

Utilization of rorippa stalks (*Rorippa austriaca*) in the production of medium density fiberboard

Ayhan Tozluoglu ^{1*}

^{1*} Duzce University, Faculty of Forestry, Forest Industry Engineering, 81620, Düzce, Turkey

* Corresponding author e-mail (İletişim yazarı e-posta): ayhantozluoglu@duzce.edu.tr

Received (Geliş): 19.01.2016 - Revised (Düzeltilme): 17.02.2016 - Accepted (Kabul): 24.02.2016

Abstract: The main objective of this study was to investigate the potential of rorippa stalks (*Rorippa austriaca*) as a fiber-stalk mixture to produce fiberboards for general purposes. For panel production, the addition of stalks at various percentages to the wood fiber was the only variable. Panels produced utilizing rorippa stalks were compared to panels produced using 100% wood fiber. The chemical properties of rorippa stalks; holocellulose, α cellulose, lignin and ash content and alcohol-benzene, hot and cold water, and dilute alkali (1% NaOH) solubilities, were also determined. Results indicated that panels could be produced utilizing up to 25% rorippa stalks without affecting the usability of the panels. It was not possible to meet the minimum IB strength standards when peanut husk was added to the mixture. Higher additions resulted in panels having lower elastic and rupture moduli than the minimum requirements according to TS-EN standards.

Keywords: Fiberboard, rorippa stalks, chemical properties, physical properties, mechanical properties

Topçakandura (*Rorippa austriaca*) saplarının orta-yoğunluklu lif levha üretiminde değerlendirilmesi

Özet: Bu çalışmada rorippa sapsarı (*Rorippa austriaca*) odun lifleriyle farklı oranlarda karıştırılarak orta yoğunluklu lif levha üretiminde değerlendirilme olanakları araştırılmıştır. Çalışma kapsamında ayrıca rorippa sapsarının holoselüloz, α -selüloz, lignin ve kül içerikleri ile alkol-benzen, % 1 NaOH ve sıcak-soğuk su çözünürlükleri de tespit edilmiştir. Bu çalışmada üretilen tüm levhalar eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü bakımından TS 64-5 EN 622 (1999) standartlarına göre incelendiğinde yalnızca % 50 oranındaki sap ilavesinin bu standartları karşılamadığı diğer oranlardaki sap ilavesinin ise bu standartlar içerisinde kaldığı gözlemlenmiştir. Üretilen tüm levhalar levha yüzeyine dik çekme dayanımı bakımından TS 64-5 EN 622 (1999) standartlarına göre incelendiğinde ise yalnızca % 5 oranındaki sap ilavesinin bu standartları karşıladığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lif levha, rorippa sapsarı, kimyasal özellikler, fiziksel özellikler, mekanik özellikler

1. GİRİŞ

Ülkemizde yıllık 16 milyon ton odun hammaddesi üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu miktar geçen zaman içerisinde Orman Genel Müdürlüğü'nün çalışmaları sonucunda artış göstermekle birlikte endüstrinin talebini hala karşılayabilecek boyuta ulaşamamış ve 2014 yılında yaklaşık 3-4 milyon ton odun yurt dışından ithal edilmiştir. Öte yandan odun endüstrisi ülkemizde hızla ilerlemekte olup, 2014 yılı levha sektörü üretim kapasitesi 8.5-9 milyon m³/yıl dır. Bu üretime karşılık fiili olarak, yaklaşık 10.5-11 milyon Ton/yıl (21-22 milyon ster/yıl) odun hammaddesine ihtiyaç bulunmaktadır (OAİB, 2015).

Günümüzde diğer endüstri kollarında olduğu gibi orman ürünleri endüstrisi de hammadde sıkıntısı ile karşı karşıyadır. Bunun nedeni orman kaynaklarının sınırlı olması, hızlı bir şekilde tüketilmesi, tüketilenin yerine hızlı bir şekilde yetiştirilememesi ve odunun hızlı bir şekilde değişik alanlarda kullanımının artmasıdır (Akgül ve Güler, 2002). Öte yandan lif levha endüstrisi de hammadde darlığı, enerji eksikliği ve çevresel

Cite (Atıf) : Tozluoglu, A., 2016. Utilization of rorippa stalks (*Rorippa austriaca*) in the production of medium density fiberboard. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(2): 649-658. DOI: [10.17099/jffiu.67615](http://dx.doi.org/10.17099/jffiu.67615)



problemler ile karşı karşıyadır. Bunların en önemli olanları ise hammadde yetersizliğidir. Bu sebeplerden dolayı son yıllarda yapılan çalışmaların ilgi odağı alternatif hammadde kaynaklarının araştırılması üzerine olmuştur. Geride bıraktığımız son çeyrekte bu endüstri kolu gerekli üretim faktörlerini bol ve ucuz olarak sağlayabilmiş olmasına rağmen şimdilerde darlıkla mücadele için kaynakların rasyonel olarak kullanılması gerekmektedir. Hızlı nüfus artışı ile birlikte odun hammaddesine olan talebin çok hızlı arttığı ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler için lifsel odun ihtiyacı gelecekte çok önemli bir sorun haline gelecektir (Kırcı, 1996). Bundan dolayı var olan orman kaynaklarımızın sürdürülebilir bir şekilde ve çok verimli bir tarzda değerlendirilmesi gerekmektedir.

