667) olarak bulunmuştur.

Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidinin yanma sıcaklık değişmeleri Şekil 5.27.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.27. Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidi yanma sıcaklıkları üçlü etkileşimleri

5.4.2. Işık yoğunlukları

Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidine göre, ölçülen ışık yoğunlukları Çizelge 5.4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.51. Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidine göre ışık yoğunlukları (lüks)

Yanma Çeşidi	X	HG*
Kor Hali Yanma -KHY	976,072	A
Kendi Kendine Yanma -KKY	961,006	B
Alev Kaynaklı Yanma -AKY	952,553	C
*LSD = ± 8,045 lüks		
Levha tipi	X	HG**
%50 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L3	968,918	A
%25 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L4	968,638	AB
%100 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L1	963,078	ABC
%75 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L2	952,206	D
**LSD = ± 9,341 lüks		
Tutkal çeşidi	X	HG***
%95UF+%5FF –Y3	974,028	A
%95UF+%5MF –Y2	961,574	B
%100UF –Y1	954,029	C
***LSD = ± 7,207 lüks		
X: Aritmetik Ortalama, HG: Homojenlik Grubu		

Buna göre; ışık yoğunluğu (lüks), yanma çeşidine göre en yüksek KHY' de (976,072) en düşük AKY 'de (952,553), levha tipine göre en yüksek L3'de (968,918), en düşük L2'de (952,206), tutkal çeşidine göre, en yüksek Y3' de (974,028) en düşük Y1'de (954,029) çıkmıştır.

Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidinin ışık yoğunluğuna etkilerine ilişkin çoklu varyans analiz sonuçları Çizelge 5.52' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.52. Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidinin ışık yoğunluk değeri etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	α <0.05
Levha tipi (B)	4945,482	3	1648,494	7,636	0,000
Tutkal çeşidi (A)	7343,554	2	3671,777	17,007	0,000
Yanma çeşidi (C)	10218,960	2	5109,480	23,666	0,000
A * B	64860,753	6	10810,126	50,070	0,000
A * C	5695,904	4	1423,976	6,596	0,000
C * B	16783,188	6	2797,198	12,956	0,000
A * B * C	8739,924	12	728,327	3,373	0,001
Hata	15544,698	72	215,899		
Toplam	100333746,036	108			

Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidinin ışık yoğunluklarına olan etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (α=0,05). Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.53.'de gösterilmiştir.

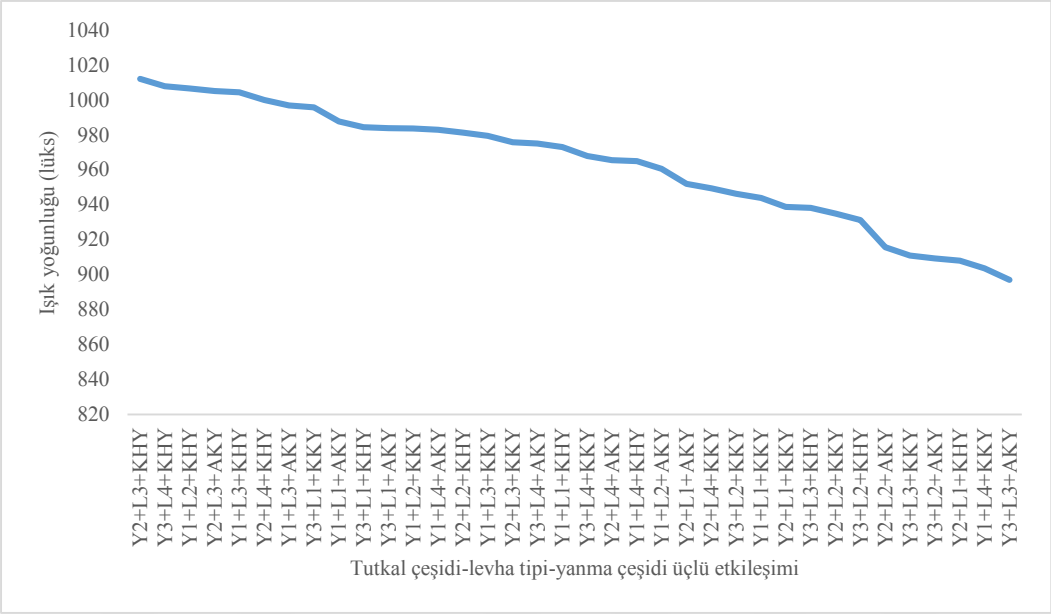
Çizelge 5.53. Yanma çeşidi, levha tipi ve tutkal çeşidine göre ışık yoğunlukları (lüks)

İşlem çeşidi	Sıcaklık		İşlem çeşidi	Sıcaklık	
	X	HG*		X	HG*
Y2+L3+KHY	1012,144	a	Y1+L4+KHY	967,979	ghijklmnopqr
Y3+L4+KHY	1007,995	ab	Y2+L4+AKY	965,582	hijklmnopqrs
Y1+L2+KHY	1006,707	abc	Y3+L4+KKY	965,071	hijklmnopqrs
Y2+L3+AKY	1005,244	abcd	Y1+L2+AKY	960,585	jklmnopqrst
Y1+L3+KHY	1004,513	abcde	Y2+L1+AKY	952,055	lmnopqrstu
Y2+L4+KHY	999,979	abcdef	Y2+L4+KKY	949,411	mnopqrstuv
Y1+L3+AKY	996,9126	abcdefg	Y1+L1+KKY	946,281	opqrstuvw
Y3+L1+KKY	995,781	abcdefh	Y3+L2+KKY	944	pqrstuvw
Y1+L1+AKY	987,667	abcdefghi	Y2+L1+KKY	938,769	qrstuvwx
Y3+L1+KHY	984,422	abcdefghij	Y3+L3+KHY	938,276	qrstuvwx
Y3+L1+AKY	983,942	abcdefghijk	Y2+L2+KKY	934,889	rstuvwxy
Y1+L2+KKY	983,781	abcdefghijk	Y3+L2+KHY	931,389	stuvwxy
Y1+L4+AKY	983,074	abcdefghijkl	Y2+L2+AKY	915,685	uvwxyz
Y2+L2+KHY	981,301	bcdefghijklm	Y3+L3+KKY	910,966	vwxyz
Y1+L3+KKY	979,481	cdefghijklmn	Y3+L2+AKY	909,236	wxyz
Y2+L3+KKY	975,759	cdefghijklmno	Y2+L1+KHY	908,066	xyz
Y3+L4+AKY	975,114	cdefghijklmno	Y1+L4+KKY	903,542	yz
Y1+L1+KHY	973	defghijklmnopq	Y3+L3+AKY	896,972	z

*LSD = ± 22,14 lüks

Buna göre; ışık yoğunluğu (lüks) en yüksek; Y2+L3+KHY'de (1012,144) en düşük Y3+L3+AKY'de (896,972) lüks olarak bulunmuştur.

Tutkal çeşidi, levha tipi ve yanma çeşidine göre ışık yoğunlukları değişmeleri Şekil 5.28.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.28. Tutkal çeşidi, levha tipi ve yanma çeşidine göre ışık yoğunlukları değişmeleri

5.4.3. Yanma süreleri

Yanma süreleri, levha tipi ve tutkal çeşidine göre ölçülen ortalama yanma süreleri Çizelge 54.' de gösterilmiştir.

Çizelge 5.54. Yanma süresi, levha tipi ve tutkal çeşidine göre ortalama değerler (sn.)

Yanma Çeşidi Süresi*	X	HG*
Toplam Yanma Süresi- TYS	3473,3	A
Kor Halde Yanma Süresi -KHYS	1463,3	B
Kendi Kendine Yanma Süresi- KKYS	557,8	C
*LSD = ± 895,423 sn,		
Levha Tipi**	X	HG**
%25 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L4	2090,7	A
%50 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L3	1992,9	B
%75 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L2	1744	C
%100 Yer Fıstığı Kabuğu Katkılı Levha –L1	1498,1	D
**LSD = ± 46,949 sn,		
Tutkal Çeşidi***	X	HG***
%100UF –Y1	1841,1	A
%95UF+%5MF –Y2	1839,2	A
%95UF+%5FF –Y3	1814,1	A
***LSD = ± 92,278 sn, X: Aritmetik Ortalama, HG: Homojenlik Grubu		

Buna göre; en yüksek süre (sn.) yanma çeşidine göre KHYS ’de (1463,3), en düşük KKYS’de (557,8), levha tipine göre en yüksek L4 ’de en düşük L1’ de (1498,1), tutkal çeşidine göre en yüksek Y1’ de (1841,1) en düşük Y3’ de (1814,1) bulunmuştur.

Levha tipi, yanma çeşidi ve tutkal çeşidinin yanma süreleri etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.55.’de verilmiştir.

Çizelge 5.55. Levha tipi, yanma çeşidi ve tutkal çeşidinin yanma süreleri etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	α <0.05
Levha Tipi (A)	5725155,556	3	1908385,185	173,038	0,000
Tutkal Çeşidi (B)	16257,407	2	8128,704	0,737	0,482
Yanma Süresi (C)	160327140,741	2	80163570,370	7268,630	0,000
A * B	72172,222	6	12028,704	1,091	0,376
A * C	5831288,889	6	971881,481	88,123	0,000
C * B	302348,148	4	75587,037	6,854	0,000
A * B * C	112733,333	12	9394,444	0,852	0,598
Hata	794066,667	72	11028,704		
Toplam	535448200,000	108			

Levha tipi, yanma süresi, levha tipi-yanma süresi ve tutkal çeşidi-yanma süresi ikili etkileşimlerinin yanma sürelerine olan etkileri istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (α=0,05).

Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.56. ile Çizelge 5.57.’de verilmiştir.

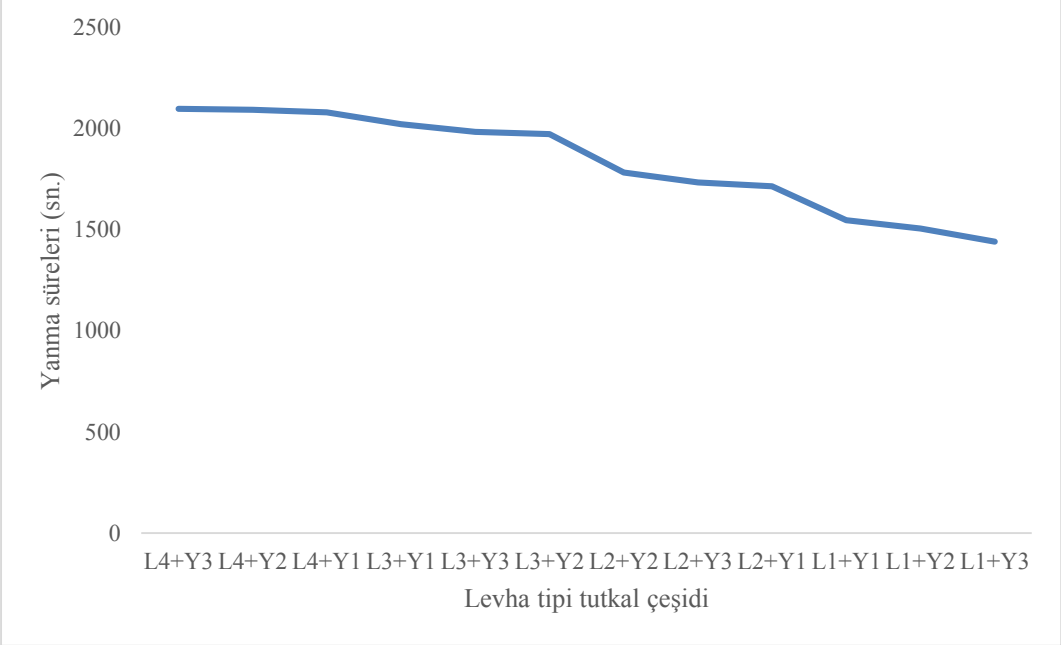
Çizelge 5.56. Levha tipi ile tutkal çeşidine göre yanma süreleri (sn.)

