

## UZAK KIZILÖTESİ IŞIN YAYAN KUMAŞ VE İPLİKLER

Ismail YUCE\*

Trakya Üniversitesi, Edirne Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Edirne, Türkiye

**Özet** Uzak kızılötesi ışınım (FIR), 5,6-1000 mikron arasındaki dalga boylarını içeren ışınlar olarak adlandırılırlar. Bu ışınlar güneş ışınları, insan vücudu, metaller ve bazı mineraller tarafından saçılmaktadır. Uzak kızılötesi ışınların insan vücudu üzerinde olumlu etkileri olduğu belirtilmiş ve özellikle uzak doğu ülkeleri tarafından alternatif tıp alanında bu ışınlar değerlendirilmektedir. Bu makale derleme bir çalışma olup çalışmada amaçlanan, uzak kızılötesinin insan sağlığı üzerine faydalarını ve bu ışınları yayma özelliğine sahip iplik ve kumaşları incelemektir. Makalenin birinci kısmında uzak kızılötesi ışınlar tanıtarak, bunların insan sağlığı üzerine etkileri incelenmiş ve biyoseramikler hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde ise uzak kızılötesi özellik kazandırılmış iplik ve kumaşlar üzerinde durulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Uzak kızılötesi; biyoseramik; iplik; medikal tekstil

### FAR INFRARED RAY EMITTING FABRIC AND YARNS

**Abstract:** Far infrared radiation (FIR) is referred to as rays containing wavelengths between 5.6 and 1000 microns. These rays are emitted by sun rays, human body, metals and some minerals. Far infrared rays have been shown to have positive effects on the human body and especially these rays are used especially in the field of alternative medicine by far eastern countries. This article is a review study and the purpose of the study is to examine the benefits of far infrared on human health and the yarns and fabrics that have the ability to radiate these rays. In the first part of the article, far infrared rays are introduced, their effects on human health are examined and information about bioceramics is given. In the second chapter, focused on far-infrared irradiated yarns and fabrics.

**Keywords:** Far infrared ray; bioceramic; yarn; medical textile

### 1. GİRİŞ

Uzak kızılötesi ışınlar kızılötesi ışınların bir çeşididir. Kızılötesi (Kızılaltı, IR veya Infrared) ışınım, dalga boyu görünür ışıktan uzun, fakat terahertz ve mikrodalgalardan daha kısa olan elektromanyetik ışınımdır. Kızılötesi ışık, 710 nm - 1 mm arasındaki dalga boylarına sahip ışınları kapsar. Kızılötesi ışınım üç farklı bölgede incelenebilir. Bunlar: Yakın kızılötesi (NIR), orta kızılötesi (MIR) ve uzak kızılötesi (FIR) ışınımlardır. Güneş ışığının; %47'si kızılötesi, %46'sı görünür ışık ve %7'si morötesi ışınımdır (Kızılötesi, Erişim Tarihi: 29.12.2016; Palamutcu ve Dag, 2009; Yükseloğlu, 2016).

Uzak kızılötesi ışınım (FIR), 5,6-1000 mikron arasındaki dalga boylarını içeren ışınlar olarak adlandırılır ve insan gözü ile görülemezler. Mutlak sıfırın üzerinde her malzeme IR (kızılötesi) yayar. Oda

sıcaklığındaki bu materyaller, kayda değer spektrumun uzak kızılötesi alanında, genellikle 8-25  $\mu$ m aralığındaki konsantrasyonda radyasyon yayarlar (Dyer, 2011).

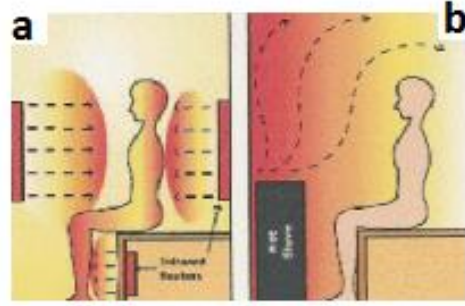
Bu çalışmada amaçlanan, uzak kızılötesi ışınlar hakkında genel bir bilgi vermek ve aynı zamanda uzak kızılötesi ışınların insan sağlığına faydalarını, biyoseramik ve bambu kömür tozlarının uzak kızılötesi yayılımını, bu ışınların ölçüm yöntemlerini incelemektir. Son bölümde ise uzak kızılötesi ışınların tekstil ürünlerine apliance yöntemlerinin incelenmesinin yanında uzak kızılötesi özellik kazandırılmış elyaf, iplik ve kumaşlar literatür bazında incelenmiştir.

