

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PEYNİR ALTI SULARININ MDF ÜRETİMİNDE TUTKAL
KATKI MADDESİ OLARAK DEĞERLENDİRME
İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI**

Uğur ÇELİK

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Saim ATEŞ
Prof. Dr. Celil ATİK
Yrd. Doç. Dr. Alperen KAYMAKCI**

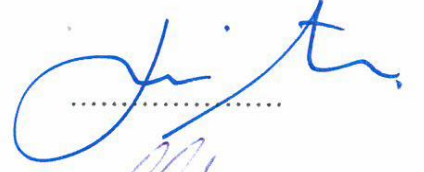
**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ORMAN ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

KASTAMONU – 2017

TEZ ONAYI

Uğur ÇELİK tarafından hazırlanan "Peynir Altı Sularının MDF Üretiminde Tutkal Katkı Maddesi Olarak Değerlendirme İmkanlarının Araştırılması" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman Prof. Dr. Saim ATEŞ
Kastamonu Üniversitesi



Jüri Üyesi Prof. Dr. Celil ATİK
İstanbul Üniversitesi



Jüri Üyesi Yrd. Doç. Dr. Alperen KAYMAKCI
Kastamonu Üniversitesi



13/04/2017

Enstitü Müdür V. Prof. Dr. Temel SARIYILDIZ



TAAHHÜTNAME

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildirir ve taahhüt ederim.



İmza
Uğur ÇELİK

ÖZET

Yüksek Lisans

PEYNİR ALTI SULARININ MDF ÜRETİMİNDE TUTKAL KATKI MADDESİ OLARAK DEĞERLENDİRME İMKANLARININ ARAŞTIRILMASI

Uğur ÇELİK
Kastamonu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Saim ATEŞ

Bilindiği gibi çeşitli endüstri alanlarında kullanılan tutkalların çoğu petrol türevi ve çevreye zararlı tutkallardır. Bu endüstri dalları arasında özellikle orman ürünleri sanayisi alanında üre-formaldehit (UF), fenol formaldehit (PF), melamin formaldehit (MF) gibi sentetik reçineler kullanılır. Ancak bu tür tutkalların fiyatlarında petrol fiyatlarına bağlı dalgalanmalar ve hammadde tedarik problemlerinin yakın gelecekte ortaya çıkması muhtemel görünmektedir. Bu sebeple petrol esaslı tutkallara alternatif olmak, maddi ve ekolojik olumsuzlukları ortadan kaldırmak için doğal bazlı tutkallar son zamanlarda araştırmacıların ilgi kaynağı olmuştur.

Bu çalışma kapsamında peynir üretim tesislerinde yan ürün olarak ortaya çıkan ve peynir altı suyu olarak isimlendirilen protein yoğun atık çözeltinin üre formaldehit tutkalıyla birlikte MDF üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılması amaçlanmıştır. Peynir altı suyu proteini (PASP) ile modifiye edilen UF tutkalı kullanılarak elde edilen standart MDF levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ile formaldehit emisyon değerleri belirlenmiştir. 24 saat su alma testinde en iyi sonuç %34,8 değeri ile %10 İPASP + %90 UF ve %100 kayın kullanarak üretilen levha gruplarında belirlenmiştir. Yüzeye dik çekme direncinde en iyi sonuç 0,76 N/mm² ile %10 İPASP ile üretilen levhalardan elde edilmiştir. Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünde %10 PASP ve İPASP ile modifiye edilen UF tutkalı ile üretilen levha gruplarında en iyi sonuç alınmıştır. PASP ve İPASP ile üretilen levha gruplarından elde edilen serbest formaldehit emisyon değeri standart UF ile üretilen levha gruplarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma neticesinde atık olarak salındığı çevrede flora-fauna özellikleri üzerine olumsuz ve zararlı etki yapan PASP sularının tutkal katkı maddesi olarak orman ürünleri sanayinde değerlendirilebileceği görülmüştür. Buna ilaveten petrol türevi hammaddelerden üre formaldehit ile birlikte doğal bir atık olan PASP'nin rahatlıkla MDF üretiminde uygulanabilirliği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, Peynir Altı Suyu Proteini, Üre Formaldehit, MDF

2017, 65 sayfa
Bilim Kodu: 1204

ABSTRACT

MSc. Thesis

INVESTIGATION OF WHEY PROTEIN FOR PRODUCING MDF AS ADHESIVE ADDITIVE

Uğur ÇELİK

Kastamonu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Forest Industry Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Saim ATEŞ

Abstract: As it is well known that, most of the glue used in various industries are petroleum-derived and environmentally harmful adhesives. Among these industries, especially in the forest products field, synthetic resins such as urea-formaldehyde (UF), phenol formaldehyde (PF), melamine formaldehyde (MF) are used. However, fluctuations due to the oil price in the prices of these type glues and the problems of raw material supply seem to occur likely in near future. Furthermore their damages for human and environment health in social house-dwelling are known. Because of this, to be an alternative to petroleum-derived adhesives and to annihilate tangible and ecologic negatives, natural-based adhesives interested researcher recently.

In this study, it is aimed to be used as an adhesive in the production of MDF with UF glue together protein which shows up in the cheese factory as byproduct and as whey protein called. Formaldehyde emission values and some physical and mechanical properties of standard MDF boards obtained using UF glue modified with whey protein were determined. The best result in the 24 hour water absorption test were determined with a result of 34,8% in boards groups produced using 10% WPI + %90 UF and 100% beech. The best result for the perpendicular tensile strength to the surface was obtained with a result of 0,76 N/mm² using 10% WPI. The best result was obtained in the group of boards produced with UF glue modified with 10% WP and WPI in modulus of rupture (MOR) and modulus of elasticity (MOE). The free formaldehyde emission value obtained in the WP and WPI board groups were determined as high when it compared to board groups produced by the standard UF.

As a result of this study, it was observed that the WP waters which have negative and harmful effects on the flora-fauna characteristics of the environment which they are released can be treated in the forest products industry as glue additives. In addition, it was observed that WP which is a natural waste and urea formaldehyde derived from petroleum based raw materials can be easily applied together in production of MDF.

Key Words: Biomass, Whey Protein, Urea Formaldehyde, MDF

2017,65 pages

Science Code: 1204

TEŞEKKÜR

“Peynir Altı Sularının MDF Üretiminde Tutkal Katkı Maddesi Olarak Değerlendirme İmkanlarının Araştırılması” isimli bu çalışma, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanlığımı üstlenerek araştırma konusunun seçimi ve yürütülmesi sırasında, değerli bilimsel uyarı ve önerilerinden yararlandığım Sayın Hocam Prof. Dr. Saim ATEŞ’e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans çalışmamı destekleyerek bu tezin oluşmasında maddi manevi büyük katkısı ve desteği olan ve bünyesinde çalışmaktan mutluluk duyduğum Kastamonu Entegre Ağaç San. ve Tic. A.Ş. yönetimine ve ailesine teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin hazırlanması sırasında desteklerini esirgemeyen başta AR-GE mühendisi Sayın Aziz BİÇER’e, araştırma materyalinin elde edilmesinde ve hazırlanmasında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Araştırma görevlisi Sayın Çağrı OLGUN’a, değerli bilgilerini ve desteklerini esirgemeyen Kastamonu Samsun Fabrikalar Direktörü Sayın Enes KOÇ’a, teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Son olarak her zaman yanımda olan ve benden desteğini esirgemeyen eşim Ayfer ÇELİK’e varlığıyla yaşamımıza anlam katan kızım Öykü ÇELİK’e, ayrıca desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen babam Yaşar ÇELİK’e ve annem Nedret ÇELİK’e çok teşekkür ederim.

Uğur ÇELİK
Kastamonu, NİSAN, 2017

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
GRAFİKLER DİZİNİ	xii
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.1.1.MDF'nin Tanımı ve Sınıflandırılması.....	1
1.1.1.1. Yoğunluklarına göre lif levhalar	1
1.1.1.2. Üretim yöntemine göre lif levhalar.....	1
1.1.2. Dünyada Levha Sanayi.....	2
1.1.3 Türkiye'de Levha Sanayi.....	2
1.1.4. MDF'nin Özellikleri	3
1.1.5. MDF Üretim Teknolojisi.....	4
1.1.6. MDF Endüstrisinde Kullanılan Hammaddeler	4
1.1.6.1. MDF üretiminde kullanılan tutkal türleri	5
1.2. Termoset Tutkallar	6
1.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı	7
1.2.2. Fenol Formaldehit Tutkalı	10
1.2.3. Melamin Formaldehit Tutkalı.....	12
1.2.4. İzosiyanat Tutkalı	13
1.3. Doğal Tutkallar.....	14
1.3.1. Kazein Tutkalları	15
1.3.1.1. Kazein tutkallarının özellikleri	15
1.3.1.2. Kazein tutkallarının kullanım yerleri.....	16

1.3.2. Kan Albümin Tutkalları	16
1.3.2.1. Kan albümin tutkallarının özellikleri	17
1.3.2.2. Kan albümin tutkallarının kullanım yerleri.....	17
1.3.3. Soya Protein Tutkalları	17
1.3.3.1. Soya protein tutkallarının özellikleri.....	18
1.3.3.2. Soya protein tutkallarının kullanım yerleri	18
1.4. Proteinler	18
1.4.1. Proteinlerin Yapısal Özellikleri	19
1.4.2. Proteinlerin Sınıflandırılması	20
1.4.3. Proteinlerin Yapısı	21
1.4.4. Peynir Altı Suyu Proteini	24
1.4.5. Peynir Altı Suyu Proteini Çeşitleri	24
2. MATERYAL VE METOT	27
2.1. Materyal.....	27
2.1.1. Lif Hammaddesi	27
2.1.2. Yapıştırıcı Madde	27
2.1.3. Sertleştirici Maddeler.....	29
2.2. Metot	29
2.2.1. Deney Levhalarının Üretimi	29
2.3. Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Tayini	33
2.3.1. Fiziksel Özellikler.....	33
2.3.1.1. Yoğunluk	33
2.3.1.2. Su alma ve kalınlığa şişme deneyi	33
2.3.1.3. Serbest formaldehit miktarının belirlenmesi	34
2.3.2. Mekanik Özellikler	35
2.3.2.1. Eğilme direnci.....	35
2.3.2.2. Eğilmede elastikiyet modülü	36
2.3.2.3. Yüze dik çekme direnci	36
3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	38
3.1. Levhaların Fiziksel Özelliklerine İlişkin Bulgular	38
3.1.1. Özgül Kütle.....	38
3.1.2. Rutubet.....	38
3.1.3. Su Alma ve Kalınlığına Şişme.....	39

3.1.3.1. Su alma oranı (24saat)	39
3.1.3.2. Kalınlığa şişme oranı (24 saat)	42
3.2. Levhaların Mekanik Özelliklerine İlişkin Bulgular	46
3.2.1. Yüze Dik Çekme Direnci.....	46
3.2.2. Eğilme Direnci.....	49
3.2.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü	52
3.3. Formaldehit Miktarı	55
4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	65



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°	Derece (Açı)
°C	Santigrat Derece (Sıcaklık)
µm	Mikrometre
pH	Asitlik Bazlık Derecesi
K	Potasyum
Zn	Çinko
Cr	Krom
Al	Alüminyum
Mg	Magnezyum
NH ₄ Cl	Amonyum Klorür
(NH ₄) ₂ SO ₄	Amonyum Sülfat
HCl	Hidroklorik Asit
H ₂ SO ₄	Sülfürik Asit
NaOH	Sodyum hidroksit
SDS	Sodyum dodesil sülfat
OH ⁻	Hidroksil grubu
H	Hidrojen
H ₂ O	Su
CO ₂	Karbondioksit
O ₂	Oksijen
Ca(OH) ₂	Kalsiyum hidroksit
=NH	Amin grubu
C=O	Karbonil grubu
β	Beta
α	Alfa
cP	Santipuz
m ²	Metrekare
gr/cm ³	Gram/santimetreküp
kg/cm ²	Kilogram/santimetrekare
mol/L	Mol/Litre
N/mm ²	Newton/milimetrekare
kPa/cm ²	Kilopaskal/santimetrekare
MPa	Megapaskal
WP	Whey Protein
WPI	İzole Whey Protein
MDF	Medium Density Fiberboard
HDF	High Density Fiberboard
OSB	Oriented Strand Board
YL	Yonga Levha
TSE	Türk Standartları Entitüsü
EN	European Standards
DP	Polimerleşme Derecesi

UF	Üre Formaldehit
USD	Amerikan Doları
MUF	Melamain Üre Formaldehit
FF	Fenol Formaldehit
PMDI	Polimerik Difenilmetan Diizosiyanat
PASP	Peynir Altı Suyu Proteini
İPASP	İzole Peynir Altı Suyu Proteini
vd.	Ve diğerleri
kg	Kilogram
L	Litre
dk.	Dakika
m	Metre
cm	Santimetre



GRAFİKLER DİZİNİ

	Sayfa
Grafik 1.1. Dünya levha üretimi	2
Grafik 1.2. Üre/Formaldehit mol oranı	10
Grafik 3.1. Peynir Altı Suyu Proteini (PASP) ve İzole Peynir Altı Suyu Proteini (İPASP) ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile üretilen MDF levhaların yoğunluk dağılımı	38
Grafik 3.2. Peynir Altı Suyu Proteini (PASP) ve İzole Peynir Altı Suyu Proteini (İPASP) ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile üretilen MDF levhaların rutubet dağılımı	39
Grafik 3.3. PASP ve İPASP grupları su alma 24h sonuçlarının karşılaştırılması	40
Grafik 3.4. PASP ve İPASP grupları kalınlığa şişme 24h sonuçlarının karşılaştırılması	43
Grafik 3.5. PASP ve İPASP grupları çekme direnci sonuçlarının karşılaştırılması	46
Grafik 3.6. PASP ve İPASP grupları eğilme direnci sonuçlarının karşılaştırılması	50
Grafik 3.7. PASP ve İPASP grupları eğilmede elastikiyet modülü sonuçlarının karşılaştırılması.....	53
Grafik 3.8. PASP ve İPASP grupları formaldehit emisyonu sonuçlarının karşılaştırılması	55

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	Sayfa
Fotoğraf 1.1. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri a ve b izole peynir altı suyu proteini, c ve d hidrolize peynir altı suyu proteini görüntüleri	26
Fotoğraf 2.1. Laboratuvarında MDF levha üretim aşamaları.....	30



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Monometilol üre ve Dimetilol üre oluşumu	7
Şekil 1.2. Monometilol üre ve Dimetilol üre kondenzasyon reaksiyonları.....	8
Şekil 1.3. Fenol ve formaldehitin birleşmesi ile Trimetilol-Fenol oluşması	11
Şekil 1.4. Fenol formaldehit oluşumu	11
Şekil 1.5. İzosiyanat gruplarıyla odun arası etkileşimler	14
Şekil 1.6. Peptid bağı oluşumu.....	19
Şekil 1.7. Proteinlerin 3 boyutlu yapısı	22
Şekil 1.8. Protein yapısındaki kimyasal bağlar	23



TABLolar DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Standart UF tutkalı ve PAsP bazlı UF tutkallarının laboratuvar test sonuçları.....	28
Tablo 2.2. Standart UF tutkalı ve İPAsP bazlı UF tutkallarının laboratuvar test sonuçları.....	28
Tablo 2.3. UF tutkalı için sertleştirici madde olarak kullanılan amonyum klorürün özellikleri.....	29
Tablo 2.4. % 35'lik PAsP ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile 10 mm MDF üretimi	32
Tablo 2.5. İzole Peynir Altı Suyu Proteini (İPAsP) ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile 10 mm MDF üretimi	32
Tablo 3.1. Su alma değerleri çoklu varyans analizi sonuçları.....	41
Tablo 3.2. PAsP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları	41
Tablo 3.3. Kalınlığına şişme değerleri çoklu varyans analizi sonuçları	44
Tablo 3.4. PAsP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları	44
Tablo 3.5. Çekme direnci çoklu varyans analizi sonuçları	47
Tablo 3.6. PAsP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları	48
Tablo 3.7. Eğilme direnci çoklu varyans analizi sonuçları	51
Tablo 3.8. PAsP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları	51
Tablo 3.9. Eğilmede elastikiyet modülü çoklu varyans analizi sonuçları.....	54
Tablo 3.10.PAsP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları	54
Tablo 3.11. Formaldehit miktarı çoklu varyans analizi sonuçları.....	56
Tablo 3.12.PAsP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları	56

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

1.1.1. MDF'nin Tanımı ve Sınıflandırılması

Orman ürünleri sektöründe, lif levha; bitkisel lif demetlerinin kendiliğinden yapışma ve keçeleşme özelliklerinden yararlanılarak veya ek olarak yapıştırıcı madde kullanılması ile oluşturulan levha taslağının belirli bir rutubete getirilmesi ve preslenmesi sonucu ortaya çıkan kompozit bir malzeme olarak tanımlanmıştır (Eroğlu ve Usta, 2000).

ISO'nun yapmış olduğu tarife göre; lif levha, doğal yapışma ve keçeleşme özelliklerine sahip olan lignoselülozik liflerden üretilen, kalınlığı 1,5 mm'den daha fazla olan levhalara denir. TS 3635 ve ISO 818'e göre lif levhalar yoğunluklarına ve üretim yöntemlerine göre sınıflandırılmaktadırlar.

1.1.1.1. Yoğunluklarına göre lif levhalar

- Düşük yoğunlukta lif levhalar-izolasyon lif levhası (LDF–Light Density Fiberboard) : 0,35 g/cm³'den daha düşük yoğunlukta lif levhalar.
- Orta yoğunlukta lif levhalar (MDF Medium Density Fiberboard) : 0,35-0,80 g/cm³ yoğunluğa sahip lif levhalar.
- Yüksek yoğunlukta lif levhalar-sert lif levhalar (HDF–High Density Fiberboard) : 0,80-1,1 g/cm³ arasında yoğunluğa sahip sert lif levhalar (Eroğlu ve Usta, 2000).

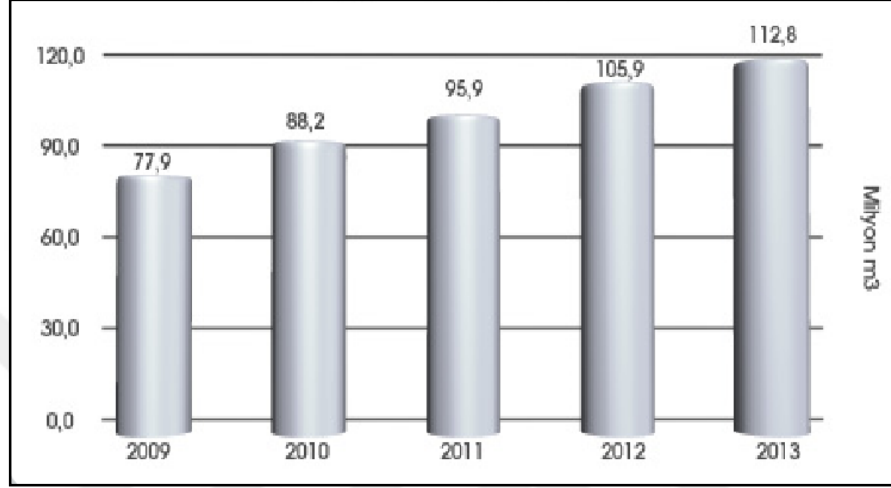
1.1.1.2. Üretim yöntemine göre lif levhalar

Üretim yöntemlerine göre lif levhalar 3'e ayrılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

- Yaş yöntem
- Yarı kuru yöntem
- Kuru yöntem

1.1.2. Dünyada Levha Sanayi

Dünya levha üretimi grafik 1.1.'de görüldüğü gibi 2009-2013 yıllarında devamlı artış gösteren grafik ortaya çıkmıştır. 2009 yılı içerisinde 77,9 milyon m³ iken bu rakam 2013 yılında 112,8 milyon m³'e ulaşmıştır (URL-1).



Grafik 1.1. Dünya levha üretimi (URL-1).

1.1.3 Türkiye’de Levha Sanayi

Tahminen 400 000 kişiye doğrudan, toplamda 1 milyon kişiye (Lojistik, satış, hizmet vs.) iş imkanı sağlayan orman ürünleri sektörünün Türkiye’deki büyüklüğü yaklaşık 12 milyar USD’dir. 2023 yılında ise 26 milyar USD’a ulaşmayı hedeflemektedir. Levha sektörünün 2013 yılı gerçekleşen ihracat miktarı 2,5 milyar USD’dır. 2023’te ise 8 milyar USD’a ulaşmayı hedeflemektedir. Bu sektör iki ana koldan oluşmaktadır. Bunlardan birincisi mobilya ve dekorasyon sektörü, diğeri ise mobilya sektörüne yarı mamul veren yonga, lif levha ve ağaç ürünleri sektörüdür. Türkiye’de son yıllarda artan yatırımlarla dünya standartlarında ileri teknolojiyle üretim yapan lif ve yonga levha tesisleri kurulmuş ve böylece Türkiye dünyada söz sahibi bir konuma gelmiştir. Türkiye 2014 yılı verilerine göre ;

- MDF üretiminde; Avrupa’da 1., dünyada 2.sırada,
- YL üretiminde; Avrupa’da 2., dünyada 4.sırada,
- Laminat parke üretiminde Avrupa’da 2., dünyada 3. sırada bulunmaktadır.

Lif levha sektöründe bulunan 16 fabrikanın çoğu kuru yöntemle üretim gerçekleştirmektedir. Bu fabrikalardan yaş yöntemi kullananlar sadece sert lif levha üretirken, kuru yöntemi kullananlar hem sert (HDF) hem de orta sert lif levha (MDF) üretmektedirler. Hammadde olarak odun ve odun türü sanayi atıkları, bağlayıcı olarak çimentolu yonga levha üretimi hariç sentetik yapıştırıcılar tercih edilmektedir. Yonga levha sektöründe devamlı ve kesintili olarak tek veya çok katlı preslerde 3 tabakalı levha üretilmektedir. Lif levha sektöründe de devamlı ve kesintili sistemle levha üretimi yapılmaktadır.