İşlem çeşidi	Yanma Süreleri		İşlem çeşidi	Yanma Süreleri	
	X	HG*		X	HG*
L4+Y3	2098,889	A	L2+Y2	1783,333	D
L4+Y2	2093,333	A	L2+Y3	1733,333	E
L4+Y1	2080	A	L2+Y1	1715,556	E
L3+Y1	2021,111	B	L1+Y1	1547,778	F
L3+Y3	1984,444	B	L1+Y2	1506,667	F
L3+Y2	1973,333	BC	L1+Y3	1440	G

*LSD = ±46,681 Sn.

Buna göre; yanma süreleri (sn.), en yüksek L4+Y3' de (2098,889), en düşük L1+Y3' de (1440) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ve tutkal çeşidine göre yanma süreleri değişmeleri Şekil 5.29.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.29. Levha tipi ve tutkal çeşidine göre yanma süreleri değişmeleri

Tutkal çeşidine göre yanma süreleri Çizelge 5.57.'de verilmiştir.

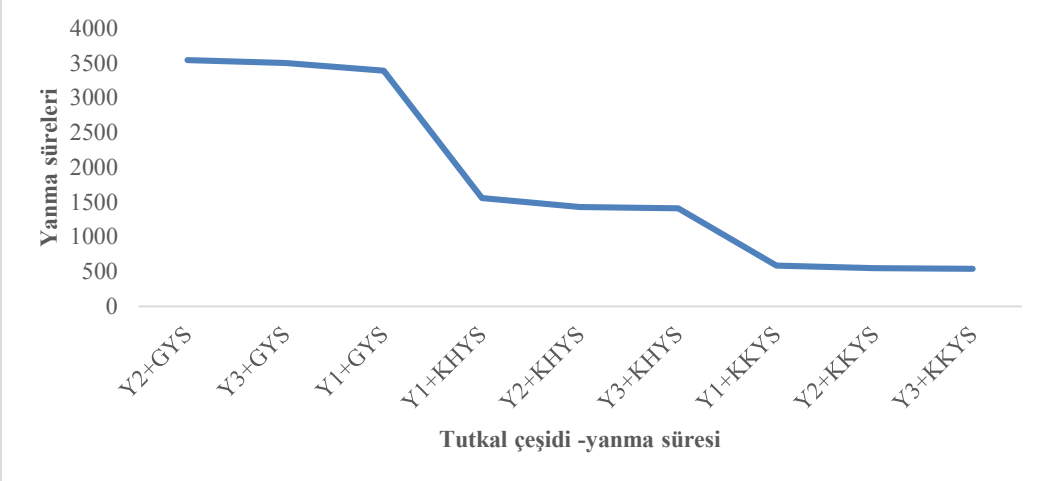
Çizelge 5.57. Tutkal çeşidine göre yanma süreleri (sn.)

İşlem çeşidi	Yanma Süreleri	
	X	HG*
Y2+TYS	3540	A
Y3+TYS	3495	AB
Y1+TYS	3385	ABC
Y1+KHYS	1555	D
Y2+KHYS	1427,5	DE
Y3+KHYS	1407,5	DEF
Y1+KKYS	583,333	G
Y2+KKYS	550	GH
Y3+KKYS	540	GHI

*LSD = ±828,17 sn.

Buna göre; yanma süresi (sn.), en yüksek Y2+TYS' de (3540), en düşük Y3+KKYS'de (540) olarak bulunmuştur.

Tutkal çeşidine göre yanma süreleri değişmeleri Şekil 5.30.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.30. Tutkal çeşidine göre yanma süreleri değişmeleri

5.4.4. Toplam ağırlık kayıpları

Deney örneklerinin toplam ağırlık kaybına ilişkin istatistiksel bilgiler Çizelge 5.58.'de verilmiştir.

Çizelge 5.58. Toplam ağırlık kaybına ilişkin istatistiksel bilgiler (%)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Değerler				
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)		N	X_{min}	X_{maks}	$X_{ort.}$	S_d
L1	100	0	%100 UF (Y1)	2	45,29	47,71	46,50	0,87
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	2	33,66	36,08	34,87	0,81
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	2	29,61	32,03	30,82	0,69
L2	75	25	%100 UF (Y1)	2	28,21	30,63	29,42	0,45
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	2	41,02	43,44	42,23	1,08
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	2	28,99	31,41	30,20	1,06
L3	50	50	%100 UF (Y1)	2	33,81	36,23	35,02	1,03
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	2	24,49	26,91	25,70	0,61
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	2	39,30	41,72	40,51	1,82
L4	25	75	%100 UF (Y1)	2	37,81	40,23	39,02	1,04
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	2	32,34	34,76	33,55	1,14
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	5	22,76	25,18	23,97	0,95

N: Numune adedi, X_{min}: En düşük değer, X_{maks}: En yüksek değer, X_{ort}: Ortalama değer S_d: Standart Sapma

Buna göre; toplam ortalama ağırlık kaybı (%) en yüksek L1+Y1'de (46,50) en düşük L+Y3' de (23,97) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin toplam ağırlık kaybı etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi sonuçları Çizelge 5.59' da verilmiştir.

Çizelge 5.59. Levha tipi ile tutkal çeşidinin toplam ağırlık kaybı etkilerine ilişkin çoklu varyans analizi

Varyans Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F Değeri	α <0.05
Levha Tipi (A)	130,646	3	43,549	42,129	0,000
Tutkal Çeşidi (B)	225,380	2	112,690	109,018	0,000
A * B	1166,998	6	194,500	188,162	0,000
Hata	24,808	24	1,034		
Toplam	43946,759	36			

Toplam ağırlık kaybına en çok tutkal çeşidi ile levha tipi etkileşiminin sonrasında tutkal çeşidinin, en düşük ise levha tipi etkisinin olduğu Çizelge 5.59.'da görülmektedir.

Levha tipi ve tutkal çeşidinin toplam ağırlık kaybına olan etkileri istatistiksel anlamda önemli (α=0,05) bulunmuştur. Önemli çıkanlarda farklılığın hangi gruplar arasında anlamlı olduğunu belirlemek için yapılan Duncan testi sonuçları Çizelge 5.60.'da verilmiştir.

Levha tiplerine göre levhaların ortalama ağırlık kayıpları Çizelge 5.60.'da verilmiştir.

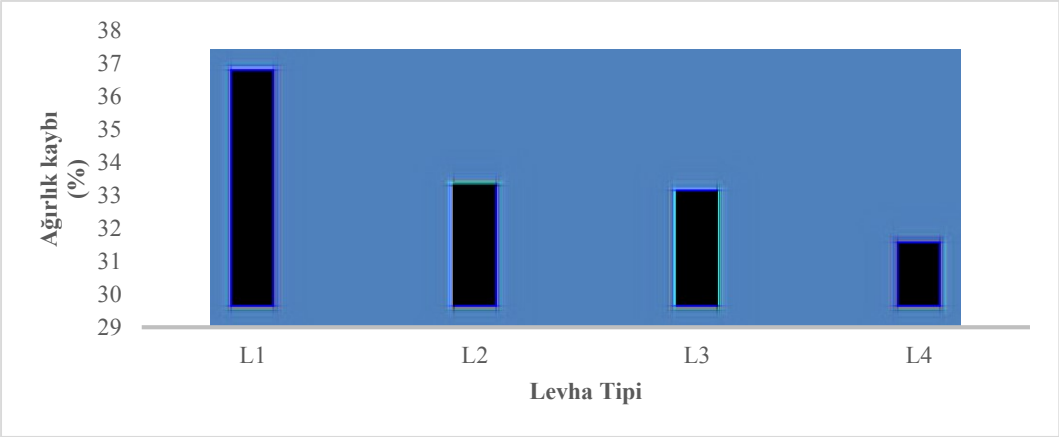
Çizelge 5.60. Levha tiplerine göre ortalama ağırlık kayıpları (%)

Levha Tipi	X	HG*
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	37,39	A
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	33,95	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	33,74	B
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	32,18	C

*LSD = ± %1,23

Buna göre; toplam ağırlık kaybı (%) levha tiplerine göre en yüksek L1' de (37,39), en düşük L4'de (32,18) olarak bulunmuştur.

Levha tiplerine göre ortalama ağırlık kaybı değişmeleri Şekil 5.31.'de gösterilmiştir.



L1=%100Yer fıstığı kabuğu katkı., L2=%75Yer fıstığı kabuğu katkı., L3=%25Yer fıstığı kabuğu katkı., L4=%25Yer fıstığı kabuğu katkı.,

Şekil 5.31.Levha tiplerine göre ortalama ağırlık kaybı değişmeleri

Tutkal çeşidine göre levhaların ortalama ağırlık kayıpları Çizelge 5.61.'de verilmiştir.

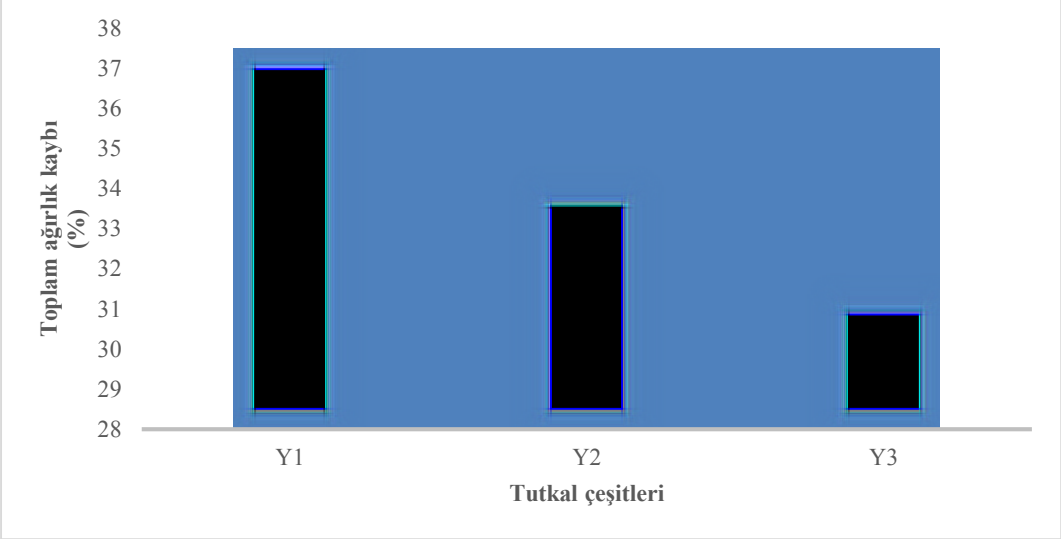
Çizelge 5.61. Tutkal çeşidine göre ortalama ağırlık kayıpları (%)

Tutkal Türü	X	HG*
%100UF (Y1)	37,49	A
%95UF+%5MF (Y2)	34,08	B
%95UF+%5FF (Y3)	31,37	C

*LSD = ± %1,54

Buna göre; toplam ağırlık kaybı (%) tutkal çeşitlerine göre en yüksek Y1' de (37,49), en düşük Y3'de 31,37 olarak bulunmuştur.

Tutkal çeşidine göre ortalama ağırlık kaybı değişmeleri Şekil 5.32.'de gösterilmiştir.



Y1=%100UF, Y2=%95UF+%5MF, Y3=%95UF+%5FF

Şekil 5.32. Tutkal çeşitlerine göre ortalama ağırlık kaybı değişmeleri

Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine göre ortalama ağırlık kayıpları Çizelge 5.62.'de verilmiştir.