## 2. UZAK KIZILÖTESİ IŞINLARIN İNSAN SAĞLIĞINA FAYDALARI

Uzak kızılötesi dalgaların canlı organizmalara olumlu etki ettiği çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır (Honda ve Inoue 1988; Lin ve Ark., 2013; Hwang ve Ark., 2014). 4-14 µm dalga boyu aralığındaki FIR ışınları, hücre büyümesi için faydalı olarak kabul edilir ve bu dalga boyundaki radyasyon, bazı insanlar tarafından “hayat ışınları” olarak adlandırılır (Dyer, 2011).

FIR terapisinin sağlık yönünden aşağıdaki etkilerinden söz edilmiştir: Kandaki oksijen miktarını artırır, kas dokularını ve cildi gençleştirir, doku yenilenmesini ve hızlı iyileşmeyi sağlar, sinir sistemi fonksiyonunu geliştirir, cilt dokusunda lipitleri azaltır, metabolizmayı geliştirir, kan sirkülasyonunu artırır, oksijen dağıtımını ve yumuşak dokuya besini artırır, biriken toksinlerin atılmasına yardımcı olur, kasları rahatlatır ve uyku kalitesini artırır (Dyer, 2011; Lou ve Lin 2011).

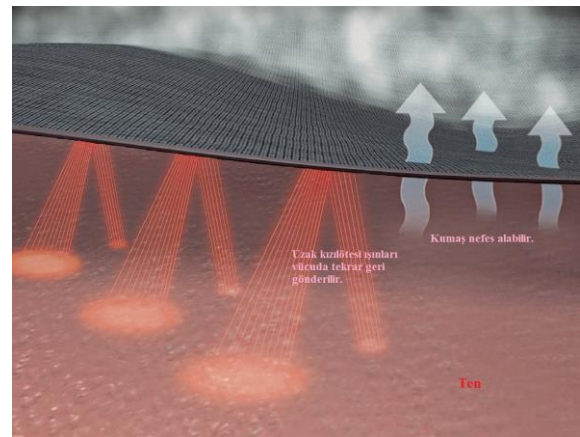
FIR ışınları modern saunalarda geleneksel ısıtma yerine uzak kızılötesi ışınım ile ısıtma sağlamaktadır. Bu saunalar, uzak kızılötesi ışınların tedavi edici özellikleri kullanılarak geliştirilmişlerdir. FIR özellikli saunalardan özellikle, konjestif kalp yetmezliği, hipertansiyon ve obezitenin tedavisinde faydalanılır (Beever, 2010). Bu ışınlar, geleneksel saunalar gibi deriyi ve solunum sistemini fazla ısıtmadan, daha konforlu bir sıcaklık sağlayarak vücudun derinlerine işler (Şekil 1). Bu da saunada daha keyifli, sıkıntısız ve bunalmadan vakit geçirebileceğiniz anlamına gelir (Dyer, 2011; Cobb, 2013; SunCare Sauna, Erişim tarihi: 27.12.2016).



**Şekil 1.** Kızılötesi ve klasik sauna. a) Kızılötesi sauna, vücudun ısıtılması kızılötesi ışınların direkt vücuda yönelmesi ile gerçekleşir. b) Klasik saunada her yer aynı oranda ısıtılır ve enerji gideri daha fazladır (Infrared saunas, Erişim Tarihi: 08.05.2017).

FIR uygulamaları özellikle Asya tıbbında gelişmiştir ve bu özellikleri içeren kumaşlar; sporcu giysilerinde, medikal tekstillerde, yatak kumaşı olarak, eldiven ve çorap v.b. tekstillerde kullanım alanı bulmaktadır.

İnsan teni 3-50 mikron aralığında uzak kızılötesi enerji yayılımı yapmaktadır. En fazla çıkış aralığı 9,4 mikron civarındadır. Örneğin insanın el ayası, 8-14 mikron aralığında bir salınım yapmaktadır. Uzak kızılötesi ışın yayma özelliği kazandırılmış bir tekstil ürününün çalışma prensibi, insan vücudunun yaydığı bu termal enerjiyi tekrar vücuda uzak kızılötesi (FIR) enerjisi olarak geri yansıtma prensibine dayanmaktadır. Burada kumaş bir nevi ayna görevi görerek absorbladığı enerjiyi insan vücuduna geri yansıtılmaktadır (Şekil 2) (Dyer, 2011; Energear, Erişim tarihi: 08.03.2016; Vathare, 2014).



