

Cam ve Bambu Lifleriyle Takviyelendirilmiş Vinilester Kompozitlerinin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Ilyas Kartal^{1*}, Gülşah Naycı² ve Halil Demirer³

¹ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği/Teknoloji Fakültesi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

² Metalurji ve Malzeme Mühendisliği/Fen Bilimleri Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

³ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği/Teknoloji Fakültesi, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

*ilyaskartal@marmara.edu.tr

Özet – Son yıllarda artan çevresel kaygılar, azalan kaynaklar gibi önemli problemlere çözüm bulma isteği sonucunda, bileşenleri yenilenebilir kaynaklardan gelen kompozit (yeşil kompozit) üretimi yapmak önem kazanmıştır. Yapılan çalışmaların birçoğu, bitkisel liflerle takviyelendirilmiş polimer matrisli kompozit malzemeler üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmada, açık Teflon kalıp kullanılarak dört tip kompozit malzeme üretilmiştir; matris malzemesi olarak vinilester reçinesi, takviye malzemesi olarak ise bambu ve cam lifleri kullanılmıştır. Kompozitlerde bambu lifi-vinilester, cam lifi- vinilester, bambu+cam lifi-vinilester grubu için lif/reçine ağırlık oranı %12 olarak belirlenmiştir. İlave olarak lif/reçine ağırlık oranı %24 olan bambu+cam lifi-vinilester kompoziti hazırlanmıştır. Kompozitte bambu ve cam lifi takviyesinin karşılaştırılması, bambu+cam lifinin beraber kullanılmasının etkisi gibi araştırmaların yanı sıra lif ağırlık oranının etkisi de araştırılmıştır. Kompozit numuneler; çekme, 3 nokta eğme, darbe ve sertlik testlerine tabi tutulup, sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Yeşil kompozitler, Vinilester reçinesi, Bambu lifi, Cam lifi

Investigation of Mechanical Properties of Glass and Bamboo Fiber Reinforced Vinylester Composites

Abstract- As a result of the desire to find solutions to important problems such as increasing environmental concerns and decreasing resources in recent years, it has become important to produce composite (green composite) whose components are from renewable sources. Many studies have focused on polymer matrix composite materials reinforced with plant fibers. In this study, four types of composite materials were produced by using open Teflon molds. Vinylester resin was used as matrix material and bamboo and glass fibers were used as reinforcement material. The weight ratio of fiber / resin was determined as 12% for composites of bamboo fiber-vinylester, glass fiber-vinylester, bamboo + glass fiber-vinylester group. In addition, the bamboo + glass fiber-vinylester composite was prepared which had a fiber / resin weight ratio of 24%. The effects of fiber weight ratio as well as research on the comparison of bamboo and glass fiber reinforcement in the composition and the effect of the use of bamboo + glass fiber were investigated. Tensile, 3 point bending, impact and hardness tests were performed and the results were compared.

Keywords – Green composites, Vinylester resin, Bamboo fiber, Glass fiber

I. GİRİŞ

Kompozit malzemeler; farklı durumlara uyarlanabilme özellikleri, spesifik amaçlara hizmet etmek ve arzu edilen özellikleri sergilemek üzere diğer malzemelerle birleşim kolaylığı nedeniyle en yaygın kullanılan malzemelerden biridir. Havacılık, uzay ve savunma sanayi, kara ve deniz taşıtları, spor malzemeleri, inşaat, alt yapı ve enerji sektörü gibi çok geniş ve çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. [1]

Kompozit malzemelerin birçok avantajı olsa da petrol esaslı geleneksel kompozitler toksiktirler ve biyolojik olarak parçalanamazlar. Kullanım ömrünü tamamlamış geleneksel kompozit malzemelerin geri dönüştürülmeleri zor ve pahalıdır, bazen gömülerek bazen de yakılarak imha edilirler.