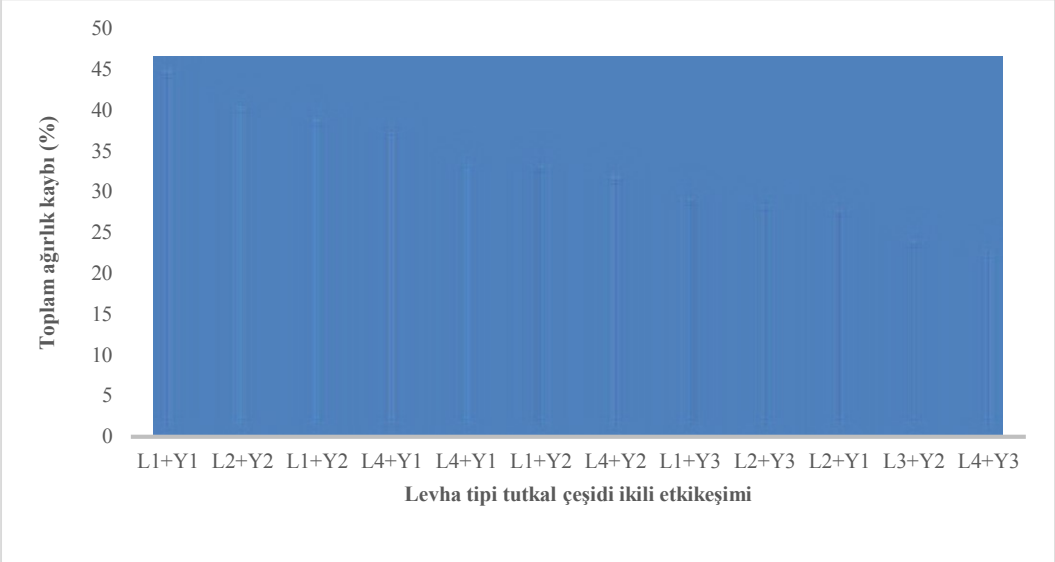
Çizelge 5.62. Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine göre ortalama ağırlık kayıpları (%)

Levha Tipi	Tutkal çeşidi	X	HG*
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%100UF (Y1)	46,5	**A**
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5MF (Y2)	42,23	B
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5FF (Y3)	40,51	C
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%100UF (Y1)	39,02	D
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%100UF (Y1)	35,02	E
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5MF (Y2)	34,87	E
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5MF (Y2)	33,55	F
%100 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L1)	%95UF+%5FF (Y3)	30,82	G
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%95UF+%5FF (Y3)	30,2	G
%75 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L2)	%100UF (Y1)	29,42	GH
%50 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L3)	%95UF+%5MF (Y2)	25,7	I
%25 Yer fıstığı kabuğu katkılı (L4)	%95UF+%5FF (Y3)	23,97	J

*LSD=± %1,28

Buna göre; toplam ağırlık kaybı (%) en yüksek L1+Y1' de (46,5), en düşük L4+Y3' de (23,97) olarak bulunmuştur.

Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine göre toplam ağırlık kaybı değişmeleri Şekil 5.33.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.33. Levha tipi ve tutkal çeşidi etkileşimine göre ortalama ağırlık kaybı değişmeleri

5.5. Yanma Sonucu Oluşan CO_2 ve NO Değerleri

5.5.1. Alev kaynaklı yanma sonucu CO_2 ve NO değerleri



Şekil 5.34. Alev kaynaklı yanma sonucu CO_2 değerleri

Buna göre; CO_2 gaz değeri (ppm), en yüksek L1+Y1' de (772,3), en düşük L4+Y2' de (102,5) olarak bulunmuştur.



Şekil 5.35. Alev kaynaklı yanma sonucu NO değerleri

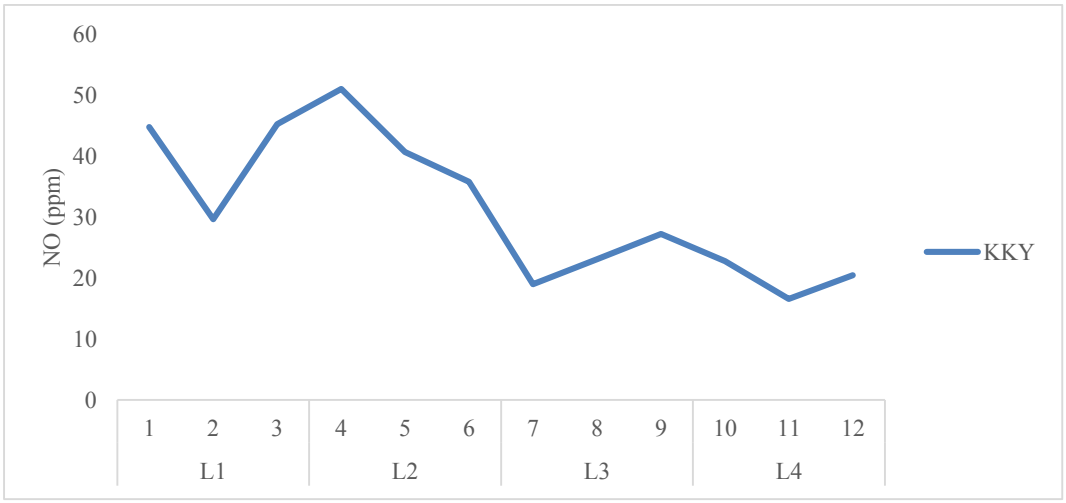
Buna göre; NO gaz değeri (ppm), en yüksek L2+Y3' de (11,7), en düşük L4+Y2' de (3,6) olarak bulunmuştur.

5.5.2. Kendi kendine yanmada CO_2 ve NO değerleri



Şekil 5.36. Kendi kendine yanma sonucu CO_2 değerleri

Buna göre; CO_2 gaz değeri (ppm), en yüksek L1+Y3' de (2017,6), en düşük L4+Y2' de (88,7) olarak bulunmuştur.



Şekil 5.37. Kendi kendine yanma sonucu NO değerleri

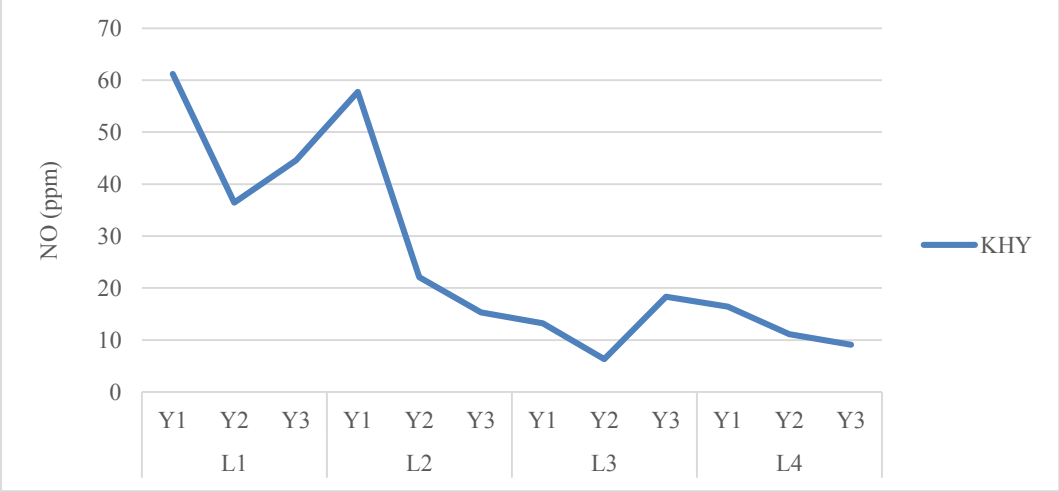
Buna göre; NO gaz değeri (ppm), en yüksek L2+Y1' de (51), en düşük L4+Y2' de (16,5) olarak bulunmuştur.

5.5.3. Kor halinde yanmada CO_2 ve NO değerleri



Şekil 5.38. Kor halde yanma sonucu CO_2 değerleri

Buna göre; CO_2 gaz değeri (ppm), en yüksek L1+Y2' de (1568,8), en düşük L4+Y2' de (78,4) olarak bulunmuştur.



Şekil 5.39. Kor halde yanma sonucu NO değerleri

Buna göre; NO gaz değeri (ppm), en yüksek L1+Y1' de (61,2), en düşük L3+Y2' de (6,3) olarak bulunmuştur.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmada yer fıstığı kabuğu katkı oranı ve tutkal çeşidinin, yonga levhaların bazı fiziksel, mekanik, yanma özellikleri ile formaldehit emisyonu üzerine etkileri araştırılmıştır.

Yoğunluk

Üretilen yonga levhaların yoğunluk değerleri 0,64 g/cm^3 ile 0,74 g/cm^3 arasında değişmekte olup, orta yoğunluktaki yonga levhalar için ön görülen 0,59 – 0,80 g/cm^3 değerleri aralığı ile uygunluk göstermektedir.

Levha yoğunluk değerlerine ait ortalamalara bakıldığında en yüksek değer, 0,74 g/cm^3 ile Y1 + L4 (%100 UF tutkalı+%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda bulunmuştur. En düşük değer ise 0,64 g/cm^3 ile Y1 + L1 (%100 UF tutkalı+%100 yer fıstığı kabuğu) katkılı levhalarda bulunmuştur.

Yer fıstığı kabuğu katkı oranı arttıkça levha yoğunluğunun azaldığı tespit edilmiştir. Bu durum, yer fıstığı kabuğu yoğunluğunun odun yongasına göre daha düşük olması ile açıklanabilir.

Alkaloid fabrikası katı atıkları kullanılarak üretilen yonga levhaların yoğunluk değerleri 0,59 – 0,80 g/cm^3 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Küçüktüvek, 2015).

Nane lifi katkılı atık hurma çekirdeğinden üretilen kompozit malzemenin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri inceleniş olup, yoğunluğu 1,82 g/cm^3 olarak bulunmuştur. (Taşdemir M. H, Şahin A, Karabulut F. A, Gürü M. 2017)

Yoğunluk, yonga levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. Levhanın yoğunluk değeri ile su içerisinde şişme, eğilme direnci, elastikiyet modülü, makaslama direnci, yüzey sertliği, isleme özelliği, vida tutma direnci arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur. Birçok durumda levha yoğunluğu ile levhanın bazı mekanik özellikleri doğru orantılı olarak artar. Fakat bu artış düz bir doğru seklinde olmayıp, diğer birçok faktörün etkisiyle hafif parabolik, hiperbolik veya (S) seklinde bir eğri de verebilir (Bozkurt ve Göker, 1985).

Rutubet miktarı

Deney örneklerinin rutubet miktarları ve TS EN 312'e göre olması gereken değer Çizelge 6.1.'de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Deney örneklerinin rutubet miktarları ve TS EN 312'e göre olması gereken değer (%)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Rutubet Miktarı	(TS EN 312) Rutubet Miktarı
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)			
L1	100	0	%100 UF (Y1)	7,85	5-13
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	7,11	
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	6,61	
L2	75	25	%100 UF (Y1)	7,77	
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	7,01	
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	6,75	
L3	50	50	%100 UF (Y1)	7,57	
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	6,87	
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	6,55	
L4	25	75	%100 UF (Y1)	7,49	
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	6,59	
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	6,19	

Y1 (%100UF) tutkalına göre Y2 (%95UF+%5MF) tutkalı kullanımı, yonga levhaların rutubet miktarında, %10,41'lik bir düşüş sağlarken, Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı kullanımı yonga levhaların rutubet miktarında %15,38'lik bir düşüş sağlamıştır.

Yonga levha üretiminde Y3 (95UF+%5FF) ve Y2 tutkalı (%95UF+%5MF) kullanımının, levha rutubet değerleri üzerinde olumlu bir etki yaptığı tespit edilmiştir. Buna göre kullanılan tutkal çeşidinin, levhaların rutubet miktarları üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

%100 yer fıstığı kabuğu katkısı (L1) ile üretilen yonga levhalara göre, %75 (L2), %50 (L3), ve %25 (L4) levhaların rutubet değerlerinde sırasıyla; %0,18, %2,77, %6,22'lik bir düşüş tespit edilmiştir. Levha tiplerine göre yer fıstığı kabuğu katkı oranının levhaların rutubet

değerleri üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Bu durum yer fıstığı kabuğunun odun yongasına göre daha fazla nem tutması ile açıklanabilir.

