

Sodyum karboksimetil selüloz (Na-CMC) takviyeli üre formaldehit tutkalının yonga levha özellikleri ve formaldehit emisyonuna etkisi

İsmail Özlüsoylu^a, Abdullah İstek^{a,*}

Özet: Ahşap esaslı kompozit levha üretiminde yaygın olarak kullanılan üre formaldehit (UF) tutkalı çeşitli katkı maddeleriyle modifiye veya takviye edilerek levha özelliklerine etkileri araştırılmaktadır. Bu çalışmada üre formaldehit (UF) tutkalı, düşük maliyetli, çevreci ve yapıştırma özelliklerine sahip sodyum karboksimetilselüloz (Na-CMC) ile takviye edilerek yonga levha üretiminde yapıştırıcı olarak kullanılmıştır. Çalışmada hammadde olarak %45 yapraklı, %55 iğne yapraklı odun yongaları kullanılmıştır. UF tutkalına %10, %20, %30 ve %40 oranlarında Na-CMC ilave edilerek deney levhaları üretilmiştir. Tam kuru yonga ağırlığına oranla dış tabakalarda %10, orta tabakada %8 oranında UF tutkalı kullanılmıştır. UF tutkalına Na-CMC takviyesinin yonga levha özellikleri ile serbest formaldehit emisyonuna etkisi belirlenerek değerlendirilmiştir. Na-CMC katkılı UF tutkalının levha özelliklerini ve formaldehit emisyonu etkilediği, ancak bu etkinin doğrusal olmadığı belirlenmiştir. %10 Na-CMC içeren levhaların ortalama elastikiyet modülü değeri %6,65 oranında arttığı, %20 ve %30 Na-CMC takviyesinin serbest formaldehit emisyonunu önemli oranda düşürdüğü ve diğer tüm özellikleri olumsuz olarak etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca TS EN 312'ye göre tüm levha gruplarının kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar için özellikler (Tip P1) kriterinde belirtilen mekanik özellikler için aranan şartlara uygun olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Yonga levha, Formaldehit emisyonu, Na-CMC, Fiziksel ve mekanik özellikler

Effect of urea formaldehyde resin reinforced with sodium carboxymethylcellulose (Na-CMC) on particleboard properties and formaldehyde emission

Abstract: Formaldehyde-containing urea formaldehyde (UF), widely used in the production of wood-based composite boards, and modified or reinforced with various additives, determines performance. In this study, urea formaldehyde (UF) was used as an adhesive in the production of particleboard by being reinforced with sodium carboxymethylcellulose (Na-CMC) because of its adhesion, low cost and environmental friendliness and binding properties. In the study, 45% hardwood and 55% softwood chips were used as raw materials. Test boards were produced by adding 10%, 20%, 30% and 40% Na-CMC to UF glue. They were produced by using 10% urea formaldehyde (UF) resin in the surface layers and 8% in the middle layer based on dry chip weight. The Na-CMC addition to the UF glue did not have linear inclined effects on the emission of formaldehyde and the particleboard properties. It was found that the average modulus of elasticity of the boards containing 10% Na-CMC increased by 6.65%, that 20% and 30% Na-CMC addition significantly reduced free formaldehyde emission and all other properties were adversely affected. It has also been understood that all panel groups are in conformity with the TS EN 312 standard requirements for mechanical properties for general purpose plates (Type P1) used in dry conditions.

Keywords: Particleboard, Formaldehyde emission, Na-CMC, Physical and mechanical properties

1. Giriş

Levha ürünleri birçok kullanım yerinde mamul ve yarı mamul olarak kullanıcıların farklı ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde üretilmektedir. Ahşap esaslı levha üretiminde yapıştırıcı olarak fiyat ve performans açısından en iyi sonuçları veren üre formaldehit (UF) tutkalı yaygın olarak tercih edilmektedir (Park ve Causin, 2013; İstek vd., 2009). UF tutkalı ile üretilen levhaların dezavantajlarından biri ise formaldehit emisyonudur (Hematabadi vd., 2012). Formaldehit emisyonuna maruz kalındığında gözlerde ve solunum yollarında tahriş, öksürük, boğaz kuruluğu göğüste sıkışma, baş ağrısı ve kalp çarpıntısı gibi rahatsızlıklar görülebilir. Yüksek oranlarda formaldehit emisyonuna maruz kalındığında ciddi gözyaşı, burun ve boğazda yanma oluşur, nefes alma zorlaşır, bu durum ölümcül akciğer

ödemi dahil ciddi hastalıklara neden olabilir (İstek vd., 2017; Boran vd., 2011).