Son yıllarda odun hammaddesinin yetersizliği, orman endüstricilerini yıllık bitki veya tarımsal atıklar gibi alternatif hammadde kaynaklarını üretimde kullanmaya yöneltmiş olup araştırmacılar ise bu hammadde kaynaklarının son ürün özelliklerini ne ölçüde etkilediğine dair birçok çalışma gerçekleştirmektedirler. Ülkemizde her yıl 37 milyon ton tarımsal artık elde edilmekte olup bunun 18 milyon ton kadarı buğday sapı, 8 milyon tonu arpa sapı, 3.5 milyon ton pamuk sapı, 2.5 milyon ton mısır sapı, 3 milyon ton ayçiçeği sapı, 200 bin ton pirinç sapı, 240 bin ton çavdar sapı, 300 bin ton tütün sapı, 200 bin ton göl kamışı oluşturmaktadır (Özen ve ark., 2002). Verilere göre, Türkiye dünyanın sayılı yıllık bitkileri üreticisi ülkelerin arasında bulunmaktadır. Yıllık bitki saplarının her yıl yenilenebilmesi ve lif hammaddesi olarak kullanılması ikincil bir kullanım olduğundan ucuza mal olmakta, aynı zamanda sürekli bir hammadde potansiyeline sahip olması bakımından önem kazanmaktadır (Atchison, 1989). Yıllık bitkilerin orman ürünleri endüstrisinde kullanılmasıyla küçük kapasiteli fabrikalar düşük maliyetlerle kurulabilmekte, aynı zamanda üretim tekniği ve ekipmanların kontrolünün kolay olması ve düşük enerji kullanımı gibi avantajlara sahip bulunmaktadır (Atchison, 1989). Ekin sapları (Eroğlu ve İstek, 2000), pamuk sapları (Gencer ve ark., 2001; Güler ve Özen, 2004), pamuk karpelleri (Alma ve ark., 2005), ayçiçeği sapları (Bektas ve ark., 2005), fıstık kabukları (Akgül ve Tozluoğlu, 2008) ve fındık zuru (Çopur ve ark., 2007) gibi birçok atık malzemenin kompozit panel üretiminde değerlendirildiği çalışmalar mevcuttur. Öte yandan bu çalışma kapsamında lif levha üretiminde kullanılan topçakandura (*Rorippa austriaca*) saplarının kompozit levha üretiminde kullanımıyla ilgili hiçbir literatür bilgisine rastlanılmamıştır.

Bu amaç doğrultusunda çalışmada, oduna alternatif hammadde olarak topçakandura (*Rorippa austriaca*) sapları lif levha üretiminde ilk kez çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Materyal

Çalışma kapsamında levha üretiminde kullanılan odun lifleri Divapan A.Ş'den temin edilmiştir. Odun liflerinin % 30'unu çam (*Pinus nigra*), % 35'ini kayın (*Fagus orientalis*) ve % 35'ini meşe (*Quercus robur*) oluşturmakta olup lifler Andritz-Sprout Waldron tipi rafinörde 7.8 bar buhar basıncı altında 175 °C' de 3.5 dakikalık pişirme süresi sonunda elde edilmiştir. Tutkalanmamış yaş haldeki lifler levha taslağının laboratuvar koşullarında oluşturulması amacıyla polietilen torbalara doldurulmuş ve laboratuvar tipi preste preslenmek üzere paketlenmiştir. Çalışmada kullanılan topçakandura (*Rorippa austriaca*) sapları ise Düzce İli'nden temin edilmiştir. Levha üretiminde kullanılacak olan topçakandura sapları Willey değirmeni ile öğütülmüş ve sarsak elekten elenerek 20-40 mesh'lik kısımları levha üretiminde kullanılmıştır.

2.2 Metod

Çalışmada öncelikle topçakandura saplarının kimyasal özellikleri belirlenmiş olup, bu kapsamda test örnekleri TAPPI T 257 cm-02 standardına göre hazırlanmıştır. Holoselüloz (Wise ve Karl, 1962), α -selüloz (TAPPI T 203 cm-09), lignin (TAPPI T 13 wd-74) ve kül (TAPPI T 211 om-85) içerikleri ile alkol-benzen (TAPPI T 6 wd-73), % 1 NaOH (TAPPI T 212 om-02) ve sıcak-soğuk su (TAPPI T 207 om-88) çözünürlükleri standart yöntemlere uygun olarak belirlenmiştir.

Levhalar 18 mm kalınlıkta ve 0.80 g/cm³ yoğunlukta üretilmiş olup, üretimde % 11 (fırın kurusu lif/sap) üre formaldehit tutkalı (katı madde oranı % 55±1, yoğunluk 1.20 g/cm³, pH 8.5, viskozite 160 cps, 100