**Şekil 2.** Uzak kızılötesi çalışma prensibi (Energear, Erişim tarihi: 08.03.2016).

### 3. UZAK KIZILÖTESİ IŞIN YAYAN BİYOSERAMİK VE BAMBU KÖMÜR TOZLARI

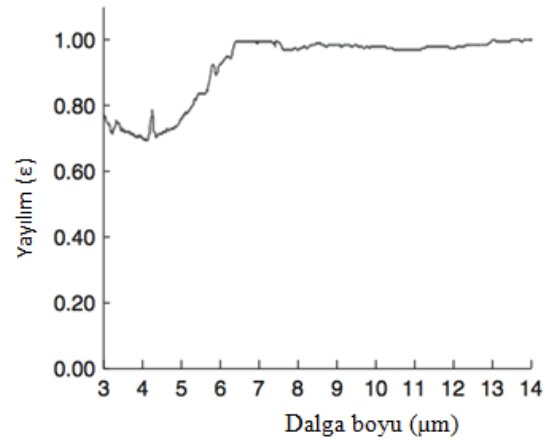
Ateşin keşfiyle birlikte seramiğin çanak ve çömleğe dönüştürülmesi, göçebe hayattan yerleşik tarımsal hayata geçişi hızlandırmıştır. Biyo-seramik ifadesi, biyolojik işlevselliğe sahip seramikler olarak tanımlanabilir. Biyoseramik malzemeler uzak kızılötesi ışınları yayabilirler (Dyer, 2011; Pasinli, 2004).

Biyoseramik tozlar, uzak kızılötesi ışınım yayabilen malzemelerden birisidir (Şekil 3). Özellikle 8-14 µm dalga boyu aralığındaki ışınları 0,9 ε üzerinde yayabilirler (Leung, 2015). Uzak kızılötesi özelliğın kazandırılması için tekstil yapısına katılabilen bazı biyoseramik tozlar aşağıdaki gibidir: Magnezyum oksit (MgO), zirkonyum dioksit (ZrO<sub>2</sub>), alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), demir III oksit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), silisyum dioksit (SiO<sub>2</sub>), germanyum, titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) bileşiklerinin yanında doğada bulunan yeşim taşı, apatit taşı, inci tozu, turmalin gibi minerallerde toz halinde tekstil yapılarına katılabilirler. Bu materyallerin vücut ısısını muhafaza ettiğine inanılmaktadır. Biyoseramik malzemeler FIR'ı eklemlerin derinine tekrar yayarlar ve bu sayede dokuların kan akışının artması sağlanır (Dyer, 2011; Wang ve Ark., 2011; Biocera, Erişim Tarihi: 07.01.2017; Lin ve Ark., 2015; Cobb, Erişim Tarihi: 27.12.2016).

Bambu, düşük enlemler tropik ve subtropikal bölgede yaygın olarak yetişir. Bambu kömür tozları bambu bitkisinin 800-1200 °C'de ki fırınlarda kömürleştirilmesi ile elde edilir ve bitki hasadı 5 yıldan sonra yapılmalıdır. Bambu kömür tozları insan vücudu tarafından hızla emilebilen uzak kızılötesi ışınlar üretir. İnsan vücudunun derinliklerine uzanan bu ışınlar, atom ve molekül titreşimlerini meydana getirerek vücudun iç sıcaklığını yükseltebilir. Aynı zamanda, kılcak damarların genişlemesi ve bunun

sonucunda kan dolaşımının hızlanması vücut ısısının korunmasını sağlar. Bambu kömür kozlarının aynı zamanda; güçlü absorpsiyon, koku giderme, nem çekme özelliklerine de sahiptirler (Bamboo charcoal, Erişim Tarihi: 08.01.2017; Lin ve Ark., 2015; Lin ve Ark., 2015).

Birçok çalışmada tekstil ürünlerinin uzak kızılötesi ışın yayması için bambu kömür tozları ile çalışılmıştır. Bu tozlar polimer matrikslerinin içine katılarak ekstrüderden farklı polimer içerikli lifler elde edilmiştir. Çalışmalarda bambu kömür tozlarının uzak kızılötesi ışın yayma oranını arttırdığı görülmüştür (Li ve Ark., 2010; Lin ve Ark., 2015; Lin ve Ark., 2014).



Şekil 3. 8-14 mikron aralığında uzak kızılötesi yayılım 0,9 ε üzerinde gelmiştir (Leung, 2015).

### 4. UZAK KIZILÖTESİ IŞINLARIN ÇALIŞMA PRENSİBİ VE ÖLÇÜM YÖNTEMİ

#### 4.1. Siyah Cisim Emisyonu

Isıya maruz kalan tüm nesnelere siyah cisim (black body) emisyonu adı verilen elektromanyetik dalga yayarlar. Oda sıcaklığında bu elektromanyetik dalga, kızıl ötesidir (dalga boyu: 0.77 ~ 1000 µm). Siyah cisim enerjisi aşağıdaki denklemde görüldüğü gibi mutlak sıcaklıkla orantılı olarak yayılır.

$$W = \sigma \cdot T^4 \quad (1)$$

Burada W: Emisyon Enerjisi, σ: Stefan-Boltzmann sabiti ve T: Mutlak sıcaklık (K).