Elde edilen sonuçlara göre rutubet değeri, en düşük L4 (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) + Y3 (%95UF+%5FF) tutkallı levhalarda tespit edilmiştir. Rutubete dayanımının aranıldığı nemli ortam koşullarında, bu durum dikkate alınabilir.

TS EN 312/Haziran 2012 esaslarına göre levha rutubet miktarı (TS EN 322) % 5 ile % 13 arasında olmalıdır. Buna göre yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen tüm yonga levhalar standart gerekliliklerini karşıladığı söylenebilir.

Mineral lifler kullanılarak üretilen yonga levhalarda üre formaldehit tutkalı yerine melamin formaldehit tutkalı kullanımının, yonga levhaların rutubet miktarında % 5'lik bir azalma sağladığı tespit edilmiştir. Buna göre en düşük rutubet miktarı, % 20 taş yünü katkılı melamin formaldehit tutkallı yonga levhalarda bulunurken, % 34'lük bir azalma tespit edilmiştir (Ülker, 2013). Söz konusu çalışmada elde edilen sonuçlar bu çalışma ile örtüşmektedir.

Su içerisinde kalınlığına şişme miktarı (2 saat – 24 saat)

Deney örneklerinin su içerisinde kalınlığına şişme miktarı ve TS EN 312'e göre olması değer Çizelge 6.2.' de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Deney örneklerinin su içerisinde kalınlığına şişme miktarı ve TS EN 312'e göre olması değer (%)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	2 Saat Kalınlığına Şişme Miktarı	24 Saat Kalınlığına Şişme Miktarı	(TS EN 312) 24 Saat Kalınlığına Şişme Miktarı
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)				
L1	100	0	%100 UF (Y1)	12,74	18,14	14
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	12,00	17,40	
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	11,10	16,00	
L2	75	25	%100 UF (Y1)	12,20	17,60	
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	11,60	16,00	
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	10,28	14,52	
L3	50	50	%100 UF (Y1)	12,00	17,40	
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	11,36	15,80	
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	10,00	13,90	
L4	25	75	%100 UF (Y1)	11,90	17,00	
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	11,40	15,70	
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	9,62	13,70	

2 saat su içerisinde kalınlığına şişme miktarlarında, Y1 (%100UF) tutkalına göre Y2 (%95UF+%5MF) tutkalı kullanımı kalınlığına şişme miktarlarında %5,07'lik bir düşüş, Y3 tutkalı (%95UF+%5FF) kullanımı ise %16,05'lik bir düşüş sağlamıştır. Levhaların 2 saat su içerisinde kalınlığa şişme değerleri %12,77-9,97 arasında değişkenlik göstermiştir.

24 saat su içerisinde kalınlığına şişme değerleri incelendiğinde; Y1 (%100UF) tutkalına göre Y2 (%95UF+%5MF) tutkalı kullanımı kalınlığına şişme değerlerinde %7,47'lik bir düşüş sağlarken, Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı kullanımı ise %17,13'lük bir düşüş sağlamıştır.

Yonga levha üretiminde kullanılan tutkal çeşidinin, 2 ve 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme değerleri üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Buna göre su ile temasın olabileceği nemli ortam koşullarında bu durum dikkate alınabilir.

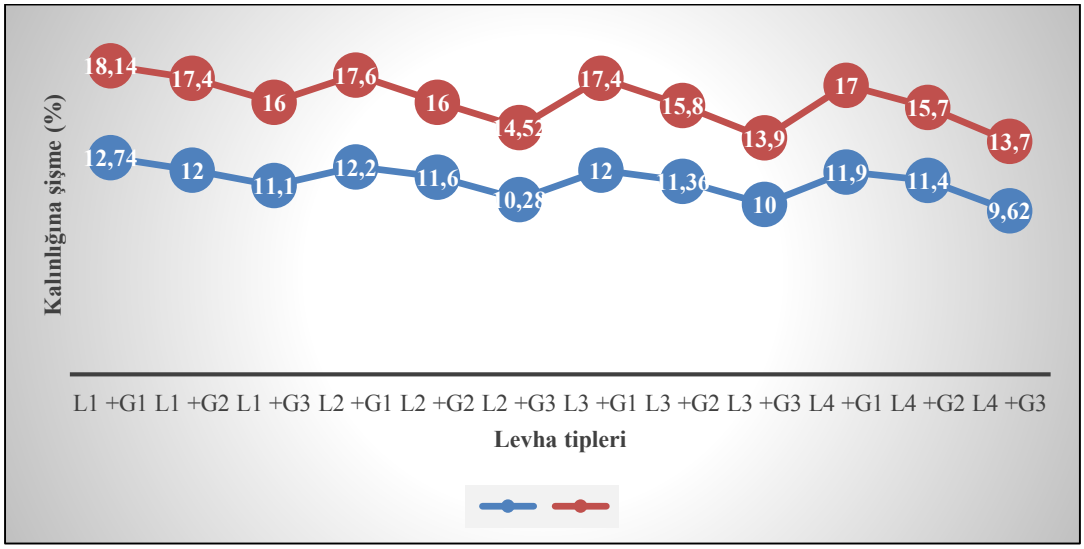
Levha tiplerine göre yer fıstığı kabuğu katkı oranının, 2 ve 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme değerleri üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Yer fıstığı kabuğu katkısı azaldıkça yonga levhaların 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme değerlerinde azalışlar tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; %100 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen yonga levhalara göre

%75, %50 ve %25 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen levhaların 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme değerlerinde sırasıyla; %4,91, %6,92, %8,15'lik bir düşüş tespit edilmiştir. En düşük 2 saat su içerisinde kalınlığına şişme değeri Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı ile üretilen L4 levhalarda (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) %9,62 olarak tespit edilmiştir.

Diğer taraftan levha tiplerine göre yer fıstığı kabuğu katkı oranı azaldıkça yonga levhaların 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme değerlerinde azalışlar tespit edilmiştir. %100 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen yonga levhalara göre %75, %50 ve %25 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen levhaların 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme değerlerinde sırasıyla; %6,63, %8,61, %10,01'lik bir düşüş tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre en düşük 24 saat su içerisinde kalınlığına şişme değeri Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı ile üretilen L4 levhalarda (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı), %13,72 ölçülmüştür.

Yonga levhaların su içerisinde kalınlığına şişme miktarları, üretimde kullanılan değişkenlerle bağlantılıdır. Kalınlık artış oranı; üretimde kullanılan odun çeşidi, levha yoğunluğu, yonga boyutu, tutkal oranı, tutkalın yonga ile karıştırılmasındaki homojenlik ve presleme koşullarına bağlı olarak değişiklikler göstermektedir (Bozkurt ve Göker, 1985).

Üretimi gerçekleştirilen yonga levhaların su içerisinde (2-24 saat) kalınlık artış değişmeleri Şekil 6.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. Su içerisinde kalınlığına şişme değişmeleri (2-24 saat)

Üretilen yonga levhaların kalınlık artış miktarının farklı çıkması, yer fıstığı kabuğu ile odun yongasının farklı karakteristik yapıda olmaları, su alma/verme kapasitelerinin birbirlerinden farklı olmaları ile açıklanabilir. Ayrıca UF tutkalına en az %5 oranında MF veya FF katılması, levhanın su içerisinde kalınlığına şişme miktarını düşürmektedir. Ayrıca levha üretiminde parafin gibi hidrofobik maddeler kullanılması, levhanın suya suda dayanımını arttırabilir.

Su emme yüksekliği

Deney örneklerinin su emme yükseklikleri ve TS 4616'a göre olması gereken değer Çizelge 6.3.'de verilmiştir.

Çizelge 6.2. Deney örneklerinin su emme yükseklikleri ve TS 4616'a göre olması gereken değer (mm)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Su Emme Yüksekliği	(TS 4616) Su Emme Yüksekliği
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)			
L1	100	0	%100 UF (Y1)	40,20	30
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	35,20	
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	34,80	
L2	75	25	%100 UF (Y1)	38,00	
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	32,80	
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	31,40	
L3	50	50	%100 UF (Y1)	35,80	
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	30,80	
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	30,00	
L4	25	75	%100 UF (Y1)	29,63	
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	28,60	
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	28,80	

Yonga levha üretiminde kullanılan tutkal çeşidinin, yongaların su emme yüksekliği üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; Y1 (%100UF) tutkalı yerine Y2 (%95UF+%5MF) tutkalı kullanımı yonga levhaların su emme yükseklik değerleri üzerinde, %15,99'luk bir azalma sağlarken, Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı kullanımı yonga levhaların su emme yükseklik değerlerinde, %14,38'lik bir azalma sağlamıştır.

Levha tiplerine göre yer fıstığı kabuğu katkı oranının yongaların su emme yüksekliği üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; yer fıstığı kabuğu katkı azaldıkça yonga levhaların su emme yükseklik değerleri üzerinde azalışlar tespit edilmiştir. %100 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen yonga levhalara göre, %75, %50 ve %25 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen levhaların su emme yükseklik değerlerinde sırasıyla; %7,26, %12,33, %16,33'lük bir azalma tespit edilmiştir.

TS 4616'a göre iç mekanlarda kullanılan yonga levhalar için su emme yüksekliği en çok 30 mm, dış mekanlarda kullanılan yonga levhalar için en çok 25 mm olarak öngörülmektedir. Bu sonuçlara göre su emme yükseklik değeri en az Y2 (%95UF+%5MF) tutkalı ile üretilen L4 levhalarda (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) 28,6 mm olarak tespit edilmiş olup standart gerekliliğini sağlamaktadır.

Eğilme direnci

Deney örneklerinin eğilme direnci ve TS EN 312'e göre olması gereken değer Çizelge 6.4' de verilmiştir.

Çizelge 6.3. Deney örneklerinin eğilme direnci ve TS EN 312'e göre olması gereken değer (N/mm^2)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Eğilme Direnci	(TS EN 312) Eğilme Direnci
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)			
L1	100	0	%100 UF (Y1)	11,31	13
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	11,77	
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	12,73	
L2	75	25	%100 UF (Y1)	12,69	
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	12,61	
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	13,62	
L3	50	50	%100 UF (Y1)	13,20	
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	13,32	
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	13,88	
L4	25	75	%100 UF (Y1)	13,74	
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	13,78	
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	15,76	

Tutkal çeşidinin, yonga levhaların eğilme direnci değeri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; Y1 (%100UF) tutkalına göre Y2 (%95UF+%5MF) tutkalı kullanımı yonga levhaların eğilme direncinde, %1,04, Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı kullanımı ise %8,76'lik bir artış sağlamıştır.

Levha tiplerine göre, yer fıstığı kabuğu katkı oranının yongaların eğilme direnci üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; %100 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen yonga levhalara göre, %75, %50 ve %25 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen levhaların eğilme direncinde sırasıyla; %8,70, %12,84, %20,86 oranında artmıştır.

Bu sonuçlara göre eğilme direnci en yüksek, Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı ile üretilen L4 levhalarda (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı), 15,76 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir.

Yer fıstığı kabuğu katkı oranı azaldıkça yonga levhaların eğilme direncinin arttığı tespit edilmiştir. Bu durum odun yongası kimyasal yapısının (lif uzunluğu, genişliği) yer fıstığı kabuğuna nazaran daha üstün değerlere sahip olması ile açıklanabilir.

Diğer taraftan bağlayıcı olarak %100 UF tutkalı yerine, en az %5 oranında MF veya FF tutkalı kullanımı, levha eğilme direnci üzerinde olumlu etkiler yaptığı tespit edilmiştir.

TS EN 312/Haziran 2012 esaslarına göre 13 – 20 mm arası kalınlıktaki levhaların eğilme direnci (TS EN 310) 13 N/mm^2 olmalıdır. Buna göre L3 (%50 odun yongası, %50 yer fıstığı kabuğu katkılı) ve L4 levhalar (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) standart gerekliliklerini karşılamaktadır.