İmha edilen malzemelerin oluşturduğu kirlilik ve hızla azalmakta olan doğal kaynaklar ise gelecek için büyük sorun oluşturmaktadır. Bu sebeple son yıllarda çevresel endişeler ve yasal mercilerin talepleriyle birlikte; çevre dostu, sürdürülebilir hammaddelere olan ilgi de artmıştır. Mühendislik uygulamalarındaki kompozitlerde takviye malzemesi olarak doğal liflerin, başta cam elyaf olmak üzere diğer sentetik liflerin yerine kullanımı hızla yaygınlaşmış, yeşil kompozitler kavramı giderek önem kazanmaya başlamıştır. [2,3]

Yeşil kompozitler, bileşenlerden en az birinin (matris veya takviye), doğal kaynaklardan elde edildiği özel bir kompozit sınıfıdır. Ana bileşenlerinden biri; takviye malzemeleri olarak kullanılan doğal / biyo-fiberlerdir. Bu takviye edici malzeme,

kompozitin matrisi içine gömülür ve kompozit malzemenin süreksiz veya dağılmış fazını oluşturur. Uygulanan yükü ve gerilimi taşır, kompozitlere sertlik ve mukavemet de dahil olmak üzere geliştirilmiş mekanik özellikler kazandırır. Bir diğer önemli bileşen ise matris veya sürekli faz olarak hareket eden, yeşil bileşiğin zorlayıcı özelliklerini belirlemede önemli rol oynayan polimerlerdir. Bunlar bileşke koruma sağlayarak; çevresel ve kimyasal saldırılara karşı koruma, takviye materyallerini bir arada tutma, yükü ve gerilimi takviyeye aktarma gibi önemli özelliklere sahip olmaktadır. [4,5,6]

Tablo 1. Doğal liflerin sentetik lifler ile karşılaştırılması [7,8]

Özellikleri	Doğal Lifler	Sentetik Lifler
Kaynak	Sonsuz	Sınırlı
Yenilebilirlik	Yenilebilir	Yenilemez
Geri Dönüşüm	İyi	İlmlı
Parçalanabilirlik	Parçalanabilir	Parçalanamaz
Co ₂ Nötr	Evet	Hayır
Yoğunluk	Düşük	Yüksek
Mekanik Özellikler	Orta Dereceli	Yüksek
Nem Duyarlılığı	Yüksek	Düşük
Termal Hassasiyet	Yüksek	Düşük
Aşındırıcılık	Düşük	Yüksek
Zehirlilik	Zehirli Değil	Zehirli
Maliyet	Düşük	Yüksek
Enerji Tüketimi	Düşük	Yüksek

Geleneksel petrol türevi polimerlerin yol açtığı atık problemlerine olası bir çözüm olması sebebiyle, doğal liflerden ve biyolojik olarak parçalanabilir polimerlerden gelen yeşil kompozitlerin, 21. yüzyılda çevre sorununa önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca yenilenebilir kaynaklardan elde edilen yeşil kompozitler, azalan petrol kaynakları için de umut verici bir potansiyeldir. Tüm bu olumlu özellikleriyle, yeni çevre dostu polimerik kompozit malzeme olarak ortaya çıkan yeşil kompozitler, ticari ve mühendislik uygulamalarında tekno-ekonomik avantajlar sunmakta ve global pazardan çok yüksek bir baskıya sahip olmaktadır. Bu sebeple günümüzde, bilim insanları ve araştırmacılar için, mevcut pazarda bulunan çeşitli polimerlerin özelliklerini ve uygunluğunu, yeşil kompozit için matris malzemesi olarak kullanılıp kullanılmayacaklarını araştırmak gittikçe önem kazanmaktadır. [9,10]

Bu çalışmada matris malzemesi olarak vinilester polimeri, takviye elemanı olarak bambu ve cam lifi kullanılmıştır.