°C'deki jelleşme zamanı 25-30 s, 25 °C'deki akma zamanı 20-40 s, 25 °C'deki maksimum depolama zamanı 90 gün) kullanılmıştır. Üretimde sertleştirici olarak % 1 (fırın kurusu katı tutkal) amonyum klorür (katı madde içeriği % 33) kullanılmıştır. Topçakandura sapları % 5, 15, 25 ve 50 (fırın kurusu odun lifi) oranlarında odun liflerine eklenerek levha üretimleri gerçekleştirilmiştir (Tablo / Table 1). Presleme öncesi taslak rutubeti % 8-9'dur. Levha taslakları laboratuvar tipi tek katlı hidrolik preste preslenmiştir. Levha boyutları 480×480 mm olup pres sıcaklığı 150 °C ve pres süresi pres kapatıldıktan sonra 5 dakika olarak uygulanmıştır. Pres basıncı tüm levhalar için 2.4-2.6 (N/mm²) olarak alınmış olup her gruptan 3 adet deneme levhası üretilmiştir. Pres çıkışı taslak rutubeti %4-6'dır. Levhalar prestenden alındıktan sonra sertleşme işleminin devam etmesi için pres saçları arasında bir müddet bekletildikten sonra çıkarılarak TS 642 ISO 554 (1997)'ye göre sıcaklığı 20±1 °C ve bağıl nemi % 65±5 olan klima odasına alınmıştır.

Deney numuneleri TS-EN 326-1 (1999) standardına göre hazırlanmış olup, örneklerin kalınlık ve uzunluk ölçümleri TS-EN 325 (1999) standardına göre 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Levhaların kalınlığına şişme ve su emme gibi fiziksel özellikleri (TS-EN 317, 1999) ile eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü (TS-EN 310, 1999), levha yüzeyine dik çekme dayanımı (TS-EN 319, 1999), levha yüzeyine dik yönde janka sertlik (Hildebrand test cihazı) değeri (ASTM D 1037-12, 2012) ve vida tutma kapasitesi gibi mekanik özellikleri ilgili standartlara bağlı olarak test edilmiştir. Levhaların mekanik özelliklerinin tespitinde üniversal test cihazı (Imal Mobiltemp shc22, model ib400) kullanılmış olup, her test için 10 örnek kullanılmıştır. Fiziksel ve mekanik özelliklere ait tüm verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testi kullanılmıştır. İstatistiksel hesaplama ve değerlendirmeler için SPSS 11.0 paket programı kullanılmıştır.

Tablo 1. Deney planı
Table 1. Experimental design

Levha ^a	Hammadde	
	Topçakandura Sapı	Kayın, meşe ve çam (%) ^b
A	0	100
B	5	95
C	15	85
D	25	75
E	50	50

^a Levhalar 0.80 g/cm³ yoğunlukta üretilmişlerdir.

^b Levha üretimlerinde kullanılan odun liflerinin % 30'unu çam (*Pinus nigra*), % 35'ini kayın (*Fagus orientalis*) ve % 35'ini meşe (*Quercus robur*) oluşturmaktadır.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

3.1 Topçakandura (*Rorippa austriaca*) Saplarının Kimyasal Özellikleri

Topçakandura sapları üzerinde daha önce belirtilen standart yöntemlere uygun olarak belirlenen holoselüloz, α-selüloz, lignin ve kül oranları ile çözünürlük oranları bazı yıllık bitkilerin kimyasal bileşenleri ile Tablo / Table 2'de karşılaştırılarak verilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde topçakandura saplarının holoselüloz içeriği yapraklı ağaçlardan daha düşük olmakla birlikte, elde edilen sonuçlar holoselüloz içeriğinin iğne yapraklı ağaç ve diğer bazı yıllık bitkilerde tespit edilen değerler ile aynı sınırlar içerisinde olduğunu göstermiştir. Topçakandura sapları, lignin içeriği bakımından yapraklı ağaç, iğne yapraklı ağaç odunları ve fındık zuru ile karşılaştırıldığında % 18.7 gibi daha düşük bir değere sahip olmakla birlikte buğday, tütün ve ayçiçeği saplarından daha yüksek bir lignin içeriğine sahiptir. Çözünürlük değerleri karşılaştırıldığında soğuk ve sıcak su çözünürlükleri çoğu yıllık bitki türüyle benzerlik göstermekle birlikte, buğday ve pamuk saplarından daha yüksek ancak ayçiçeği saplarından daha düşüktür. Topçakandura saplarının alkol-benzen çözünürlüğü Tablo 2'de verilen çalışmalarla karşılaştırıldığında diğer yıllık bitki türleriyle uyum göstermekle birlikte, % 1 NaOH çözünürlüğünde ise diğerlerinden daha düşük bir değere sahiptir.

Tablo 2. Topçakandura saplarının tespit edilen kimyasal özellikleri
Table 2. Chemical properties of rorippa stalks

Yıllık Bitki Türü	KİMYASAL BİLEŞENLER					ÇÖZÜNÜRLÜK			Kaynak
	Holoseüloz (%)	α -Süloz (%)	Lignin (%)	Kül (%)	Alkol-benzen (%)	%1'lik NaOH	Sıcak su (%)	Soğuk su (%)	
Topçakandura Sapı	69.5±0.25	40.1±0.77	18.7±1.10	8.78±0.44	5.50±0.45	41.7±0.48	20.2±0.54	13.7±0.44	Tespit
Mısır Sapı	67.5	44.5	20.2	8.10	13.0	44.7	18.1	17.4	Akgül ve ark., 2010
Buğday sapı	74.6	41.1	15.9	5.10	5.80	43.6	12.0	7.89	Akgül, 1997
Tütün Sapı	64.3	36.4	15.2	14.4	8.06	50.6	21.6	17.2	Ateş ve ark., 2015
Fındık Zurufu	55.1	34.5	35.1	8.22	1.63	50.4	20.9	18.2	Copur ve ark., 2007
Ayçiçeği Sapı	66.9	44.2	14.4	7.99	7.48	50.1	24.3	21.1	Ateş ve ark., 2015
Pamuk Sapı	71.6	31.2	20.5	5.54	6.63	48.6	12.2	8.39	Alma ve ark., 2005
Yapraklı Ağaçlar	70-78	38-50	30-35	0.35	2-6	14-20	2-7	4-6	Fengel ve Wegener 1989
İğne Yapraklı Ağaçlar	63-70	29-47	25-35	0.35	2-8	9-16	3-6	2-3	Fengel ve Wegener 1989