Bu denklemin adı Stefan-Boltzmann Yasasıdır. Bu, bir cisim tarafından yayılan çeşitli dalga boylarındaki radyasyonun toplam enerjisini gösterir. Bir malzemenin yayılım (emissivite) faktörü, cismin emisyon verimliliğinin (ve emiliminin) bir ölçüsüdür ve aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$\varepsilon = \frac{\text{Gri bir cisim tarafından yayılan tüm radyasyon enerjisi}}{\text{Aynı sıcaklıkta bir siyah cisim tarafından yayılan tüm radyasyon enerjisi}} \quad (2)$$

Gri cismin yayılımı genelde 1'den düşüktür.

Uzak kızılötesi yayılım değeri, maddenin yüzey koşullarına, sıcaklığına ve cismin dalga boyuna bağlıdır. Siyah cisim emilimi 1 olarak kabul edilir. Diğer cisimlerinki  $0 < x < 1$  arası değerler içerir. Örneğin; İnsan teni: 0,99; ağaç, tahta, su, buz, don, yaprak: ~ 0,97; cam, beton, tuğla: 0,94; paslanmaz çelik: 0,74; Alüminyum: 0,18 gibi değerlerdedir (Emissivity Measure TSS-5X).

#### 4.2. Uzak Kızılötesi Işınlarda Ölçüm Yöntemi

Bir cismin uzak kızılötesi ışın yayılım değeri ( $\varepsilon$ ) bazı test cihazları ile ölçülebilir. Bu cihazlardan biri, Japon sensör kuruluşu tarafından piyasaya sunulan TSS-5X modelidir. Bu cihaz ile 10-45 °C ve %35-85 nem ortam şartlarında, 2-22  $\mu\text{m}$  aralığındaki uzak kızılötesi ışınımın miktarı ölçülebilmektedir. Bir diğer ölçüm cihazı ise Tayvan firmasının EMS-302M modelidir. Bu model tekstil ürünlerinin ölçümü için daha kullanışlıdır. Bunun sebebi de, cihazın ölçüm yaptığı sıcaklık değeri (34 °C) sabittir ve bu değer, insan teninin sıcaklık değerine en yakın değerdir. Ayrıca, 5-14  $\mu\text{m}$  dalga boyu aralığında ölçüm yapar ve bu değer aralığı insan vücudundan yayılan dalga boyuna en yakın değerdir. Bu nedenle, tekstil ürünlerinin FIR değeri ölçümünün, EMS-302M modeli ile daha uygun olacağı söylenebilir (Far Infrared Emissivity Analysis System, Erişim Tarihi: 03.01.2017).

### 5. UZAK KIZILÖTESİ IŞIN YAYAN TEKSTİLLER

Uzak kızılötesi özelliği tekstil ürününe iki farklı

şekilde kazandırılabilir. Birincisi, biyoseramik özellikli bir minerali veya doğadan elde edilen ve işlenen bir maddeyi (bambu kömürü) kumaşa aktararak (kaplama, laminasyon, baskı v.b.), ikinci metot ise uzak kızılötesi özelliğine sahip malzemeyi lif çekimi sırasında polimer matrislerine katmak üzere yapılır (Dyer, 2011; Hu ve Ark., 2015; Lin ve Ark., 2016; Li ve Ark., 2010; Wang ve Ark., 2011; Park ve Shin, 2011).

Uzak kızılötesi tekstilleri için Japonya uzak kızılötesi birliğin standart hazırlanmıştır (FTTS-FA-010). Bu standartın gerekliliği olarak, 3-14 mikron dalga boyu aralığındaki ışığın absorbe edilmesi ve tekrar geri yansıtılması esastır. Yansıtma değeri siyah cismin yansıtma değerine göre hesaplanır ve değer aralığı 0-1  $\varepsilon$  arasındadır. Standartta belirtildiğine göre, uzak kızılötesi ışın yayılım değeri 0.8  $\varepsilon$  ve üzeri olunca sağlık yönünden faydalı olduğu vurgulanmıştır (Specified Requirements of Far Infrared Textiles, Japan Far Infrared Textiles, 2004).