Vinilester reçineleri, bir epoksi ile doymamış asitin reaksiyona girmesiyle elde edilmektedir. Stiren monomerinde çözülmüş metakrilik asit ve bisfenol A (BPA) epoksi reçinesinin reaksiyonu vinilesterlerin en yaygın versiyonudur. Vinilesterler çevre koşullarına dayanıklılığı ile bilinmektedir. Çünkü yüksek reaktiviteleri tam kürlenmeye polyesterlerden daha kolay ve daha hızlı ulaşmaktadır. Vinilester reçineler, epoksi reçinelerin avantajları ile doymamış polyester reçinelere özgü kolay işleme/hızlı sertleşme gibi özellikleri

birleştirmek üzere geliştirilmiştir. Aynı zamanda mekanik dayanım ve mükemmel korozyon dayanımı sağlamaktadır. Bu üstün özellikleri sayesinde epoksi reçinelerdeki gibi karmaşık proses veya özel kullanım becerisi gerektirmezler. [11,12,13]

Literatürde birçok bitkisel lif takviyeli kompozit çalışması mevcuttur. Yapılan çalışmaların birinde sürekli bambu ve keten lifi takviyesinin vinilester matrisli kompozitlerin darbe mukavemeti üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda bambu ve keten liflerinin oranının artmasıyla Izod darbe mukavemetinin önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. [14]

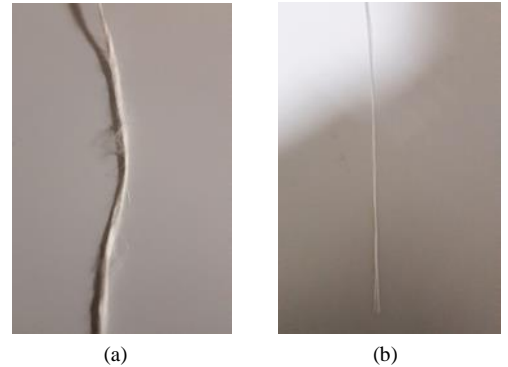
Bambu fiber ekstraksiyonu ve güçlendirilmiş polimer kompozit adlı çalışmada ise bambunun yüksek büyüme oranı, dayanıklılık gibi özellikleriyle diğer bitkisel liflerden daha avantajlı olduğu ve yine bambunun hafifliği, biyolojik olarak parçalanabilirliği ve düşük maliyeti nedeniyle cam lifi ile karşılaştırılabilir olduğu sonuçlarına varılmıştır. [15]

Bir başka çalışmada bambu elyaf takviyeli kompozit yapılar ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre bambu elyaf takviyeli kompozitlerde, 3mm ve üstü uzunluklarda lif kullanımının kompozit yapıların mekanik özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür. Genel sonuç olarak, bambu elyaf takviyeli üretilen kompozit yapıların oldukça iyi mekanik özelliklere sahip olduğu çıkarımına varılmıştır. [16]

II. MALZEME VE YÖNTEM

A. Malzemeler

Bu çalışmada takviye malzemesi olarak yüzey işleme görmemiş 10 mikron çapında bambu ve 14 mikron çapında cam lifleri kullanılmıştır.



Şekil 1. Çalışmada Kullanılan Bambu (a) ve Cam (b) Lifleri

Matris malzemesi olarak, el yatırma yöntemi için en ideal olan Bisphenol-A epoksi esaslı vinilester reçinesi (E275-Erco Ece Boya, İstanbul) seçilmiştir. Reaksiyon başlatıcı olarak ise %50 aktif metil etil keton peroksit (Erco Ece Boya, İstanbul) kullanılmıştır. Hızlandırıcı olarak kullanılan kobalt naftalat reçine bünyesinde bulunduğu için haricen kullanılmamıştır. Ayrıca standart çekme, üç nokta eğme, darbe ve sertlik numunelerini hazırlamak için Teflon kalıp kullanılmıştır.

B. Yöntem

Bu çalışmada, açık kalıp kullanılarak dört tip kompozit malzeme üretilmiştir. Kompozitlerin üçü; bambu lifi- vinilester, cam lifi- vinilester, bambu+ cam lifi- vinilester kombinasyonlarında olup, lif/reçine ağırlık oranı %12 olarak belirlenmiştir. Bunlara ek olarak bir de lif/reçine ağırlık oranı %24 olan bambu+cam lifi- vinilester kompoziti hazırlanmıştır.

Liflerin reçineye oranı ağırlıkça %12 olan üç kompozitle beraber lif oranı iki katına çıkarılarak yeni tipte bir kompozit üretilmesiyle, kompozitte bambu ve cam lifi takviyesinin karşılaştırılması, bambu+cam lifinin beraber kullanılmasının etkisi gibi araştırmaların yanı sıra lif ağırlık oranının etkisi de incelenmiştir.