Eğilme direnci değerlerinde en düşük değer 11,31 N/mm^2 ile L1 (%100 yer fıstığı kabuğu katkılı) +Y1 (%100UF) levhada tespit edilmiş olup standartta istenilen değeri karşılamamakla birlikte yakın bir değerdir. Bu çerçevede yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen levhalar, düşük yoğunluğun istenildiği ve dayanımın aranmadığı dekorasyon uygulamalarında tercih edilebilir.

Bu konu ile ilgili olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde; ceviz kabuğu kullanılarak üretilen yonga levhalarda bağlayıcı olarak üre formaldehit tutkalı kullanıldığı ve en yüksek eğilme direnci 3,8 N/mm^2 olarak bulunduğu (Gürü, Atar, Yıldırım, 2008), sentetik ahşap

tutkalların, çam ve kayın odunu üzeninde yapışma direnci incelendiğinde çalışmada, nemli ortam koşulları altında %100 UF yerine UF + %35-50 MF/FF tutkal grubunu kullanmanın daha iyi sonuç vereceği (Altınok ve diğerleri), patlıcan atık yongalarından üretilen levhalarının eğilme direnci 15,83-6,06 N/mm^2 arasında değişiklik gösterdiği, (Karakuş, 2007), çay fabrikası atıkları ile yonga levhalar üretilmiş olup levhaların eğilme direnci 11.37 N/mm^2 olarak (Örs, Kalaycıoğlu, 1991) bulunduğu tespit edilmiş olup, çıkan sonuçlar bu çalışmayı desteklemektedir.

Elastikiyet Modülü

Deney örneklerinin elastikiyet modülü ve TS EN 312'e göre olması gereken değer Çizelge 6.5' de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Deney örneklerinin elastikiyet modülü ve TS EN 312'e göre olması gereken değer (N/mm^2)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Elastikiyet Modülü	(TS EN 312) Elastikiyet Modülü
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)			
L1	100	0	%100 UF (Y1)	1793,60	1600
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	1798,00	
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	1966,40	
L2	75	25	%100 UF (Y1)	1954,40	
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	1947,20	
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	2196,40	
L3	50	50	%100 UF (Y1)	2139,00	
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	2149,80	
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	2520,20	
L4	25	75	%100 UF (Y1)	2277,20	
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	2308,60	
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	3020,20	

Tutkal çeşidinin, üretimi gerçekleştirilen yonga levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; Y1 (%100UF) tutkalına göre Y2 (%95UF+%5MF) tutkalı kullanımı yonga levhaların elastikiyet modülü değerlerinde, %0,48, Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı kullanımı ise %18,27'lik bir artış kazandırmıştır.

Levha tiplerine göre, yer fıstığı kabuğu katkı oranının yongaların elastikiyet modül değerleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; %100 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen yonga levhalara göre, %75, %50 ve %25 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen levhaların elastikiyet modülü değerlerinde sırasıyla; %9,71, %22,50, %36,84'lük bir artış tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara göre elastikiyet modülü en yüksek, Y3 tutkalı (%95UF+%5FF) ile üretilen L4 levhalarda (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı), 3020,20 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir.

Yer fıstığı kabuğu katkı azaldıkça yonga levhaların elastikiyet modülü değerleri üzerinde artışlar tespit edilmiştir. Bu durum odun yongası kimyasal yapısının (lif uzunluğu, genişliği) yer fıstığı kabuğuna nazaran daha üstün değerlere sahip olması ile açıklanabilir. Diğer taraftan bağlayıcı olarak %100 UF tutkalı yerine en az %5 oranında MF veya FF katılarak UF tutkalının beraber kullanılması, levha elastikiyet modülü değerleri üzerinde olumlu etkiler yaptığı tespit edilmişti.

TS EN 312/Haziran 2012 esaslarına göre 13 – 20 mm arası kalınlıktaki levhaların elastikiyet modülü değerleri (TS EN 310) 1800 N/mm^2 olmalıdır. Buna göre yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen tüm yonga levhalar standart gerekliliklerini karşıladığı söylenebilir.

Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde; Laboratuar ortamında ayçiçeği sapları (*Helianthus annuus* L.) ve üre formaldehit tutkalı kullanılarak yonga levha üretimi gerçekleştirildiği, üretilen levhaların tutkal oranı ile pres değerlerinin levhaların performans özelliklerini etkilediği ve test sonuçlarına göre 24 saat suda bekletme sonucu kalınlık artışının % 19-42, su alma miktarının % 78-95, eğilme direncinin 14,3-17,5 N/mm^2, elastikiyet modülünün 1941-2431 N/mm2, yüzeye dik çekme direncinin 0.26-0.46 N/mm^2 olarak bulunduğu (Bektaş, Güler, Kalaycıoğlu, 2002) ortaya konulmuştur. Karton içecek kutularının yonga levha üretiminde kullanıldığı bir başka çalışmada, levhaların test sonuçları

2 saat kalınlığa şişme değeri için % 1,04, eğilme direnci için 186,5 kp/cm^{2,} yüzeye dik çekme direnci için 3,52 kp, yüzeye dik yönde vida tutma direnci için 87,5 kp olarak tespit edildiği (Göker, Akbulut, 1998) belirtilmiş olup, gerçekleştirilen çalışma sonuçları ile örtüşmektedir.

Vida tutma direnci

Tutkal çeşidinin, üretimi gerçekleştirilen yonga levhaların vida tutma direnci değerleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; Y1 (%100UF) tutkalına göre Y2 (%95UF+%5MF) tutkalı kullanımı yonga levhaların vida tutma direnci üzerinde, %0,61, Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı ise %16,59'luk bir artış kazandırmıştır.

Levha tiplerine göre, yer fıstığı kabuğu katkı oranının yongaların vida tutma direnci üzerinde ekili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; L1 (%100 yer fıstığı kabuğu katkılı) yonga levhalara göre, %75, %50 ve %25 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen levhaların vida tutma direnci değerlerinde sırasıyla; %7,58, %17,67, %19,16'lık bir artış tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara göre vida tutma direnci değeri en yüksek, %95UF+%5FF tutkalı ile üretilen L4 levhalarda (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı), 15,02 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir.

Yer fıstığı kabuğu katkı azaldıkça yonga levhaların vida tutma direnci değerleri üzerinde artışlar tespit edilmiştir. Bu durum diğer mekanik özelliklerde de anlatıldığı üzere odun yongası kimyasal yapısının (lif uzunluğu, genişliği) yer fıstığı kabuğuna nazaran daha üstün değerlere sahip olması ile açıklanabilir. Ayrıca bağlayıcı olarak %100 UF tutkalı yerine %5 oranında MF veya FF katılarak UF tutkalının beraber kullanılması, levha vida tutma değerleri üzerinde olumlu etkiler yaptığı tespit edilmiştir.

Vida tutma direncine ilişkin gerçekleştirilen çalışmalar incelediğinde; buğday sapları kullanılarak yonga levha üretimi gerçekleştirildiği, ANSI M-3 esaslarına göre yapılan testler sonucu, levhaların eğilme direncinin 16,5 Mpa, elastikiyet modülünün 2,750 MPa, yüzeye dik vida tutma direncinin ise 112 kgf olarak tespit edildiği (Mengeloğlu, Alma, 2002) belirtilmiş olup, bu değerler çalışma sonucu elde edilen değerleri desteklemektedir.

Yonga levhalar üretiminde parafin kullanım miktarı uygunluğunun araştırıldığı bir başka çalışmada farklı parafin katkı miktarlarıyla üretilen yonga levhaların vida tutma direnci 642

-729 N arasında değişkenlik gösterirken, ortalama vida tutma direnci 668,1 N olarak bulunmuştur (Gözalan, 2016).

Brinell sertliği

Deney örneklerinin Brinell sertlik değerleri ve TS 4616'a göre olması gereken değerler Çizelge 6.6' de verilmiştir.

Çizelge 6.5. Deney örneklerinin Brinell sertlik değerleri ve TS 4616'a göre olması gereken değerler (N/mm^2)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Brinell Sertliği	(TS 4616) Brinell Sertliği
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)			
L1	100	0	%100 UF (Y1)	26,48	62
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	22,54	
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	27,30	
L2	75	25	%100 UF (Y1)	29,72	
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	30,65	
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	36,04	
L3	50	50	%100 UF (Y1)	44,04	
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	41,72	
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	64,88	
L4	25	75	%100 UF (Y1)	62,39	
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	60,30	
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	93,66	

Tutkal çeşidinin, üretimi gerçekleştirilen yonga levhaların Brinell sertlik değerleri üzerinde etkili olmuştur. Buna göre; (Y1) %100UF tutkalına göre (Y2) %95UF+%5MF tutkalı kullanımı yonga levhaların Brinell sertlik değerleri üzerinde, %4,78, (Y3) %95UF+%5FF tutkalı kullanımı ise %42,95'lik bir artış kazandırmıştır.

Levha tiplerine göre, yer fıstığı kabuğu katkı azaldıkça yonga levhaların Brinell sertlik değerleri üzerinde artışlar tespit edilmiştir. Buna göre; %100 yer fıstığı kabuğu katkısı ile etilen yonga levhalara göre, %75, %50 ve %25 yer fıstığı kabuğu katkılı levhaların Brinell sertlik değerlerinde sırasıyla; %26,32, %97,38, %183,47'lik bir artış tespit edilmiştir.

Bu sonuçlara göre; Brinell sertlik değeri en yüksek, Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı ile üretilen L4 levhalarda (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı), 93,66 N/mm^2 olarak tespit edilmiştir.

Brinell sertlik değerleri incelendiğinde Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı ile üretilen L4 levhaların (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) TS 4616 gerekliliklerini karşıladığı, T4+Y1 (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı+ %100UF), T4+Y2 ile L3 levhaların (%50 odun yongası, %50 yer fıstığı kabuğu katkılı) Brinell sertlik değerlerinin istenilen değerlere yakın olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre; bu levhalar sertliğin aranmadığı dekorasyon, yalıtım vb. uygulamalarda tercih edilebilir.

Formaldehit emisyonu

Deney örneklerinin formaldehit emisyonu ve TS EN 312'e göre olması gereken değer Çizelge 6.7' de verilmiştir.

Çizelge 6.6. Deney örneklerinin formaldehit emisyonu ve TS EN 312'e göre olması gereken değer (ppm)

Levha Tipi	Katkı Oranları		Tutkal Çeşidi	Formaldehit Emisyonu	(TS EN 312) Formaldehit Emisyonu
	Yer Fıstığı Kabuğu (%)	Odun Yongası (%)			
L1	100	0	%100 UF (Y1)	0,08	≤ 0,124
	100	0	%95UF+%5MF (Y2)	0,06	
	100	0	%95UF+%5FF (Y3)	0,06	
L2	75	25	%100 UF (Y1)	0,06	
	75	25	%95UF+%5MF (Y2)	0,04	
	75	25	%95UF+%5FF (Y3)	0,06	
L3	50	50	%100 UF (Y1)	0,05	
	50	50	%95UF+%5MF (Y2)	0,05	
	50	50	%95UF+%5FF (Y3)	0,05	
L4	25	75	%100 UF (Y1)	0,06	
	25	75	%95UF+%5MF (Y2)	0,03	
	25	75	%95UF+%5FF (Y3)	0,06	

Yonga levha üretiminde kullanılan tutkal çeşidinin, formaldehit emisyonu üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Buna göre; yonga levhaların üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyon değerlerinde, Y1 (%100UF) tutkalına göre Y2 (%95UF+%5MF) tutkalı kullanımı %13,19, Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı ise %4,58'lik bir azalış sağlamıştır.

Yonga levhaların 24 saat sonrasındaki formaldehit emisyon değerlerinde, Y1 (%100UF) tutkalına göre Y2 (%95UF+%5MF) tutkalı kullanımı, %27,72, Y3 (%95UF+%5FF) tutkalı ise %10,71'lik bir azalış sağlamıştır.