MDF ve YL fabrikalarının çoğunda melamin pres hattı bulunmaktadır ve bu hatlarda kağıt kaplı levhalar üretildikten sonra katma değerli ürünler olarak pazarlanmaktadır. Orman ürünleri sektöründe faaliyet gösteren kuruluşların büyük bir kısmı TSE kalite yeterlilik ve TSE uygunluk belgelerini almış olup, bu standartlara göre üretim gerçekleştirmektedirler. Bunun yanında bu kuruluşların çoğu ISO 9001, ISO 9002, ISO 14000, OHSAS 18001 ve SA 8000 standart belgelerini almışlardır (URL-1).

1.1.4. MDF'nin Özellikleri

Son yıllarda ormanlarımız gittikçe azalmakta ve ormanlarımızdan kaliteli tomruklardan elde edilen kontrplak ve kaplama endüstrisi için kullanılan ağaçlar azalmaktadır. Buna paralel olarak kaliteli ağaçların fiyatı artmaktadır. MDF üretimi ile kalitesiz odunları değerlendirmek mümkün olmuştur. MDF fiziksel ve mekanik özellikleri masif ağaç malzemeye yakın değerdedir. Böylece kalitesiz odunlardan alternatif bir ürün üreterek orman kaynaklarının verimli kullanılması sağlanmıştır (Çamlıbel, 2006). MDF'nin avantajları şunlardır;

- Homojen yapıda olup doğal odun özelliğine sahip suni bir üründür.
- Levha yüzeyleri yüzey işlemleri için daha uygundur.
- Yonga levha ve odundan üretilen diğer levhalara göre daha düşük kaliteli odunlardan üretilebilmektedirler.
- Levha da sağlamlık her yönde aynı olduğundan doğal oduna oranla daha geniş kullanım imkânı sağlar.
- Farklı boy ve kalınlıklarda üretimi yapılabilmektedir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.1.5. MDF Üretim Teknolojisi

MDF yüzyılın ikinci yarısında 1966'da New York'taki Allied Chemical Corporation tarafından keşfedilmiş olup, yonga levha ve yaş yöntemle lif levha üretim teknolojilerinin birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. Yaş yöntemle MDF üretmek pahalı ve zahmetli olmasının yanı sıra levhaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin artırılması sonucu kuru yöntemle MDF üretimine geçilmiştir (Eroğlu ve Usta 2000). Günümüzde kuru yöntemle MDF üretimi aşağıdaki iş akış sıralamasına göre yapılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2000).

- Hammadde
- Kabuk soyma
- Yongalama
- Yongaların depolanması
- Yongaların elenmesi
- Yongaların yıkanması
- Liflendirme
- Liflerin tutkallanması
- Liflerin kurutulması
- Serme
- Presleme
- Levhaların klimatize edilmesi
- Zımparalama
- Boyutlandırma
- Depolama

1.1.6. MDF Endüstrisinde Kullanılan Hammaddeler

MDF üretiminde hammadde olarak odun veya lignoselülozik lifli maddeler ve kimyasal maddeler (tutkal + sertleştirici + parafin + özel kimyasallar) kullanılır. MDF' de en önemli hammaddeyi odun oluşturur. Kuru yöntemle üretilen MDF'nin bileşimi aşağıdaki gibidir;

- %80 – 90 odun ve diğer lignoselülozik maddeler,
- %10–13 kimyasal maddeler,

- %7–10 arasında rutubet içeriğinden oluşur (Eroğlu ve Usta 2000).

1.1.6.1. MDF üretiminde kullanılan tutkal türleri

1930 yılından önce orman ürünleri sektöründe kullanılan tutkallar, bitkisel ve hayvansal kaynaklı olup aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktaydı (Göker, 1978) ;

- Hayvan ve Jelâtin Tutkalları: Deri, kemik ve balık atıklarından elde edilir.
- Kan ve Kan Albümini: Hammaddesi olan kan mezbahalarından temin edilir.
- Kazein: Sütten elde edilen bir hayvansal proteindir.
- Soya: Soya fasulyesi ve yer fıstığından elde edilen bitkisel proteindir.
- Nişasta veya Bitkisel Tutkallar: Meyveler, tohumlar veya köklerden elde edilirler.

Kazein tutkalı, sütteki proteinlerin pıhtılaşmış halidir. Kazein tutkallarına küf ve mikroorganizmalar meydana getirdiği bozulmayı önlemek için %3 thymol katılır ve özellikle kaplama levhaların yapıştırılmasında kullanılır (Göker, 1978).

Soya fasulyesi tutkalı, soya fasulyesinden yağın ekstraksiyon yolu ile çıkarılmasından elde edilmektedir. Kontrplak endüstrisinde yapılan bir araştırmada pirinç çeltiğinden elde edilen tutkalın polimerik metilen difenildiizosiyanat ile birlikte yonga levha üretiminde kullanılabilir bir özellik taşıdığı saptanmıştır (Baharoğlu, 2010). Yapıştırıcı madde, malzemelerin yüzeylerini birleştirerek bir arada tutabilme yeteneğine sahip madde olarak tanımlanmaktadır (Vick, 1999). Yapıştırıcılar, yonga levha ve kontrplak gibi levha ürünlerinin üretiminde ve çeşitli konstrüksiyonların birleştirilmesinde oldukça önemlidir. Orman ürünleri sanayisinin gelişmesinde yapıştırıcıların büyük etkisi olmuştur (Aydın, 2010). Üretilen ahşap kompozit malzemelerin kalitesi ve tutkallı birleştirmelerin performansı oluşan tutkal bağına bağlıdır (Chen, 1970). Yonga levha endüstrisinde 3 ana sentetik reçine tipi kullanılmaktadır. En çok kullanılan üre formaldehit reçinesi olup, bunu fenol formaldehit ve melamin formaldehit reçineleri takip etmektedir. Diğer yandan az miktarda kullanılan bir başka sentetik yapıştırıcı ise polyizosiyanattır. Üre ve melamin reçineleri amino reçineler olarak bilinmektedir. Amino ve amido gruplarının aldehitlerle meydana getirdiği reaksiyon ürünleridir, ki buna formaldehit

girmektedir. Bu reçineler ve fenol formaldehit reçinesi ısı etkisi ile katalizörler yardımıyla kısa süre içerisinde sertleşebilmektedir. Böylece reçineler kondenzasyon polimerizasyonu vasıtası ile vazifelerini görmektedirler (Bozkurt ve Göker, 1990).

Dünyada yonga levha üretiminde yaklaşık %90 ve daha yüksek oranda üre formaldehit reçineleri kullanılmaktadır. Üre formaldehit reçineleri ucuz, preslemede sertleşme süresi kısa ve kullanımı kolay olan tutkallardır. Ayrıca, bu tutkal beyaz veya renksizdir. Ancak, dış maksatlar için dirençli yonga levhaların üretiminde bu tutkal kullanılmamaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990). Fenol formaldehit reçineleri bugün dış cephelerde kullanılan levhalar için en elverişli bir tutkal olarak kabul edilmektedir. Melamin reçineleri ise, bazı levha üretim metotlarında özellikle üre formaldehit reçinesi ile karıştırılarak kullanılmaktadır. Böylece rutubete karşı yüksek bir direnç sağlanabilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

1.2. Termoset Tutkallar

Termoset tutkallar polimerizasyon sürecini bitirdikten sonra çapraz bağlı kuvvetli bir yapı meydana getiren polimerlerdir. Zincir molekülleri arasında içerdikleri çapraz bağlar aracılığı ile üç boyutlu bir yapı oluştururlar ve böylece mekanik etki ve yüklemelere karşı kararlıdırlar. Bunlar genellikle sentetik tutkallar olarak bilinirler. Termosetler, ısı veya katalizör etkisi ile sertleştikten sonra onları eski haline döndürmek için tekrar sıvılaştırılmaları veya yumuşatılma imkanları yoktur. Termoplastikler doğrusal veya dallanmış yapıya sahip olan, ısıtma işlemi sonucunda soğutulularak katılaştırılabilen polimerlerdir. Bu avantajları sayesinde yeniden kullanılabilme özellikleri vardır (Korucu ve Mengeloğlu, 2007).

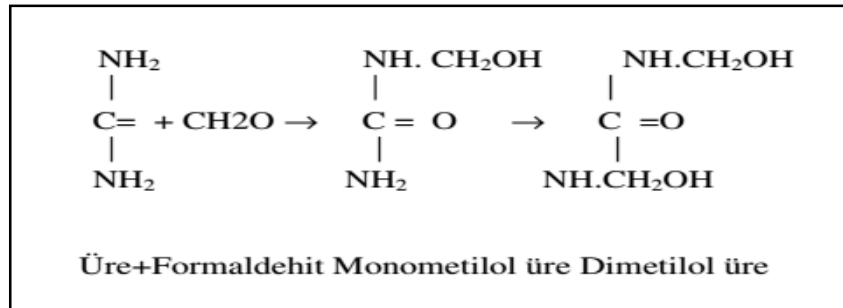
Orman endüstrisinde kullanılan termoset tutkallar genellikle;

- Üre Formaldehit (UF),
- Fenol Formaldehit (FF),
- Melamin Formaldehit,
- Melamin-üre Formaldehit

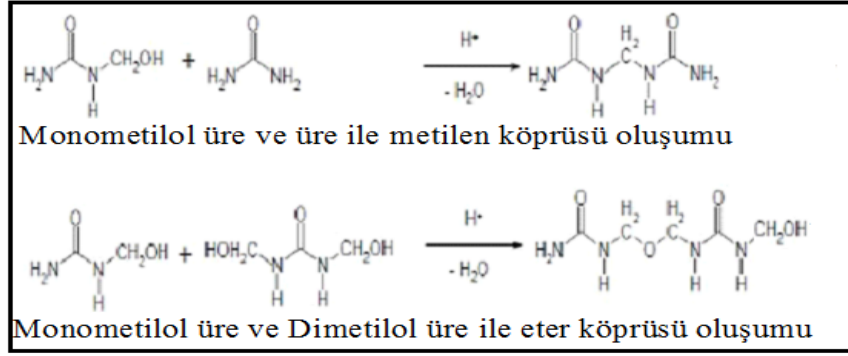
1.2.1. Üre Formaldehit Tutkalı

Üre formaldehit tutkalı nispeten ucuz olması nedeniyle, kaplamalı işler, pres kapı, yonga levha ve kontrplak üretimi olmak üzere, ağaç işlerinde en çok kullanılan yapıştırıcıdan biridir. Formaldehit metanolden, metanol de maden kömürü, oksijen ve hidrojenle elde edilmektedir. Formaldehit ise metanolün katalitik oksidasyon hidrolizasyonu yolu ile elde edilmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990). Üre suda rahatça çözünebilen kristal halinde bir madde olup, amonyak ve karbondioksitin birleştirilmesi sonucu oluşmaktadır. Ara madde olarak amonyum karbaminat meydana gelmekte, buna amonyak ilave edildiği takdirde su ve üre maddeleri meydana gelmektedir (Bozkurt ve Göker, 1990).

Üre formaldehit tutkalı, üre ile formaldehitin su bazlı bir çözelti içerisinde kondense olmasıyla elde edilmektedir. Hem kuru hem de sıvı hallerini üretmek mümkündür. Her iki bileşen dimetil ve monometilol ürenin teşekkülü altında (Şekil 1.1.), hafif alkali ortamda reaksiyona girer, oluşan monometilol ve dimetilol üre bünyelerinden su kaybederek metilen veya eter köprüleri oluşturarak kondenzasyon polimerizasyonu devam eder (Şekil 1.2.). İstenilen polimerizasyon derecesi elde edildikten sonra reaksiyon hafif asidik olan çözeltinin soğutulması ve nötrleştirilmesi ile yarıda kesilir. Elde edilen tutkalın özelliğine; sıcaklık, reaksiyon süresi, pH değeri, katalizör miktarı ve üre formaldehitin molar oranı etki etmektedir (Çolakoğlu, 2004).



Şekil 1.1. Monometilol üre ve Dimetilol üre oluşumu



Şekil 1.2. Monometilol üre ve Dimetilol üre kondenzasyon reaksiyonları

Farklı yollarla üretilebilen üre formaldehit tutkalının örnek bir üretim akışı aşağıda belirtildiği gibi özetlenebilir (Bozkurt ve Göker, 1990).;

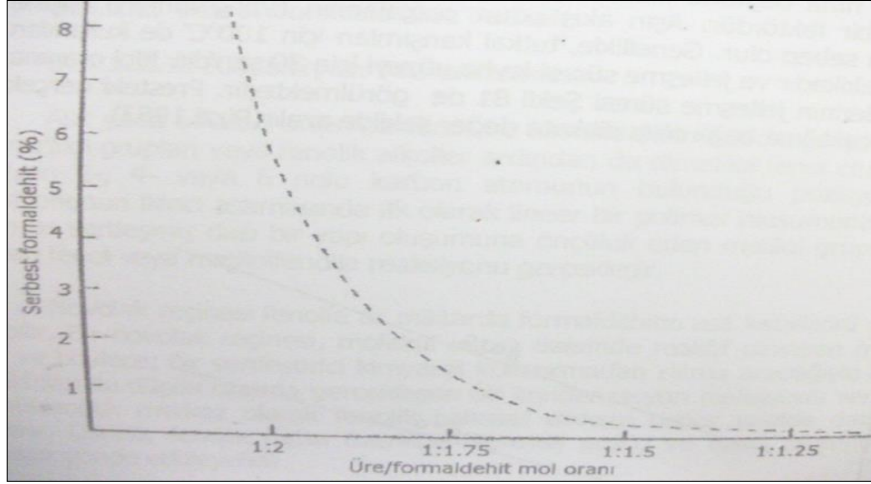
- Formaldehitin reaktöre verilmesi
- pH'nin nötr veya alkali olacak şekilde ayarlanması (pH : 8 – 8,6)
- Katalizör görevi yapan maddelerin ilavesi
- Arzu edilen reaksiyon mol oranına göre üre ilave edilmesi
- Reaksiyonun başlaması ve hızlandırılması için sıcaklığın artırılması (90 °C)
- Alkali ortamda sıcaklığın 90 °C de tutulması
- pH'nin asidik ortama ayarlanması
- İstenilen molekül ağırlığını elde etmek üzere kondenzasyon reaksiyonu için asidik pH'nin korunması ve artırılması
- Reaksiyonu durdurmak için pH'nin 7 üzerine çıkartılarak nötralize edilmesi
- Gerekirse fazla suyun vakum ile uzaklaştırılması
- İlave kimyasal maddelerin katılması
- 25 °C ye kadar soğutma

Üre formaldehit tutkalları, termoset yapıdadır. Bu polimer yapıdaki tutkallar MDF, YL vb. üretimlerde kullanılabilir. Sıcaklık ve sertleştirici madde sayesinde sertleşirler ve diğer termoplastik polimerler gibi ısıtıldığında yeniden eski haline döndürülemezler. Sıcak pres uygulamalarında sertleştirici madde olarak genellikle amonyum klorür ya da amonyum sülfat tercih edilmektedir. Üre formaldehit tutkalı genellikle %50-%65 katı madde miktarı ile üretilir ve değişen şartlara göre viskozitesi 150-400 cP arasında ayarlanmaya çalışılır. Değişen mevsim veya üretim şartlarına göre tutkalın pH değeri 8-8,5 arasına ayarlanır. UF tutkalının raf ömrü katı

madde miktarı arttıkça ya da bunun yanında pH düştükçe azalır ve depoda yaklaşık 2-3 ay ömrü vardır. Eski yıllara nazaran UF tutkallarının mol oranlarında düşüş olmuş ve formaldehitin üreye mol oranı MDF üretimi için 0,98-1,17 mol, YL üretimi için ise 1,10-1,25 mol arasında üretilmektedir. Böylece üretilen final ürünün yani MDF veya YL ürünlerin serbest formaldehit emisyon değerleri günümüzde daha düşük değerler vermektedir.

Üre formaldehit tutkalı reçetesinin hazırlanması veya kullanımdan hemen önce sertleştirici olarak çoğunlukla amonyum sülfat veya amonyum klorür ilave edilmektedir (Dinwoodie, 1983). Bu sayede tutkalın dayanma süresi kısalır ve sertleşme hızlanır. Bu tutkalın kısa sürede sertleşmesi için bu katalizörlerden bir tanesi mutlaka kullanılmalıdır. Ağaç türüne bağlı olarak pH'ın 4,2-5,5 aralığında olması gerekir. pH arttıkça sertleşme süresi uzamaktadır. Üre formaldehit reçinelerinin kullanıldığı levhalarda son sertleşme derecesi olarak alt ve üst tabakalarda sıcaklık 150-190 °C, orta tabakalarda sıcaklık en az 100 °C olmalıdır. (İstek, 2010).

Üre formaldehit tutkalında karşılaşılan sıkıntılardan en önemlisi formaldehit emisyonudur. Formaldehitin açığa çıkış şekillerinden ilki yonga levha ve MDF üretildikten sonra kısa bir süre içerisinde söz konusu olurken, ikinci tip formaldehit açığa çıkması levhaların kullanıldığı yerlerde kullanım süresi boyunca söz konusu olabilir. UF tutkalı kullanılarak üretilen yonga levha ve MDF'lerde formaldehit emisyonunu birçok faktör etkilemektedir. Bunlardan en önemlileri üre ile formaldehitin mol oranı, pres sıcaklığı, çevre sıcaklığı ve kullanım yerindeki rutubet içeriğidir. (Pizzi, 1983). Yapılan araştırmalara göre üre formaldehitin mol oranı 1:1,45 iken serbest formaldehit oranı %0,8, 1:1,32 iken %0,3 ve 1:1,25 iken %0,2' den azdır. Üre formaldehit mol oranı 1:1,3 ve daha az olan üre formaldehit reçinelerinin kullanımı konusunda uluslararası bir eğilim olmasına rağmen bu tip reçineler yonga levha üretiminde çok iyi sonuç vermezler. Ayrıca, daha yüksek formaldehit/üre mol oranlı reçineler yonga levha ve MDF üretiminde daha fazla esnekliğe müsaade etmez (Eroğlu ve Usta, 2000).

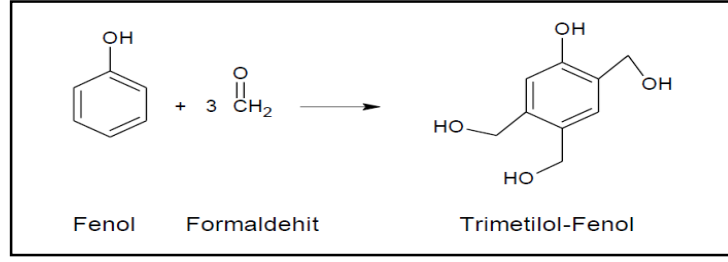


Grafik 1.2. Üre/Formaldehit mol oranı (Eroğlu ve Usta, 2000)

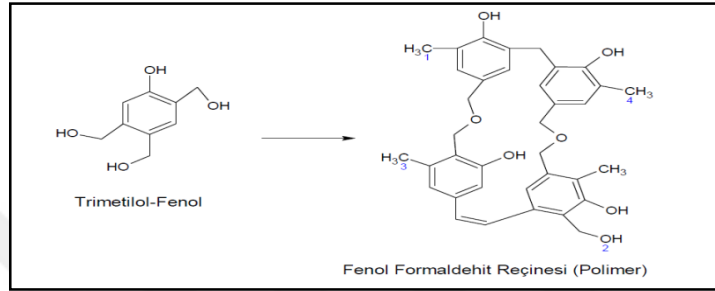
Daha düşük formaldehit/üre mol oranlı UF reçineleri ile çalışırken daha fazla sertleştirici kullanmak gereklidir (Grafik 1.2.). Çünkü reçinenin jelleşme süresi kısaldır. Üretimden hemen sonra bitmiş levhadaki serbest formaldehitin başlangıç miktarı ile presleme sırasında açığa çıkan formaldehitin miktarını azaltmak için tutkal karışımı içerisine bazen %5'e kadar üre ilave edilebilir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.2.2. Fenol Formaldehit Tutkalı

Fenol formaldehit (FF) tutkalının temel bileşenleri, fenol ve formaldehittir. Fenol ham petrolden elde edilir. Fenol ve formaldehit, FF reçinesi içinde bir karıştırıcı yardımıyla birleştirilir ve önce fenol ve formaldehitin katılma reaksiyonu ile metilol fenoller oluşur (Şekil 1.3.). Daha sonra metilol fenollerden su ayrılması ile eter, su ve formaldehit ayrışması ile metilen köprüleri oluşturulmak suretiyle kondenzasyon gerçekleşmektedir (Şekil 1.4.). Bu reçine; kokusuz, koyu kahverengi ve kesinlikle yanmazdır. İşlem esnasında FF reçinesi, üre formaldehit reçinesi gibi bağlarını güçlendirmiş ve polimerize edilmiş bir yapıdır. FF çözeltisi, fenol ve formaldehitin 2,2 mol oranlarında formaldehitin çoğu FF yapısı içinde üç boyutlu kuvvetli bağlar ile sürekli bir şekilde yapıştırılır. Serbest formaldehit, üre formaldehitin pres esnasında bırakması gibi, aynı şekilde pres esnasında ortaya çıkar (Uysal ve Kurt, 2005).