3.2. Üretilen Lif Levhaların Fiziksel Özelliklerinin İrdelenmesi

Tablo 3'de topçakandura sapları kullanılarak üretilen lif levhaların kalınlığına şişme ve su alma oranları için Varyans Analizi ve Duncan testleri yapılmıştır. Gerçekleştirilen istatistik analizler artan sap oranına bağlı olarak üretilen lif levhaların ortalama kalınlığına şişme ve su alma oranları arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($p<0.001$).

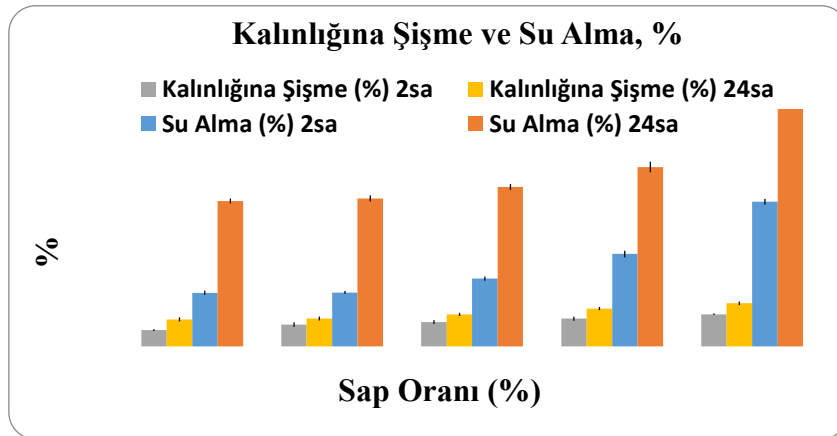
Levhaların suda bekletme süreleri 2 saatten 24 saate artırıldığında kalınlığına şişme ve su alma oranlarının üretilen tüm levhalar için artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Öte yandan topçakandura sapları odun liflerine % 5 oranında eklendiğinde kalınlığına şişme ve su alma oranları minimal seviyede artış gösterirken artan sap oranının bu değerleri daha da artırdığı ve özellikle % 50 oranında sap ilaveli lif levhalarda kalınlığına şişme ve su alma oranlarının en yüksek seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir.

Levhaların kalınlığına şişme oranları levha tipine bağlı olmakla birlikte, buna ilave olarak, yetersiz reçine içeriği ve lif rutubeti, eksik nem dağılımı, tutkal ile liflerin zayıf uyuşması ve liflerin kimyasal bileşimleri gibi faktörlere bağlı olarak değişebilmektedir (Akgül ve ark., 2010). Bu çalışmada üretilen tüm levhalar kalınlığına şişme oranları bakımından TS 64-5 EN 622 (1999) (maksimum % 12) standartlarına göre incelendiğinde yalnızca % 50 oranındaki sap ilavesinin (E tipi levha-% 12.7) bu standartları karşılamadığı diğer oranlardaki sap ilavesinin ise bu standartlar içerisinde kaldığı gözlemlenmiştir. Vaks kullanımı, üretim parametrelerinin değişimi ve lif karışımının modifiye edilmesi gibi parametrelerin topçakandura sap destekli levhalarda su itici özelliği artırılabilir (Grigoriou ve ark., 2001). Endüstriyel tarımsal artıklardan üretilen levhaların kalınlığına şişme oranlarının yüksek olması tipik bir sonuçtur. Daha önceden yapılan bazı çalışmalarda % 20, 22, 24, 25, 25, 26 ve 27 kalınlığına şişme oranları sırasıyla keten (Kozłowski ve ark., 1987), tütün sapları (Kalaycıoğlu, 1992), pamuk sapları (Güler ve Özen, 2004), kenevir (Kozłowski ve ark., 1987), ayçiçeği sapları (Bektaş ve ark., 2005), pamuk karpelleri (Alma ve ark., 2005) ve çay bitkisi artıkları (Kalaycıoğlu, 1992) kullanılarak elde edilen levhalarda da daha yüksek kalınlığına şişme oranları elde edilmiştir.