UF tutkalı ile üretilen ahşap esaslı levhalardan salınan formaldehit emisyonunu azaltmak, yapışma direncini arttırmak, üretim maliyetlerini düşürmek ve levha özelliklerini geliştirmek üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Bunlar arasında karboksimetilselüloz (CMC) ve türevleri ile tutkalın modifikasyonu konusunda çalışmalar da bulunmaktadır.

Na-CMC ve üre formaldehit oligomerlerinin (UFO) sulu çözeltilerinin asidik ortamda karıştırıldığı çalışmada farklı yapılarıdaki UFO ile Na-CMC bazlı interpolimerik kompleks filmlerin (IPCs) fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. UFO'nun triazinon fragmentlerinin amino grupları ve Na-CMC'nin karboksilat anyonları arasındaki iyonik bağlarla IPCs'in stabilize olduğu ve UFO'nun

✉ ^a Bartın Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

@ ^{*} **Corresponding author** (İletişim yazarı): aistek@bartin.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 06.03.2018, **Accepted** (Kabul tarihi): 11.09.2018



Citation (Atıf): Özlüsoylu, İ., İstek, A., 2018. Sodyum karboksimetil selüloz (Na-CMC) takviyeli üre formaldehit tutkalının yonga levha özellikleri ve formaldehit emisyonuna etkisi. Turkish Journal of Forestry, 19(3): 317-322. DOI: [10.18182/tjf.402355](https://doi.org/10.18182/tjf.402355)

karbonil grupları ve Na-CMC'nin hidroksil grupları arasında hidrojen bağları olduğu belirtilmiştir (Inagamov vd., 2011). Belli oranlarda CMC (%2,5-15) çözeltisinin sodyum silikat içerisine ilave edilmesiyle oluşan bağlayıcının yapışma direnci ve suya karşı direnci irdelenmiştir. CMC miktarının artmasıyla yapışma direnci ve suya karşı direncin optimuma çıktığı ve sonra azaldığı belirtilmiştir. Sodyum silikata %7,5 CMC ilavesi optimum kullanım oranı olarak belirlenmiştir (Zhang vd., 2012). Diğer bir çalışmada iki aşamalı CMC-UF parafin mikro kapsüller hazırlanmıştır. CMC'nin yapısında bulunan hidroksil grupları ve kristal yapının UF duvar materyallerinin kompaktlığını arttırdığı ve CMC-UF parafin kapsülün iyi termal özellikler ve entalpi gösterdiği belirtilmiştir (Huang vd., 2015).

Farklı oranlarda Na-CMC katkılı UF tutkalı ile üretilen yonga levhalarda artan Na-CMC oranı ile su alma ve şişme gibi özelliklerinin olumsuz olarak etkilendiği, mekanik özelliklerde de genel olarak azalma olduğu vurgulanmıştır (Biçer, 2014; Özlüsoylu, 2016). CMC- Bakır sülfat bağlayıcısı ile şeker kamışı küspesi kullanılarak elde edilen kompozitlerin eğilme direnci ve yüzeye dik çekme direnci değerleri üre formaldehit tutkalı ile üretilen kompozitlerden yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu durum Cu(II) iyonları ve şeker kamışı küspesi lifleri arasında güçlü bağların oluşmuş olması ile açıklanmaktadır (Basta vd., 2004).

Bu çalışmada farklı oranlarda Na-CMC takviyeli UF tutkalı ile üretilen yonga levhaların fiziksel, mekanik ve formaldehit emisyon özellikleri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular değerlendirilerek UF tutkalına Na-CMC takviyesinin yapışma ve emisyon üzerine etkileri belirlenmiştir.

2. Materyal ve yöntem

2.1. Materyal

Bu çalışmada hammadde olarak kullanılan yongalar Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin Kastamonu Yonga Levha işletmesinden temin edilmiştir. Orta tabaka ve dış tabaka yongaları ayrı ayrı olacak şekilde alınmıştır. Yongalar %55 iğne yapraklı, %45 yapraklı ağaç türlerinden üretilmiştir. Katı madde içeriği %50 olan E3 sınıfı (30-150 mg/100gr) UF tutkalı yapıştırıcı, %20'lik amonyum klorür (NH₄Cl) çözeltisi sertleştirici, ticari adı ALFACELL olan sodyum karboksimetilselüloz (Na-CMC) teri tutkal takviye maddesi olarak kullanılmıştır. Çizelge 1'de ALFACELL 'in özellikleri görülmektedir.