Şekil 1.3. Fenol ve formaldehitin birleşmesi sonucu Trimetilol-Fenol oluşması



Şekil 1.4. Fenol formaldehit oluşumu

Fenol formaldehit reçineleri de diğer formaldehit reçineleri gibi termoset bir yapıdadır. Dolayısıyla kullanıldığı yerde sertleştikten sonra yeniden yumuşayıp (reaksiyonun geri dönmesi ile) bozunması durumu olmamaktadır. Suya ve diğer dış etmenlere karşı (basınç, sıcaklık) oldukça dayanıklıdır. Bu bakımdan üre formaldehit reçinelerine göre üstün özellikler taşır. Diğer reçinelerden daha pahalıdır. İçerdiği fenol miktarı azaltılarak, fenol yerine alternatif başka bileşikler kullanarak ya da farklı kimyasal katkıları eklenerek üretimde ekonomi sağlanmaya çalışılır. En tehlikeli polimerizasyon reaksiyonu fenol formaldehit reçinelerinde görülür. Fenol çok aktif bir bileşik olduğu için reaksiyon hızı kontrol edilemeyip reaktörde patlamalara yol açabilir (Yeniocak, 2008). Fenol reçineler üreden daha yavaş ve daha yüksek sıcaklıklarda sertleşirler. Fenol reçineler oldukça yüksek molekül ağırlıklıdır. Dayanıklı ve serttir. Yongalar arasında güçlü ve suya karşı dirençli yapışmalar sağlamaktadır (Huş, 1979). Aynı zamanda FF tutkalı yüksek moleküler ağırlığa sahip olduğundan; rutubet, yağ, organik çözücüler, birçok asit, mantar ve bakterilere karşı çok dayanıklı bir tutkal çeşididir. Fenol formaldehit tutkalı rutubete, suya, atmosferik koşullara karşı dayanıklı yapışma sağladığı için açık hava şartlarında ve dış cephelerde kullanılacak levhaların üretimi için uygun bulunmaktadır. Ancak, koyu renkli oldukları için levhalarda koyu renk söz konusu

olmakta veya küçük kırmızı lekeler şeklinde görüntüler oluşturmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Fenol formaldehit reçinesinin sertleşmesi için ihtiyaç olan sıcaklık üre formaldehit reçinesinden daha fazladır. Levhanın orta kısmındaki pres sıcaklığı 120-150 °C olmalı ve pres saclarının sıcaklığı ise 200 °C'ye ulaşmalıdır (Bozkurt ve Göker, 1990).

Orman ürünleri endüstrisi için novalak üretimi çok fazla önem arz etmez. Oduna dayalı endüstrilerde kullanılan novalak tutkalı metilol grupları bloklanarak değişime uğratılmış fenol-formaldehit resol tutkalıdır. Sertleştirme için bir sertleştirici olarak paraformaldehit ilavesine ihtiyaç duyulur (Karakuş, 2007). Dış ortamlarda kullanılacak yonga levha ve MDF üretiminde fenolik yapıştırıcıların tercih edilmesi durumunda en büyük dikkat tutkalın formülasyonundan çok tutkalın uygulanmasına verilmelidir. Levhanın presleme süresi; tutkalın tipine, reaktifliğine ve rutubet içeriğine bağlı olarak değişir (Eroğlu ve Usta, 2000).

1.2.3. Melamin Formaldehit Tutkalı

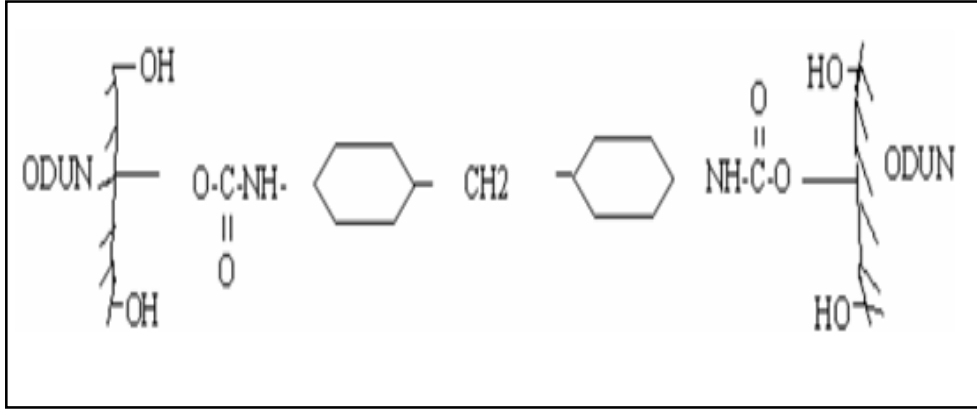
Melamin ile formaldehitin kondenzasyon reaksiyonu üre ile formaldehitin reaksiyonuna benzer. Formaldehit ilk olarak metilol bileşiklerini oluşturmak için melaminin amino grupları ile reaksiyon verir. Formaldehitin melamine ilavesi üreden daha kolay olmaktadır. Melamindeki amino grubu kolayca ikiden fazla formaldehit molekülünü kendine bağlayabilir. Böylece, altıdan fazla formaldehit molekülü bir melamin molekülünü çekebilir (Eroğlu ve Usta, 2000).

Formaldehit ve melamin arasındaki tepkimede formaldehit, melamindeki amin gruplarına katılarak farklı sayıda metilol grupları içeren türevler meydana gelir. Metilol gruplarının sayısı altıya kadar ulaşabilir. Bu metilol gruplar suda çözünebilir özellikte olup yüksek sıcaklıklarda metilen veya eter köprüleri oluşturur ve bunun sonunda çapraz yapıda melamin formaldehit reçinesine dönüşürler.

Melamin formaldehit tutkalının UF tutkalına göre bazı avantajlı yanları vardır. Bu avantajlar; suya karşı daha dirençli olması, ısı stabilitesinin daha yüksek olması, düşük sıcaklıklarda ve sertleştirici katılmaksızın sertleşebilme yeteneklerinin olmasıdır (Huş, 1979). Melamin formaldehit reçinesinde üretim esnasında melaminin çözünerek şeffaf hale gelmesi için 90 °C'ye ulaşması gerekmektedir. Bu süre yaklaşık bir saat sürer. Melamin çözüldükten sonra metilizasyon reaksiyonu başlar. 15 dk. 92 °C'lerde reaksiyon devam ettikten sonra sıcaklık 89-90 °C arasında sabit tutulur. Daha sonra buzda bulantı görülene kadar reaksiyon devam eder. Buzlu suya damlatılan tutkal bulantı yapıyorsa bir dahaki işlem, 20 °C'deki suda bulanma görününceye kadar devam eder. Bu derecede de bulantı görüldükten sonra su toleransına geçilir. Son aşamada tutkalın su toleransı 1-1,7, 2,5 ve üretim pH'ı yaklaşık 9,5 civarına ayarlanır daha sonra ürün yarıda kesilerek yaklaşık 40 °C'ye soğutulur. Tutkal empenye ünitesine sevk için hazır hale gelir. Reçinenin üretimi esnasında ürüne esneklik sağlaması için kaprolaktam, dietilenglikol vb. ürünler ilave edilebilir.

1.2.4. İzosiyanat Tutkalı

İzosiyanat tutkalı olarak bilinen polimerik difenilmetan-diizosiyanatın (PMDI) özelliği her iki ucunda bulunan izosiyanat grupları vasıtasıyla odundaki hidroksil (OH^-) grupları ile reaksiyona girerek üretan zincirleri oluşturmasıdır (Şekil 1.5.). Amino ve fenoplast tutkallarda yapışma spesifik adezyonla gerçekleşirken, izosiyanat tutkalında gerçek kimyasal bağ oluşmaktadır. İzosiyanat tutkalı su içermediğinden ve kullanılan tutkalın tümü bağlayıcılık görevini yapmasından dolayı iyi bir yapışma sağlar. Tutkallamada yonga rutubeti artmaz ve presleme süresini olumlu yönde etkiler. İzosiyanat tutkalı sulu çözelti halinde de kullanılabilir (Özen, 1980).



Şekil 1.5. İzosiyanat gruplarıyla odun arası etkileşimler (Özen, 1980)

1.3. Doğal Tutkallar

Doğal tutkallar özellikle yaş yöntemle üretilen levhaların yapıştırılmasında kullanılmaktadır. Bilinen ilk doğal tutkal, odunun %30'unu oluşturan lignindir. Bu yöntemde yapışma direncini arttırmak için % 1–2 oranında sentetik tutkal kullanılır. Diğer doğal tutkallar olarak; nişasta, kuruyan yağlar, soya tutkalı, tanen ve sülfat atık suyu kullanılabilir. MDF veya HDF üretiminde doğal fenol olarak bilinen tanen lif levha üretiminde formaldehitte reaksiyona sokulmaktadır. Odunun liflendirilmesi aşamasında elde edilen sülfat atık suyunun asitlendirme etkisi ile tutkalın etkisi artırılabilir (Suchsland ve Woodson, 1991).

Kaya'ya (2004) göre biyokütle esaslı yapıştırıcı maddeler bitkisel ve hayvansal ürünlerden özel yöntemlerle elde edilen kimyasal maddelerdir. Bu maddeler arasında protein esaslı tutkalların haricinde diğerleri bitkisel kökenlidir. Bu maddelerin çoğu suda çözünmektedir ve elde edilen yapıştırıcılar suya, rutubete karşı dayanıklı olmadıkları gibi ısıya da fazla direnç gösterememektedirler.

Protein bazlı ağaç yapıştırıcılarının geliştirilmesi için hayvan proteinleri ve yağlı tohum gibi biyokütleler kullanarak araştırmalar yapılmıştır. Alkali ortamda düşük yağlı soya, fıstık unu ve kan hidrolize edilmiştir. PF hidrolizlenmiş protein ile çapraz bağlanmıştır. Katı-katı oranları protein için %70, %50; PF için %30, %50 olarak hazırlanmıştır (Yang vd. 2005).

1.3.1. Kazein Tutkalları

Sütün bileşenleri arasında % 80 civarında yer alan kazein sindirimi ve bunun yanında emilimi yavaş bir protein olarak bilinir. Bu proteinle yapılan tutkallar soğuk tutkal olarak bilinir ve en çok yapı marangozluğunda ve doğramacılıkta kullanılır.

Kazein, sütte kalsiyum kazeinlerin kalsiyum fosfat ile meydana getirdiği az veya çok katı durumda ince süspansiyon şeklinde bulunmaktadır. Kazeinin kendisi bir protein olup, amfoter karakterdedir. Kazeinin alkali bileşikleri ile yapılan tutkallamalarda malzeme kuru halde iken yüksek mukavemet özelliği göstermekle beraber, su ile temasta çözünürler. Kazeine suya karşı dayanıklılık kazandırılmasını sağlamak bakımından bunu ya kalsiyum bileşiğine çevirmek, yahut ta hayvansal atıklardan elde edilen tutkallarda yapıldığı gibi formaldehit veya krom tuzları ile sepilemek gerekir (Pu vd., 1990).

1.3.1.1. Kazein tutkallarının özellikleri

Kazein proteininin düşük pH seviyelerinde uzun bir süre çözünmeden kalabilmesi onun en belirgin özelliklerindedir. Örneğin mide asidinin etkisinde kalan kazein proteini önce pıhtılaşır ve daha sonra midede yavaş yavaş amino asit salgılar ve bu işlem uzun süreli olur. Bu proteinle üretilen tutkallar sıcaklık ve neme su esaslı yapıştırıcılardan daha dayanıklı olmasına rağmen dış kullanımlar için uygun değildir. 60-70 °C'ye kadar kuru ısıya karşı direnci iyi olmakla beraber ıslak şartlarda yapıştırıcı gücünü kaybeder.

Kazein beyaz toz şeklinde olup molekül ağırlığı yaklaşık 13 000-19 000 arasındadır. pH 4,6 izoelektrik noktasında suda çözünmez, çözünürlüğü asidik veya alkali ortamda artar. Bazik ortamda daha fazla çözünür. NaOH gibi sabit alkaliler çözünür tuz olan sodyum kazeinat olarak tutkal sınırında kalırlar. Çözünemeyen kazeinatlar Zn, Cr ve Al vb. tuzları ile oluşturulur. 20 °C'de kazeinin raf ömrü 1 yılın üzerindedir (Pizzi, 1994).

1.3.1.2. Kazein tutkallarının kullanım yerleri

Kazein eski zamanlarda kontrplak üretiminde maya kazeini türü şeklinde yapıştırıcı olarak kullanılmaktaydı. Günümüzde ise daha çok laktik kazein türü ince marangozluk ve kağıtta yapıştırıcı olarak, hayvanların besininde, tekstilde apre işleminde, mantar, tıpa vb. kullanım yerleri vardır.

1.3.2. Kan Albümin Tutkalları

Kan albümini, kan serumu içerisinde çözülmüş durumda bulunan bir proteindir. Bunun hammadde kaynağı mezbahalardır. Kan albümini genellikle sığır kanından elde edilmektedir (Pizzi, 1994). Kan esaslı yapıştırıcılar ilkçağlardan beri kullanılmıştır. Fakat bu alandaki gerçek aktivite, suya dirençli kontrplak için pazar oluştuğunda 1917'de başladı. Modifiye edilmiş kan esaslı yapıştırıcılar yaklaşık 1930'da geliştirilmiştir. Böylece kan albümin kendi başına veya diğer yapıştırıcıların kombinasyonu ile kontrplak yapıştırıcılarının gelişmesinde önemli bir rol oynamıştır. Bu amaç için öldürülmüş hayvanların taze kanı veya kurutulmuş çözünebilir kan albümini kullanılabilir. Kurutulmuş çözünebilir kan tozu, koagülasyonu önlemek için düşük sıcaklıkta, düşük basınç altında serumun evaporasyonu ile taze kandan hazırlanır. Eğer albümin pıhtılaşırsa kan tozları çözünmez ve böylece çok düşük bağ kuvvetine sahip olur (Pizzi, 1994).

Lin ve Gunasekaran (2010) yapmış oldukları çalışmada tutkalları alkali ortamda inek kanı kullanılarak hazırlamışlar. Daha sonra bu tutkalların hidroliz derecesi, viskozitesi, su direnci, jel zamanı ve bağ kuvvetlerini ölçmüşler. pH değeri artması ile hidroliz derecesi arttığını tespit etmişlerdir. Viskozite ve makaslama-incelme her iki değerinde pH 10,2, sıcaklık 50 °C'de dikkate değer değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Hayvan kanı içeren tutkalların avantajlarını sıralamışlar ve bunlar; 1-hayvan kanı kolay elde edilebilir ve ucuzdur. 2-düşük viskoziteye sahip olduğundan kolay işlenebilir. 3-hayvan kanı tutkalı hem sıcak hem de soğuk preste uygulanabilir. 4-hayvan kanı ile üretilen odun bazlı ürünler bitki bazlı ürünlerden daha suya dayanıklılık gösterir.

1.3.2.1. Kan albümin tutkallarının özellikleri

Tipik bir çözünür kuru kanın albümin içeriği yaklaşık %90'dır. Albümin molekül ağırlığı 67 000 olan küresel bir proteindir ve suda çözünür. 71 °C'ye kadar ısıtıldığında pıhtılaşır. Bu karakteristik yapıştırıcılar için kullanılır. 20 °C'de raf ömrü yaklaşık 1 yıldır. Tutkal hattı kaynayan suya karşı iyi bir dirence sahiptir. Bu tutkalların yaşlanma özellikleri ılımlıdır ve böylece bu yapıştırıcılar sadece iç kullanım için uygundur (Pizzi, 1994).

1.3.2.2. Kan albümin tutkallarının kullanım yerleri

Kan albümin tutkalları eski zamanlarda yaş yöntemiyle üretim yapan kontrplak sanayinde kullanılmaktaydı. Günümüzde ise bu tutkalın kullanımı hemen hemen yoktur.

1.3.3. Soya Protein Tutkalları

Soya bazlı tutkallar ilk defa 1923 yılında geliştirilmiştir. Bu tutkallar biyolojik olarak parçalanabilir, yenilenebilir ve çevre dostu oldukları için ilgi görmüşlerdir. Bununla birlikte, soya proteini tutkalları nispeten düşük yapıştırma gücüne ve suya dayanıklılığa sahiptir. Daha sonra birçok araştırmacı soya protein bazlı tutkalların daha iyi yapışma direnci ve suya dayanıklılığı için araştırmalar yapmıştır (Zhang vd. 2006).

Geçtiğimiz günlerde Dünya Sağlık Örgütü formaldehitin insan sağlığını tehdit ettiğini ve kanserojen olduğunu bildirmiştir. Bunun dışında formaldehit esaslı yapıştırıcılar yenilenebilir petro-kimya ürünleri değildir. Bu nedenle odun bazlı kompozit üreticileri yenilenebilir kaynaklardan çevre dostu hammadde arayışındadır. Soya unu şeklinde bulunan soya proteini bol, ucuz ve yenilenebilir ürünler arasındadır. Soya protein bazlı tutkallar ile odun bazlı kompozit ürünler 1930'dan 1960'lara kadar kullanılmıştır (Liu, 2005).

1.3.3.1. Soya protein tutkallarının özellikleri

Soya fasulyesinden elde edilen bu protein yüksek kaliteli bir bitkisel proteindir. İnsan vücudu için gerekli olan bütün amino asitleri içermektedir. Soya fasulyesinin yapısında %38 protein, %30 karbonhidrat, %18 yağ ve % 14 su bulunmaktadır.

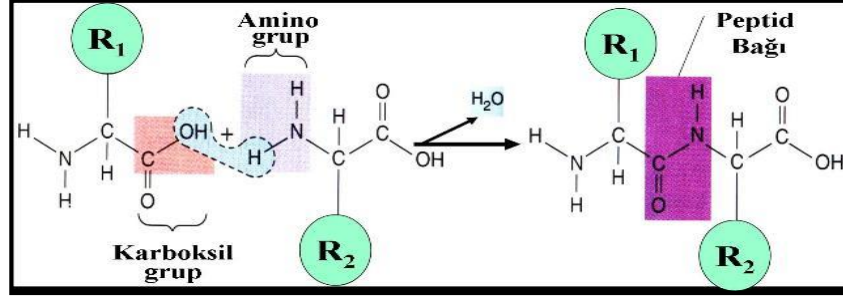
Tutkallar soya kalıntıları proteinlerden yapılır. 20 °C'de kuru tozun raf ömrü yaklaşık 1 yıldır. 20 °C'de yapıştırıcının ömrü ise birkaç saattir. Soya proteini tutkallarının suya karşı direnci sınırlıdır. Isıya zayıf direnci ve zayıf dayanıklılığından dolayı bu tutkallar sadece iç kullanım için uygundur (Pizzi, 1994).

1.3.3.2. Soya protein tutkallarının kullanım yerleri

Soya proteini tutkalları kontrplak ve iğne yapraklı paneller için uygundur. Aynı zamanda, iğne yapraklı ağaç esaslı iç kontrplaklar için kan albümini soya yapıştırıcılarının bir bileşeni olarak kullanılır. Kağıt ve iğne yapraklı ağaç kaplaması gibi maksimum bağ kuvvetinin gerekmediği yerlerde maliyeti azaltmak için tutkal, kil ve odun unu gibi ince maddeler ile karıştırılır (Pizzi, 1994).

1.4. Proteinler

Bir ya da daha çok amino asitin birbiri ile asit-amid bağıyla (peptid bağı) birleşmesiyle ortaya çıkmış yapıya peptid ismi verilir. Peptid bağları ile bağlanan amino asitler proteinleri meydana getirir (Şekil 1.6.). Bir protein bir veya birden fazla polipeptid zincirinden oluşabilir. Bu amino asit sayısına göre dipeptid, tripeptid, heksapeptid, oligopeptid, polipeptid olarak isimlendirilir. Peptid bağı birinci amino asidin karboksil grubu ile komşu amino asidin amino grubu arasında meydana gelir. Bu bağı oluşturan karbonil grubunun oksijeni ile amino grubunun hidrojeni trans pozisyondadır, biri peptid düzleminin üstünde iken diğeri altındadır. Peptid bağı kısmen çift bağ özelliğindedir ve amino azotu pozitif iken karbonil oksijeni ise negatif yük durumundadır (URL-2).



Şekil 1.6. Peptid bağı oluşumu

Peptidler, bir amino asidin karboksil grubundan OH^- , diğer amino asidin amino grubundan H kopmasıyla H_2O açığa çıkarak oluşan poliamidlerdir. İki amino asidin verdiği peptide dipeptid denir. Amino asitler aynı olduğunda tek bir dipeptid, farklı olduğunda ise özellikleri farklı iki dipeptid meydana gelir (AB ve BA) (URL-2).

1.4.1. Proteinlerin Yapısal Özellikleri

Protein köken olarak yunanca “*proteios*” kelimesinden gelmiş ve “en önemli” ya da “en önde yer alırım” anlamındadır. Kelime anlamında da olduğu gibi proteinler yaşam için çok gerekli organik bileşikler olup katalizleme, taşıma, kasılma, immun koruma, büyüme ve farklılaşmanın kontrolü gibi biyolojik olayların idaresinde görev almaktadırlar. Yaşamın en önemli olaylarından olan büyüme, çoğalma ve kendi kendini iyileştirme süreçleri proteinler ve bunlarla çok önemli bileşikler yapan nükleik asitlerle (nükleoproteinler) yakından alakalıdır.

Proteinlerin genel olarak kimyasal formülü $\text{C}_{40}\text{H}_{62}\text{N}_{10}\text{O}_{12}$ şeklinde kabul edilmiştir. Proteinler hayvanlarda canlı maddede miktar olarak en fazla bulunan birimlerdir. Karaciğer, kas ve böbrek dokusunun kuru ağırlığının yaklaşık %78-80'nini proteinler oluşturur. Proteinler polipeptid yapıdadırlar. Peptid bağları ile bağlanmış çok sayıda amino asitten meydana gelmektedirler. Proteinlerde bulunan amino asitler *monomer* olarak adlandırılır ve bu yüzden proteinler *polimer* yapılardır. Protein n sayıda amino asitten meydana gelmiş ise içerisinde n-1 adet peptid bağı bulundurur (URL-2).