#### 5.1. Uzak Kızılötesi Özellik Kazandırılmış Elyaf ve İplikler

Elyaf ve ipliklere FIR özelliği genellikle, elyaf çekimi sırasında biyoseramik veya bambu kömür tozları gibi FIR yayabilen bir malzemenin polimer eriyiğine katılması şeklinde olmaktadır (Lou ve Lin, 2011; Lin ve Ark., 2015; Lin ve Ark., 2014; Shih ve Ark., 2015; Hsing ve Ark., 2015; Li ve Ark., 2016; Pooley ve Ark., 2016; Lin ve Ark., 2013). Bambu kömür tozları karbonlama işlemi ile üretildikleri için siyah renktedirler ve üretilen ipliklerde siyah renkte olmaktadır. Ancak; Li ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada, bambu kömür tozlarını titandioksit ile modifiye ederek beyaz renkte iplik elde edilmiştir (Li ve Ark., 2010).

FIR özellikli elyaflar, Celliant®, Emana®, Nilit® ticari adları ile piyasada satılmaktadır (Celliant, Erişim Tarihi: 22.01.2017; Emana, Erişim tarihi: 25.01.2017; Nilit, Erişim tarihi: 25.01.2017). Uzak

kızılötesi seramik tozlarının liflere çekim esnasında karıştırılmasının bazı sakıncaları olabilmektedir. Bu sakıncalardan biri, seramik tozlarının filament içindeki miktarı arttıkça elyafın mukavemetinde azalma olmasıdır. Diğer bir problem ise, bu tozların düzelerle zarar vermesi (aşındırması) ve düzeleri tıkaması şeklinde meydana gelebilmektedir. Bu nedenle toz konsantrasyonu %5'in üzerine çıkmamaktadır (Lin ve Ark., 2008).

Lin ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada (Lin ve Ark., 2016), nylon liflerine bambu kömür tozları katılarak elde edilmiş lifler polietilen teraftalat (PET) ve paslanmaz çelik ile karıştırılarak tekstil yüzeyi haline getirilmişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen yüzeyin uzak kızılötesi değerleri 0,85  $\epsilon$  üzerinde gelmiştir. Değerler 0,8  $\epsilon$  üzerinde olduğundan kumaşların sağlığa faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.

Lin ve arkadaşlarının yaptıkları bir başka çalışmada (Lin ve Ark., 2014), %1,2 oranında bambu kömür tozları içeren polyester, paslanmaz çelik tel (40  $\mu\text{m}$ ) ve antibakteriyel nylon ile bükülerek hibrit iplik elde edilmiştir. Paslanmaz çelik tel çekirdek iplik olarak kullanılmış ve üzeri uzak kızılötesi özellikli polyester ve antimikrobiyel nylon ile sarılmıştır. Hibrit iplik atkı ipliği, multifilament PET ise çözgü ipliği olarak kullanılmış ve üç çeşit kumaş elde edilmiştir. Kumaşların farklılıkları hibrit ipliğin büküm sayısına (8, 11, 14 tur/cm) göre değişmektedir. Uzak kızılötesi test sonuçlarına göre ipliğin büküm sayısındaki artış uzak kızılötesi yayılımı doğru orantılı olarak artmıştır.

### 5.2. Uzak Kızılötesi Özellik Kazandırılmış Kumaşlar

Kumaşlara uzak kızılötesi yayma özelliği, biyoseramik tozu içeren bir reçine ile kazandırılabilir. Bunun için uzak kızılötesi seramik tozları kumaşa; laminasyon, kaplama, püskürtme, baskı veya apre prosesleri ile kazandırılabilir (Dyer, 2011; Lin ve Ark., 2008).

Uzak kızılötesi yayma özelliği kazandırılmış

kumaşların ticari olarak gittikçe artan potansiyelleri vardır. Uzak kızılötesi ışın yayma özellikli tişört, ayak bilek sargısı, çorap, eldiven, iç çamaşırı v.b. gibi birçok ürün piyasada mevcuttur (Promolife, Erişim Tarihi: 25.01.2017; Nikken, Erişim Tarihi: 26.01.2017). Nikken®, Energear® ve Gold Reflect'Line® piyasada bulunan bazı FIR özellikli kumaşların ticari isimleridir (Nikken, Erişim tarihi: 27.01.2017; Energear, Erişim Tarihi: 28.01.2017; HT Concept, Erişim Tarihi: 28.01.2017).

Lin ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada (Lin ve Ark., 2013), FIR özellikli nonwoven elde edilmiştir. Çalışmadaki nonwoven kumaşlarda 3 çeşit PET elyaf kullanılmıştır. Kullanılan elyaf çeşitlerinden biri, uzak kızılötesi yayma özelliklidir. Çalışma sonucunda, hibrit dokusuz yüzeyli kumaşların uzak kızılötesi yayılım değerlerinin 0.65 - 0.72  $\epsilon$  arasında olduğu gözlenmiştir. Bu değerler insan sağlığına faydalı olduğu belirtilen 0.8  $\epsilon$  değerinden daha düşük olduğu için FIR özelliği düşüktür. Bunun nedeni ise elyafın yalnızca %1.5 oranında uzak kızılötesi tozu içermesidir.