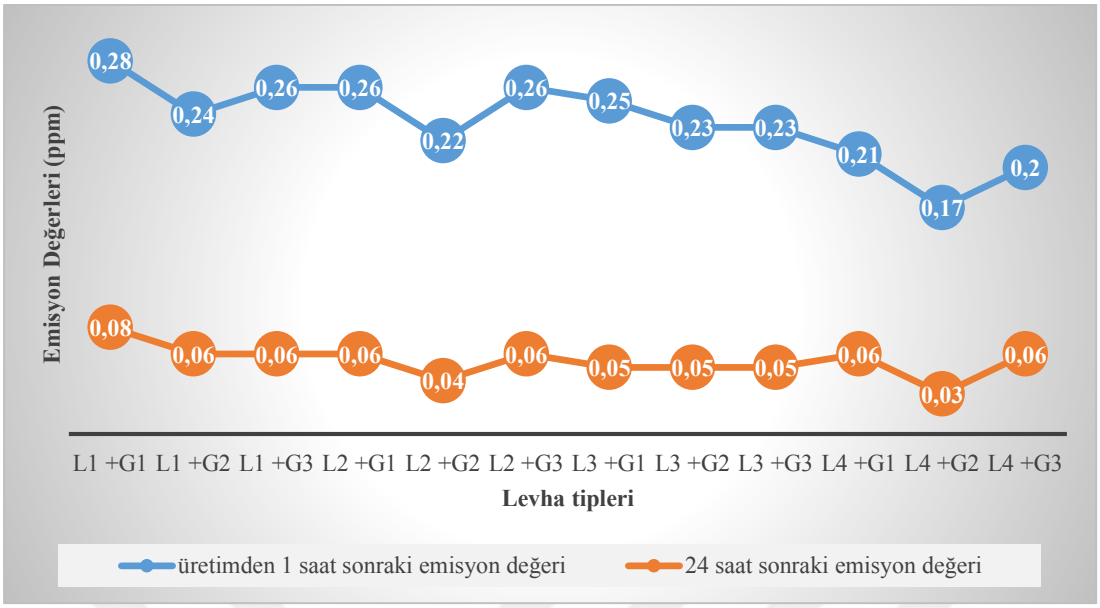
Levha tiplerine göre yer fıstığı kabuğu katkı oranının, formaldehit emisyonu üzerinde etkili olduğu bulunmuştur. Buna göre; yonga levhaların üretimden 1 saat sonraki formaldehit emisyon değerleri incelendiğinde %100 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen yonga levhaların, %75, %50 ve %25 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen levhalara göre sırasıyla; %5,14, %9,02 %27,10'luk bir azalış tespit edilmiştir.

Diğer taraftan yonga levhaların 24 saat sonrasındaki formaldehit emisyon değerleri incelendiğinde %100 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilen yonga levhaların, %75, %50 ve %25 yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilenlere göre formaldehit emisyon değerlerinde sırasıyla; %16,20, %24,31 %27,06 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Bu sonuçlara göre üretimden 1 saat ve 24 saat sonrasındaki yapılan ölçümlerde en düşük emisyon değeri L4 levhalarda (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) sırasıyla 0,18 ppm ile 0,03 ppm olarak tespit edilmiştir.

TS EN 312/Haziran 2012 esaslarına göre formaldehit emisyon değerleri (TS EN 717-1) $\leq$0,124 mg/m^3 değeri şeklinde olmalıdır.

Üretimi gerçekleştirilen yonga levhaların formaldehit emisyon değişmeleri Şekil 6.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.2. Emisyon değerleri (üretimden 1 saat-24 saat sonrası) değişmeleri

Üretilen yonga levhaların formaldehit emisyon değerlerinin birbirlerinden farklı çıkması odun yongası ile yer fıstığı kabuğunun pres şartları altında farklı özellik göstermeleri ile açıklanabilir. Bu çerçevede, tutkallama ile odun yongasına nüfuz eden serbest formaldehitin, pres aşamasında yüksek sıcaklık ve basınç etkisi ile yer fıstığı kabuğuna göre daha fazla buharlaşması neticesinde, odun yonga katkısı ağırlıklı levha tiplerinde daha düşük emisyonlar tespit edilmiştir.

Diğer taraftan, literatürde melaminin formaldehit tutucu özelliğinin olduğu belirtilmektedir. Bu durum elde edilen sonuçlarla da doğrulanmış olup, Y2 (%95UF+%5MF) tutkallı yonga levhalardaki emisyon değeri (üretimden 1 saat-24 saat sonraki) Y1 (%100 UF) ve Y3 (%95UF+%5FF) tutkallı levhalara göre daha düşük bulunmuştur.

Üretimi gerçekleştirilecek levhalara pres işlemi sırasında formaldehit tutucu maddelerin eklenmesi ile gerek üretim sırasında ve gerek sonrasında levhadan salınan formaldehit miktarının düştüğü tespit edilmiştir. Melamin, resorsin gibi maddeler formaldehit tutucu olarak görev yapabilirler. (Boran, 2010)

Oda metodu yöntemi kullanılarak formaldehit emisyonunun belirlenmesi araştırmasında melamin kaplı yonga levha emisyon ölçümlerinin 10. günde sabit bir değere ulaştığı bununla beraber tamamen bitmediği gaz analiz metodu kullanılarak gerçekleştirilen ölçümlerde ise

aynı tür levhalardaki emisyonun levha üretiminin 3. ayından itibaren azaldığı ve 7. ayda en düşük seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir (Özalp, 1996).

Formaldehit emisyonu, malzemeyi oluştururken kullanılan yapıştırıcılardan sonra ortamdaki bağıl nem ve sıcaklığa bağlı olarak tutunamayan formaldehitin çözünerek ortama karışmasıdır. Genel olarak iç ortam havasında dış ortam havasından fazla bulunan formaldehit miktarının iç ortam değerinin 0,03 ppm 'den az olması gerekmektedir. Formaldehit salınım değerinin iç ortamda 0,03 ppm' de düşük olması gerekmektedir. Salınım değerinin 0,10 ppm ile 1,1 ppm arası olması durumunda ise sağılığı olumsuz etkileyen çeşitli semptomlar görülebilmektedir (Şahin, Filiz, Kaya, Sütçü, Usta, Çiçekler, Bozkurt, 2011).

Yanma sıcaklıkları

Yer fıstığı kabuğu katkı oranı ve kullanılan tutkal çeşidinin yanma sıcaklık değerleri üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Buna göre; yanma sıcaklıklarında en yüksek değerler L1 levhalarda (%100 yer fıstığı kabuğu katkılı) görülmüştür. Alev kaynaklı yanma sıcaklıklarında en yüksek sıcaklık 187 ºC ile Y1+L1 (%100UF+%100 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda görülürken en az sıcaklık 147,7 ºC ile Y3+L4 (%95UF+%5FF, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda tespit edilmiştir.

Alev kaynaklı sıcaklıklar incelendiğinde L4 levhalarda (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) L1 levhalara göre (%100 yer fıstığı kabuğu katkılı) 39,3 ºC'lik bir azalma bulunmuştur.

Kendi kendine sıcaklığı en yüksek 406,67 ºC ile Y1+L1 (%100UF, %100 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda görülürken en düşük sıcaklık Y3+L4 (%95UF+%5FF, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda 313,67 ºC olarak tespit edilmiştir.

Kor halinde yanma sıcaklığı en yüksek Y1+L1 (%100UF, %100 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda 145 ºC olarak tespit edilmiştir. Bu değer, en düşük sıcaklığın bulunduğu olan Y3+L4'den (%95UF+%5FF, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) 99,67 ºC'den %45,4 daha yüksektir.

Tespit edilen değerler neticesinde; yer fıstığı kabuğu katkı oranının azalması ile birlikte yanma sıcaklıklarında düşüş tespit edilmiştir. Bu durum, yer fıstığı kabuğunun tutuşma özelliğinin odun yongasına göre daha yüksek olması ve yanma işlemi sırasında daha hızlı ve kolay yanarak ortam sıcaklığını daha yüksek sıcaklara çıkarmasıyla açıklanabilir.

Bu çerçevede yangın riski yüksek olan yerlerde, Y1+L1 (%100UF, %100 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhaları, yangın geciktirici malzemeler ile birlikte kullanmanın uygun olduğu söylenebilir.

Yonga levha üretiminde cam ve taş yünü kullanımı yonga levhaların yanma özellikleri ile ilgili tüm değerlerinde % 30'dan % 335'e kadar artışa sebebiyet verdiği alev kaynaklı yanma sıcaklıklarında üre formaldehit tutkalı yerine melamin formaldehit tutkalı kullanımının %4'lük bir düşüş sağladığı, en düşük alev kaynaklı yanma sıcaklığına sahip olan yonga levha üretimi için tutkal çeşidi olarak MF tutkalını, katkı malzemesi olarakta % 20 oranında cam yününün kullanılması tavsiye edilmiştir. (Ülker, 2013)

Işık yoğunlukları

Yer fıstığı kabuğu katkı oranı ve kullanılan tutkal çeşidinin ışık yoğunluk değerleri üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre ışık yoğunlukları; en yüksek kor hali yanmada 976,072 lüks, en düşük alev kaynaklı yanmada 952,553 lüks olarak tespit edilirken levha tiplerinde en yüksek %50 yer fıstığı kabuğu katkılı levhalarda 968,918 lüks, en düşük ise %75 yer fıstığı kabuğu katkılı levhalarda 952,206 lüks olarak tespit edilmiştir.

Tutkal çeşitlerine göre en yüksek ışık yoğunluğu Y3 (%95UF+%5FF) tutkallı levhalarda 974,028 lüks, en düşük ise %100UF tutkallı levhalarda 954,029 lüks olarak tespit edilmiştir.

Işık yoğunluğu en fazla Y2+L3 (%95UF+%5MF, %50 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda 1012,144 lüks olarak tespit edilirken en az Y3+L3 (%95UF+%5FF, %50 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda 896,97 lüks olarak bulunmuştur. Y3+L3 levhaların kullanıldığı mekânlarda yanma sırasında oluşan yoğun duman sebebiyle boğulma riskini de beraberinde getireceğinden, bu tip levhaları yangın geciktirici malzemeler ile birlikte kullanmanın daha uygun olduğu söylenebilir.

Yanma süreleri

Yer fıstığı kabuğu katkı oranı ve kullanılan tutkal çeşidinin yanma süreleri üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Buna göre yanma çeşidine göre yanma süresi, en uzun kor halde yanma süresinde 1463,3 sn. olurken, en kısa ise kendi kendine yanma süresinde 557,8 sn. olarak gerçekleşmiştir. Levha tiplerinde en uzun yanma süresi L4 (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda 2090,7 sn. olarak tespit edilirken, en kısa yanma süresi L1 (%100 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda 1498,1 sn. olarak bulunmuştur. Tutkal çeşitlerinde ise en uzun Y1 (%100UF) tutkallı levhalarda 1841,1 sn. en kısa süre ise Y3 (%95UF+ %5FF) tutkallı levhalarda 1814,1 sn. olarak gerçekleşmiştir.

Yanma süreleri, levha tipi ve tutkal çeşidine göre en uzun L4+Y3' de (%95UF+%5FF, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) 2098,889 sn. olarak tespit edilirken en kısa süre %31,33 azalarak L1+Y3' de (%95UF+%5FF, %100 yer fıstığı kabuğu katkılı) 1440 sn. olarak gerçekleşmiştir. Levhaların ortalama toplam yanma süresi 3473,3 sn. olarak gerçekleşmiştir.

Yer fıstığı kabuğu katkı oranı fazla olan levhaların, katkı oranı daha az olan levhalara göre, daha hızlı yandığı ve yanma sürelerinin kısa olduğu tespit edilmiştir. Bu durum; yer fıstığı kabuğunun, odun yongasına göre daha hızlı yandığı ve odun yongasında korlaşma süresinin daha uzun gerçekleşmesi ile açıklanabilir.