2.2. Yöntem

2.2.1 UF/Na-CMC karışımının hazırlanması

Na-CMC içermeyen kontrol levhaları sadece üre formaldehit tutkalı (UF) ile üretilmiştir. Na-CMC takviyeli UF tutkalının hazırlanmasında %7'lik (w/w) Na-CMC çözeltisi kullanılmıştır. Bu amaçla 100 ml Na-CMC çözeltisi için 92.3 gr suya (20°C) 7,7 gr toz Na-CMC ilave edilerek mekanik karıştırıcıda 20 dakika süreyle değişen devirlerde (900-1700 d/dak) karıştırılarak hazırlanmıştır. UF takviyesinde kullanılan Na-CMC miktarları tutkal kuru madde miktarına oranla %0-10-20-30-40 olacak şekilde alınmıştır.

2.2.2 Deney levhalarının üretimi

Deney levhaları geleneksel yonga levha üretim yöntemine göre yapılmıştır. %1-3 rutubete kadar kurutulmuş yongalardan her bir levha üretimi için hesaplanan miktar tartılarak döner tamburlu karıştırıcıya doldurulmuş ve hazırlanan tutkal çözeltisiyle karıştırılmıştır. Tutkallama işleminin ardından 400X400X300 mm ebatlarındaki ahşap taslak kalıbına el ile serilmiş ve ön pres uygulanmıştır. Elde edilen taslak sıcak preste preslenmiştir. Toplamda dış tabaka için %10 orta tabaka için ise %8 oranında tutkal kullanılmıştır. Levha üretim parametreleri Çizelge 2'de görülmektedir.

2.2.3 Fiziksel, mekanik özellikler ile formaldehit emisyonunun belirlenmesi

Elde edilen levhaların fiziksel ve mekanik özellikleri ile formaldehit emisyonu Çizelge 3'te belirtilen standartlara göre belirlenmiştir.

Fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesinde her bir test için, her levha grubundan 15 adet deney örneği kullanılmıştır. Deney levhaları test öncesinde %65±5 bağıl nem ve 20±2°C sıcaklık şartlarında değişmez ağırlığa gelinceye kadar kondisyonlanmıştır. Elde edilen bulgular SPSS programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş, farklı gruplar DUNCAN testi ile belirlenmiştir.

3. Bulgular ve tartışma

3.1. Fiziksel özellikler

Deney levhalarının ortalama yoğunluk, su alma kalınlığına şişme özellikleri, standart sapma verileri ve varyans analiz sonuçları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Çizelge 4'te görüldüğü gibi üretilen deney levhalarının ortalama yoğunluklar arasında %3-%7 değişimler olduğu hesaplanmıştır. Bu değişimlerin TS EN 312 standardında belirtilen toleransa (±%10) uygun olduğu görülmüştür. Yonga levha üretiminde Na-CMC katkılı UF tutkalı kullanımının özgül ağırlık üzerine etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Şekil 1-2'de levha gruplarının 2 ve 24 saat su alma ve kalınlığına şişme değerleri görülmektedir.

Tutkala katılan Na-CMC miktarının artmasıyla su alma ve kalınlığına şişme oranlarında artış olduğu ve artışın doğrusal olmadığı görülmüştür. %10 Na-CMC takviyeli deney levhalarının 2 saat su alma ve kalınlığına şişme oranında kontrol grubu levhalarına göre %95 güvenle istatistiksel olarak fark olmadığı belirlenmiştir. Diğer kullanım oranlarında ise kontrol levhalarına kıyasla istatistiksel olarak önemli fark olduğu görülmektedir. Benzer bir çalışmada %5 ve %10 Na-CMC takviyeli üre formaldehit tutkalı ile üretilen yonga levhaların 2 saatlik su alma ve kalınlığına şişme değerlerinin kontrol levhaları arasında istatistiksel fark olmadığı vurgulanmaktadır (Biçer, 2014). Diğer bir çalışmada CMC ile bakır ve bakır sülfat karışımlarından elde edilen bağlayıcı ile üretilen şeker kamışı küspesi kompozitlerinin 2 saat ve 24 saatlik su alma ve kalınlığına şişme değerleri, UF tutkalı ile üretilen kompozitlerden daha iyi olduğu belirtilmektedir (Basta vd., 2004).