1.4.2. Proteinlerin Sınıflandırılması

Proteinler iki gruba ayrılmaktadır;

- Homoproteinler (Basit Proteinler) : Hidroliz yoluyla sadece amino asitleri veren proteinlere denir. Bu gruba örnek olarak albumin ve bazı globulinler, glutelin, prolamin, histon, protamin, kollagen, elastin gösterilebilir.
- Heteroproteinler (Konjuge Proteinler) : Hidroliz yoluyla amino asitlerden başka organik ve inorganik ürünler (prostetik grup) de verirler. Heteroproteinler prostetik gruplarının kimyasal özelliklerine göre gruplandırılabilirler.

Proteinler fonksiyonlarına göre aşağıdaki gibi gruplandırılırlar;

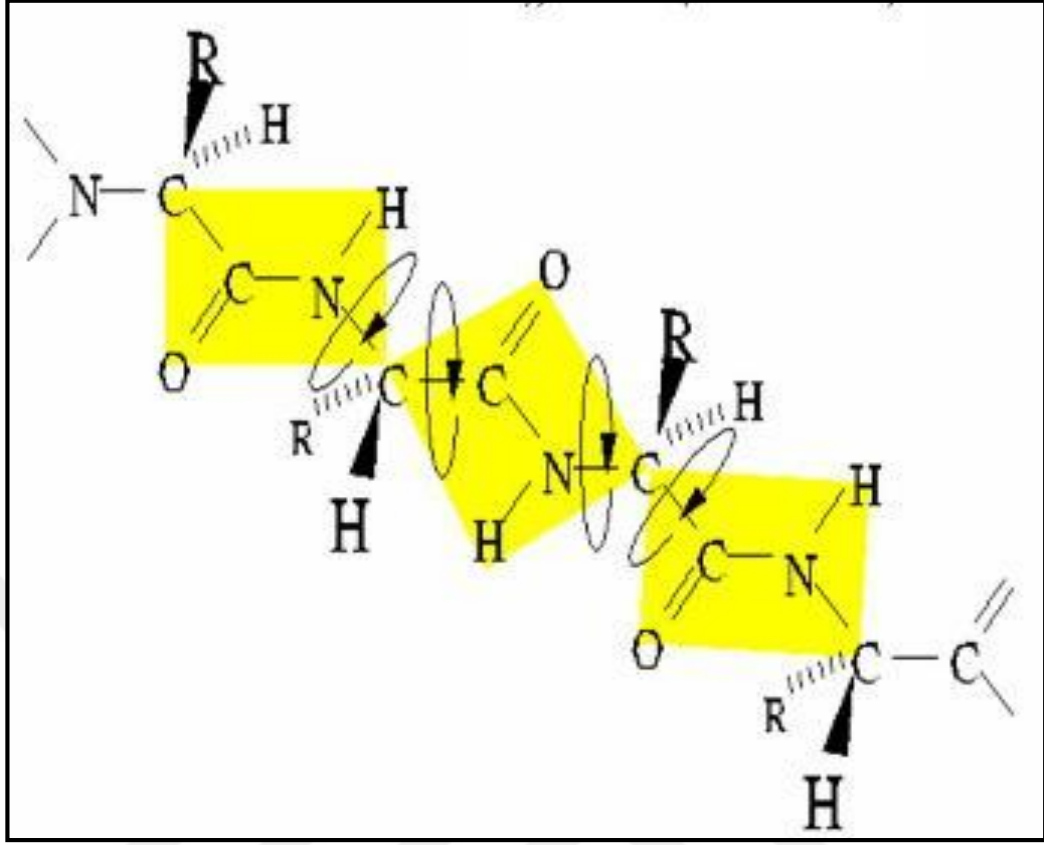
- Katalizör Proteinler : Biyolojik sistemlerde tüm kimyasal reaksiyonların neredeyse hepsi enzim adı verilen spesifik makromoleküller ile katalize edilirler. Bu reaksiyon mekanizmalarının bazıları CO₂'in hidrasyonunda olduğu gibi basittir, diğerlerinde ise kromozom replikasyonunda olduğu gibi karmaşıktır. Enzimler oldukça büyük bir katalitik güç sağlar ayrıca reaksiyonların hızını en az bir milyon kez arttırırlar. Hemen hemen 1000'e yakın enzim karakterize edilmiş ve bunlardan bir kısmı kristalize edilmiştir. Proteinleri, yağları, şekerleri ve nükleik asitleri parçalama kabiliyeti bulunan pepsin, tripsin, kimotripsin, lipaz, amilaz ve ribonükleaz mide-bağırsak kanalının sindirim enzimleridir. Bilinen enzimlerin tamamı protein yapısındadır. Bu nedenle proteinler biyolojik sistemlerde kimyasal değişimlerin gerçekleşmesine yardımcı olurlar. Enzimler hücre proteinlerinin büyük bir bölümünü oluştururlar. Bu enzimlerin bir kısmı hücre içerisinde yok olabilir durumda bir kısmı da yapıya bağlı olarak bulunmaktadır. Örneğin memeli hayvan karaciğerinde hücre proteininin neredeyse tamamını temsil edecek kadar enzim sayısı vardır. Tek hücreli *Escherichia coli* bakterisinde 2 500'e yakın enzim varlığı tahmin edilmektedir.
- Taşıyıcı ve Depolayıcı Proteinler : Küçük moleküllerin ve iyonların bazıları spesifik proteinlerle taşınmaktadır. Örnek olarak, hemoglobin eritrositlerde oksijeni kaslara iletir. Demir kan plazmasında transferrin aracılığı ile taşınmakta ve karaciğerde farklı bir protein olan ferritin ile kompleks hale

gelerek depolanmaktadır. Yumurtada ovalbumin, sütte kazein, mısırdaki zein ve buğday tohumunda gliadin amino asit deposu işlevi taşıyan besinsel proteinlere örnek gösterilebilir.

- Mekanik Destek Sağlayıcı Proteinler : Deri ve kemiğe yüksek taşıma gücü veren yapısında bulunan fibröz bir protein olan *kollagen* dir. Deri bu protein sayesinde gerginlik özelliği kazanır ve kemikler de bu sayede düzenli bir bağlantı kurarlar. Fibronektin ve integrinler hücre dışı matriks proteinleri olarak hücrelerin matrikse bağlanmalarına yardımcı olurlar.
- İmmun Koruma (Bağışıklık Sistemi) Sağlayıcı Proteinler : Antidiller bakteri, virüs veya diğer organizma hücreleri gibi yabancı maddelerle bağ yapabilen son derece spesifik proteinler olarak bilinirler. Fibrinojen ve thrombin de bu özelliklere sahip proteinlerdendir. Organizma yabancı bir protein ya da makromolekül (antijen) ile karşılaştığında antikorlar ortaya çıkarır ve antijeni kendine bağlayarak antikor-antijen kompleksi meydana getirirler. Bu reaksiyona “immün yanıt” adı verilir. Bu olay sadece omurgalılar için geçerlidir.
- Sinir İmpluslarının Oluşumundan ve İletiminden Sorumlu Proteinler : Spesifik bir uyarıya sinir hücreleri reseptör proteinler sayesinde cevap verirler. Rodopsin, retinanın rod hücrelerinde bir reseptör proteindir. Reseptör proteinler asetilkolin gibi küçük spesifik moleküllerle tetik çekebilirler. Sinir impulslarının sinir hücreleriyle birleşme yerlerine iletilmesinde bunlar bulunmalıdır (URL-2).

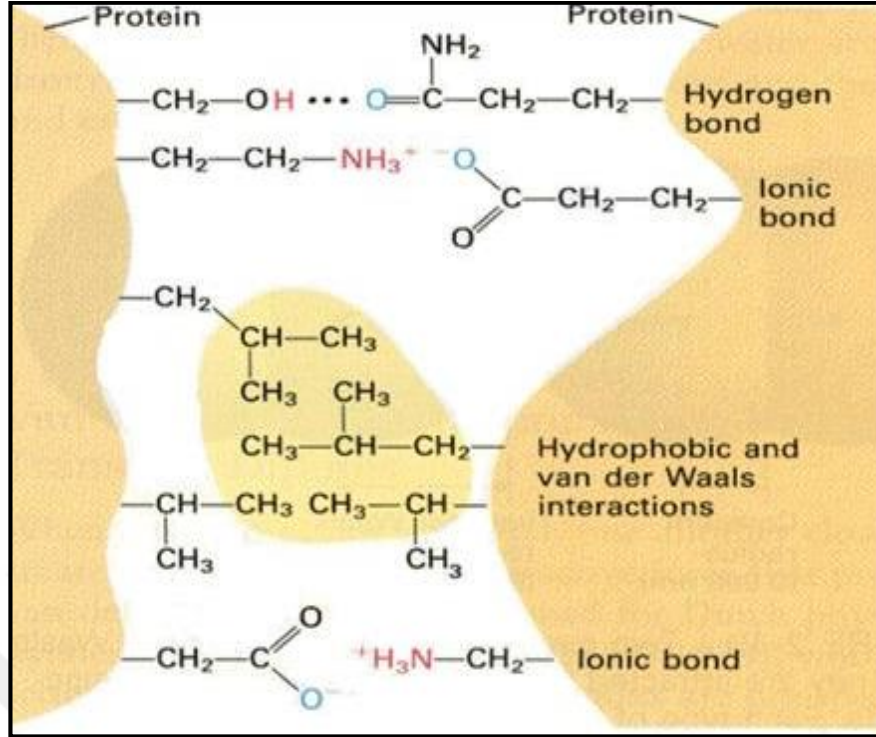
1.4.3. Proteinlerin Yapısı

Proteinler; belli bir kimyasal yapıya ve molekül ağırlığına, genlerle belirlenen bir tek amino asit dizisine ve iyi belirlenmiş üç boyutlu bir yapıya (konformasyon) sahiptir (Şekil 1.7.). Konformasyon, moleküllerin yapısındaki atomların tek bağlar etrafında mümkün olan dönmeler sonucunda bağlarda kopma olmaksızın çok çeşitli pozisyonlarda bulunabilen grupların uzaysal düzenini ifade eder. Konformasyon; proteinlerde genelde ikincil, üçüncül ve dördüncül yapıların birlikteliğini ve bütünlüğünü açıklar. Proteinin görevi ile (taşıma, katalizleme vb.) alakalıdır.



Şekil 1.7. Proteinlerin 3 boyutlu yapısı

Proteinlerin yoğunluğunun yüksek olmasından da ($1,4 \text{ g/cm}^3$) anlaşılacağı gibi amino asitler molekül içerisinde oldukça yakın konumdadır. İç kısımda hidrofob, az hidratize olan bir bölge meydana gelir. Yüklü gruplar sadece yüzeyde bulunurlar ve sulu çözültide bir hidrat zarfı ile çevrili molekül olduğundan biraz daha büyük görünürler. Her protein biyolojik aktivitesiyle ilgili olarak yüzey bölgesinde bir veya birkaç spesifik bölge veya alan bulundurulur. Bu bölgeyi toplam yüzeye oranladığımızda çok küçük bir bölümü oluşturmaktadır. Bu yolla her enzim katalize ettiği reaksiyonunun substratıyla doğrudan ilişkiye girebilecek bir aktif bölgeye sahip olmaktadır. Taşıyıcı proteinler ilgili oldukları molekülleri dönüşümlü olarak bağlayacak bir bağlama bölgesine sahiptirler. Hücre reseptörleri olarak görev alan proteinler spesifik substratları için bağlama bölgelerine sahiptirler. Bunun dışında, protein hormonlar bir hücre yüzeyinde hormon reseptörleriyle doğrudan ilişki kurabilecek spesifik yüzeyel alanlara sahiptirler (URL-2).



Şekil 1.8. Protein yapısındaki kimyasal bağlar

Şekil 1.8.'de proteinlerin üç boyutlu yapısına katılan bu bağlar kovalent olmayan zayıf bağlardır. Fakat bu bağların hepsinin aynı anda çalışması sonucunda ortaya çıkan ve birbirinin etkisini güçlendiren yapıya kooperatif bağlanma adı verilir. Bu yolla proteinler ortam şartlarında aşırı değişimler olsa da konformasyonlarını koruyabilirler. Hatta, çoğu proteinler biyolojik aktivitesinden ödün vermeden kristalleştirilebilirler. Moleküllerin üç boyutlu yapısı çeşitli fiziksel metotlarla (x ışını kristalografisi gibi) belirlenebilir. Canlı hücrelerde bulunan konformasyon (yada buradan izole edilmiş en yüksek biyolojik aktivitedeki bir proteinin konformasyonu) natif durum diye isimlendirilir. Bir protein natif halde görevini en üst derecede yapar. Yapısal olarak kollagen, katalitik olarak enzimler ve taşıyıcı olarak ise hemoglobinin örnekleri verilebilir. Protein moleküllerinin büyük bir kısmı biyolojik aktivitelerini veya fonksiyonel kapasitelerini çok sınırlı bir ısı ve pH'da koruyabilirler. Yüksek ısı veya pH'a maruz kalan protein moleküllerinde denatürasyon adı verilen bir yapısal değişiklik meydana gelir. Birincil yapı dışındaki diğer yapılarda bozulmalar, kovalent bağlar dışındaki çekmelerde kopmalar meydana gelir. Proteinlerin hemen hemen hepsi 50-60 °C'nin üzerinde denatüre olur, hatta bazıları 10-15 °C'nin altında da denatüre olurlar. Denatürasyona uğrayan proteinlerin biyolojik aktivitelerinde

kayıp meydana gelir (enzimlerin ısı ile inaktivasyonu, proteinlerin ısı ile koagülasyonu). Denatürasyon çok sayıda faktör tarafından meydana getirilebilir. Bunlar ısı ve ilaçlar, deterjanlar (SDS vb.) ve sülfidrilli ayıraçlardır (merkaptolan vb.). Denatürasyona uğramış protein bazen onu bu hale getiren faktörün ortadan kalkması ile yeniden doğal hale dönebilir (renatürasyon). Denatüre edilmiş protein bir enzim ise renatürasyon ile katalitik aktivitesine yeniden kavuşabilir. Renatürasyon biyolojik bir aktiviteyi düzenleyebilir, fakat hiçbir zaman doğal proteinde var olmayan bir aktiviteyi meydana getirmez (URL-2).

1.4.4. Peynir Altı Suyu Proteini

Biyokütle türü olan peynir altı suyu proteini (PASP) peynir yapımında yan ürün olarak elde edilmektedir. Bu ürün gıda bileşeni olarak geniş ölçüde kullanılmakta fakat ahşap reçine formülasyonları için nadiren uygulanmaktadır. İnek sütünün her 10 kg'ından 1 kg peynir ve 8,9 kg peynir altı suyu proteini üretilmektedir (Onwulata ve Huth, 2008).

PASP'nin büyük miktarı Avrupa'da ve Güney Amerika'da üretilir, peynir üretimi bu bölgelerde yaygındır. Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından verilen bilgiye göre 40 milyar kg'dan fazla peynir altı suyu proteini Amerika'da 2008 yılında üretilmiştir. Bu miktarın %30'dan fazlası çevre için bertaraf edilmiştir. Çevresel ihtiyaçlar ve artan ekonomik kayıplar nedeniyle PASP ürünlerinin yeni uygulamaları araştırılmıştır. Peynir altı suyu proteinlere çoğunlukla atık protein adı verilir. Genellikle yoğun küresel yapıda ve düşük molekül ağırlıklı çoklu bileşenlerden oluşur. Genellikle %50-53 β -lactoglobulin, %19-20 α -lactalbumin, %6-7 sığır serum albumin ve %12-13 immunoglobulin sığır sütünde bulunur (Van der Leeden vd., 2000).

1.4.5. Peynir Altı Suyu Proteini Çeşitleri

PASP'nin biyolojik değeri oldukça yüksek olmakla beraber bu yüksek biyolojik değer, amino asit miktarının fazla olması ve sindirilen proteinin hemen hemen tamamının kaslar ve vücut tarafından kullanılacağını gösteren bir kriter olarak

gösterilir. Peynir altı suyu proteini üç gruba ayrılır. Bunlar konsantre, izole ve hidrolize olarak isimlendirilir. Her biri farklı özelliklere sahiptir. Konsantre peynir altı suyu proteini hızlı, izole peynir altı suyu proteini (İPASP) daha hızlı ve hidrolize peynir altı suyu proteini en hızlı sindirilen proteindir (URL-3).

- Konsantre peynir altı suyu proteini

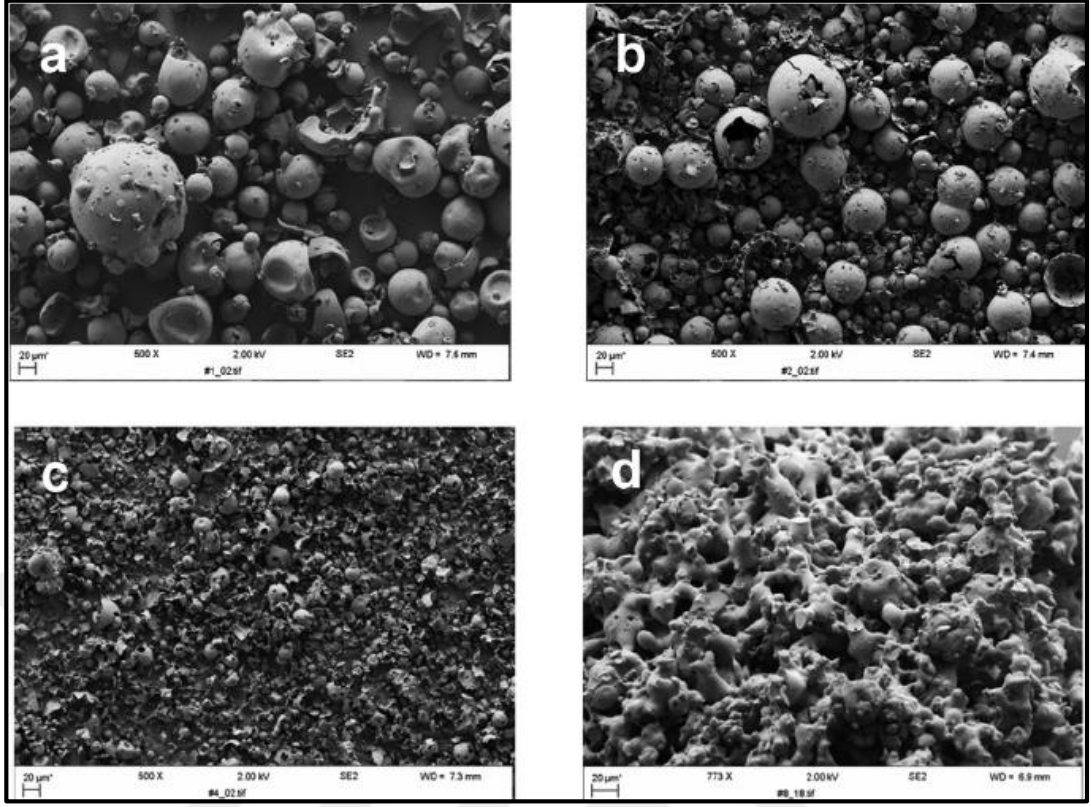
Konsantre peynir altı suyu proteini, peynir altı suyunun oldukça küçük delikli filtrelerden geçirilmesi ve su, mineral ve diğer organik materyallerden arındırılması yolu ile elde edilir. %70-85 protein ve %5 laktoz içerir.

- İzole peynir altı suyu proteini

İzole peynir altı suyu proteini en saf olanıdır. İzole peynir altı suyu proteini, konsantre peynir altı suyu proteininin iyon değişimi ya da çapraz-akım mikro filtreleme işleminden geçirilmesi ve daha sonra iyice saflaştırma işlemi uygulanarak elde edilir. Bu peynir altı suyu proteini çeşidinde karbonhidrat ve yağ oranı oldukça düşüktür ve hemen hemen hiç laktoz içermez. İzole peynir altı suyu proteini %90-95 civarında protein içerir ve laktozun tamamına yakını, iyonize filtreleme (iyon değişimi) uygulaması esnasında yok olur.

- Hidrolize peynir altı suyu proteini

Hidrolize peynir altı suyu, izole proteinde (Fotoğraf 1.1.) büyük parçalar halinde bulunan proteinlere enzimler ilave ederek daha da küçük parçalara ayrıştırılmasıyla elde edilmektedir. Bu enzim, protein yapısındaki peptid bağlarını kopararak, proteinin daha önceden sindirilmiş gibi olmasını sağlar. Böylece hidrolize peynir altı suyu proteininin içerisinde bulunan amino asitler, vücut tarafından daha çabuk emilir ve kasları daha hızlı geliştirirler. Laktoz içermediği için alerjik reaksiyonlar meydana getirmez (URL-3).



Fotoğraf 1.1. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri a ve b izole peynir altı suyu proteini, c ve d hidrolize peynir altı suyu proteini görüntüleri (URL-4).

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

MDF levhalarının üretiminde;

- am, kayın, meşe, göknar lifleri
- Üre formaldehit tutkalı
- Amonyum klorür
- Peynir altı suyu proteini kullanılmıştır.

2.1.1. Lif Hammaddesi

Bu çalışmada hammadde olarak yapraklı ve iğne yapraklı yonga karışımı kullanılmıştır. Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kastamonu MDF fabrikası tarafından Pallmann yongalama makinası PHT 850-1450 model yongalayıcıdan elde edilen yonga karışımları %50 kayın, %30 am, %20 meşe yongası, %50 göknar, %40 am, %10 kayın yongası ve %100 kayın yongası olarak seçilmiştir. Daha sonra Pallmann marka refiner ünitesinde, seçilen yonga karışımlarından elde edilen lifler hazır olarak tesisten alınmıştır. Çünkü üretimde kullanılacak olan hammaddeleri laboratuvar ortamında homojen bir şekilde elde etmek mümkün değildir.