Toplam ağırlık kayıpları

Yer fıstığı kabuğu katkı oranı ve kullanılan tutkal çeşidinin toplam ağırlık kayıpları üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Buna göre toplam ağırlık kaybı L1 (%100 yer fıstığı kabuğu katkılı) levhalarda %37,39 olarak ölçülürken, en az ağırlık kaybı L4 (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) yonga levhalarda toplam ağırlık kaybı %32,18 olarak gerçekleşmiştir. Toplam ağırlık kaybı, tutkal çeşitlerine göre en fazla Y1 (%100UF) tutkallı levhalarda %37,49 olarak tespit edilirken en az Y3 (%95UF+%5FF) tutkallı levhalarda %31,37 olarak tespit edilmiştir.

Toplam ağırlık kayıplarına ilişkin olarak yer fıstığı kabuğu odun yongasına göre daha hızlı ve daha düşük sıcaklıklarda külleşme gösterdiği tespit edilmiştir. Bunun sonucu olarak da

yer fıstığı kabuğu katkı oranı arttıkça yanma işlemi sonundaki toplam ağırlık kaybının da arttığı tespit edilmiştir.

Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ve bitkisel sepi maddeleri ile işlem görmüş Doğu kayınının (*Fagus orientalis lipsky*) yanma özelliklerinin araştırıldığı çalışmada; en düşük ağırlık kaybı; borik asit ve boraks karışımı ile muamele edilen örneklerde %67,9 olarak bulunmuştur. (Baysal, 2003)

Yanma sonucu oluşan gazlar

Levha tiplerine göre yanma sonucu oluşan gazlar incelendiğinde CO_2 ve NO gazları emisyon miktarının odun yonga miktarı artıkça azaldığı tespit edilmiştir. Bulgulara ilişkin grafiklerde tüm yanma evrelerinde en az CO_2 ve NO gaz emisyonlarının L4 (%75 odun yongası, %25 yer fıstığı kabuğu katkılı) yonga levhalarda tespit edilmiştir.

Sapsız meşe, Sarıçam ve Doğu kayını odunu örneklerinin yanması sırasında ortaya çıkardığı karbondioksit, karbon monoksit ve azot oksit miktarlarının araştırıldığı çalışmada, yanma sonucu ortaya çıkan gaz miktarlarını ağacın türü, emprenye maddesi ve vernik çeşidi etkilediği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Doğu kayını örnekleri kor halde yanmada CO, CO_2 ve NO_x miktarını yükselttiği, Wolmanit CB tüm yanma aşamalarında, CO_2 ve NO_x miktarlarını azalttığı bulunmuştur. (Yaşar ve Atar, 2017).

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilecek levhalarda; %25 katkı oranı ile üretilen yonga levhaların, ilgili standart gereksinimlerini karşıladığı tespit edilmiştir.

Diğer taraftan bağlayıcı olarak, üre formaldehit tutkalının içerisinde %5 oranında fenol veya melamin formaldehit tutkalı kullanımı levha performans değerlerine olumlu katkılar sağladığı tespit edilmiştir. Bu durum yer fıstığı kabuğu kullanılarak üretilecek yonga levhalarda dikkate alınabilir.

Bu çalışmanın konusu olmamakla birlikte, gerçekleştirilecek diğer çalışmalarda yer fıstığı kabuğu katkısı üretilen yonga levhaların akustik, yalıtım gibi özellikleri incelenmesi sonucunda yer fıstığı kabuğu katkısı ile üretilecek levhalar için başka kullanım alanları değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

Akbulut, T. (2000). Yonga Levha Endüstrisi. *Laminart Dergisi*, (7), 112-119.

Aksakal, F. N., Acar, V. S., Güler, Ç. (2005). Mobilyalardaki kimyasallar ve sağlık etkileri. *Sürekli Tıp Eğitim Dergisi*, 14(12), 268-272.

Akyıldız, H. (2003). *Türkiye'de yonga levha ve lif levha endüstrisinin yapısı ve sorunları.* Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 108-121.

Altıntaş, B., Yüksek, K. (2016). Investigation of some technological properties of composite panels manufactured with melamine urea formaldehyde. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 12(2), 143-152

Altınok, M., Atar, M., Keskin, H., Korkut, S., Kocatürk, İ. (2010). Determination of bonding performance of several modified wood adhesives. *International Journal of the Physical Sciences,* 6(2), 294-300

Alvur, F. (2001). *Yönlendirilmiş yonga levhaların üretimi, özellikleri ve kullanım yerleri üzerine araştırmalar.* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 20-80.

Alyüz, B., Veli, S. (2006). İç ortam havasında bulunan uçucu organik bileşikler ve sağlık üzerine etkileri. *Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2) 109-116.

Arslan, M. B., Karakuş, B., Güntekin, E. (2007). Tarımsal atıklardan Lif ve yonga levha üretimi. *Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 9(12), 54-62

ASTM E-160-50 (1975). *Standard test method for combustible properties of treated wood by the cribe test*. American Society For Testing and Materials, 4(7), 809-813

Ata, Kuş, A. H. (2003). *Farklı konstrüksiyonlu ahşap kapıların yanmaya karsı tespiti*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2-15,

Atar, M. (2006). Melamin reçineli kağıtla kaplanmış yonga levhanın çeşitli malzeme ve tutkallarla yüz yüze yapışma direnci. *Gazi Üniversitesi Politeknik Dergisi*, 9(4) 319-324

Ayrılmıs, N. (2000). *MDF'nin teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 10-60

Baysal, E. (2003). Yanmayı geciktirici kimyasal maddeler ve bitkisel sepi maddeleri ile muamele edilen doğu kayını odununun yanma özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(1), 123-134.

Bektaş, İ. (2000). *Ayçiçeği saplarından yonga levha üretimi*. Devlet Planlama Teşkilatı Sosyal Planlama Genel Müdürlüğü Araştırma Projesi, 98K122160.

Bektaş, İ., Güler, C., Kalaycıoğlu, H. (2002). Ayçiçeği saplarından üre-formaldehit tutkalı ile yonga levha üretimi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 49-56.

Bengtsson, M., Oksman, K. (2006). The use of silane technology in crosslinking polyethylene/wood flour composites. *Composites*, 37, 752–765.

Boran, S. (2010). *Orta yoğunlukta lif levha (MDF) üretiminde kullanılan üreformaldehit tutkalına farklı kimyasal maddeler ilave edilerek serbest formaldehit içeriğinin azaltılması*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 62-88.

Boran, S., Usta M. (2010). *Odun esaslı panellerde açığa çıkan formaldehit ve formaldehit sınırları hakkında bilgiler.* III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Artvin.

Bozkurt, A., Göker, Y. (1985). Yonga levha endüstrisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, 100-263.

Bozkurt, A., Y., Göker Y. (1990). Yonga levha endüstrisi. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları*, 55-200.

Burdurlu, E. (1994). *Ahşap kökenli kaplama ve levha üretim kullanım teknolojisi.* Ankara: Bizim Büro Basımevi, 181-319.

Candan Z., Ayrılmış N., Dündar T., Atar M. (2012). Fire performance of LVL panels treated wıth fire retardant chemicals, *Wood Research*, 57(4), 651-658.

Cooper P., Balatinecz J. (1999). *Agrıcultural waste materials for composites*, Global Panel Based Conference, Kuala Lumpur.

Çelik S. (2017). *Motorlu testere talaşının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 6-36

Çelik, Ç., Gürdal, E. (2005). Yerfıstığı kabuğunun agrega olarak kullanım olanakları. *İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Planlama Tasarım Dergisi*, 4(1), 37-46.

Çolakoğlu, G. (1993). *Kontrplak üretim şartlarının formaldehit emisyonu ve teknik özelliklere etkisi.* Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1-137.

Çolakoğlu, G. (2001). *Tabakalı Ağaç malzeme ders kitabı*. Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, 45-185.

Çöpür, Y., Güler, C., Akgül, M., Taşçıoğlu, C. (2006). Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Bioresource Technology* 88, 17-25

Dayanıklıoğlu, S. (2004). Türkiye'de *lif levha ve yonga levha sektörünün durumu, avrupa birliği ülkeleriyle karşılaştırılması, problemleri ve çözüm yolları*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 99-142.

Dobrowolska E, Troger F. (1996). Fire behavior of gypsum-bonded particle boards. *Holz als Roh and werkstoff*, 54(3), 163-169.

Dönmez, Ç. A. (2014). Effect of various wood preservatives on limiting oxygen index levels of fire wood measurement. *Journal of the International Measurement Confederation,* 5(3),36-46.

Duran, A. (2004). *Çimento kullanılarak üretilen levhaların fiziksel özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 1-38.

Göker, Y, Akbulut, T, (1998). Karton içecek kutularının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi. *Yapı Malzeme&Teknik*, 23, 36-65.

Göker, Y. (2000). Değişik yöntemlerle üretilmiş yonga levhaların kullanım yerleri. *Laminart*, 7, 128-133.

Göker, Y., As, N., Akbulut, T. (1993). *Kalitesiz orman emvalinin yonga levha ve kontrplak üretiminde kullanılmasının sakıncaları.* Ormancılık Şurası, Ankara.

Göktaş A., Vurdu, H., Göktaş, O. (1997). *Pomza Taşlı Yonga Levha* I. Uluslararası Mobilya Kongresi, Beytepe/Ankara

Göktaş, O., Alma, M. H., Erdil, Y.Z., Günsel, U., Özen, E., Yeniocak, M., Dican, Ö. (2008). *Ege bölgesi bağ budama artıklarının yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi*. TÜBİTAK Projesi, 105O513, 79.

Gözalan, M. (2016), *Yonga Levhalarda Parafin Kullanım Miktarının Optimizasyonu Üzerine Araştırmalar*. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 85-135

Grigoriou, A., Passialis C., Voulgaridis E. (2012). Experimental particleboards from Kenaf plantations grown in Greece. *European Journal of Wood and Wood Products*. 58, 309-314.

Grubbström, G., Oksman, K. (2009). Influence of wood flour moisture content on the degree of silane-crosslinking and its relationship to structure–property relations of wood–thermoplastic composites. *Composites Science and Technology*, 69, 1045–1050.

Güler, B. (2001). Odun kompozitleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 4(1), 18.

Güler, C. (2001). *Pamuk saplarından yonga levha üretimi olanaklarının araştırılması.* Doktora Tezi, Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 10-90.

Güler, C., Özen, R., Kalaycıoğlu, H., (2001). Pamuk saplarından üretilen yonga levhaların bazı teknolojik özellikleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 4(1), 98-108.

Güler, C. (2015). Odun esaslı kompozit malzeme üretiminde bazı yıllık bitkilerin değerlendirilmesi, *Selçuk Üniversitesi Teknik Online Dergisi*, 1(1), 34-37

Güler, C. (2015). Farklı Kalınlıklarda Üretilmiş Yonga Levhaların Bazı Teknolojik Özellikleri, *Ormancılık Dergisi*, 5(6), 52-63

Gündüz, G., Masraf, Y. (2005). Üç tabakalı yatık yongalı yonga levha üretiminde üretim şartlarının değiştirilmesinin levhaların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 2005(2), 58-71.

Gündüz, M. (2015). *Bazı ahşap esaslı levhaların oda ve gaz analiz metoduna göre formaldehit emisyonlarının belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 44-156.

Günsel, U. (2004). *Türkiye mobilya endüstrisinde kullanılan bazı yonga levhaların temel fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması.* Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 6-125.

Gürü, M., Atar, M., Yıldırım, R. (2008). Production of polymer matrix composite particleboard from walnut shell and improvement of its requirements, *Materials & Design*, (8)29, 284-287

Gürü, M., Tekeli, S., Bilici, İ. (2006). Manufacturing of urea formaldehyde based composite particleboard from almond shell. *Materials and Design*, 4(27), 1148 – 1151

He, Z., Zhang, Y., Wei, W. (2012). Formaldehyde and VOC emissions at different manufacturing stages of wood-based panels, *Building and Environment*, 47, 197-204.