Çizelge 1. UF tutkalına ilave edilen ALFACELL (Na-CMC) özellikleri

| Özellikler | Standart | Ölçülen | Metot |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------|---------|-----------------------|
| Rutubet (%) | max. 12,0 | 10,3 | IS 3220-1966 |
| Aktif Maddesi (%) | min. 60,0 | 58,5 | IS 3220-1966 |
| Bağlanma Derecesi (Degree of Subtituon) | 0,70-0,90 | 0,78 | IS 3220-1966 |
| Toplam tuz (%) Kuru | max. 40,0 | 41,5 | IS 3220-1966 |
| pH (25 °C % 1 Çözelti) | 8,0-10,0 | 9,8 | WTW inoLab pH Level 1 |
| Viskozite(%2 çözeltide) | 200-250 | 245 | Brookfield Lvdv-I |
| Fiziksel Özellikler | Kremsi beyaz, Serbest halde tanecik yapılı | | |

Çizelge 2. Deney levhaları üretim parametreleri

| Levha üretim parametreleri | Kullanılan ölçüler |
|--------------------------------------------|--------------------|
| Kalınlık (mm) | 16 |
| Hedef levha yoğunluğu (kg/m ³) | 680 |
| Levha boyutları (mm.) | 400x400 |
| Orta tabaka (%) | 60 |
| Alt-üst tabaka (%) | 20-20 |
| Pres basıncı (N/mm ²) | 160-170 |
| Pres sıcaklığı (°C) | 170-180 |
| Pres zamanı (dk.) | 5 |

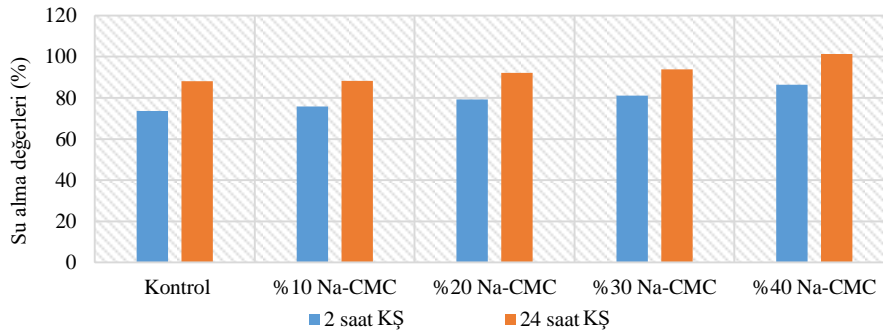
Çizelge 3. Levha özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan standart yöntemler

| Levha özellikleri | Standart |
|-------------------------------------------------------------|----------------|
| Deney numunelerinin hazırlanması | TS EN 326-1 |
| Özgül kütle tayini (gr/cm ³) | TS EN 323 |
| Su alma ve kalınlığına şişme (%) | TS EN 317 |
| Eğilme direnci (N/mm ²) | TS EN 310 |
| Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm ²) | TS EN 310 |
| Levha yüzeyine dik yönde çekme direnci (N/mm ²) | TS EN 319 |
| Formaldehit emisyonu -perforatör yöntemi (ml/100g) | TS 4894 EN 120 |

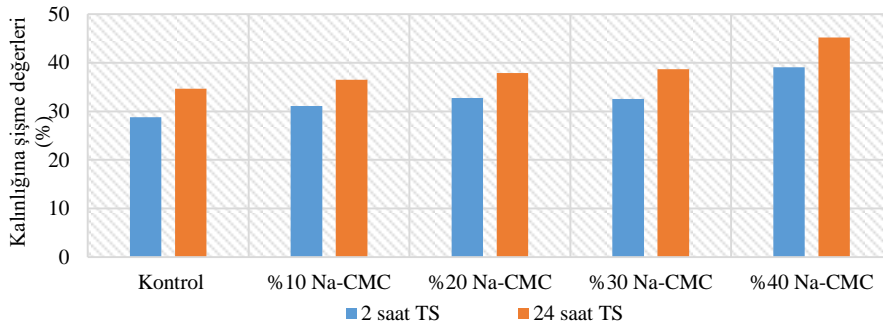
Çizelge 4. Yonga levhaların ortalama yoğunluk, su alma ve kalınlığına şişme değerleri