Yukarıda değinilen ve MDF üretiminde kullanılacak olan lif karışımı Kastamonu Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Ürünleri Kimyası ve Teknolojisi Anabilim Dalı Laboratuvarında bazı işlemlerden geçirilerek üretime hazır hale getirilmiştir.

2.1.2. Yapıştırıcı Madde

Enka Süt ve Gıda Mamülleri San. ve Tic. A.Ş.'den teadrik edilen peynir altı suyu proteini (%35,15 protein, %54,24 laktoz, %1 yağ), Matriks Kimya Danışmanlık San. ve Dış Tic. Ltd. Şti.'den tedarik edilen izole peynir altı suyu proteini (%87,3 protein,

%2 karbonhidrat, %1,4 yağ), Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Kastamonu MDF fabrikasından üre ve formaldehit tedarik ettikten sonra yüzde oranları farklı peynir altı suyu proteini katkılı üre formaldehit tutkalı Kastamonu Entegre tutkal laboratuvarında elde edilmiştir (Tablo 2.1. ve 2.2.).

Tablo 2.1. Standart UF tutkalı ve PASP bazlı UF tutkallarının laboratuvar test sonuçları

PASP (%)	Katı Madde (%)	Yoğunluk (g/cm ³ , 20 °C)	pH	Viskozite (cP,20 °C)
0	62,08	1,262	8,27	260
5	60,75	1,259	8,20	190
10	58,99	1,251	8,14	101
15	57,34	1,245	8,15	81

Tablo 2.2. Standart UF tutkalı ve İPASP bazlı UF tutkallarının laboratuvar test sonuçları

İPASP (%)	Katı Madde (%)	Yoğunluk (g/cm ³ , 20 °C)	pH	Viskozite (cP,20 °C)
0	62,20	1,263	8,22	262
5	60,82	1,260	8,18	194
10	59,12	1,254	8,12	103
15	57,84	1,248	8,14	83

2.1.3. Sertleştirici Maddeler

Üre formaldehit tutkalı için sertleştirici madde olarak %20'lik Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş'den temin edilen amonyum klorür (NH_4Cl) çözeltisi kullanılmıştır (Tablo 2.3.).

Tablo 2.3. UF tutkalı için sertleştirici madde olarak kullanılan amonyum klorürün özellikleri

Özellikler	Değerler
Çözelti (%)	20 ± 1
Yoğunluk (g/cm^3)	0,90
pH (25 °C)	6,30

2.2. Metot

2.2.1. Deney Levhalarının Üretimi

Bu çalışmaya konu olan ağaç türü yongaları PHT 850-1450 model Palmann yongalama makinası kullanılarak ideal yonga boyutlarında (kalınlığı 3–5 mm, genişliği 19–20 mm, , uzunluğu 16–25 mm aralıklarında) elde edilmiştir. Sert ve yumuşak odun yonga silolarında depolanan yongalar ayrı ayrı besleme haznelerine konulmuştur. Burada yongalar boşaltma helezonları ile hızları ayarlanarak istenilen odun karışımı elde edilmiştir. Yongalar bantlı konveyörle taşınarak elekte ince ve kaba yongaları ayrıldıktan sonra bantlı konveyör ile yonga silolarına taşınmıştır. Silo içerisindeki yongalara buhar verilerek ön ısıtma başlatılmış ve altta bulunan sonsuz vida (helezon) ile mantarlaştırma işlemi de yapılarak pişirme kazanında liflendirme işlemi başlamıştır.

Pişirme kazanında yongalar 7-8 bar buhar ve 160-180 °C sıcaklıkta 3-4 dk. pişirme işlemine tabi tutulmuştur. Pişirme kazanı altında bulunan sonsuz vida (helezon) ile yongalar refiner segmentlerine gelmiş, sabit ve hareketli olmak üzere karşılıklı 2 adet segment arasında yongalar bireysel liflere ayrılmıştır. Bireysel hale gelen lifler damptan alındıktan sonra kondisyonlama odasında 25 °C %50 bağlı nemde, rutubeti %3-5 oluncaya kadar iklimlendirme odasında bekletilmiştir. Tutkallama işlemi laboratuvar tipi dđner tamburlu tutkallama makinasında pũskũrtũlerek uygulanmıştır. Tutkallanmış lifler basit serme kalıbında serilerek levha taslağı oluşturulmuştur. Serme ile elde edilen taslak deneme presinde basılarak levhalar elde edilmiştir (Fotoğraf 2.1.).



Fotoğraf 2.1. Laboratuvarda MDF levha ¼retim aşamaları

Peynir altı suyu proteini bazlı UF tutkalı ve bu tutkal ile elde edilen MDF levhaların üretim aşamaları;

- % 35'lik protein içeren PASP ve %85-99 protein içeren İPASP olarak 2 çeşit peynir altı suyu proteini UF reçine modifikasyonu için temin edilmiştir.
- Laboratuvar ortamında üre, formaldehit, PASP ve İPASP ile %55-62 katı oranında pH:8 PASP, UF karışım oranları farklı PASP+UF reçine üretimleri yapılmıştır. Sertleştirici olarak NH₄Cl (Amonyum Klorür) kullanılmıştır.
- PASP oranı reçinedeki katı üre miktarına göre hesaplanmıştır.
- Odun lifi karışımları kondisyonlama odasında %4 rutubete kadar bekletilmiştir.
- % 4 rutubete ulaşan odun lifine; kuru life oranla %12-%14 arasında PASP+UF reçinesi ve %20'lik NH₄Cl'den reçine katı miktarına oranla %1 verilerek karıştırıcıda lif ile birlikte 5-10 dk. arası karıştırılmıştır.
- Lif+PASP+UF+NH₄Cl karışımının lif taslağı oluşturulduktan sonra 10 mm kalınlıkta ve 750-800 kg/m³ yoğunluğa sahip olacak şekilde 200-210 bar basınçta, 185°C'de 5-10 dakika arasında Kastamonu Üniversitesi Orman Endüstri Mühendisliği laboratuvarında preslenmiştir.
- Bütün fiziksel-mekanik ve serbest formaldehit emisyon test sonuçları için her tutkal ve odun türü karışımından ikişer numune olarak, toplam 48 adet MDF levha üretilmiştir.
- Çalışmada oluşturulan deneme planı tablo 2.4. ve 2.5.'de verilmiştir.

Tablo 2.4. % 35' lik PASP ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile 10 mm MDF üretimi

Üretim	Tutkal Türü	Odun Karışımı (Lif)	MDF Kalınlık(mm)/ Yoğunluk kg/m ³
A0	% 100 UF	%50 Kayın+%30 Çam+%20 Meşe	10 /750-800
A1	%5 P ASP + %95 UF	%50 Kayın+%30 Çam+%20 Meşe	10 /750-800
A2	%10 P ASP + %90 UF	%50 Kayın+%30 Çam+%20 Meşe	10 /750-800
A3	%15 P ASP + %85 UF	%50 Kayın+%30 Çam+%20 Meşe	10 /750-800
B0	% 100 UF	%50 Göknar+%40 Çam+%10 Kayın	10 /750-800
B1	%5 P ASP + %95 UF	%50 Göknar+%40 Çam+%10 Kayın	10 /750-800
B2	%10 P ASP + %90 UF	%50 Göknar+%40 Çam+%10 Kayın	10 /750-800
B3	%15 P ASP + %85 UF	%50 Göknar+%40 Çam+%10 Kayın	10 /750-800
C0	% 100 UF	%100 Kayın	10 /750-800
C1	%5 P ASP + %95 UF	%100 Kayın	10 /750-800
C2	%10 P ASP + %90 UF	%100 Kayın	10 /750-800
C3	%15 P ASP + %85 UF	%100 Kayın	10 /750-800

Tablo 2.5. İzole Peynir Altı Suyu Proteini (İPASP) ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile 10 mm MDF üretimi

Üretim	Tutkal Türü	Odun Karışımı (Lif)	MDF Kalınlık(mm)/ Yoğunluk kg/m ³
D0	% 100 UF	%50 Kayın+%30 Çam+%20 Meşe	10 /750-800
D1	%5 İP ASP + %95 UF	%50 Kayın+%30 Çam+%20 Meşe	10 /750-800
D2	%10 İP ASP + %90 UF	%50 Kayın+%30 Çam+%20 Meşe	10 /750-800
D3	%15 İP ASP + %85 UF	%50 Kayın+%30 Çam+%20 Meşe	10 /750-800
E0	% 100 UF	%50 Göknar+%40 Çam+%10 Kayın	10 /750-800
E1	%5 İP ASP + %95 UF	%50 Göknar+%40 Çam+%10 Kayın	10 /750-800
E2	%10 İP ASP + %90 UF	%50 Göknar+%40 Çam+%10 Kayın	10 /750-800
E3	%15 İP ASP + %85 UF	%50 Göknar+%40 Çam+%10 Kayın	10 /750-800
F0	% 100 UF	%100 Kayın	10 /750-800
F1	%5 İP ASP + %95 UF	%100 Kayın	10 /750-800
F2	%10 İP ASP + %90 UF	%100 Kayın	10 /750-800
F3	%15 İP ASP + %85 UF	%100 Kayın	10 /750-800

2.3. Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerin Tayini

2.3.1. Fiziksel Özellikler

Üretilen levhaların yoğunluk, su alma ve kalınlığına şişme değerleri Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin Kastamonu fabrikası kalite laboratuvarında yapılmıştır.

2.3.1.1. Yoğunluk

Yoğunluk tayini için TS EN 323 (1999)'de olan bilgiler dikkate alınmış olup; TS EN 325 (1999)'e uygun 50x50 mm boyutlarında her bir gruptan beşer adet örnek alınmıştır. TS EN 326-1 (1999)'e uygun olarak numuneler değişmez ağırlığa gelene kadar 103 ±2 °C sıcaklığa sahip etüvde bekletilmiştir. Daha sonra etüvden çıkarılan test numunelerinin ağırlıkları hassas terazi ile belirlenmiş ve boyutları ± 0,01 mm hassaslıktaki kumpasla ölçülmüştür. Test numunelerinin yoğunluk değerleri Eşitlik 1' e göre hesaplanmıştır.

$$\delta = \frac{M_o}{V} \quad (1)$$

Yukarıdaki formülde:

δ : Yoğunluk (g/cm³)

M_o : Test numunesinin tam kuru ağırlığı (g)

V : Test numunesinin tam kuru hacmi (cm³)

2.3.1.2. Su alma ve kalınlığa şişme deneyi

Su alma ve kalınlığına şişme tayini için TS EN 317 (1999)'da olan bilgiler dikkate alınmış olup her bir gruptan beşer adet deney numunesi alınmıştır. Daha sonra bu numunelerin köşelerinin kesişme noktaları 0,01 mm hassasiyetle mikrometre (TS EN 325 (1999)'e uygun) ile ölçülmüş, daha sonra pH değeri 7±1 ve sıcaklığı 20±1 °C olan su banyosuna üst kısımları su yüzeyinden yaklaşık 25±5 mm'lik aşağıda olacak

şekilde konulmuştur. Hazırlanan bu deney düzeneğinden sonra su banyosundan 24 saat sonra çıkarılan örnekler, üzerindeki fazla sular arındırılarak örneklerin su banyosunda bekletilmeden önce kalınlık ölçümlerinin yapıldığı yerlerden tekrar ölçümler yapılmıştır. Numunelerin kalınlığına artım miktarları eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır.

$$M = \frac{M_s - M_o}{M_o} * 100 \quad (2)$$

Burada;

M : Deney örneklerinin kalınlık artım miktarı (%)

M_s : Deney örneğinin su almış haldeki kalınlığı (mm)

M_o : Deney örneğinin tam kuru haldeki kalınlığı (mm)

2.3.1.3. Serbest formaldehit miktarının belirlenmesi

Levhalarındaki serbest formaldehit miktarının tayini TS 4894-EN 120 standardına göre perforatör metodu ile belirlenmiştir. Yöntemin prensibi; formaldehit, kaynayan toluen yoluyla deney numunelerinden ekstrakte edilir ve sonra destile su içerisine aktarılır. Bu sulu çözeltinin formaldehit miktarı asetil aseton metodu ile fotometrik olarak tayin edilir. Yöntemde, levhalar ilk önce 25x25 (mm) boyutlarında kesilerek ölçüm yapılana kadar hava almayacak şekilde korumaya alınmıştır. Rutubet tayini yapıldıktan sonra tam kuru 100 g örnek alınarak 1 L'lik cam balon içerisine yerleştirilmiştir. Üzerine 600 mL saf toluen ilave edilerek balon perforatöre bağlanmıştır. Daha sonra yaklaşık 1 L destile su sifon ağzı ve suyun yüzeyi arasında 2-3 cm'lik boşluk kalacak şekilde perforatöre ilave edilmiştir. Kaçan gazı yakalamak amacıyla 100 ml destile su soğutucu çıkışına yerleştirilmiş ve soğutucular takılarak sistem açılmıştır. Toluenin kaynamaya başladıktan sonra 2 saat süre ile sistem çalıştırılmıştır. Süre sonunda sistem kapatılarak soğumaya bırakılmıştır. İlk önce alttan toluensiz kısım alınmış, soğutucu ve tüm parçalar dikkatlice yıkanarak tekrar toluensiz kısım aktarılmış ve en sonunda çözelti 2 L'ye tamamlanarak, LANGE LT 200 model UV spektrofotometrede serbest formaldehit miktarı belirlenmiştir.

2.3.2. Mekanik Özellikler

Bu çalışma kapsamında eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, yüzeye dik çekme direnci hesaplanmıştır. Mekanik özelliklerin tayininde Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. tesisinin mekanik test laboratuvarlarından faydalanılmıştır. Levha gruplarından hazırlanan test numuneleri standartlara uygun olarak çalışan “İMAL” isimli mekanik test cihazı kullanılarak elde edilmiştir.

2.3.2.1. Eğilme direnci

Eğilme direnç değerlerinin tespit edilmesinde, TS EN 310 (1999)’a göre deneyler yapılmıştır. TS EN 326-1 (1999)’e göre numune parçaları hazırlanır; 50 mm genişliğinde dikdörtgen şeklinde hazırlanan test numunelerinin uzunluğu ise kalınlığın 20 katı ± 50 mm olacak şekilde alınmıştır. Test numuneleri istenilen ölçülere getirildikten sonra TS EN 325 (1999)’e uygun bir biçimde; kalınlık, köşelerin kesişme noktasından, genişlik ise uzunluğun ortasından mikrometre ile ölçülmüştür. TS EN 325 (1999)’e göre uygun eğilme direnci aleti kullanılmıştır. Numuneye 60 ± 30 sn’de kırılacak şekilde yük uygulanmıştır. Uygulanan kuvvetin değeri 0,01 hassasiyetle ölçülerek “yük deformasyon” diyagramı çizilmiştir. Uygulanan en büyük kuvvet %1 hassasiyetle ölçülerek kaydedilmiştir. Teste tabi tutulan her bir parçanın eğilme direnci, en yüksek kuvvet “F Maks” anındaki momentin “M” en kesit alanına oranı aracılığı ile hesaplanmıştır (Eşitlik 3).

$$F = \frac{3 \cdot F_{\text{Max}} \cdot L}{2a \cdot b^2} \quad (3)$$

Yukarıdaki formüle göre ;

F: Örneğin eğilme direnç değeri (N/mm²)

F Maks: Kırılma anındaki maksimum yük (N)

L: Dayanak açıklığı (mm)

a: Örnek genişliği (mm)

b: Örnek kalınlığı (mm)

2.3.2.2. Eğilmede elastikiyet modülü

Eğilmede elastikiyet modülü de TS EN 310 (1999) standart yöntemine uygun olarak test edilmiştir. Eğilme direncindeki aynı örnekler üzerinden ölçme cihazı eğilme direnci yapılırken eğilme miktarı deney parçasının ortasından 0,01 mm hassasiyette ölçülmüştür (Eşitlik 4).

$$E = \frac{P * L^3}{4a * b^3 * f} \quad (4)$$

Yukarıdaki formüle göre ;

E : Eğilmedeki elastikiyet modülü (N/mm²)

P : Elastikiyet sınırı altında tatbik edilen yük (N)

L : Dayanak noktaları arasındaki açıklık (mm)

a : Örnek genişliği (mm)

b : Örnek kalınlığı (mm)

f : Elastik bölgede P yüküne karşı örnekte meydana gelen deformasyon (mm)

2.3.2.3. Yüzeye dik çekme direnci

Yüzeye dik çekme mukavemeti TS EN 319 (1999) standart yöntemine uygun olarak yapılmıştır. Numunelerin alınması ve deney parçalarının kesilmesi, TS EN 326-1 (1999)'e uygun olarak numuneler alınmış ve deney parçaları kesilmiştir. Kenar uzunluğu 50±1mm olan kare şeklinde numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan her bir örneğin enine kesit alanını ölçmek için; TS EN 325 (1999)'e uygun olarak 0,01 mm duyarlıklı mikrometre ile ölçülmüştür. Bu işlemden sonra deney parçaları standartlara uygun olarak hazırlanmış olan alüminyumdan hazırlanmış metal bloklara sıcak silikon ile yapıştırılmıştır. Yapıştırılan örnekler 45 dk. soğutulup tamamen yapışması beklenmiştir. Metal bloğa yapıştırılan test parçaları çekme cihazının kavrama çenelerine konulmuştur. Deney parçalarının yüzeye dik yönde ve kırılma meydana gelinceye kadar, üniform bir çekme kuvveti uygulanarak, deney parçalarının yüzeye dik yöndeki çekme dayanımı tespit edilmiştir. Eşitlik 5'e göre yüzeye dik çekme değeri hesaplanmıştır.

$$F = \frac{F \text{ Maks}}{A} \quad (5)$$

Burada;

F: Yüzeye dik çekme direnci (N/mm²)

F Maks: Kırılma anındaki maksimum kuvvet (N)

A: Örneğin enine kesit alanı (mm²)

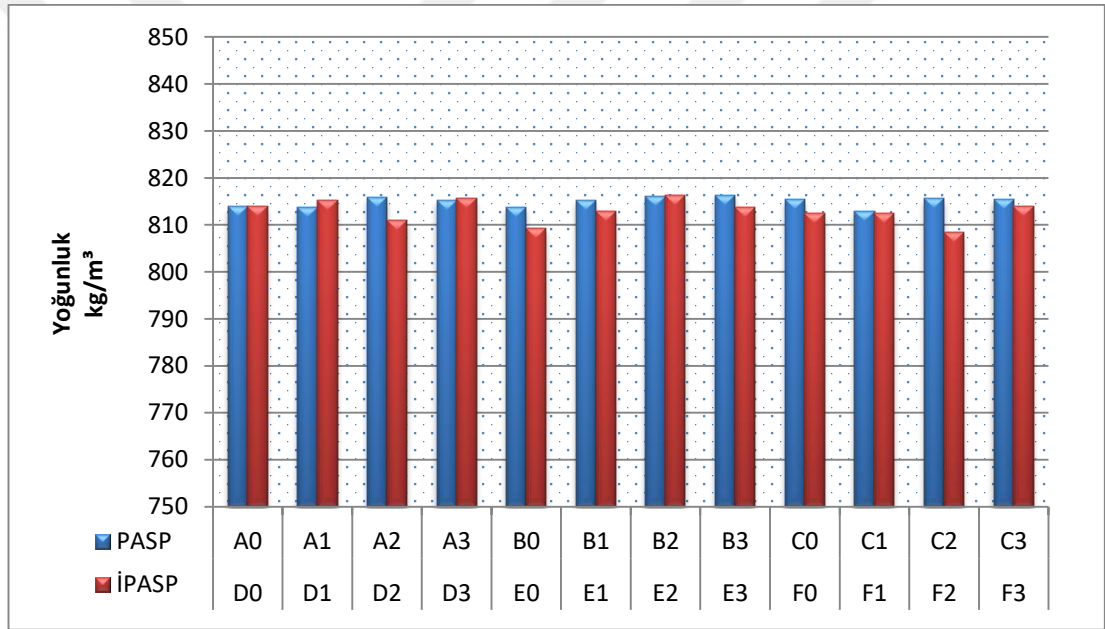


3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Levhaların Fiziksel Özelliklerine İlişkin Bulgular

3.1.1. Özgül Kütle

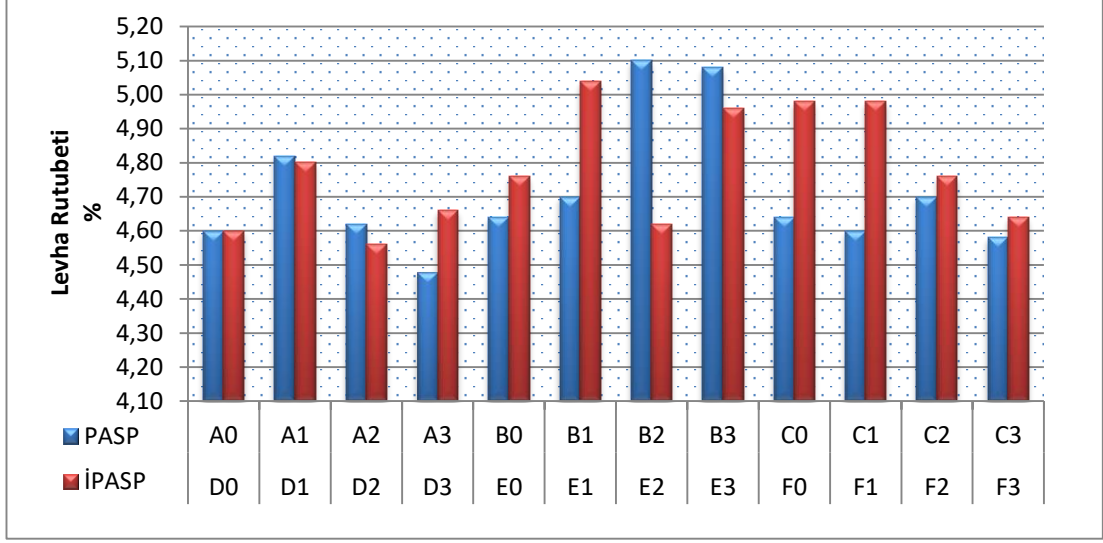
Yapmış olduğumuz bu araştırmada üretilen levhaların özgül ağırlık grup ortalamaları grafik 3.1.'de gösterilmiştir. Grup levhaları en düşük 808 kg/m³, en yüksek 816 kg/m³ olmak üzere ortalama 814 kg/m³ olarak imal edilmiştir.