Tablo 3. Üretilen levhaların fiziksel özelliklerine ilişkin Anova ve Duncan testi sonuçları
Table 3. Anova and Duncan test results for physical properties of produced boards

Fiziksel Özellikler	Levha Tipi	Süre (sa)	Ort. (%) ^a	Std. Sap.	Std. Hata	X _{Min} ^b	X _{Max} ^c	p ^d
Kalınlığına Şişme (%)	A	2	4.80 ^x	0.32	0.10	4.21	5.14	*
	B	2	6.42 ^y	0.64	0.20	5.53	7.68	*
	C	2	7.15 ^z	0.56	0.18	6.03	7.96	*
	D	2	8.18 ^t	0.63	0.20	7.22	8.99	*
	E	2	9.47 ^w	0.25	0.78	9.12	9.90	*
	A	24	7.96 ^x	0.62	0.20	7.12	8.88	*
	B	24	8.17 ^s	0.57	0.18	7.26	8.99	*
	C	24	9.47 ^y	0.46	0.15	8.45	9.99	*
	D	24	11.1 ^z	0.43	0.14	10.4	11.8	*
	E	24	12.7 ^t	0.50	0.16	12.0	13.7	*
Su Alma (%)	A	2	15.8 ^x	0.58	0.18	15.0	16.8	*
	B	2	15.9 ^x	0.42	0.13	15.1	16.6	*
	C	2	20.0 ^y	0.62	0.19	19.1	21.0	*
	D	2	27.3 ^z	0.99	0.31	26.0	28.8	*
	E	2	42.8 ^t	0.83	0.26	41.2	43.7	*
	A	24	43.0 ^x	0.72	0.23	41.8	43.9	*
	B	24	43.7 ^x	0.88	0.28	42.0	44.9	*
	C	24	47.1 ^y	0.85	0.27	45.5	48.5	*
	D	24	53.0 ^z	1.59	0.50	51.0	54.9	*
	E	24	73.3 ^t	0.52	0.16	72.6	74.1	*

^a 10 örneğin ortalama değeri. ^b Minimum değer; ^c Maximum değer; ^d Önem düzeyi; * 0.001 de önem düzeyi, ** 0.01 de önem düzeyi, *** 0.05 de önem düzeyi, NS; ANOVA için önemsiz; ^{x,y,z,t,w} Aynı harfle gösterilen harfler 0.05 önem düzeyinde istatistiki olarak aynıdır. (Duncan test).



Şekil 1. Üretilen levhaların fiziksel özellikleri
Figure 1. Physical properties of produced boards

Genel olarak, 2 ve 24 saatlik suda bekletme ölçümlerin her ikisinde de sap oranı yükseldikçe levhaların boyutsal kararlılığı daha da azalmaktadır (Şekil / Figure 1). Bu sonuç, odun lifleri ile topçakandura

saplarının kimyasal bileşimlerinden (Sjostrom, 1993) kaynaklanabilir. Düşük miktarda su itici lignin ve daha yüksek miktarda OH- gruplarına sahip karbonhidratların miktarlarının fazla olması topçakandura sap oranının arttığı levhalarda daha yüksek miktarlarda su çekmesine yol açmaktadır.

3.3. Üretilen Lif Levhaların Mekanik Özelliklerinin İrdelenmesi

Tablo 4’te üretilen lif levhaların, eğilme dayanımı, eğilmede elastikiyet modülü, levha yüzeyine dik çekme dayanımı, levha yüzeyine dik yönde janka sertlik ve vida tutma kabiliyeti değerleri için yapılan varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testleri sonuçları görülmektedir. Gerçekleştirilen istatistik analizler artan sap oranına bağlı olarak üretilen lif levhaların ortalama eğilme dayanımı, eğilmede elastikiyet modülü, levha yüzeyine dik çekme dayanımı, levha yüzeyine dik yönde janka sertlik ve vida tutma kabiliyeti değerleri arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir ($p < 0.001$).

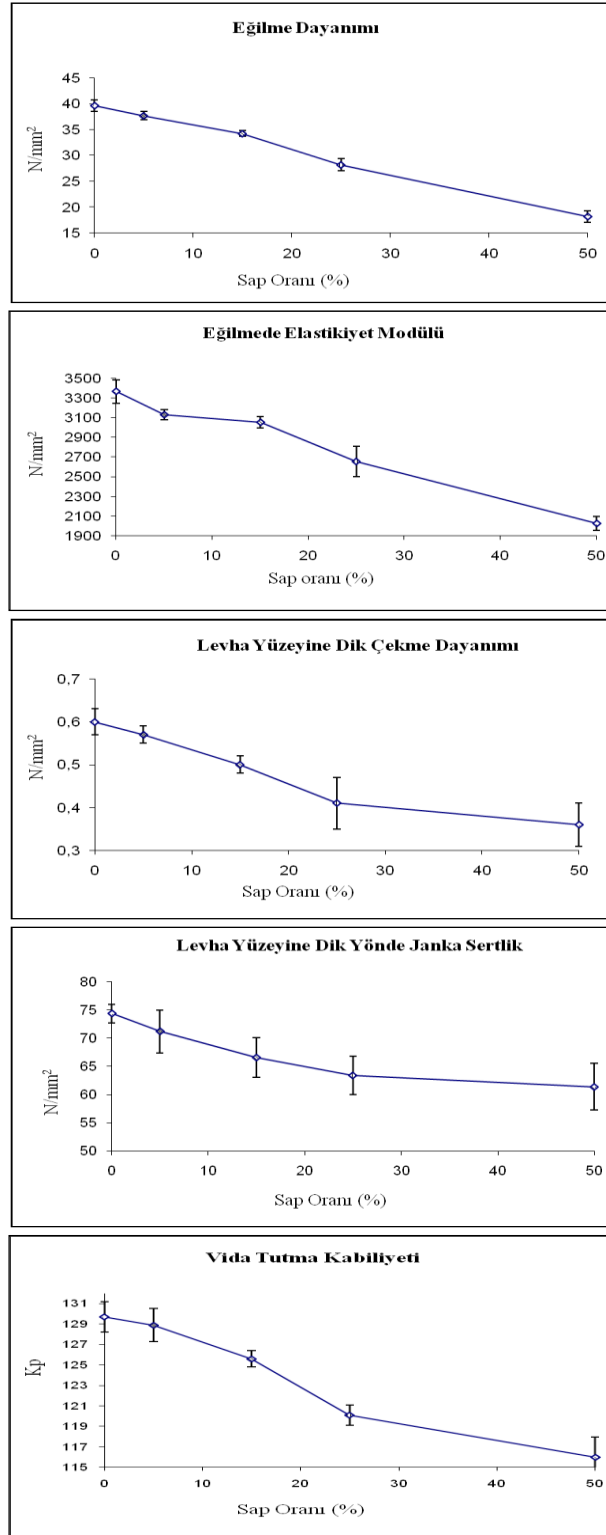
Lif levhaların eğilme dayanımı, eğilmede elastikiyet modülü, levha yüzeyine dik çekme dayanımı, levha yüzeyine dik yönde janka sertlik ve vida tutma kabiliyeti değerleri sırasıyla 39.6-18.2 N/mm², 3368.8-2024.6 N/mm², 0.60-0.36 N/mm², 74.4-61.4 N/mm² ve 129.7-116.0 Kp aralıklarında değişiklikler göstermiştir (Şekil / Figure 2).