| Levha Grupları | Yoğunluk (g/cm ³) | 2 saat KŞ (%) | 24 saat KŞ (%) | 2 saat SA (%) | 24 saat SA (%) |
|----------------|-------------------------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Kontrol | 0,70±0,04 | 28,76±1,53a | 34,67±1,93a | 73,68±6,42a | 88,12±5,20a |
| % 10 Na-CMC | 0,68±0,04 | 31,12±1,99ab | 36,46±2,61ab | 75,81±6,23ab | 88,18±4,40a |
| % 20 Na-CMC | 0,67±0,05 | 32,71±1,70b | 37,89±1,69bc | 79,26±5,32bc | 92,14±5,15b |
| % 30 Na-CMC | 0,69±0,04 | 32,56±2,04b | 38,67±2,75c | 81,14±5,11c | 93,87±4,98b |
| % 40 Na-CMC | 0,69±0,04 | 39,08±3,60c | 45,21±4,01d | 86,32±3,51d | 101,36±4,64c |

Not: KŞ: Kalınlığına şişme miktarı, SA: Su alma miktarı, ±: Standart sapma, a,b,c,d: DUNCAN testine göre homojenlik grupları.



Şekil 1. Levhaların 2 ve 24 saat su alma değişimi



Şekil 2. Levhaların 2 ve 24 saat kalınlığına şişme değişimi

3.2. Mekanik özellikler

Na-CMC katkılı UF tutkalı ile üretilmiş deney levhalarının ortalama yüzeye dik çekme direnci, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü, standart sapma ve varyans analiz sonuçları Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 5'de görüldüğü gibi UF tutkalına Na-CMC takviye miktarının artmasıyla yüzeye dik çekme direncinin azaldığı belirlenmiştir. UF tutkalına Na-CMC katkı oranına bağlı olarak deney levhalarının yüzeye dik çekme direncinde meydana gelen değişimler Şekil 3'de verilmiştir. Na-CMC katkılı UF tutkalı ile üretilen yonga levhaların yüzeye dik çekme dirençlerinde önemli oranlarda azalma olduğu tespit edilmiştir. En yüksek yüzeye dik çekme $0,57 \text{ N/mm}^2$ ile kontrol grubunda, en düşük değer $0,36 \text{ N/mm}^2$ ile %40 Na-CMC katkılı levha grubunda bulunmuştur. Gruplar arasında %95 güvenle istatistiksel olarak fark olduğu belirlenmiştir. Biçer (2014) Na-CMC katkılı UF tutkalı ile üretilen yonga levhaların yüzeye dik çekme dirençlerinin kontrol grubu levhalarından yüksek olduğunu belirtmektedir. Bu durumun kullanılan Na-CMC çeşidinin farklı olması, üretim üretim parametreleri ve levha gruplarının yoğunluk değerlerinden kaynaklanabileceği kanaatine varılmıştır. Elde edilen tüm yüzeye dik çekme direnci değerleri TS EN 312'ye göre kuru şartlarda iç uygulamalarda (mobilya dâhil) kullanılan levhalar için özellikler (Tip P2) istenen $0,35 \text{ N/mm}^2$ değerini karşıladığı görülmektedir.

UF tutkalına Na-CMC katkı oranı arttıkça yonga levhaların eğilme direnci değerleri olumsuz olarak etkilenmiştir (Şekil 4). Bununla beraber, %10 ve %30 Na-CMC katkılı UF tutkalları ile üretilen levha grupları ile kontrol grupları arasında 95 güvenle istatistiksel bir fark olmadığı, ancak eğilme direncindeki değişiminin doğrusal olmadığı görülmüştür. TS EN 312'ye göre tüm levha gruplarının kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı levhalar için özellikler (Tip P1) kriterinde belirtilen $11,5 \text{ N/mm}^2$ değerini karşıladığı görülmektedir.

Na-CMC katkılı UF tutkalı kullanımının yonga levhaların eğilmede elastikiyet modülüne etkisi Şekil 5'te görülmektedir.

Yonga levha üretiminde Na-CMC katkılı UF tutkalı kullanımının eğilmede elastikiyet modülü değerlerinin UF/Na-CMC katkı miktarlarına bağlı olarak değişiklik gösterdiği ancak bu değişimin artan Na-CMC oranına bağlı olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek eğilmede elastikiyet modülü değeri %10 Na-CMC katkılı levha grubunda bulunmuştur. TS EN 312'ye göre tüm levha gruplarının nemli şartlarda kullanılan yük taşıyıcı olmayan levhalar için özellikler (Tip P3) kriterinde belirtilen 1950 N/mm^2 değerini karşıladığı görülmektedir.