Grafik 3.1. Peynir Altı Suyu Proteini (PASP) ve İzole Peynir Altı Suyu Proteini (İPASP) ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile üretilen MDF levhaların yoğunluk dağılımı

3.1.2. Rutubet

Üretilen levhaların levha rutubet değerleri ortalama %4,7 olarak belirlenmiştir. Grupların levha rutubetleri grafik 3.2.'de gösterilmiştir.



Grafik 3.2. Peynir Altı Suyu Proteini (PASP) ve İzole Peynir Altı Suyu Proteini (İPASP) ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile üretilen MDF levhaların rutubet dağılımı

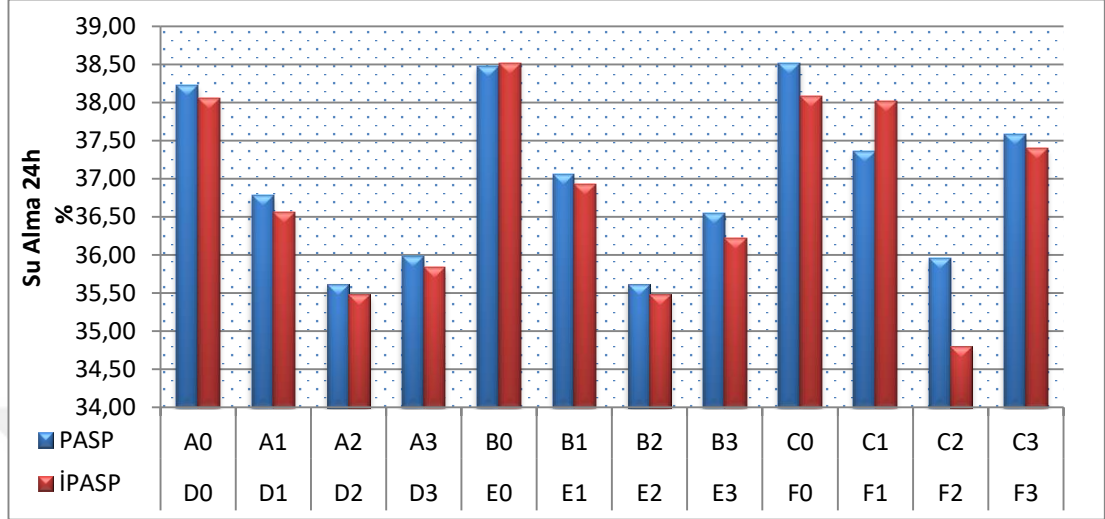
3.1.3. Su Alma ve Kalınlığına Şişme

3.1.3.1. Su alma oranı (24saat)

% 35'lik PASP ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile üretilen MDF levhaların 24 saat su alma dağılımı grafik 3.3.'de gösterilmiştir. %50 kayın, %30 çam, %20 meşe (Karışım 1) odun karışımı ile elde edilen A grubu levhalarında %5 PASP kullanılarak modifiye edilen UF tutkalı ile üretilen levha gruplarında 24 saat su alma değeri %36,78 tespit edilirken, PASP kullanım oranının %10'a çıkarılması ile 24 saat su alma değeri %35,62, %15 PASP kullanımı ile ise %35,98 değerine ulaşmıştır. %100 UF ile üretilen A4 grup levhalarında ise değer %38,22 olarak belirlenmiştir.

Odun karışımının %50 göknar, %40 çam, %10 kayın (Karışım 2) kullanılarak üretilen B grup levhalarında %100 UF ile üretilen levha gruplarının 24 saat su alma değeri %38,48 iken en iyi sonuç %10 PASP kullanılarak üretilen B2 grup levhalarında %35,62 olarak sağlanmıştır. %100 kayın odunu kullanılarak elde edilen C grup levhalarında ise C2 grup levhaları 24 saat su alma değerlerinde %35,96 değeri ile kendi grubu içerisinde en iyi sonucu vermiştir. PASP gruplarında 24 saat su alma değerindeki en iyi sonuç %35,62 değeri ile %10 PASP + %90 UF ve %50 göknar,

%40 çam, %10 kayın ile üretilen B2 grup levhaları ile birlikte %10 PASP + % 90 UF ve %50 kayın+%30 çam+%20 meşe A2 grup levhalarında gelmiştir.



Grafik 3.3. PASP ve İPASP grupları su alma 24h sonuçlarının karşılaştırılması

İPASP kullanılarak elde edilen D, E ve F grup levhalarında 24 saat su alma değerleri grafik 3.3’de gösterilmiştir. Gruplar arasında en iyi sonuç %34,80 ile %10 İPASP +%90 UF ve %100 kayın kullanılan F2 gruplarıdır. Faktörlerin etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları verilmiştir.

Tablo 3.1.’e göre protein tipi, protein kullanım oranı, odun türü değişimi, bu faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin sonuçlar üzerine anlamlı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkılarak faktörler için yapılan Duncan analizi sonuçları protein kullanım oranı ve odun türü için tablo 3.2.’de gösterilmiştir. Bu verilere göre %10 ve %15 PASP kullanım oranları aynı homojenlik grupları içerisinde yer aldığı görülmüştür. Tablo 3.2.’ye göre su alma değerinin tutkal içindeki peynir altı suyu proteini yüzdesinin %10’a kadar artması ile iyileştiği ve %15’lik PASP katkısı su alma değerini, %10’luk PASP katkısına göre daha yüksek değerlere çıkardığı belirlenmiştir.

Tablo 3.1. Su alma değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Kaynak	Ortalama kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Önem düzeyi
Protein tipi (A)	1,141	1	1,141	6,351	0,013
PASP % kullanım oranı (B)	123,464	3	41,155	229,115	0,000
Odun türü değişimi (C)	8,420	2	4,210	23,438	0,000
A * B	1,265	3	0,422	2,347	0,077
A * C	0,112	2	0,056	0,310	0,734
B * C	11,030	6	1,838	10,235	0,000
A * B * C	3,142	6	0,524	2,915	0,012
Hata	17,244	96	0,180		
Toplam	163374,570	120			

Tablo 3.2. PASP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları

PASP kullanım oranı	N	Gruplar		
		1	2	3
0	30			38,36
%5	30		37,20	
%10	30	35,55		
%15	30	35,70		

Odun türü	N	Gruplar		
		1	2	3
Karışım 1	40	36,56		
Karışım 2	40		36,85	
kayın	40			37,21

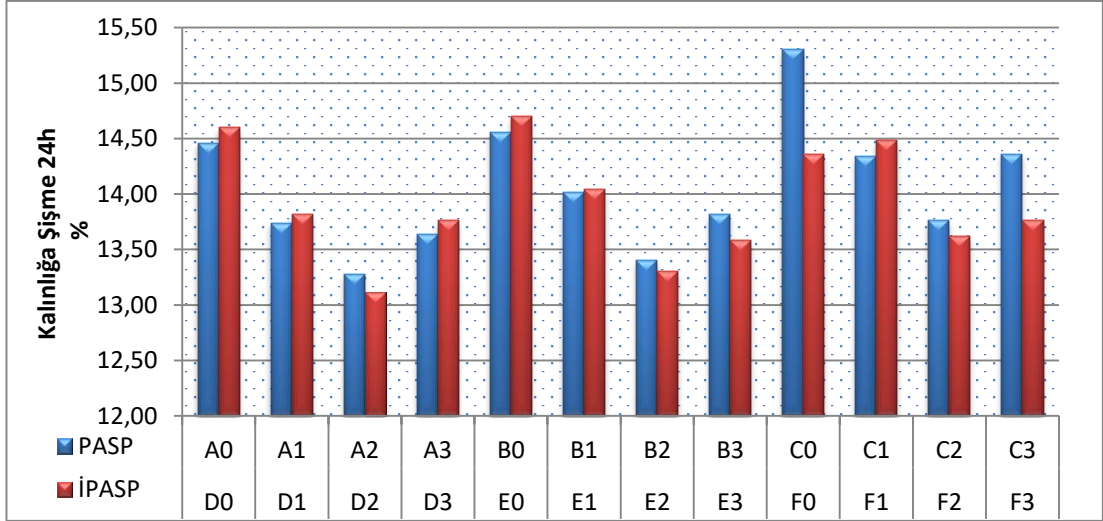
Tablo 3.2.' de odun türündeki farklılığın etkisi incelendiğinde de 3 farklı odun karışımı farklı homojen gruplar içerisinde yer almıştır. %50 kayın, %30 çam, %20 meşe ve %50 göknar, %40 çam, %10 kayın odun türü ile üretilen MDF'lerin su alma değerleri %100 kayın odunu ile üretilen MDF'lere göre daha iyi sonuç vermiştir. Genellikle iğne yapraklı ağaç türlerinin lif uzunlukları yapraklı ağaç türlerinin lif uzunluklarından daha fazladır. İğne yapraklı ağaç liflerinden elde edilen taslak, birim

alanda daha fazla sıkıştırma yapacağından dolayı lifler arasındaki yapışma daha iyi olmaktadır. Bu yüzden 24 saat süreli suda bekletme sonucu su alma ve kalınlığa şişme bakımından uzun lifli ağaç türlerinden üretilen levhalar daha iyi değerler vermiştir. Bunun sebebi olarak lif-lif temas yüzeylerinin artması ve ayrıca sıkıştırma faktörlerinin yüksek olması gösterilebilir. Benzer şekilde Candan'da (2007) yaptığı çalışmada uzun liflerden taslak elde edildiğinde, birbirleri arasındaki kontak alanları yüksek olacağından dolayı lifler arasındaki yapışma daha iyi olmaktadır. Dolayısıyla 2 saat ve 24 saat süreli suda bekletme sonucu kalınlığına şişme bakımından uzun lifli ağaç türlerinden üretilen levhalar daha iyi değerler verecektir. Araştırmada kullanılan kayın ağaç türünün lif uzunluğunun meşe ağaç türünün lif uzunluğundan fazla olması, kayın oranının %100 olduğu levha grubunda kalınlığına şişme miktarının en iyi değeri vermesinde etkili olmuştur. Karışımında kayın + meşe ağaç türü kullanılması ile şişme miktarı bir miktar artış göstermiştir. Benzer şekilde yoğunluğu kayın ve meşeye göre daha düşük olan huş ağaç türünün kullanımı ile kalınlığına şişme miktarı da artış göstermiştir.

3.1.3.2. Kalınlığa şişme oranı (24 saat)

% 35'lik PASP ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile üretilen MDF levhaların 24 saat kalınlığa şişme dağılımı grafik 3.4'de gösterilmiştir. A grubu levhalarında % 5, 10, 15 PASP kullanılarak modifiye edilen UF tutkalı ve odun türü olarak %50 kayın, %30 çam, %20 meşe ile üretilen levha gruplarında 24 saat kalınlığa şişme değerinde en iyi sonuç %10 PASP kullanılan A2 levhalarında %13,28 olarak tespit edilirken, %100 UF ile üretilen A4 grup levhalarında ise kalınlığa şişme değeri %14,46 olarak belirlenmiştir.

Odun karışımının %50 göknar, %40 çam, %10 kayın kullanılarak üretilen B grup levhalarında %100 UF ile üretilen levha gruplarının 24 saat kalınlığa şişme değeri %14,56 iken en iyi sonuç %10 PASP kullanılarak üretilen B2 grup levhalarında %13,40 olarak sağlanmıştır. %100 kayın odunu kullanılarak elde edilen gruplarda ise C2 grup levhaları %13,76 değeri ile 24 saat kalınlığa şişme değerlerinde en iyi sonucu vermiştir. PASP gruplarında 24 saat kalınlığa şişme sonucundaki en iyi değer %13,28 değeri ile %50 kayın, %30 çam, %20 meşe ile üretilen A2 grup levhalarıdır.



Grafik 3.4. PASP ve İPASP grupları kalınlığa şişme 24h sonuçlarının karşılaştırılması

İPASP kullanılarak elde edilen D, E ve F grup levhalarında 24 saat kalınlığa şişme değerleri grafik 3.4.'de gösterilmiştir. Gruplar arasında en iyi değer %13,10 ile %10 İPASP + % 90 UF , %50 kayın, %30 çam,%20 meşe ile üretilen D2 levhalarıdır. Tablo 3.3'de faktörlerin etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları verilmiştir. Tablo 3.3'e göre protein tipi (A), protein kullanım oranı (B), odun türü değişimi (C), A*B, B*C ve A*B*C etkileşimlerinin sonuçlar üzerine anlamlı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Duncan analizi sonuçları tutkal yüzdesi ve odun türü için tablo 3.4'de gösterilmiştir. Tablo 3.4'e göre kalınlığına şişme değerinin tutkal içindeki peynir altı suyu proteini yüzdesinin %10'a kadar artması ile iyileştiği ve %15'lik peynir altı suyu proteini katkısı kalınlığına şişme değerini %10'luk katkıya göre %3 arttırdığı gözlemlenmiştir. İstek (1998), buğday saplarından MDF üretiminde tutkal miktarını % 8-10-12 oranında artırmakla kalınlığına şişme değerlerinde 6 dk. pres süresi için sırasıyla %12,47, %11,17, %7,82 oranında bir düşüş elde etmiştir.

Faktörlerin etkisi için Duncan analiz sonuçlarına bakıldığında 3 farklı odun karışımının farklı homojen gruplar içerisinde yer aldığı görülmüştür. %50 kayın, %30 çam, %20 meşe ve %50 göknar, %40 çam, %10 kayın odun karışımları ile üretilen levhaların % 100 kayın odunu ile üretilen levhaların kalınlığına şişme oranlarından daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Bunun nedeni iğne yapraklı odun türlerinin yoğunluğunun düşük ve preste sıkıştırma oranı kayın vb. odun

türlerine göre daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Wong, Zhang, Wang ve Kawai, (1999), düşük yoğunluğa sahip ağaç türlerinin kullanımını ile preslemede yüksek sıkıştırma oranı uygulandığını, buna paralel olarak da üretilen levhanın porözitesinin düşük olacağını belirtmişlerdir. Porozitenin düşük olması ise levhanın içine suyun penetrasyonunu güçleştirecek ve kalınlığına şişme miktarlarında iyileşme sağlayacaktır.

Tablo 3.3. Kalınlığına şişme değerleri çoklu varyans analizi sonuçları

Kaynak	Ortalama kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Önem düzeyi
Protein tipi (A)	0,494	1	0,494	8,100	0,005
PASP % kullanım oranı (B)	24,652	3	8,217	134,712	0,000
Odun türü değişimi (C)	4,214	2	2,107	34,541	0,000
A* B	0,482	3	0,161	2,635	0,054
A* C	1,029	2	0,514	8,432	0,000
B * C	0,390	6	0,065	1,066	0,389
A * B * C	1,586	6	0,264	4,333	0,001
Hata	5,856	96	0,061		
Toplam	23533,510	120			

Tablo 3.4. PASP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları

PASP kullanım oranı	N	Gruplar			
		1	2	3	4
0	30				14,66
%5	30			14,07	
%10	30	13,41			
%15	30		13,82		

Odun türü	N	Gruplar		
		1	2	3
Karışım 1	40	13,80		
Karışım 2	40		13,92	
kayın	40			14,24

Kara (2011), kalınlığına şişmeye ait ortalama veriler değerlendirildiğinde hammadde türü açısından en düşük değer %5,34 ortalama ile karışım (%50 Kızılcım lifi + %50 Kayın lifi) liflerinden elde edilen levhalarda bulunmuştur. Bunun sebebi kısa lifli yapraklı ağaç odunları kullanıldığında levhalarda lif-lif bağı oranının artması ve suyla bağ yapma potansiyeli bulunan aktif OH grupları sayısının daha az oluşu ile açıklanabilir. Ayrılmış (2000), iğne yapraklı ağaç, yapraklı ağaç ve bunların liflerini karıştırarak yaptıkları denemelerde kalınlığına şişme üzerine en iyi sonuçlara %100 karaçam liflerinden elde ettiği levhalarda %6,24 ile elde etmiştir.

Wong, Zhang, Wang ve Kawai (2000) yaptıkları çalışmada lif levhada taslak rutubet miktarının artması ile levhanın konsolidasyonunun, orta tabaka ısı iletiminin ve lifler arasındaki plastikleşmenin arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca geleneksel yoğunluk profiline sahip levhaların kalınlığına şişme miktarının homojen yoğunluk profiline sahip levhalardan daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Xu ve Winistorfer'e (1995) göre dikey yoğunluk profilinin toplam kalınlığına şişme üzerine etkisinin uzun süreli suda bekletme veya ağır şartlar altında yapılan testler sonucunda daha iyi görülebildiğini ifade etmişlerdir. Wong vd. (1999), dikey yoğunluk profilindeki tepe yoğunluğu alanının kalınlığına şişme miktarını etkilediğini açıklamıştır. Akbulut'da (1995) taslak rutubetinin artması ile yonga levhanın kalınlığına şişme özelliğinin iyileştiğini ifade etmiştir. Yonga levhada yaptığı araştırmada taslak rutubet miktarının %10'dan %15'e artması ile 2 saat kalınlığına şişmenin %7,13'den %3,29'a, 24 saat kalınlığına şişme miktarının da %17,59'dan %11,94'e düştüğü belirtilmektedir.

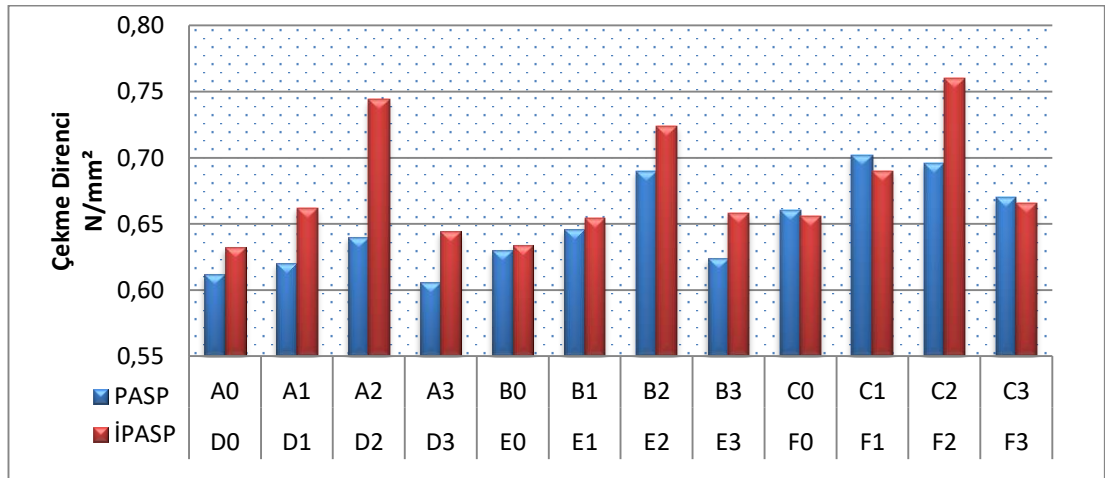
Suzuki ve Miyamoto (1998), %3–6–9–12 tutkal kullanarak yonga levha üretmiş, daha sonra levhaların dikey yoğunluk profilini ve kalınlığa şişmesini ölçmüşlerdir. Deney sonuçlarına göre tutkal miktarının artması ile yoğunluk profilindeki tepe yoğunlukları yükselerek yüzeylere yakın yerlerde oluşmuş ve kalınlığına şişme miktarı azalmıştır.

3.2. Levhaların Mekanik Özelliklerine İlişkin Bulgular

3.2.1. Yüze Dik Çekme Direnci

PASP ve İPASP ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile üretilen MDF levhaların yüze dik çekme direnci dağılımı grafik 3.5.'de gösterilmiştir. A grubu levhalarında %50 kayın, %30 çam, %20 meşe ve % 5, 10, 15 PASP kullanılarak modifiye edilen UF tutkalı ile üretilen levha gruplarında yüze dik çekme direnci en iyi sonuç 0,64 N/mm² gelirken, B grubu levhalarında %50 göknar, %40 çam, %10 kayın kullanarak yüze dik çekme direnci en iyi sonuç 0,69 N/mm², C grubu levhalarında kayın odunu kullanarak yüze dik çekme direnci en iyi sonuç 0,70 N/mm² gelmiştir. Odun karışımın %100 kayın kullanılarak üretilen C1 ve C2 grup levhaları PASP grupları içinde en iyi sonucu vermiştir.

İPASP grupları içinde D grubu levhalarında karışım 1 ve % 5, 10, 15 İPASP kullanılarak modifiye edilen UF tutkalı ile üretilen levha gruplarında yüze dik çekme direnci en iyi sonuç 0,74 N/mm², karışım 2 kullanılan E grubu levhalarında 0,72 N/mm², F grubu levhalarında yüze dik çekme direnci %100 kayın ile en iyi sonuç 0,76 N/mm² olarak bulunmuştur. İPASP grupları PASP gruplarına göre yüze dik çekme direnci yönünden daha iyi sonuçlar vermiştir. İPASP grupları arasında ise en iyi sonuç F2 grup levhaları olarak belirlenmiştir.