Tablo 4. Üretilen levhaların mekanik özelliklerine ilişkin Anova ve Duncan testi sonuçları
Table 4. Anova and Duncan test results for mechanical properties of produced boards

Mekanik Özellikler	Levha Tipi	Ort. (%) ^a	Std. Sap.	Std. Hata	X _{Min} ^b	X _{Max} ^c	p ^d
Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	A	39.6 ^x	1.07	0.48	38.6	41.1	*
	B	37.7 ^y	0.83	0.37	36.9	38.9	*
	C	34.1 ^z	0.56	0.25	33.6	35.1	*
	D	28.1 ^t	1.14	0.51	27.0	29.9	*
	E	18.2 ^w	1.11	0.50	16.7	19.3	*
Eğilmede Elastikiyet Modülü (N/mm ²)	A	3368.8 ^x	119.7	53.5	3213.9	3541.9	*
	B	3132.3 ^y	49.6	22.2	3089.5	3217.9	*
	C	3053.3 ^y	56.5	25.3	2987.9	3110.8	*
	D	2655.9 ^z	152.6	68.2	2448.3	2812.3	*
	E	2024.6 ^t	69.4	31.1	1956.9	2136.3	*
Levha Yüzeyine Dik Çekme Dayanımı (N/mm ²)	A	0.60 ^x	0.03	0.01	0.58	0.64	*
	B	0.57 ^x	0.02	0.01	0.55	0.60	*
	C	0.50 ^y	0.02	0.01	0.48	0.54	*
	D	0.41 ^z	0.06	0.03	0.33	0.48	*
	E	0.36 ^t	0.05	0.02	0.30	0.42	*
Levha Yüzeyine Dik Yönde Janka Sertlik (N/mm ²)	A	74.4 ^x	1.67	0.74	73.0	77.0	*
	B	71.2 ^x	3.77	1.69	67.0	77.0	*
	C	66.6 ^y	3.51	1.57	62.0	71.0	*
	D	63.4 ^{yz}	3.44	1.54	60.0	68.0	*
	E	61.4 ^z	4.16	1.86	57.0	68.0	*
Vida Tutma Kapasitesi (Kp)	A	129.7 ^x	1.49	0.67	128.0	131.2	*
	B	128.9 ^x	1.61	0.72	126.6	130.2	*
	C	125.8 ^y	0.79	0.35	124.6	126.5	*
	D	120.1 ^z	0.98	0.44	118.9	121.3	*
	E	116.0 ^t	1.94	0.87	113.6	118.9	*

^a 10 örneğin ortalama değeri. ^b Minimum değer; ^c Maximum değer, ^d Önem düzeyi; * 0.001 de önem düzeyi, ** 0.01 de önem düzeyi, *** 0.05 de önem düzeyi, NS; ANOVA için önemsiz; ^{x,y,z,t,w} Aynı harfle gösterilen harfler 0.05 önem düzeyinde istatistik olarak aynıdır. (Duncan test).

Bu çalışmada üretilen tüm levhalar eğilme dayanımı (minimum 20 N/mm²) ve eğilmede elastikiyet modülü (minimum 2200 N/mm²) bakımından TS 64-5 EN 622 (1999) standartlarına göre incelendiğinde yalnızca % 50 oranındaki sap ilavesinin (E tipi levha-18.2 ve 2024.6 N/mm²) bu standartları karşılamadığı diğer oranlardaki sap ilavesinin ise bu standartlar içerisinde kaldığı gözlemlenmiştir. Üretilen tüm levhalar levha yüzeyine dik çekme dayanımı (minimum 0.55 N/mm²) bakımından TS 64-5 EN 622 (1999) standartlarına göre incelendiğinde ise yalnızca % 5 oranındaki sap ilavesinin (B tipi levha-0.57 N/mm²) bu standartları karşıladığı tespit edilmiştir.