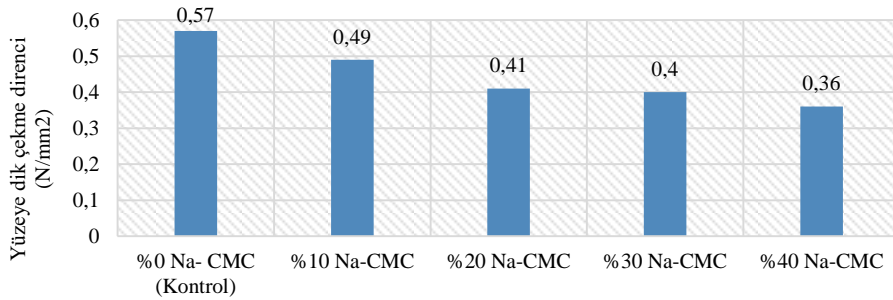
3.3 Serbest formaldehit emisyonu

Na-CMC ilaveli UF tutkalının formaldehit emisyonu üzerine etkisi Şekil 6'te görülmektedir.

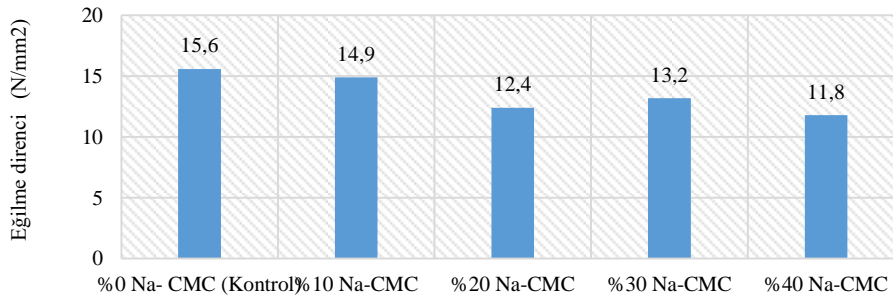
Çizelge 5. Levhaların ortalama mekanik özellikleri ile serbest formaldehit emisyonu

| Levha grupları | Yüzeye dik çekme direnci (N/mm^2) | Eğilme direnci (N/mm^2) | Eğilmede elastikiyet modülü (N/mm^2) |
|----------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Kontrol | $0,57 \pm 0,06d$ | $15,6 \pm 1,11c$ | $2438 \pm 114b$ |
| %10 Na-CMC | $0,49 \pm 0,04c$ | $14,9 \pm 1,06c$ | $2600 \pm 135b$ |
| %20 Na-CMC | $0,41 \pm 0,04b$ | $12,4 \pm 0,75ab$ | $2421 \pm 112b$ |
| %30 Na-CMC | $0,40 \pm 0,03ab$ | $13,2 \pm 1,13c$ | $2088 \pm 147a$ |
| %40 Na-CMC | $0,36 \pm 0,03a$ | $11,8 \pm 1,02a$ | $1989 \pm 84a$ |

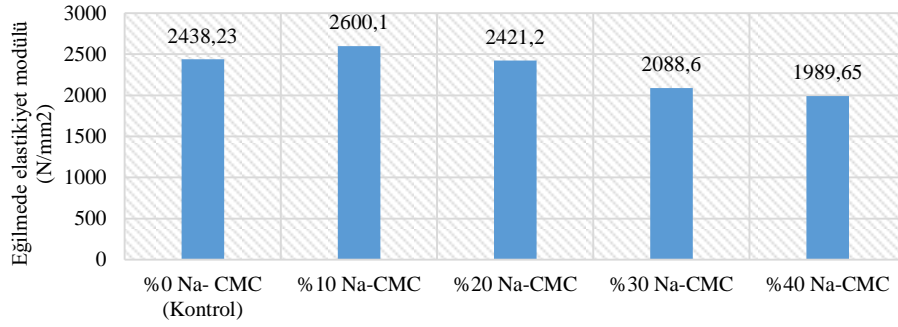
±: Standart sapma, a,b,c,d: DUNCAN testine göre homojenlik gruplarını göstermektedir.