Grafik 3.5. PASP ve İPASP grupları çekme direnci sonuçlarının karşılaştırılması

Çekme değerlerinin istatistiksel analizi için %99 güven aralığında ($p \leq 0,01$) varyans analizi yapılmış ve çekme direnci üzerine kullanılan peynir altı suyu proteini tipi, kullanım oranı ve hammadde karışım oranlarındaki değişimin ve bunların ikili ve üçlü etkileşimlerinin sonuçları tablo 3.5.'de verilmiştir. Buna göre söz konusu bağımsız değişkenlerin çekme direnci üzerine etkilerinin 0,01 hata oranı ile anlamlı olduğu görülmüştür. Faktörler için yapılan Duncan analizi sonuçları tutkal yüzdesi için tablo 3.6'da gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre her iki protein tipi için de %15 katkı oranı ile kontrol grubuna ait çekme direnci değerlerinin aynı homojenlik grubunda yer aldığı, %5 ve %10 protein kullanım oranlarının ve kullanılan hammadde tiplerinin farklı homojenlik gruplarında oldukları görülmüştür. Tutkaldaki peynir altı suyu katkı oranı arttıkça içerisinde bulunan su miktarının da artması, dolayısıyla presleme sırasında meydana gelen aşırı buhar çıkışının tutkalda hidrolize sebep olarak bağ kuvvetlerini zayıflattığı ve çekme direnci değerlerini düşürdüğü şeklinde yorumlanabilir. Akbulut (1995), yonga levhada taslak rutubetinin aşırı miktarda artması ile levha yüzeyine dik çekme direncinde azalma olacağını belirtmiştir. Bunun sebebinin de artan rutubet ile aynı pres süresinde buharın dışarı atılamaması ve tutkalın tam olarak sertleşmemesinden kaynaklandığını belirtmiştir.

Tablo 3.5. Çekme direnci çoklu varyans analizi sonuçları

Kaynak	Ortalama kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Önem düzeyi
PASP tipi (A)	0,022	1	0,022	54,171	0,000
PASP % kullanım oranı (B)	0,093	3	0,031	75,188	0,000
Odun türü (C)	0,038	2	0,019	46,123	0,000
A* B	0,017	3	0,006	13,680	0,000
A* C	0,009	2	0,004	10,642	0,000
B* C	0,002	6	0,000	0,859	0,528
A* B* C	0,005	6	0,001	1,821	0,103
Hata	0,040	96	0,000		
Toplam	53,027	120			

Tablo 3.6. PASP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları

PASP kullanım oranı	N	Gruplar		
		1	2	3
0	30	0,63		
%5	30		0,66	
%10	30			0,70
%15	30	0,64		

Odun türü	N	Gruplar		
		1	2	3
Karışım 1	40	0,65		
Karışım 2	40		0,66	
kayın	40			0,69

Papadopoulou (2009), Chimar Hellas şirketi doğal kaynaklardan elde edilen hammadde ile ikame edilmiş fenol formaldehit reçineleri geliştirmiş ve yenilenebilir kaynaklardan biyo reçineler alanında araştırmalar gerçekleştirmiştir. Bu reçineler ile elde edilen kompozit levhalarda yüksek kalitede yapışma mümkün olduğu bildirilmiştir.

Küresel proteinleri tutkallar içinde kullanmak için onların kendi aralarındaki bağları ve etkileşimleri kırmak gerekir. Ancak o zaman geniş tabaka elde ederek esneklik ve iç içe polimer zincirlerine ulaşarak katı yüzeye bağlanması sağlanabilir (Van Der Leeden vd., 2000).

Wang vd. (2010), çalışmalarında PASP'nin suda kolayca çözünebildiğini, ısıtıldığında çapraz bağ ya da jel yapabilmesi yeteneği olduğunu ortaya koymuştur. Çokça bulunan polar grupların absorpsiyonu ile PASP, ahşap yüzeylerle sıkıca bağlanabilmektedir. Sonuçta PASP, glioksal, glutaraldehit, PMDI, UF, gibi yapıştırıcılarda bağ mukavemeti ve dolayısıyla da mekanik direnç değerlerini artırıcı etki yaptığı ortaya koymuşlardır.

Ayrılmış (2000) MDF'nin teknolojik özellikleri üzerine ağaç türünün etkisini belirlemek amacıyla farklı iğne ve yapraklı ağaç türlerinin (saplı meşe, doğu kayını, karaçam, karışım) yonga karışımlarını kullanarak aynı yoğunlukta MDF'ler üretmiştir. Yapılan deneylerden elde edilen değerler sonucunda kalınlığına şişme ve su emme, eğilme direnci, elastikiyet modülü, levha yüzeyine dik ve paralel yönde çekme direnci, vida tutma gücü ve levha yüzeyine dik yönde janka sertlik değeri bazı fiziksel ve mekanik özellikler üzerine ağaç türünün etkisi olduğunu tespit etmiştir.

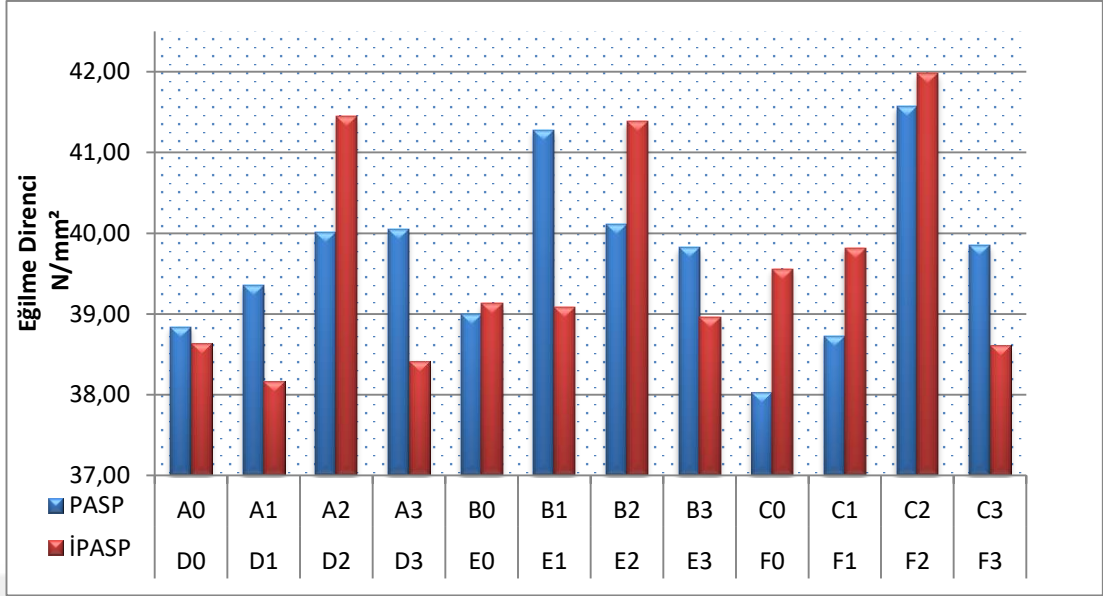
Xu ve Winistorfer (1995) tarafından yapılan araştırmada tutkalın ön sertleşmesi, tutkalın partiküller üzerine dağılımı, lif-partikül boyutları ve serme işleminde levhanın dik çekme direncini etkilediği ifade edilmiştir.

Akbulut (1995) yaptığı çalışmada, yonga levhada tutkal miktarının artmasıyla levha yüzeyine dik çekme direncinin arttığını tespit etmiştir. Yalnız burada tutkalın %10,6'dan %11,5'e artmasıyla levha yüzeyine dik çekme direncinde teorik olarak yükselme olması beklenirken sonuçlarda 0,08 N/mm² gibi matematiksel olarak çok küçük bir azalma söz konusu olmuştur. Bunun nedeni, tutkalın %11,5 olarak uygulandığı levhanın dikey yoğunluk profilinde, kalınlığın 3 mm'sine isabet eden kısımlarda yoğunluklarda azalma bulunmakta hatta en düşük yoğunluk bu kısımlarda gerçekleşmiştir.

Wong vd. 1999, kompozit levha üretiminde taslak üzerinde yüksek sıkıştırma oranı uygulanırsa partiküller arasında iyi derecede temas gerçekleşecek ve böylece tutkalın boşluklarda değil de partiküllerin yüzeylerine yayılması sağlandığı için yapışma mukavemeti daha iyi olacağını belirtmiştir. Ayrıca geleneksel dikey yoğunluk profiline sahip levhaların dik çekme direnci, homojen yoğunluk profiline sahip levhaların dik çekme direncinden daha düşük olacaktır.

3.2.2. Eğilme Direnci

PASP ve İPASP ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile üretilen MDF levhaların eğilme direnci dağılımı grafik 3.6.'da gösterilmiştir. Gruplar arasında ve gruplar içi değerlendirme yapıldığında en iyi sonuç veren grup PASP'de 41,57 N/mm² ile C2, İPASP'de 41,98 N/mm² ile F2 olarak belirlenmiştir. Eğilme direncinde elde edilen en iyi sonuç 41,98 N/mm² ile %10 İPASP + % 90 UF ve % 100 kayın kullanılan gruptan elde edilmiştir. Bu değere en yakın sonuçlar ise %10 PASP + % 90 UF ve % 100 kayın kullanılan C2, %10 İPASP + % 90 UF ve %50 kayın, %30 çam, %20 meşe kullanılan D2 gruplarıdır.



Grafik 3.6. PASP ve İPASP grupları eğilme direnci sonuçlarının karşılaştırılması

Faktörlerin etkisinin incelenmesi amacıyla tablo 3.7.'de çoklu varyans analizi yapılmış ve bu sonuçlara göre protein tipi, tutkal yüzdesi (A), odun türü (B) değişimi (C), A*B ve A*C ve A*B*C etkileşimlerinin sonuçlar üzerine anlamlı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkılarak faktörler için yapılan Duncan analizi sonuçları tutkal yüzdesi için tablo 3.8.'de gösterilmiştir. Tablo 3.8.'e göre eğilme direncinin tutkal içindeki peynir altı suyu proteini yüzdesinin %10'a kadar artması ile arttığını ve %15'lik peynir altı suyu proteini katkısının eğilme direnci değeri için %5'lik peynir altı suyu proteini kullanılan gruplara göre ile anlamlı bir farklılık göstermediği gözlemlenmiştir. Wong vd. (1999) , yaptıkları araştırmada, dik profilde orta bölge yoğunluğunun belirli bir sınırdan aşağıya doğru inmesinin büyük bir risk taşıdığını, taslak rutubetinin artması ile belli bir seviyeye kadar geldiğinde ve levha eğilme kuvvetlerine maruz kaldığında kırılma gerçekleşmeden önce makaslama gerilmelerinin oluşmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir. Odun türündeki farklılığın etkisi incelendiğinde de %50 kayın, %30 çam, %20 meşe ve %50 göknar, %40 çam, %10 kayın odun türü ile üretilen levhalar aynı homojen grup içerisinde yer almıştır. %100 kayın odunu ile üretilen levhalarda karışım 1 ve karışım 2'ye göre yaklaşık %1,2 iyileşme görülmüştür. İğne yapraklı ağaç türlerinin lif uzunluğu yapraklı ağaçlara göre daha uzun olduğu için eğilme direnci daha yüksek beklenmektedir fakat bu çalışmada yapraklı ağaç liflerinden elde edilen levhaların eğilme direncinin

iyi sonuçlar vermesinin nedeni üretilen levhaların çekme direncinin yüksek gelmesi ve yoğunluk dağılımının daha iyi olması olarak yorumlanabilir.

Tablo 3.7. Eğilme direnci çoklu varyans analizi sonuçları

Kaynak	Ortalama kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Önem düzeyi
PASP tipi (A)	9,810	1	9,810	19,906	0,000
PASP % kullanım oranı (B)	127,120	3	42,373	85,982	0,000
Odun türü (C)	7,541	2	3,770	7,651	0,001
A* B	12,203	3	4,068	8,254	0,000
A* C	6,757	2	3,378	6,855	0,002
B* C	6,836	6	1,139	2,312	0,040
A* B* C	12,958	6	2,160	4,382	0,001
Hata	47,310	96	0,493		
Toplam	190007,407	120			

Tablo 3.8. PASP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları

PASP kullanım oranı	N	Gruplar		
		1	2	3
0	30	38,865		
%5	30		39,405	
%10	30			41,516
%15	30		39,283	

Odun türü	N	Gruplar	
		1	2
Karışım 1	40	39,588	
Karışım 2	40	39,593	
kayın	40		40,122

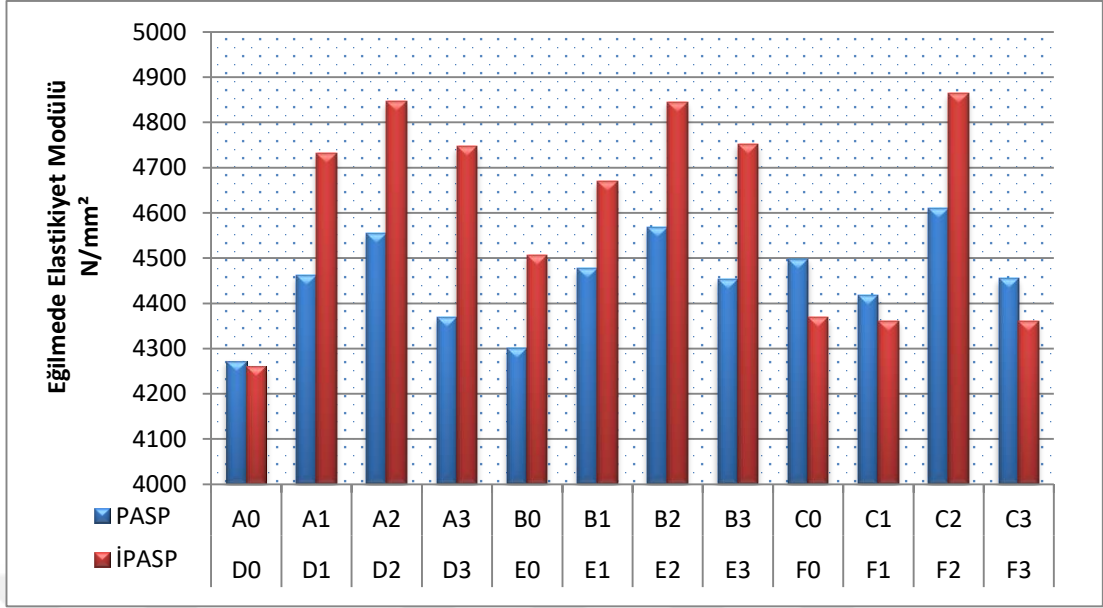
Candan'a (2011) göre lif boyu arttıkça elde edilen levhanın eğilme direnci yükselmekte, lif boyu kısa olduğunda ise eğilme direnci daha düşük değerler vermektedir. Çünkü uzun liflerden oluşan taslakta lifler arasındaki temas daha fazla olacağından dolayı bu taslakta elde edilecek levhanın eğilme direnci daha iyi olacaktır. Buna göre kayın ağaç türünün lif uzunluğu meşe ağaç türünün lif uzunluğundan biraz daha büyüktür. Kompozisyonda kayın miktarının artması ile

eğilme direnci de artmış, %100 olduğu levha grubunda ise maksimum eğilme direnci elde edilmiştir. Ağaç türleri ve karışımlarının MDF'nin dikey yoğunluk profilindeki tepe noktalarının formunu etkilediği, bunun da nihai levhanın eğilme direnci üzerinde etki oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

Akbulut (1995), yaptığı çalışmada, yonga levhada ortalama taslak rutubetinin %10 (yüzey tabakaları: %11; orta tabaka: %9,5)'dan %12,7 (yüzey tabakaları: %15,5; orta tabaka: %11,4)'ye ve %15 (yüzey tabakaları: %20; orta tabaka: %13)'e doğru yükselmesi ile eğilme direncinin arttığını tespit etmiştir. Fakat ortalama rutubetin %10 ve %12,7 olduğu yonga levhalarda eğilme dirençleri arasındaki farkın önemli olmadığı ifade edilmiştir. Rutubet artışı ile yongaların daha iyi sıkışması ve plastikleşmesi nedeniyle sıkı bir zonun meydana geldiği, bu yüzden de eğilme direncinin iyileştiği açıklanmaktadır. Painter vd. (2006), OSB'de yaptıkları araştırmada, eğilme esnasında en yüksek atalet momentinin levhanın yüzey tabakalarında yer aldığı, bu yüzden de yoğunluk profilindeki tepe noktasının (PD) levha yüzeyine yakın olmasının avantajlı olduğu belirtilmektedir.

3.2.3. Eğilmede Elastikiyet Modülü

Elastikiyet, katı bir maddede düşük gerilmelerde meydana gelen deformasyonların yük kaldırıldıktan sonra tekrar tamamen elde edilmesiyle tanımlanmaktadır. Elastik özellikler katı maddelerde belirli bir sınırın altında geçerlidir. Bu sınırın üzerinde plastik deformasyon veya kırılma meydana gelir. Ahşap malzemede rutubetin etkisi çok önemlidir. Bir zaman birimi için kabul edilen küçük elastik deformasyonlar plastik deformasyonlara dönüşebilir. Hook Kanunu'na göre deformasyon, gerilme ile doğru orantılıdır. Elastikiyet, bir maddenin sertliğine ait bir değerdir. Ahşap malzeme yapısı gereği hem elastik hem de plastik özelliğe sahip bir materyaldir. Ayrıca, uygulanan bir yük neticesinde süreye bağlı olarak gösterdiği deformasyondan çizgisinden dolayı viskoelastik davranış gösteren malzemeler arasında yer almaktadır (Bozkurt ve Göker 1996).



Grafik 3.7. PASP ve İPASP grupları eğilmede elastikiyet modülü sonuçlarının karşılaştırılması

PASP ve İPASP ile modifiye edilmiş UF tutkalı ile üretilen MDF levhaların eğilmede elastikiyet modülü dağılımı grafik 3.7.'de gösterilmiştir. Elastikiyet modülü test sonuçlarına bakıldığında PASP ile üretilen gruplar arasında en iyi değer %10 PASP + % 90 UF ve %100 kayın C2 grup levhalarından elde edilmiştir. İPASP bazlı UF tutkalı ile üretilen gruplar arasındaki en iyi değer ise %10 İPASP + % 90 UF ve %100 Kayın içeren F2 levhalarında görülmüştür. Elastikiyet modülü değerlerinin istatistiksel analizi için varyans analizi yapılmış eğilme direnci değerlerinin ortalamalarının birbirine göre istatistiki olarak anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. Faktörlerin etkisinin incelenmesi amacıyla tablo 3.9'da çoklu varyans analizi yapılmış ve bu sonuçlara göre protein tipi (A), tutkal yüzdesi (B), odun türü değişimi (C), bu faktörlerin ikili etkileşimleri ve A*B*C etkileşimlerinin sonuçlar üzerine anlamlı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Buradan yola çıkılarak faktörler için yapılan Duncan analizi sonuçları tutkal yüzdesi ve odun türü için tablo 3.10'da gösterilmiştir. Tablo 3.10'a göre elastikiyet modülü değerinin eğilme direncine benzer şekilde tutkal içindeki peynir altı suyu proteini yüzdesinin %10'a kadar artması ile artığını ve %15'lik peynir altı suyu proteini katkısının elastikiyet modülü değeri için %5'lik PASP kullanılan gruplara göre anlamlı bir farklılık göstermediği gözlemlenmiştir.

Tablo 3.9. Eğilmede elastikiyet modülü çoklu varyans analizi sonuçları

Kaynak	Ortalama kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Önem düzeyi
PASP tipi (A)	455224,008	1	455224,008	247,736	0,000
PASP kullanım oranı (B)	1181909,825	3	393969,942	214,402	0,000
Odun türü (C)	350251,117	2	175125,558	95,305	0,000
A * B	117762,425	3	39254,142	21,362	0,000
A * C	796780,017	2	398390,008	216,807	0,000
B * C	458614,950	6	76435,825	41,597	0,000
A * B * C	128772,450	6	21462,075	11,680	0,000
Hata	176403,200	96	1837,533		
Toplam	2449359977,000	120			

Tablo 3.10. PASP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları

PASP kullanım oranı	N	Gruplar		
		1	2	3
0	30	4367		
%5	30		4522	
%10	30			4714
%15	30		4519	

Odun türü	N	Gruplar		
		1	2	3
Karışım 1	40	4491		
Karışım 2	40		4530	
kayın	40			4571

Odun türündeki farklılığın etkisi incelendiğinde ise %50 kayın, %30 çam, %20 meşe, %50 göknar, %40 çam, %10 kayın ve % 100 kayın ile üretilen üç farklı karışım ile üretilen levhaların eğilmede elastikiyet değerleri 3 farklı homojenlik grubunda yer almıştır. Kullanılan ağaç türleri arasında en iyi sonucu %100 kayın verse de diğer ağaç türleri ile üretilen levhaların sonuçları da kayın ile üretilen levhaların değerlerine yakın olduğu görülmüştür.