Conrado ve Munin'in yaptıkları bir çalışmada, seramik tozu katkılı sentetik liflerden örülmüş bir giysi kullanımının, kadınların vücut ölçülerinde değişime neden olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışma popülasyonu, aktif (22) ve plasebo (20) olmak üzere iki gruba ayrılmış, 20-60 yaş aralığında 42 gönüllü kadından oluşmuştur. Gönüllüler, seramik tozu emdirilmiş ve seramik tozu emdirilmemiş giysileri en az 8 saat / 30 gün boyunca kullanmışlardır. Deneysel veriler sonucunda, uzak kızılötesi özellikli giysiyi giyenlerde mikrosirkülasyon ve büyük kan dolaşımında bir artış olduğu gözlenmiş bu nedenle de vücut oranlarında (ölçülerinde) azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu sonuca dayanılarak, uzak kızılötesi biyoseramik katkılı giysilerin genel insan sağlığına faydalı olabileceği sonucu çıkarılmıştır (Conrado ve Munin, 2011).



Richelmi ve arkadaşları, FIR özellikli kumaştan elde edilmiş külotlu çorabın, selülit ve yerel adipozite kusurlarının kapatılmasında dermatolojik olarak faydalarını test etmişlerdir. Çalışmada, 18-60 yaşları arasında selülit ve lokal adipozite sorunu olan 40 kadın denek kullanılmıştır. Kadınların yarısı FIR özellikli külotlu çorabı giyerken, diğer yarısı aynı yapı ve görünüşü olan külotlu çorabı giymiştir. Test edilen ürünün numuneleri, denekler tarafından ard arda 56 gün boyunca günde 8 saat giyildi. Elde edilen sonuçlara göre, FIR özellikli külotlu çorabı giyen kullanıcıların selülit ve lokal adipozite kusurlarının görünümünde azalma olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca cildin; esnekliğini, pürüzsüzlüğünü ve sıklığını iyileştirdiği kanıtlanmıştır (Richelmi ve Ark.)

Shih ve arkadaşları uzak kızılötesi yayan nonwoven tekstil yüzeyi elde etmişlerdir. Çalışmada, uzak kızılötesi özellikli polyester (FF), düşük çekim oranlı polyester (LPET) ve bambu lifleri (BF) farklı oranlarda karıştırılarak 5 çeşit nonwoven yüzey elde edilmiştir. 60:10:30 ve 50:20:30 (FF, LPET, BF) oranlarında karıştırılmış kumaşların kızılötesi değerleri 0,8 ε üzerinde ölçülmüştür. Bu da insan sağlığına yararlı değerden yüksek olduğu için bu oranlar idealdir (Shih ve Ark., 2015).

## 6. SONUÇ

Kızılötesi ışınların insan sağlığına verdiği faydalar çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Bu ışınlar; yeni nesil saunalarda, terapatik etkilerinden faydalanmak için ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. İnsan vücudu da kızılötesi yayma özelliğine sahiptir ve bu özellikten faydalanılarak tekstil ürünleri geliştirilmiştir. FIR özelliği ürünlere elyaf çekimi sırasında veya kumaş kaplama şeklinde kazandırılabilir. Günümüzde uzak kızılötesi ürünlerin satışı (çorap, eldiven, medikal tekstiller v.b. gibi) önemli potansiyeller içermektedir ve gelecekte de bu ürünlerin üretim ve çeşitliliğinin artarak devam edeceği öngörülmektedir.