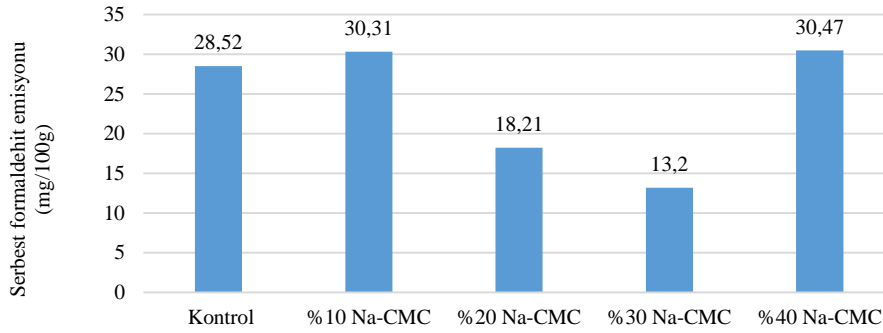
Şekil 3. Yüzeye dik çekme direnci değişimi



Şekil 4. Eğilme direnci değişimi



Şekil 5. Eğilmede elastikiyet modülü değişimi



Şekil 6. Serbest formaldehit emisyonu değişimi

En düşük formaldehit emisyonu %30 Na-CMC içeren levhalarda 13,20 mg/100g, en yüksek değer ise %40 Na-CMC katkılı levhalarda 30,47 mg/100g olarak hesaplanmıştır. Deney levhalarının serbest formaldehit miktarı ile UF tutkalına Na-CMC katkı oranı arasındaki ilişki tam olarak ortaya konamamıştır. Ancak Na-CMC ile metilol üre arasında meydana gelen reaksiyon nedeniyle üre/formaldehit mol dengesinin formaldehit lehine değiştiği bu nedenle serbest formaldehit miktarında bir artış olduğu kanısına varılmıştır. Modifiye nişasta katkılı UF tutkalı kontrplak üretiminde kullanımının karboksil ile metilol üre arasındaki reaksiyon nedeniyle formaldehit emisyonu azaldığı belirtilmiştir. Ancak kullanım oranının %20'yi geçmesi durumunda ve nişastanın dimetilol üre veya formaldehit ile çok az reaksiyona girmesinin formaldehit emisyonunun yüksek çıkmasına sebep olabileceği vurgulanmıştır (Zhu vd., 2014).

4. Sonuçlar

Bu çalışmada selüloz türevlerinden Na-CMC'nin UF tutkalına ilave edilerek yonga levha üretiminde bağlayıcı olarak kullanılabilirliği ve bu bağlayıcının bazı levha özellikleri üzerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Na-CMC katkılı UF tutkalı ile üretilen yonga levhaların fiziksel ve mekanik özellikler Na-CMC katkı miktarına bağlı olarak önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Tutkal katı madde miktarına göre %10 Na CMC katkısının genel olarak birçok özelliği önemli oranlarda etkilemediği belirlenmiştir. Daha yüksek miktarlarda katılmasının ise birçok özelliği önemli oranlarda etkilediği tespit edilmiştir.

- Çalışmadan elde edilen bulgular göz önünde bulundurulduğunda; Levhaların su alma ve kalınlığına şişme oranlarının Na-CMC kullanım oranıyla arttığı tespit edilmiştir. Yonga levha üretiminde tutkal maliyetlerini azaltmak istendiğinde su itici kimyasallarla kullanılmak üzere UF tutkalına %10-20 oranlarında Na-CMC katılabilir.
- Mekanik özelliklerin artan Na-CMC oranıyla azaldığı belirlenmiştir. Ancak elde edilen bulgulara göre deney levhalarının yüzeye dik çekme, eğilme ve eğilmede elastikiyet modülü değerleri açısından tüm levha grupları TS EN 312 standardına göre Tip I ve Tip II levha kriterlerini sağladığı görülmüştür. Üretilen levhaların kullanım yerleri dikkate alınarak ve fiziksel özellikler de göz önünde bulundurularak %30'a kadar Na-CMC katkılı UF tutkallarının kullanılabilirliği anlaşılmıştır.
- Serbest formaldehit emisyonu ile Na-CMC kullanım oranı arasındaki ilişki değişkenlik göstermektedir. Bu ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için alternatif formaldehit emisyon ölçüm metotları ile birlikte bu metotlar arasındaki korelasyon ilişkisini ortaya koyabilecek çalışmalar yapılmalıdır.
- UF tutkal karışımında Na-CMC nin sübstütasyon derecesi dikkate alınarak farklı Na-CMC çeşitleri kullanılabilir.
- Na-CMC ile hazır UF'yi karıştırmak yerine UF'nin üretim aşamasında Na-CMC ilavesi yapılabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Bartın Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2014- FEN-A-010).