Şekil 2. Üretilen levhaların mekanik özellikleri
Figure 2. Mechanical properties of produced boards

Odun lifi/sap karışımında sap oranındaki artma üretilen levhaların tüm direnç özelliklerini düşürmektedir. Benzer sonuçlar fındık zurufu (Copur ve ark., 2007) ve fıstık kabuğu (Akgül ve Tozluoğlu, 2008) gibi diğer tarımsal artıkların farklı oranlarda lif levha üretimlerinde kullanılmaları durumlarında da gözlemlenmiştir. Lif levhaların direnç özellikleri bireysel liflerin mekanik ve fiziksel özellikleriyle ve liflerin levha taslağındaki oryantasyonuyla yakından ilgili olup, artan sap oranına bağlı olarak direnç değerlerinde meydana gelen düşüşler topçakandura saplarının küçük boyutları ve buna bağlı olarak daha düşük lif en/boy oranı ve daha zayıf lif-lif temasıyla açıklanabilir (Groom ve ark., 1999). Öte yandan üretilen levhaların levha yüzeyine dik yönde janka sertlik ve vida tutma kabiliyeti değerleri % 5 sap ilaveli lif levhalarda minimal seviyede azalma gösterirken artan sap oranının daha fazla miktarlarda düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR

Topçakandura saplarının kimyasal özellikleri diğer bazı yıllık bitki türleriyle benzerlik göstermektedir. Üretilen tüm levhalar kalınlığına şişme oranları bakımından TS 64-5 EN 622 (1999) standartlarına göre incelendiğinde yalnızca % 50 oranındaki sap ilavesinin bu standartları karşılamadığı diğer oranlardaki sap ilavesinin ise bu standartlar içerisinde kaldığı gözlemlenmiştir. Öte yandan üretilen tüm levhalar eğilme dayanımı ve eğilmede elastikiyet modülü bakımından TS 64-5 EN 622 (1999) standartlarına göre incelendiğinde yalnızca % 50 oranındaki sap ilavesinin bu standartları karşılamadığı diğer oranlardaki sap ilavesinin ise bu standartlar içerisinde kaldığı gözlemlenmiştir. Üretilen tüm levhalar levha yüzeyine dik çekme dayanımı bakımından TS 64-5 EN 622 (1999) standartlarına göre incelendiğinde ise yalnızca % 5 oranındaki sap ilavesinin bu standartları karşıladığı tespit edilmiştir. Üretilen levhaların levha yüzeyine dik yönde janka sertlik ve vida tutma kabiliyeti değerleri % 5 sap ilaveli lif levhalarda minimal seviyede azalma gösterirken diğer tüm levhalarda artan sap oranının daha fazla miktarlarda azalmaya neden olmuştur.

Elde edilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde, topçakandura saplarının odun hammaddesi ile belirli oranlarda kombine edilerek lif levha üretiminde kullanılabileceği açıkça görülmektedir. Çalışma göstermiştir ki topçakandura sapları da lif levha üretiminde yerini almıştır. Ayrıca üretilen levhalar üzerinde uygulanan analizler doğrultusunda da verimli olarak kullanılabilirliği test edilmiştir.

Hiçbir ekonomik değeri olmayan, arazide çürümeye terk edilen yada toplanıp yakılarak bertarafı düşünülen bu tarz yıllık bitki veya tarımsal atık hammadde kaynaklarının kullanımıyla bir yandan levha sektörünün odun hammaddesi ihtiyacının azaltılabileceği, diğer yandan bu hammadde kaynaklarının neden oldukları çevresel problemlerin engellenebileceği düşünülmektedir. Atıl durumda bulunan bu hammadde kaynaklarının lif levha üretiminde kullanılması hem laboratuvar ortamında hem de ticari olarak büyük önem kazanmaktadır. Fakat tarımsal atıkların toplanması, taşınması ve depolanmasındaki maliyetlerin yüksek olması bunların orman endüstrisinde kullanılmasında engel olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Akgül, M., 1997. Buğday (*Triticum aestivum* L.) Saplarından Organosolv Yöntemle Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Akgül, M., Güler, C., 2002. Orman artıkları, yıllık bitki, tarımsal ve fabrikasyon atıklarının orman ürünleri endüstrisinde değerlendirilmesi. GAP IV Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, Şanlıurfa, 06-08 Haziran 2002.
- Akgül, M., Tozluoğlu, A., 2008. Utilizing peanut husk (*Arachis hypogaea* L.) in the manufacture of medium-density fiberboards. *Bioresource Technology* 99: 5590-5594.
- Akgül, M., Güler, C., Çöpür, Y., 2010. Certain physical and mechanical properties of medium density fiberboards manufactured from blends of corn (*Zea mays indurata* Sturt.) stalks and pine (*Pinus nigra*) wood. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 34: 197-206.
- Alma H.A., Kalaycıoğlu, H., Bektaş, İ., Tutuş, A., 2005. Properties of cotton carpel-based particleboards. *Industrial Crops and Products* 22: 141-149.

ASTM D-1037-12, 2012. Standard Methods of Evaluating the Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, The American Society for Testing and Materials, USA.

Aitchison, J.E., 1989. New Developments in non-wood plant fiber pulping-A global perspective. Wood and Pulping Chemistry Symposium. Tappi Proceedings, New Orleans, May 1989, pp. 452-472.