Çalışmada üretilen kompozitler için öncelikle kullanılacak lifler ağırlıkça hesaplanmış, lif/reçine ağırlık yüzde oranları dikkate alınmıştır. Her bir kompozit üretimi için lifler Teflon kalıba yerleştirilmiştir. Vinilester reçinenin sertleşebilmesi için %2 oranında metil etil keton peroksit sertleştirici ilave edilmiştir. Hazırlanan sıvı karışım, düzgün bir yüzey üzerindeki kalıba yerleştirilmiş liflerin üzerine dökülmüştür. Liflerin düzgün durması için gerektiğinde müdahale edilmiştir. Kür uygulaması için numuneler oda sıcaklığında 16 saat boyunca bekletildikten sonra kalıptan çıkarılmıştır. Numuneler çekme, 3 nokta eğme, darbe ve sertlik testlerine tabi tutulup mekanik özellikleri incelenmiş ve test sonuçları grafiklerle yorumlanmıştır.

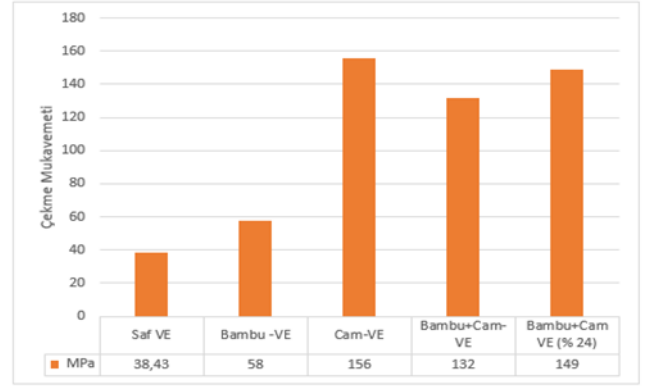
C. Mekanik Testler

ISO 527 standardına göre hazırlanan numunelerin çekme deneyi, Zwick Z010 universal çekme cihazında 5 mm/dakika çekme hızı ile yapılmıştır. ISO 179 standardına göre hazırlanan numunelerin üç nokta eğme testi de Zwick Z010 model cihaz da 5 mm/dakika hızla yapılmıştır.

ISO 180 standardına göre hazırlanan çentiksiz numunelerin darbe mukavemeti, Zwick B5113.30 darbe cihazında 5,4 J'lük Izod çekici kullanılarak test edilmiştir. Sertlik ölçümleri Zwick Shore D cihazında, 15 sn. süre beklenilerek yapılmıştır. Yapılan testlerde her bir grup için 5 numune hazırlanmış olup ortaya çıkan değerlerin ortalaması alınmıştır.

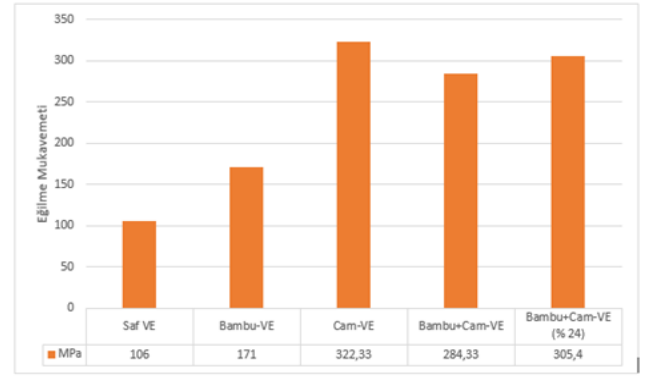
III. SONUÇLAR

Çekme mukavemetinin lif türüne ve oranına göre değişimi şekil 2'de verilmiştir. Çekme mukavemeti değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek çekme mukavemetine cam lifi ile takviyelendirilmiş vinilester kompozitinin ulaştığı, onu bambu+cam lifi vinilester (lif/reçine oran %24) kompozitinin takip ettiği görülmektedir. En düşük çekme mukavemetine sahip olan kompozit ise lif/reçine oranı %12 olan bambu+cam lifi vinilester kompozitidir. En düşük çekme mukavemeti değeri saf vinilesterde görülmüştür. Yine bu sonuca göre, lif ağırlık oranının artmasıyla çekme mukavemetinde bir artma meydana geldiği de görülmektedir.