Kaynaklar

- Basta, A. H., El-Saied, H., Gobran, R. H., 2004. Formaldehyde-free environmentally friendly composites based on agricultural waste. I. novel adhesive system. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 43(3): 745-777.
- Biçer, A., 2014. Sodyum karboksümetilselüloz (Na-CMC) modifiyeli yonga levha üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
- Boran, S., Usta, M., Gümüşkaya, E., 2011. Decreasing formaldehyde emission from medium density fiberboard panels produced by adding different amine compounds to urea formaldehyde resin. *International Journal of Adhesion&Adhesive*, 31: 674-678.
- Hematabadi, H., Behrooz, R., Shakibi, A., Arabi, M., 2012. The reduction of indoor air formaldehyde from wood based composites using urea treatment for building materials. *Construction and Building Materials*, 28: 743-746.
- Huang, Z., Yu, X., Li, W., Liu, S., 2015. Preparation of urea-formaldehyde paraffin microcapsules modified by carboxymethyl cellulose as a potential phase change material. *Journal of Forest Research*, 26 (1): 253-260.
- Inagamov, S. Y., Mukhamedov, G.I., 2011. Structure and physical-mechanical properties of interpolymeric complexes based on sodium carboxymethylcellulose. *Journal of Applied Polymer Science*, 122 (3): 1749-1757.
- İstek, A., Ozlusoylu, I., Onat, M., 2017. Formaldehyde emission problems and solution recommendations for wood composite panels. *International Conference on Engineering Technologies*. December 07-09 2017, Konya, pp. 82.
- İstek A., Aksu, S., Kalaycıoğlu, H., Nemli, G., 2009. The effect of resin type on the properties of decor papers (20laminated particleboard. COST E49 Processes and Performance of Wood-Based Panels. 2009 İstanbul, pp.136-144.
- Özlüsoyulu, İ., 2016. Üre formaldehit tutkalının sodyum-karboksümetilselüloz ile modifikasyonun yonga levhaların bazı özellikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın.
- Park, B. D., Causin, V., 2013. Crystallinity and domain size of cured urea-formaldehyde resin adhesives with different formaldehyde/urea mole ratios. *European Polymer Journal*, 49 (2): 532-537.
- TS EN 310, 1999. Ahşap esaslı levhalar, Eğilme dayanımı ve eğilme elastikiyet modülünün tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 312-1, 2005. Yonga levhalar, Bölüm 1: Bütün levhalar için genel özellikler. TSE, Ankara.
- TS EN 312-2, 2005. Yonga levhalar, Bölüm 2: Kuru şartlarda kullanılan genel amaçlı yonga levhaların özellikleri. TSE, Ankara.
- TS EN 312-3, 2005. Yonga levhalar, Bölüm 3: Kuru şartlarda kapalı ortamlarda kullanılan (mobilya dâhil) yonga levhaların özellikleri. TSE, Ankara.
- TS EN 317, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar, su içerisine daldırma işleminden sonra kalınlığına şişme tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 319, 1999. Yonga levhalar ve lif levhalar, levha yüzeyine dik çekme dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 323, 1999. Ahşap yonga levhalar, Özgül kütleinin tayin edilmesi. TSE, Ankara.
- TS EN 326-1, 1999. Ahşap esaslı levhalar-numune alma kesme ve muayene bölüm 1: deney numunelerinin seçimi, kesimi ve deney sonuçlarının gösterilmesi.
- TS 4894 EN 120, 1999 Ahşap esaslı levhalar, formaldehit miktarının tayini, ekstraksiyon metodu ile ayırma. TSE, Ankara.
- Zhang, X., Liu, L., Yang, S., Long, K., Effect of carboxyl methyl cellulose on the adhesion properties of sodium silicate wood adhesive. *International Conference on Biobase Material Science and Engineering (BMSE)*, 2012 Changsha, pp:230-233.
- Zhu, X., Xu, E., Lin, R., Wang, X., Gao Z. 2014. Decreasing the formaldehyde emission in urea-formaldehyde using modified starch by strongly acid process. *Journal of Applied Polymer Science*, 131 (9) : 40202(1)-40202(6).