## Kaynakça

- Bamboo charcoal, [https://en.wikipedia.org/wiki/Bamboo\\_charcoal](https://en.wikipedia.org/wiki/Bamboo_charcoal), Erişim Tarihi: 08.01.2017.
- BEEVER R. (2010): Do Far-infrared Saunas Have Cardiovascular Benefits in People with Type 2 Diabetes? Canadian Journal of Diabetes. 34(2) 113-118.
- Biocera, <http://biocera.co.kr/far-infrared-ray-biocera-sb.html>, Erişim Tarihi: 07.01.2017.
- Celliant, <http://celliant.com/>, Erişim Tarihi: 22.01.2017.
- COBB D. Ancient wisdom inspires 'responsive' Far Infrared fibres. <http://www.innovationintextiles.com/ancient-wisdom-inspires-responsive-far-infrared-fibres/>, (Erişim Tarihi: 27.12.2016)
- CONRADO LA., MUNIN E. (2011): Reduction in body measurements after use of a garment made with synthetic fibers embedded with ceramic nanoparticles. J Cosmet Dermatol. 10(1):30 – 5.
- DYER J. (2011): Infrared functional textiles. 184-197. [Editörler: Pan N., Sun G. Functional textiles for improved performance, protection and health. Woodhead Publishing Ltd.]
- EMANA, <http://www.solvay.com/en/markets-and-products/featured-products/emana.html>, Erişim tarihi: 25.01.2017
- Emissivity Measure TSS-5X, Instruction Manual, Japan Sensor Corporation.
- ENERGEAR, [http://www.schoeller-textiles.com/uploads/media/energear\\_english.pdf](http://www.schoeller-textiles.com/uploads/media/energear_english.pdf). Erişim tarihi: 08.03.2016.
- ENERGEAR, <https://www.schoeller-textiles.com/en/technologies/energear>, Erişim Tarihi: 28.01.2017.
- Far Infrared Emissivity Analysis System, <http://hotek.en.taiwantrade.com/product/far-infrared-emissivity-analysis-system-559335.html>, Erişim Tarihi: 03.01.2017.
- HONDA K., INOUE S. (1988): Sleep-enhancing effects of far-infrared radiation in rats. International Journal of Biometeorology, 32: 92-94.
- HT Concept, <http://www.htconcept.com/index.php/gold-reflectline.html>, Erişim Tarihi: 28.01.2017.
- HSING YL., HSING WH., HSIEH CT., LIN JH., LOU CW. (2015): Composite Environmentally Protective Sandwich Insulation Material Design. The 13th Asian Textile Conference, 3 - 6, 763-766, Geelong.
- HU X., TIAN M., QU L., ZHU S., HAN G. (2015): Multifunctional cotton fabrics with graphene/polyurethane coatings with far-infrared emission, electrical conductivity, and ultraviolet blocking properties. Carbon. 95, 625-633.
- HWANG S., LEE DH., LEE IK., PARK YM., JO I. (2014): Far-infrared radiation inhibits proliferation, migration, and angiogenesis of human umbilical vein endothelial cells by suppressing secretory clusterin levels, Cancer Letters. 346, 74-83.
- Infrared Saunas, <https://infraredsauna.com/infrared-sauna->

detox/, Erişim Tarihi: 08.05.2017.

Kızılötesi,

<https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C4%B1z%C4%B1%C3%B6tesi>, Erişim Tarihi: 29.12.2016.

LI QS., XU MS., ZHOU GJ., WANG LQ. (2010): Preparation and characterization of white bamboo charcoal PET fiber. *Chinese Chemical Letters*, 21, 995–998.

LI TT., PAN YJ., HSIEH CT., LOU CW., CHUANG YC., HUANG YT., LIN JH. (2016): Comfort and Functional Properties of Far-Infrared/Anion-Releasing Warp-Knitted Elastic Composite Fabrics Using Bamboo Charcoal, Copper, and Phase Change Materials. *Applied Science*. 6 (3), 62.

LIN, YS., PAN, HC., LEE, CT., LEUNG, TK. (2008): Manufacturing method for a far infrared substrate. Patent Appl. 20080217163A1, Sept 11.

LIN CC., YANG WC., CHEN MC., LIU WS., YANG CY., LEE PC (2013): Effect of Far Infrared Therapy on Arteriovenous Fistula Maturation: An Open-Label Randomized Controlled Trial. *American Journal of Kidney Diseases*. 62, 2, 304-311.

LIN JH., LIN ZY., CHEN JM., HUANG CH., LOU CW (2013): Impact-Resistant Polypropylene/Short Glass Fiber Composites with Far-Infrared Emission : Manufacturing Technique and Property Evaluation. *Applied Mechanics and Materials*. 365-366, 1148-1151.

LIN JH., HSING YL., HSING WH., CHEN JM., LOU CW. (2013): Manufacturing Technique and Property Evaluation of RFPET/TPET Hybrid Nonwoven Fabric. *Applied Mechanics and Materials*. 365-366, 1165-1168.

LIN JH., YU ZC., ZHANG JF., LOU CW. (2014): Manufacturing Techniques and Functional Properties of the Bamboo Charcoal/ Antibacterial/ Stainless Steel Metal Composite Woven Fabric. *Advanced Materials Research*, 910, 238-241.

LIN JH., HUANG YT., LIN CM., LOU CW. (2014): Comfort and Function Evaluations of Warp-Knitted Fabrics. *Advanced Materials Research*, 910, 442-445.