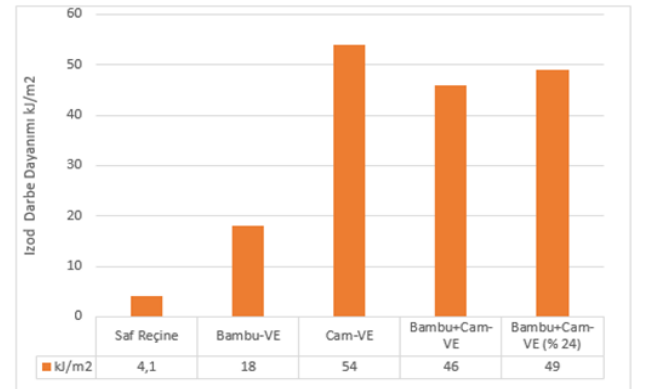
Şekil 2. Çekme Mukavemetinin Lif Türüne ve Oranına Göre Değişimi

Üç nokta eğilme mukavemetinin lif türüne ve oranına göre değişimi şekil 3'te verilmiştir. Eğilme mukavemetleri karşılaştırıldığında en yüksek eğilme mukavemetine cam lifli vinilester kompozitinin ulaştığı görülmektedir. Saf vinilester reçinesi en düşük eğilme mukavemetine sahiptir. Bambu ilavesi ile eğilme mukavemetinde bir artış meydana geldiği görülmektedir.



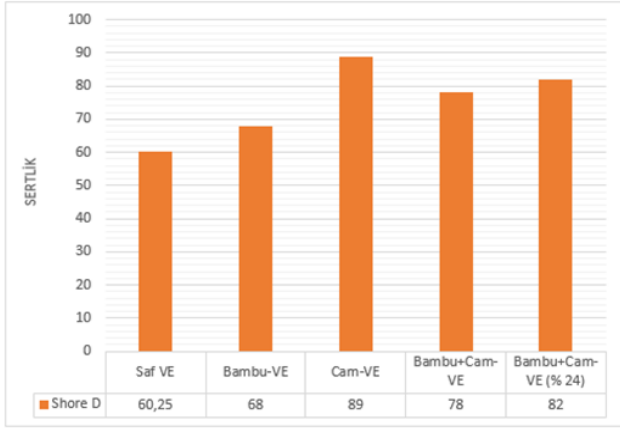
Şekil 3. Eğilme Mukavemetinin Lif Türüne ve Oranına Göre Değişimi

Izod darbe dayanımının lif türüne ve oranına göre değişimi şekil 4'te verilmiştir. Bambu ilavesi ile darbe direncinde artış meydana gelmiştir. En yüksek darbe mukavemetinin cam ilaveli (lif/reçine oran %24) kompozitte olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Izod Darbe Dayanımının Lif Türüne ve Oranına Göre Değişimi

Shore D sertlik değerinin lif türüne ve oranına göre değişimi şekil 5’da verilmiştir. Sertlik değerleri incelendiğinde en yüksek değer cam lifi takviyeli vinilester kompozitine ait olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Shore D Sertlik Değerinin Lif Türüne ve Oranına Göre Değişimi