Ateş, S., Deniz, İ., Kırıcı, H., Atik, C., Okan, O.T., 2015. Comparison of pulping and bleaching behaviors of some agricultural residues. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 39: 144-153

Bektaş, I., Guler, C., Kalaycioglu, H., Mengeloglu, F., Nacar, M., 2005. The manufacture of particleboards using sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and poplar wood (*Populus alba* L.). *Journal of Composite Materials* 39 (5): 467-473.

Copur, Y., Guler, C., Akgul, M., Tascioglu, C., 2007. Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Building and Environment* 42 (7): 2568-2572.

Eroğlu, H., İstek, A., 2000. Medium density fiberboard (MDF) manufacturing from wheat straw (*Triticum aestivum* L.). *Inpaper International* 4: 11-14.

Fengel, D., Wegener, G., 1989. Ultrastructure, Reactions. In: Wood Chemistry, Walter de Gruyter & Co., Berlin.

Gencer, A., Eroğlu, H., Ozen, R., 2001. Medium density fiberboard manufacturing from cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.). *Inpaper International* 5: 26-28.

Grigoriou, A., Passialis, C., Voulgrandis, E., 2001. Experimental particleboard from kenaf plantations grown in Greece. *Holz als Roh- und Werkstoff* 58: 309-316.

Groom, L., Mott, L., Shaller, S., 1999. Relationship between fiber furnish properties and the structural performance of MDF. In: Wolcott, M., Tichy, J.R., Bender, A.D. (Eds.), 33rd International Particleboard/ Composite Materials Symposium Proceedings, Pullman, WA, USA, 13-15 April 1999, pp. 89-100.

Güler, C., Özen, R., 2004. Some properties of particleboards made from cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.). *Holz als Roh-und Werkstoff* 62: 40-43.

Kalaycioglu, H., 1992. Utilization of crops residues on particleboard production. In Proc. ORENKO 92, First Forest Products Symp. Karadeniz Technical Univ., Faculty of Forestry, Trabzon, Turkey, 22-25 Eylül 1992, pp. 288-292.

Kırıcı, H., 1996. Soda- Oksijen Yöntemiyle Göl Kamışından (*Phragmites communis* L.) Kağıt Hamuru Üretim Koşullarının Belirlenmesi, K.T.Ü araştırma Fonu, No: 95.113.002.6, Trabzon.

Kozłowski, R., Piotrowski, R., 1987. Produkcja Plyt Pazdzierzowo-Trocinowych (Flax Shives Saw Dust Production) Prace Instytutu Krajowych Włókien Naturalnych (Works of the Institute of Natural Fibers), 31: 132-142.

OAİB, 2015. Levha sanayi sektör raporu 2015. <http://www.turkishwood.org/> (Erişim tarihi: 10.01.2016).

Özen, R., Kalaycioglu H., Güler, C., 2002. Yonga levha üretiminde alternatif hammaddelerin kullanılması ve genel bir değerlendirme. II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, Bildiriler Kitabı, Artvin, 15-17 Mayıs 2002, pp. 858-867.

Sjostrom, E., 1993. Wood Polysaccharides, Lignin, and Pulping Chemistry. In: Wood Chemistry: Fundamentals and Applications. Academic Press, New York, pp. 51-146.

TAPPİ T 257 cm-02, 2002. Sampling and preparing wood for chemical analysis, TAPPI Press, Atlanta, GA.

TAPPİ T 203 cm-09, 2015. Alpha-, beta-, and gamma-cellulose in pulp, TAPPI Press, Atlanta, GA.

TAPPİ T 13 wd-74, 2015. Lignin in wood, TAPPI Press, Atlanta, GA.

TAPPİ T 211 om-85, 2002. Ash in wood and pulp, TAPPI Press, Atlanta, GA.

TAPPİ T 6 wd-73, 2015. Alcohol-benzene solubility of wood, TAPPI Press, Atlanta, GA.

TAPPİ T 212 om-02, 2002. One percent sodium hydroxidesolubility of wood and pulp, TAPPI Press, Atlanta, GA.

TAPPİ T 207 om-88, 1988. Water solubility of wood and pulp, TAPPI Press, Atlanta, GA.

TS-642-ISO 554, 1997. Conditioning and/or standard atmospheres for trial and Standard reference atmosphere. TSE, Ankara.

TS EN 326-1, 1999. Wood-Based panels-sampling, cutting and inspection-part 1: Sampling test pieces and expression of test results. TSE, Ankara.

TS-EN 325, 1999. Wood-Based panels- Determination of dimensions of test pieces. TSE, Ankara.

TS-EN 317, 1999. Particleboards and fiberboards, determination of swelling in thickness after immersion. European Standardization Committee, Brussels.

TS-EN 310, 1999. Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. European Standardization Committee, Brussels.

TS-EN 319, 1999. Particleboards and fiberboards, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board. European Standardization Committee, Brussels.

TS 64-5 EN 622, 1999. Fiberboards–Specifications –Part 5: Requirements for dry process boards (MDF). TSE, Ankara.

Wise, E.L., Karl, H.L., 1962. Cellulose and Hemicellulose in Pulp and Paper Science and Technology. Vol: I, Pulp, Edited by C. Earl Libby. McGraw-Hill Book C