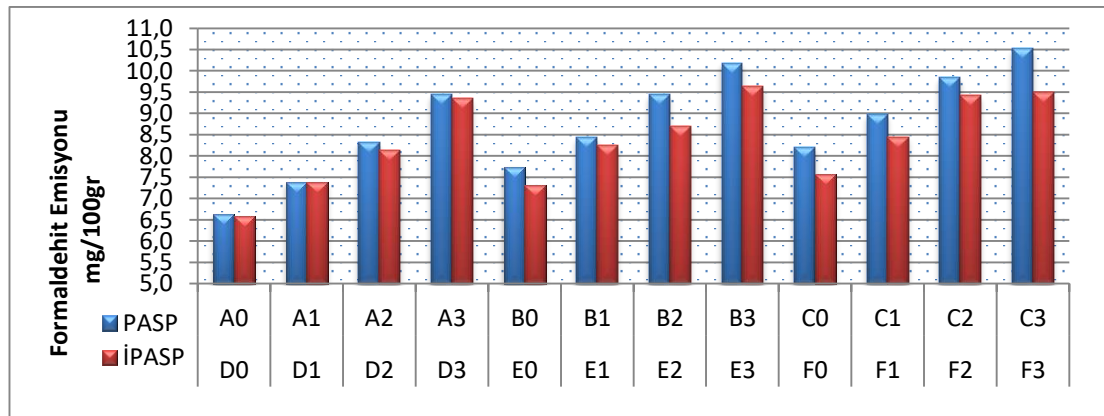
Candan (2007), ağaç türünün pH değeri de levhanın elastikiyet modülü üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. pH değerinin düşük yani asiditesinin yüksek olduğu ağaç

türlerinden elde edilecek levha taslağı tutkalandıktan sonra sıcak prese daha girmeden önce özellikle yüzey tabakalarında ön sertleşme olabilir. Tutkal tam olarak yapışma mukavemetini sağlamayabilir. Bundan üretilen levhanın yapısı daha gevşek olacak ve elastikiyet modülü ile beraber diğer mekanik özellikleri de düşük değerler verecektir. Yoğunlukları düşük ve lif yapısı da uzun olduğundan dolayı iğne yapraklı ağaç türleri, MDF ve diğer ahşap kompozit levhaların üretiminde yapraklı ağaç türlerine tercih edilmelidir. Eğer kullanılan türler yapraklı ise kayın ağaç türü meşeye tercih edilmeli veya karışımdaki kayın oranı yüksek tutulmalıdır. Ağaç türünün pH değeri ise 4–5 civarında olmalıdır. Eğer pH, bu değerden aşağıda ise tamponlayıcı maddeler katılarak veya sertleştirici madde miktarı azaltılarak ön sertleşmenin önüne geçilebilir.

Wong vd. (1999), ortalama levha yoğunluğunun artmasıyla elastikiyet modülünün artacağını, azalmasıyla da elastikiyet modülünün düşeceğini tespit etmişlerdir. Ayrıca yüksek ortalama yoğunluğa sahip levhalarda tepe yoğunluğu ve orta tabaka yoğunluğu arasındaki kontrast fazla ise elastikiyet modülünün artacağı belirtilmiştir.

3.3. Formaldehit Miktarı

Formaldehit emisyonu değerleri için en yüksek değerler grafik 3.8.'e göre PASP gruplarında C3 ve İPASP gruplarında E3 levhalarında elde edilmiştir. Diğer yandan %100 UF ile üretilen levhalarda formaldehit test sonuçları daha iyi değerler vermiştir.



Grafik 3.8. PASP ve İPASP grupları formaldehit emisyonu sonuçlarının karşılaştırılması

Tablo 3.11. Formaldehit miktarı çoklu varyans analizi sonuçları

Kaynak	Ortalama kareler toplamı	df	Kareler ortalaması	F	Önem düzeyi
PASP tipi (A)	4,969	1	4,969	41,963	0,000
PASP kullanım oranı (B)	99,266	3	33,089	279,404	0,000
Odun türü (C)	28,123	2	14,061	118,736	0,000
A * B	0,399	3	0,133	1,123	0,344
A * C	1,754	2	0,877	7,407	0,001
B * C	2,179	6	0,363	3,066	0,009
A * B * C	0,576	6	0,096	0,810	0,564
Hata	11,369	96	0,118		
Toplam	8937,016	120			

Tablo 3.12. PASP kullanım oranı ve odun türü değişimi için Duncan analizi sonuçları

PASP kullanım oranı	N	Gruplar			
		1	2	3	4
0	30	7,33			
%5	30			8,97	
%10	30				9,77
%15	30		8,14		

Odun türü	N	Gruplar		
		1	2	3
Karışım 1	40	7,90		
Karışım 2	40		8,71	
kayın	40			9,05

Tablo 3.11.'de faktörlerin etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan çoklu varyans analizi sonuçları verilmiştir. Tablo 3.11.'e göre protein tipi, tutkal yüzdesi, odun türü değişimi, A*C ve B*C etkileşimlerinin sonuçlar üzerine anlamlı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Duncan analizi sonuçları tutkal yüzdesi ve odun türü için tablo 3.12. de gösterilmiştir. Odun türündeki farklılığın etkisi incelendiğinde formaldehit emisyonu açısından üretilen levhalarda kullanılan üç farklı odun karışımı farklı homojenlik grubunda yer almıştır. Formaldehit emisyonu değerinin tutkal içindeki peynir altı suyu proteini yüzdesinin artması ile arttığını ve %10'luk peynir altı suyu proteini katkısı ile formaldehit emisyonu değerinin en yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Mekanik özelliklerde örneğin PASP ya da İPASP kullanılan grup

levhaların çekme direncinin kontrol levhaların çekme direncinden yüksek olmasının nedeni olarak protein bazlı tutkalda daha fazla metilen bağı olduğu düşünülmektedir. Metilen bağları oluşurken açığa çıkan serbest formaldehit nedeni ile PASP, İPASP gruplarından elde edilen serbest formaldehit emisyon değeri standart UF ile üretilen levha gruplarına göre daha yüksek bulunmuştur. Yapılan benzer çalışmaya göre, metilen-eter bağlarından formaldehit ayrılması ve metilol grupların reaksiyonu ile su ve formaldehit açığa çıkması sonucu metilen bağları oluştuğunu bildirmiştir (Conner H.A., 2003).

Üre formaldehit (UF) ve fenol formaldehit (PF) gibi sentetik yapıştırıcılar düşük maliyet ve kullanım kolaylığı nedeniyle son 70 yılda biyokütle bazlı yapıştırıcıların yerini almıştır. Ancak son birkaç yıl içinde formaldehit emisyonları hakkındaki endişe ve yasal zorunluluklardan dolayı biyokütle esaslı tutkallara ilgi artmıştır. Soya proteini bazlı tutkalların kullanımı dört aşamaya ayrılabilir. Bunlar soya unu seçimi, dağılma ve bozulma koşulları, çapraz bağlama kimyası ve bağ yapma koşullarıdır (Friat 2010). Wang vd. (2011) yaptıkları çalışmada PASP bazlı tutkalları % 30 oranında PFO (Poli-Fenol Oligamerleri) ile hazırlamışlardır. Üretilen bu tutkal ile denemesi yapılan kontrplakların ticari standartlara uygun olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca ürünlerin düşük formaldehit emisyonuna sahip olduğunu belirtmişlerdir.

PASP bazlı reçineler çevresel olarak güvenli ve suya dayanıklı bir şekilde geliştirilmiş ve denenmiştir. Düşük molekül ağırlıklı PFO (Fenol-Formaldehit Oligamerleri) tamamlayıcı olarak kullanılmıştır. PASP bazlı reçine ile kontrplak üretilmiştir. PASP'lerin modifikasyonu için 60-75 °C'de düşük miktarda NaOH katalizörü eşliğinde çözünürlüğü iyi, düşük viskoziteli PFO sentezi yapılmıştır. Amonyak-sodyum sülfid karışımı formaldehit tutucu olarak kullanılmıştır. Kullanılan bu formaldehit tutucu ile kontrplak ürünlerin formaldehit emisyonu üzerinde azalma tespit edilmiştir. PFO'nun direkt katılımıyla modifiye edilen PASP bazlı tutkal suya dayanıklı ve çevresel olarak güvenlidir. Elde edilen kontrplakların kuru makaslama direnci 1,98 MPa, ıslak makaslama direnci 1,73 MPa ve formaldehit emisyonu 0,067 mg/L olarak bulunmuştur (Wang vd. 2012).

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada peynir üretim tesislerinde yan ürün olarak ortaya çıkan ve peynir altı suyu olarak isimlendirilen protein yoğun atık çözeltinin üre formaldehit tutkalıyla birlikte MDF üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılması amaçlanmıştır. Peynir altı suyu proteini (PASP) ile modifiye edilen UF tutkalı kullanılarak elde edilen standart MDF levhaların bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ile formaldehit emisyon değerleri belirlenmiştir. Böylece atık olarak salındığı çevrede flora-fauna özellikleri üzerine olumsuz ve zararlı etki yapan PASP sularının tutkal üretiminde bir biyokütle katkı maddesi olarak kullanılabileceğini ve dolayısıyla orman ürünleri sanayinde değerlendirilme olanakları belirlenmiştir.

UF tutkalının farklı oranlardaki PASP ve İPASP ile modifiye edilmesi sonucu farklı odun türleri kullanılarak elde edilen numune levhalarının yüzeye dik çekme direnci incelendiğinde, %10 PASP ve %10 İPASP kullanımında en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bunun yanında İPASP katkılı MDF'lerin yüzeye dik çekme direnci sonuçları PASP katkılı MDF'lere göre iyi sonuçlar vermiştir. Kullanılan odun türünde ise yapraklı ağaç kullanım oranı arttıkça çekme direncinde iyileşme gözlemlenmiştir.

Eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünde, PASP ve İPASP katkılı üretilen MDF sonuçlarında İPASP ile üretilen MDF levhaları daha iyi sonuçlar vermiştir. Tutkal içerisinde PASP %10'a kadar kullanıldığında eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülünde artış göstermiş ve %5 ve %10 kullanım oranlarında aralarında fark olmadığı görülmüştür. Kullanılan üç farklı odun türünde MDF levhalarda eğilme direnci ve eğilmede elastikiyet modülü değerlerinde birbirine yakın değerler bulunmuştur.

UF tutkalı ile üretilen levhaların formaldehit emisyonu PASP ve İPASP kullanımının artmasıyla artmıştır. En iyi formaldehit emisyon sonuçları kontrol levhalarında görülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bilgiler ışığında, aşağıdaki öneriler bundan sonraki yapılacak çalışmalara yol gösterici olabilir.

- Bu çalışmada PASP ve İPASP miktarı en iyi koşullar %10 kullanılması ile elde edilmiştir. PASP ve İPASP kullanım miktarının artmasıyla fiziksel ve mekanik test sonuçlarında giderek azaldığı gözlemlenmiştir. Daha iyi sonuçlar elde etmek için pres şartlarının (sıcaklık, basınç vb.) değiştirilmesi yanı sıra ilave kimyasal maddeler kullanılabilir.
- Orman ürünleri sanayisi alanında üre formaldehit, fenol formaldehit, melamin formaldehit gibi sentetik reçineler kullanılmaktadır. Ancak bu tür tutkalların fiyatlarında petrol fiyatlarına bağlı dalgalanmalar ve hammadde tedarik problemlerinin yakın gelecekte ortaya çıkması muhtemel görünmektedir. Ayrıca sosyal mekanlarda insan ve çevre sağlığına yönelik zararları malumdur. Bu sebeple petrol esaslı tutkallara alternatif olmak ve maddi, ekolojik olumsuzlukları ortadan kaldırmak için doğal bazlı tutkallar dan biri olan peynir altı suyu proteini bazlı tutkallar kullanılabilir.
- PASP bazlı tutkal ile üretilen MDF'ler inşaat malzemeleri ve açık ortamlarda kullanılan ahşap paneller için uygun olduğu düşünülebilir.
- Peynir üretiminde yan ürün olarak elde edilen, salındığı çevre flora-fauna özellikleri üzerine olumsuz ve zararlı etki yapan peynir altı suları orman ürünleri sanayinde değerlendirilebilecektir.
- MDF üretiminin kullanılan sentetik tutkallardan kaynaklanan maliyet fazlalığı azaltılabilecektir.
- Proteinlerin yapısında bulunan fonksiyonel grupların (amino, karboksil) varlığı, protein bazlı tutkalların kağıt, ahşap, plastik vb. ürünler için yapıştırıcı olarak kullanılabilmesini göstermektedir.
- Çevre ve insan sağlığına daha az zararlı olan odun kompozit ürünleri üretilebilir.
- İleride yapılacak çalışmalarda PASP vb. bazlı tutkallara formaldehit tutucu özellikte kimyasal maddeler eklenerek farklı araştırmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- Akbulut, T. (1995). Çeşitli faktörlerin yatay preslenmiş yongalevhaların özellikleri üzerine etkisi, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Aydın,A.(2005). Sahil Çamı İbrelereinin Yongalevha Endüstrisinde Değerlendirilmesi İmkanları. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Orman End. Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 126 s.
- Ayrılmış, N. (2000). MDF'nin Teknolojik Özellikleri Üzerine Ağaç Türünün Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Baharoğlu, M. (2010). Ağaç Türü, Parafin Kullanım Miktarı ve Uygulama Şeklinin Yonga Levhanın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 123 s.
- Bozkurt, Y. ve Göker, Y. (1986). *Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Kitabı*, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Bozkurt, Y. ve Göker, Y. (1990). *Yongalevha Endüstrisi*. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No:413, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Candan, Z. (2007). Bazı Üretim Değişkenlerinin MDF'nin Dikey Yoğunluk Profili Ve Teknolojik Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İ.Ü. *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Chen, C.M. (1970). Effect of extractive removal on adhesion and wettability of some tropical woods. *Forest Products Journal*, 20 (1): 36-41.
- Conner H.A.(2003) "Urea-Formaldehyde Adhesive Resins" Forest Products Laboratory USDA Forest Service.
- Çamlıbel, O. (2006). Ormangülü biyokütlesinden (Rhododendron Ponticum L.) mdf (ortayoğunlukta lif levha) üretimi olanaklarının araştırılması. A.İ.B.Ü. Düzce Orman fakültesi/Düzce.
- Çolakoğlu, G. (2004). *Tabakalı Ağaç Malzeme Ders Notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

- Dinwoodie, J.M. (1983). Chemistry and technology, In: Wood adhesives: *Properties and performance of wood adhesive*. (Pizzi, A.-eds.) Marcel Dekker, pp. 4- 10 New York.
- Eroğlu, H. ve Usta, M. (2000). *Lif Levha Üretim Teknolojisi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 200, Fakülte Yayın No: 30, Trabzon.
- Frihart, C., (2010). “Soy adhesives that can form durable bonds for plywood, laminated wood flooring, and particleboard”, Proceedings of the International Convention of Society of Wood Science and Technology and United Nations Economic Commission for Europe – Timber Committee, October 11-14, Geneva, Switzerland.
- Frihart, C. (2010). “Forest Products Laboratory, Madison, WI, 53726, USA, Part 2. Biobased Adhesives And Non-Conventional Bonding. *Biocomposites*, 5, 98-113.
- Göker, Y. (1978). *Türkiye’ de kontrplak, kontrtabla yonga levhaları sanayi, gelişme olanakları, bu malzemelerin teknolojik özellikleri hakkında araştırmalar*, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 2489, Orman Fakültesi Yayın No: 267, İstanbul.
- Huş, S. (1979). Teknolojik faktörlerin yongalevhanın özellikleri üzerine etkisi. İstanbul üniversitesi, *Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, 29-34, 2.
- İstek, A. (2010), *Ders Notları*, Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın.
- Kara, E. (2011). Tutkal Miktarı ve Levha Yoğunluğunun MDF’nin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, K.Ü. *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kastamonu.
- Karakuş, B. (2007). Çeşitli Bitkisel Sera Atıklarının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, S.D.Ü *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta, 147 s.
- Kaya, F. (2004). “Ana Hatları ile Yapıştırıcılar”, Birsen Yayınevi, 318s, İstanbul.
- Korucu, T. ve Mengeloğlu, F. (2007). Türkiye Tarımsal Artık Potansiyeli ve Alternatif Kullanım Olanakları. Tarımsal mekanizasyon 24. Ulusal kongresi 5-6 Eylül. s.297-307.
- Lin, H., and Gunasekaran, S. (2010). “Cow blood adhesive: Characterization of physicochemical and adhesion properties”. *International, J. Adhes. Adhes.* 30 (3), 139-144.

- Liu, Y., and Li, K. (2005). "Development and characterization of adhesives from soy protein for bonding wood", *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 27, 59–67.
- Onwulata, C.I. ve Hulth, P.J. (2008). *Whey Processing, Functionality and Health Benefits*, Blackwell, Ames, USA.
- Özen, R. (1980). *Yongalevha Endüstrisi Ders Notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Ders Notları, Yayın No: 30, Trabzon.
- Painter, G., Budman, H., Pritzker., M. (2006). Prediction of oriented strand board properties from mat formation and compression operating conditions. Part 1. Horizontal density distribution and vertical density profile, *Wood science and technology*, 40, 139 – 158.
- Papadopoulou, E. (2009). "Adhesives From Renewable Resources For Bonding Wood-Based Panels", *Chimar Hellas S.A. Sofouli*, 88, 55131, Thessaloniki, Greece.
- Pizzi, A. (1983). *Wood Adhesives; Chemistry and Technology*, Vol.1., Marcel Dekker, New York.
- Pu, S., Yoshioka, M., Tanihara, Y. and Shiraishi, N. (1994). "Adhesives and Bonded Wood Products, Forest Products Society", *Madison*, 344.
- Suchsland, O. ve Woodson, E.G. (1986). *Fiberboard Manufacturing Practices in the United States*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service No:640, Louisiana, USA.
- Suzukı, S., Miyamoto, K. (1998). Effect of manufacturing parameters on the linear expansion and density profile of particleboard, *Journal of Wood Science*, 44, 444 – 450.
- TS EN 319 1999. Yonga ve liflevhalar-levha yüzeyine dik çekme dayanımın tayini
- TS EN 310 1999. Ahşap esaslı levhalar-eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modulünün Tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 317 1999. Yonga Levhalar ve Lif Levhalar – Su içerisinde Daldırma işleminden Sonra Kalınlığına Şişme Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 325 1999. Ahşap Esaslı Levhalar-Deney Numunelerinin Boyutlarının Tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 326-1. Ahşap Esaslı Levhalar-Numune Alma Kesme ve Muayene Bölüm 1: Deney Numunelerinin Seçimi, kesimi ve Deney Sonuçlarının Gösterilmesi
- TS 1351 1974. Lif levha üretiminde kullanılacak lif-yonga odunu boyutları, Ankara.

TS 4894 EN 120. Ahşap esaslı levhalar-Formaldehit miktarının tayini-Ekstraksiyon metodu ile ayırma.

URL-1. Levha Sanayi Raporu hakkında genel bilgiler 20.02.2017 tarihinde <http://www.turkishwood.org/Eklenti/68,oaiblevhasektorraporu2015-son-sekli.pdf> adresinden alınmıştır.

URL-2. Proteinler hakkında genel bilgi 24.01.2017 tarihinde http://80.251.40.59/veterinary.ankara.edu.tr/finans/Ders_Notlari/Dersnotlari/Proteinler.html adresinden alınmıştır.

URL-3. Whey Proteinler hakkında genel bilgi 24.01.2017 tarihinde <http://www.supplementler.com/bilgi-bankasi/izole-protein-nedir>. adresinden alınmıştır.

URL-4. Whey protein taramalı elektron mikroskobu görüntüleri 26.01.2017 tarihinde https://www.researchgate.net/figure/281774972_fig1_Fig-11-Scanning-electron-microscopy-SEM-images-of-whey-protein-isolate-IPASP-a-and adresinde alınmıştır.

Uysal, B. ve Kurt, Ş. (2005). Dimensional stability of laminated veneer lumbers manufactured from using different adhesives after the steam test. *GU J Sci* 18: 681-691.

Van der Leeden, M. C., Rutten, A. A. C. M., and Frens, G. (2000). "How to develop globular proteins into adhesives" *J. Biotechnology* 79 (3), 211-221.

Vick, C. (1999). *Wood Handbook—Wood as an Engineering Material*. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. p. 463.

Wang, W., Zhao, Z., Gao, Z., and Guo, M. (2010). "Environmentally safe aqueous adhesive prepared using whey proteins for water-resistant plywood" *Chinese Adhes.*, 31 (9), 50-54.

Wang, W., Zhao, Z., Gao, Z., and Guo, M. (2011). "Whey protein-based water-resistant and environmentally safe adhesives for plywood" *BioResources*, 6 (3), 3339-3351.

Wang et al. (2012). "Whey protein wood adhesive" *BioResources*, 7 (2), 1972-1983.

Wong, E.D., Zhang, M., Wang, Q., Kawai, S. (1999). Formation of the density profile and its effects on the properties of particleboard, *Wood science and technology*, 33, 327 – 340.

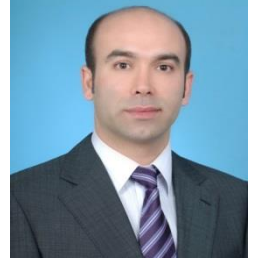
Wong, E.D., Zhang, M., Wang, Q., Kawai, S. (2000). Formation of the density profile and its effects on the properties of fiberboard, *Journal of wood science*, 46, 202 – 209.

- Xu, W., Winistorfer, P.M. (1995). A procedure to determine thickness swell distribution in wood composite panels, *Wood and fiber science*, 27 (2), 119 – 125.
- Xu, W., Winistorfer, P.M. (1995). Layer thickness swell and layer internal bond of medium density fiberboard and oriented strandboard, *Forest products journal*, 45 (10), 67 – 71.
- Yang, I., Kuo, M., Myers, J.D., and Pu, A. (2005). “Comparasion of protein-based adhesive resins for wood composites”, *J. Wood Sci.* 52 (6), 503-508.
- Yeniocak, M. (2008). Bağ Budama Artıklarının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi. Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Muğla.
- Zhonghui, Z., and Yufei, H. (2006). “Urea-Modified Soy Globulin Proteins (7S and 11S): Effect of Wettability and Secondary Structure on Adhesion”, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 84, 853–857. DOI 10.1007/s11746-007-1108-7.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Uğur ÇELİK
Doğum Yeri ve Tarihi : İzmir, 15.03.1979
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-Posta Adresi : ucelik@keas.com.tr



Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi : Balıkesir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi : Kastamonu Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı

İş Deneyimi

Stajlar : Ege Seramik (2004)
Çalıştığı Kurumlar : Kastamonu Entegre A.Ş. 2007-Devam ediyor.