IV. TARTIŞMA

Elde edilen çekme testi sonuçlarına göre; en yüksek çekme dayanımına sahip kompozitin cam lifi-vinilester kompoziti olmasına karşın bambu ve cam lifinin birlikte kullanıldığı (lif/reçine oran %24) kompozit ile de bu değere oldukça yaklaşıldığı ve lif ağırlık oranının artmasıyla çekme mukavemetinde bir artma meydana geldiği görülmüştür. Eğilme testi sonucunda elde edilen eğilme mukavemeti değerleri incelendiğinde; bambu+cam lifinin birlikte kullanımının bambu lifinin tek kullanımından daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Darbe dayanımı en yüksek olan kompozit cam lifi-vinilester iken, sertlik değeri en yüksek olan kompozit yine cam lifi-vinilester kompoziti olarak görülmüştür. Böylece bambunun sentetik liflerle beraber kullanılabilmesi değerlendirilmiştir. Yine bambunun sağladığı mekanik özelliklerin yeterli olacağı durumlarda kullanılabilir olduğu değerlendirilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] B. C. Kandpal, R. Chaurasia, V. Khurana, “Recent Advances in Green Composites – A Review”, International Journal For Technological Research In Engineering (IJTRE) vol. 2, Issue 7, March. 2015.
- [2] C. Santulli, F. Sarasini, J. Tirillò, T. Valente, M. Valente, A. P. Caruso, M. Infantino, E. Nisini, G. Minak, “Mechanical Behaviour of Jute Cloth/Wool Felts Hybrid Laminates”, Materials and Design, vol. 50, pp. 309–321, Sep. 2013.
- [3] L. Yan, N. Chouw, K. Jayaraman, (2014). “Flax Fibre and Its Composites”, Composites: Part B Engineering (Compos Part B- Eng)”, vol. 56, pp. 296-317, August 2014.
- [4] A. K. Mohanty, M. Misra, L. T.Drzal, “Sustainable Bio-Composites from Renewable Resources: Opportunities and Challenges in the Green Materials World”, Journal of Polymers and the Environment, vol. 10, pp. 19-26. April 2002.
- [5] Z. Karim, S. Afrin, “Nanocellulose as Novel Supportive Functional Material for Growth and Development of Cells”, Cell Development Biology, vol.4, Issue, Jun. 2015.

- [6] Z. Karim, S. Afrin, Q. Husain, R. Danish, “Necessity of Enzymatic Hydrolysis for Production and Functionalization of Nanocelluloses”, Critical Reviews in Biotechnology, vol.6, pp. 1–16, 2016.
- [7] K. Oksman, M. Skrifvars, J. F. Selin, “Natural Fibres as Reinforcement in Polylactic Acid (PLA) Composites”, Computer Science and Technology, vol. 63, pp. 1317–1324, 2013.
- [8] D. B. Dittenber, H. V. S. Gangarao, “Critical Review of Recent Publications on Use of Natural Composites in Infrastructure”, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, vol.43, pp. 1419-1429, 2012.
- [9] V.K. Thakur M. K. Thakur, R. K. Gupta, “Review: Raw Natural Fiber-Based Polymer Composites”, International Journal of Polymer Anal. Charact. (IJPAC), vol. 19, pp. 256–271, 2014.
- [10] W. Paul, I. Jan, V. Ignaas, “Natural Fibers: Can They Replace Glass in Fiber Reinforced Plastics?”, Comput Sci Technol, vol. 63, pp.1259–1264, 2003.
- [11] L.T. Blankenship, M.N.White, P.M. Puckett, “Vinyl Ester Resins: For Composites,” Dow Chemical U.S.A, Freeport, Texas, pp. 1-36., 1989.
- [12] B.T. Astrom, “Manufacturing of Polymer Composites,” Department of Aeronautics, Royal Insitute of Technology, Chapman & Hall, pp. 1-175, 1997.
- [13] Composites Turkey, vol:13, pp. 43, Haziran 2016,
- [14] H. Yöney, S. M. Yükseloğlu, H. Demirel, “Keten Lif Takviyesinin Vinilester Matrisli Kompozitlerin Darbe Mukavemeti Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi”, II. Ulusal Polimer Bilim ve Teknolojisi Kongresi ve Sergisi, 30 Nisan-2 Mayıs 2008, p.28.
- [15] P. Zakikhani, R. Zahari, M. T. H. Sultan, D. L. Majid, Bamboo Fibre Extraction and Its Reinforced Polymer Composite Material, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Materials and Metallurgical Engineering Vol:8, No:4, 2014.
- [16] S. M. Yükseloğlu, H. Yöney, “Bamboo Fibre Reinforced Composite Structures and their Mechanical Properties”, Textile and Apparel, vol.19, pp. 261-264, 2009.