LIN JH., HUANG YT., LI TT., LIN CM., LOU CW. (2015): Bamboo charcoal/phase change material/stainless steel ring-spun complex yarn and its far-infrared/ anion-releasing elastic warp-knitted fabric: Fabrication and functional evaluation. *Journal of Industrial Textiles*. 46, 2, 624-642.

LIN JH., HUANG CL., LIN ZI., LOU CW. (2015): Far-infrared emissive polypropylene/wood flour wood plastic composites: Manufacturing technique and property evaluations. *Journal of Composite Materials*. 26, 2099–2109.

LIN JH., CHEN AP., HSIEH CT., LIN CW., LIN CM., LOY CW. (2015): Physical properties of the functional bamboo charcoal/stainless steel core-sheath yarns and knitted fabrics. *Textile Research Journal*. 81(6) 567–573.

LIN JH., HUANG YT., LI TT., LIN CM., LOU CW. (2016): Manufacture technique and performance evaluation of electromagnetic-shielding/far-infrared elastic warp-knitted composite fabrics. *The Journal of The Textile Institute*. 107, 4, 493–503.

LOU CW., LIN JH. (2011): Evaluation of Bamboo Charcoal/Stainless Steel/TPU Composite Woven Fabrics. *Fibers and Polymers*. 12, 4, 514-520.

Nikken, [http://nettrax.myvoffice.com/nikkenusa/ShoppingCart/Shop.cfm?CurrPage=CategoryDetail&NextPage=CategoryDetail&CategoryID=517&lng=eng&shiptocountry=USA&pwd=&\\_ga=1.195123887.2015628813.1486042153](http://nettrax.myvoffice.com/nikkenusa/ShoppingCart/Shop.cfm?CurrPage=CategoryDetail&NextPage=CategoryDetail&CategoryID=517&lng=eng&shiptocountry=USA&pwd=&_ga=1.195123887.2015628813.1486042153), Erişim Tarihi: 26.01.2017.

Nikken,

[http://www.nikken.com/product/technology?hash=far\\_infrared#far\\_infrared](http://www.nikken.com/product/technology?hash=far_infrared#far_infrared), Erişim Tarihi: 27.01.2017.

Nilit, <http://www.nilit.com/fibers/>, Erişim Tarihi: 25.01.2017.

PALAMUTCU S., DAG N. (2009): Fonksiyonel Tekstiller I : Elektromanyetik Kalkanlama Amaçlı Tekstil Yüzeyleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt: 3, No: 1, 87-101.

PARK YM., SHIN JW. (2011): Surface Properties Studies of MPCMs Containing Fabrics for Thermo-regulating Textiles. *Fibers and Polymers*, 12, 3, 384-389.

PASINLI A. (2004): Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Biyomalzemeler. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*. (4) 25-34.

POOLEY MA., ANDERSON DM., BECKHAM HW., BRENNAN JF. (2016): Engineered emissivity of textile fabrics by the inclusion of ceramic particles. *Optics Express*.

Promolife, <http://www.promolife.com/far-infrared/far-infrared-clothing/>, Erişim Tarihi: 25.01.2017.

RICHELMI P., BIANCHI FM., ANGELINETTA C. Evaluation of the cosmetic effect of a pantyhose which helps to reduce imperfections caused by cellulite and local adiposities. The evaluation was carried out through a clinical test. *Bio Basic Europe, Italy*.

SHIH YH., LIN JH., HSIEH CT., LIN CW., LOU CW. (2015): Far-Infrared Nonwoven Fabrics Made of Various Ratios of Bamboo Fiber to Far-Infrared Fiber: Far-Infrared Emissivity and Mechanical Property Evaluations, *The 13th Asian Textile Conference*, 3 – 6, 830-834, Geelong.

Specified Requirements of Far Infrared Textiles, Document No. FTTS-FA-010, Publish Date: Aug/03/2004, Japan Far Infrared Association.

SunCare Sauna,

<http://www.suncaresauna.com/Web/Icerik.aspx?IcerikID=1243>, Erişim Tarihi: 27.12.2016.

VATHARE A. (2014): Far-infrared Rays Reflecting Fabrics for Improving the Performance of Human body. D. K. T. E. Society's Textile & Engineering Institute, Department of Textiles, Ichalkaranji.

WANG S., ZHANG Y., LIU H. (2011): “Wear Comfort Evaluation of Pearl-Cellulose Fabrics” *Advanced Materials Research Vols. 175-176*, 480-484.

YÜKSELOĞLU M., CANOĞLU S., YÜCE İ. (2016): Uzak Kızılötesi Radyasyon (FIR) Yayan Kumaş Dizaynı. VIII. Uluslararası AR-GE Proje Pazarı, 569-570.