John, Z.L., Xinfang, D., Qinglin, W., Kun, L. (2008). Chelating efficiency and thermal, mechanical and decay resistance performances of chitosan copper complex in wood–polymer composites. *Bioresource Technology,* 99, 5906- 5914.

Kadiroğlu, A. (2018). *Yerfıstığı yetiştiriciliği*, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, 13-22.

Kalaycıoğlu, H., Nemli, G. (2001). *Kenaf bitkisinin yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi*. Devlet Planlama Teşkilatı Projesi, 97K121760.

Kalaycıoğlu, H. Nemli, G. (2006). Producing composite particleboard from kenaf (Hibiscus cannabinus L.) stalks. *Industrial Crops and Products*, 24, 177-180.

Karakuş B. (2007). *Çeşitli bitkisel sera atıklarının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi.* Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 16-45.

Karmarkar, A., Chauhan, S.S., Modak, J., Chanda, M. (2007). Mechanical properties of wood–fiber reinforced polypropylene composites. *Composites*, (38), 227-233.

Keskin H., Tekin A. (2015). Farklı Ortam Koşullarında Kompozit Mobilya Elemanlarından Kaynaklanan Formaldehit Emisyonunun Belirlenmesi, *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 15(1), 120-132.

Koç H. K., Dilik T, Kurtoğlu A. (2017). *Türkiye Orman Ürünleri Endüstrisine Stratejik Bir Bakış*. Türkiye Ormancılar Derneği IV. Ulusal ormancılık Kongresi, Antalya.

Kozlowski R.,Wesolek D., Wladyka-Przybylak M., ‘‘Combustibility and toxicity of board materials used for interior fittings and decorations’’ Polymer Degradation and Stability, 64, 595-600 (1999).

Küçüktüvek, M. (2013). Alkaloid *fabrikası katı atıklarından kompozit levha üretim imkanlarının araştırılması*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Le Van, S. L., Winandy, J.E. (1990). Effects of fire retardant treatments on wood Strentgh, A Rewiew. *Wood and Fiber Science*, 22(1), 113-131 .

Lu, S. Y., Hamerton, I. (2012). Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers, *Progress in Polymer Science,* 27(8), 1661-1712.

Mengeloğlu, F., Alma, H. (2002). Buğday saplarının kompozit levha üretiminde kullanılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5 (2), 37-48

Ndazi, B., Tesha, J. V., Karlsson, S., Bisanda, E. T. N. (2006). Production of rice husks composites with Acacia mimosatannin-based resin, *Journal of Materials Science*, 41(21), 6978–6983

Nemli, G. (2002). Yalancı akasya odununun yonga levha endüstrisinde değerlendirilmesi imkanları. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 80-81.

Nemli, G. (2000). Yüzey kaplama malzemeleri ve uygulama parametrelerinin yonga levha teknik özellikleri üzerine etkileri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 6-15.

Nemli, G., Kalaycıoğlu, H., Alp, T. (2001). Suitabbility of Date Palm (Phoenix dactyliferia) for Particleboard Production. *Holz als Roh und Werkstof*, 59(6): 411- 412

Nemli, G., Kalaycıoğlu, H. (2000). ‘‘Yonga levha teknolojisi’’ Laminart (7) 120-126

Nemli, G., Kırcı, H., Serdar, B., Ay, N. (2003). Suitability of kiwi prunings for particleboard manufacturing. *Industrial Crops and Products,* 17, 39-46

Nicole, M.S., Laurent, M. (2007). Matuana Characterization of weathered woodeplastic composite surfaces using FTIR spectroscopy., *Polymer Degradation and Stability*, 92, 1883-1890

Ortuno, Rodríguez, García M. T. F., García M. F. V., García C. E .F. (2011). Evaluation of the physical and mechanical properties of particleboard made from giant reed, *BioResources*, 6-1

Öktem, E. (1979). Ormangülü odunundan yonga levha yapılması üzerine araştırmalar. *Orman Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Bülteni,* 113.

Örs, Y., Atar M. (1999). Sarıçam odununun yanma özelliklerine bazı borlu bileşikler ve su ıtici maddelerin etkileri. *Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 501-509

Örs, Y., As, N., Baykan, İ., Akbulut, T. (2000). *Asma saplarının odununun yonga levha üretimine uygunluğu*. TÜBİTAK Araştırma projesi, 2139.

Örs, Y., Kalaycıoğlu, H. (1991). Çay fabrikası artıklarının levha endüstrisinde değerlendirilmesi. *Journal of Agriculture and Forestry*, 15, 968-974.

Özalp, M. (1996). *Kontrplaklarda Dolgu Maddesi Oranının Eğilme Mukavemeti Ve Formaldehit Ayrışmasına Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.

Özçifçi, A., Kara, E. M., Karakaya, B., Biçer, E., (2017). Yönlendirilmiş yonga levhanın (OSB) mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine tutkal ve parafin miktarının etkisi, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 147-345.

Özçiftçi, A., Okçu O. (2008). Impacts of some chemicals on combustion properties of impregnated laminated veneer lumber (LVL), *Journal of Materials Processing Technology*, (199), 1-3.

Özçiftçi, A., Özen, R., Altınok, M. (1997). *Determine of Strength Joint of Polimarin Adhesive in Boiling, Cold and Hot Water Conditions of Wooden Materials*, Proceeding of the XI. World Forestery Congress, Antalya, (4), 57.

Özen, E. (2009). *Bağ budama artıklarından elde edilen levhaların bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve mobilya köşe birleştirmelerinin performans özelliklerinin araştırılması.* Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 131-148.

Özen, R. (1980). Yonga levha endüstrisi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Yayını*, 30, 1-58.

Özlüsoylu, İ., İstek, A., (2015). Mobilya üretiminde kullanılan panellerden salınan formaldehit emisyonu ve insan sağlığı üzerine etkileri, *Selçuk Teknik Dergisi*, (1), 213-227.

Öztürk, Y. (2016). *Ahşap esaslı levhalarda formaldehit emisyon hızının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 24-85.

Papadopoulos, A. (2018). Banana chips (musa acuminata) as an alternative lignocellulosic raw materıal for partıcleboard manufacture, *Ciencia y tecnología* 20(3), 395 – 402.

Papadopoulos, A., Hill C., Gkaraveli, A. (2004). Bamboo chips (bambusa vulgaris) as an alternative lignocellulosic raw material for particleboard manufacture, *European Journal of Wood and Wood Products*. 62, 36-39.

Rowell, R. M., Dietenberger, M. A. (2013). Thermal combustion and fire retardancy of wood. *Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites,* 127–149.

Şahin, G. (2014). Türkiye' de yerfıstığı (arachis hypogaea l.) yetiştiriciliği ve bir coğrafi işaret olarak Osmaniye yerfıstığı, *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, (3), 619-644

Şahin, H.T., Filiz, M., Kaya, A.İ., Sütçü, A., Usta, P., Çiçekler, M., Bozkurt, C. (2011). Ahşap esaslı malzemelerden formaldehit emisyonu ve etkileri, *Laminart Dergisi, (*73), 116-119.

Quea, Z., Furunoa, T., Katoha, S., Nishinob, Y. (2007). Evaluation of three test methods in determination of formaldehyde emission from particleboard bonded with different mole ratio in the urea–formaldehyde resin. *Building and Environment*, 42, 1242–1249.

Taşdemir, M. H., Şahin, A., Karabulut, F. A., Gürü, M. (2017) Nane lifi katkılı atık hurma çekirdeğinden üretilen kompozit malzemenin özelliklerinin incelenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18-1

TS EN 309, (1999). *Ahşap yonga levhalar tarifler ve sınıflandırma,* Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 3-13

TS EN 310, (1999). *Ahşap esaslı levhalar eğilme dayanımı ve elastikiyet modülünün tayini,* Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 5.

TS EN 311, (2005). *Ahşap esaslı levhalar yüzey sağlamlığı deney metodu,* Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 8-11.

TS EN 312, (2005). *Yonga levhalar genel özellikler,* Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 6-10

TS EN 317, (1999). *Yonga levhalar ve lif levhalar Su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini,* Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 7.

TS EN 319, (1999). Y*onga levhalar ve lif levhalar levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 8-11.

TS EN 320, (1999). *Lif levhalar vida tutma kabiliyetinin (mukavemetinin) tayini*. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 10-14.

TSE EN 322, (1999). *Ahşap esaslı levhalar rutubet miktarının tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 8-9.

TS EN 323, (1999). *Ahşap esaslı levhalar birim hacim ağırlığının tayini,* Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 7-12.

TS EN 326–1, (1999). *Ahşap esaslı levhalar numune alma kesme ve muayene bölüm 1: deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 4-5.

TS 642 ISO 554, (1999). *Kondisyonlama ve/veya deney için standard atmosferler-özellikler*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 5-9.

TS EN 717–1, (2006). *Ahşap esaslı levhalar – formaldehit salınımının tayini – Bölüm 1: oda metodu ile formaldehit yayılması,* Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 15-32.

TS 2470, (1976). *Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metotları ve genel özellikler.* Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 7-17.

TS 4616, (2010). *Yonga levhalar kalıp preste biçimlendirilmiş ve kaplanmış elemanlar*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 8-12.

TS EN 13446, (2005). *Ahşap esaslı levhalar bağlayıcıların geri çıkma kapasitelerinin tayini*, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara, 6-21.

Şahin, M. (2006). *Antep fıstığı kabuklarından polimer kompozit malzeme üretimi ve özelliklerinin geliştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Ülker, O. (2013). *Bazı mineral lifler kullanılarak yonga levhaların yanma dayanımının artırılması*. Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 77-172.

Wang, D., Sun, X. S. (2002). Low density particleboard from wheat straw and corn pith. *Industrial Crops and Product*, 15, 43-50.

Wang, S., Yang T., Lin, L., Lin, C., Tsai, M. (2008). Fire retardant treated low formaldehyde emission particleboard made from recycled wood waste, *Bioresource Technology*, 99(6), 2072-2077

Wei, X., Suchsland, O. (1999). Within panel variability and selected property relationships of particleboard from single and mixed species processes. *Forest Products Journal,* 49(10), 36-41.

Yaşar, Ş.Ş., Atar, M. (2017). Ahşap koruyucularla muamele edilmiş bazı ağaç malzemelerin yanmasıyla ortaya çıkan gaz emisyon miktarları, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 2147-345.

Yaşar, Ş. Ş., Fidan, M. S., Atar, M. (2017). Combustion properties of impregnated spruce (Picea orientalis L.) wood. *Construction and Building Materials,* 143, 574-579.

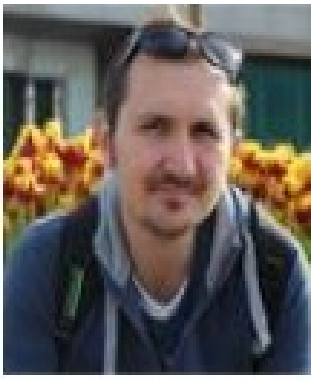
Yeniocak, M. (2008). *Bağ budama artıklarının yonga levha üretiminde değerlendirilmesi*, Yüksek lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 36-55.

Zheng, Y., Pan, Z., Zhang, R., Jenkins, B., Blunk. S. (2006). Properties of medium-density particleboard from saline Athel wood. *Industrial Crops and Products*, 23, 318-326.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ERCAN, Ersin
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 13.11.1981, Sivas
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 592 51 69
Faks : 0 (312) 202 37 10
e-mail : ersinercan@yahoo.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi/ Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği	Devam Ediyor
Yüksek Lisans	Selçuk Üniversitesi/ Endüstri Mühendisliği	2011
Lisans	Hacettepe Üniversitesi/ Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği	2005
Lise	Konya Karatay Anadolu Lisesi	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
TSE	Mühendis	Devam Ediyor
DMO	Mühendis	2008-2010
Özel Sektör	Mühendis	2006-2008

Yabancı Dil

İngilizce – B1

Hobiler

Müzik



GAZİ GELECEKTİR..