

BAKTERİ VE MİKROALGLERİN TEKSTİL BOYACILIĞINDA VE BASKICILIĞINDA KULLANIM OLANAKLARI

Banu Hatice GÜRCÜM*, Ayçin ÖNEŞ**

*Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, banugurcum(at)gmail.com

**Gazi Üniversitesi, aycinones(at)gmail.com

ÖZ

Anahtar kelimeler:
*bakteri, mikroalg,
tekstil boya-baskı,
tekstil tasarımı*

Ülke ekonomisinde oldukça önemli bir yere sahip olan tekstil boya ve baskı sektörü, boyama ve terbiye işletmelerinde kullanılan fazla su miktarı ve boyama sonucunda atık sulara verilen, insan ve çevre için zararlı olan boyalar nedeniyle çevresel etkileri tartışılan bir sektördür. Tarih öncesi dönemlerde boyama işlemi için gerekli olan boyarmaddeler, doğadaki bazı bitki ve hayvan türlerinden ya da liken ve mantarların sentezinden elde edilmiştir. 19. yüzyılda sentetik boyaların keşfi ile birlikte doğal boyarmaddelere olan ilgi giderek azalmıştır. Yarattıkları ekolojik hasar belirlenmiş olmasına rağmen, sentetik boyarmaddeler halen önemli ölçüde kullanılmaktadır. Günümüzde bu boyarmaddelere bir alternatif olarak düşünülen biyolojik materyaller ve bakteriyel pigmentler, biyo-bozunur olmaları ve çevreye zarar vermemeleri nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak bakteri ve alglerden elde edilen boyaları konu alan çalışmalar henüz Ar-Ge aşamasında olduğundan tekstil endüstrisi içinde yeterince yer almamakta, avangart sanatçılar tarafından bir sanat formu olarak kullanılmaktadır. Yenilikçi bir araştırma alanı olan mikroalglerden pigment elde edilmesi sanatsal, çevreci ve yaratıcı yönüyle de dikkat çekmektedir. Bu nedenle bu araştırma son yıllarda bakteriyel pigmentlerle mikroalgleri kullanarak tekstil boyama ve baskı çalışmaları yapan tasarımcıların çalışmalarını örneklendirmeyi amaçlamaktadır.

APPLICATION POSSIBILITIES OF BACTERIA AND MICROALGAE IN TEXTILE DYEING AND PRINTING

ABSTRACT

Keywords:
*bacteria, microalgae,
textile dye-print,
textile design*

Textile dyeing and printing sector which has an important place in the country's economy, has been discussed for long years because of its environmental impact depending upon the excess amounts of water consumption and harmful dyes released into waste water at the end of dyeing and treatment processes. The necessary dyeing pigments have been obtained from some kinds of vegetables and animals or from the synthesis of lichens and fungus in ancient times. As a result of the invention of synthetic dyes in 19th century, the interest on natural dyeing materials has lessened. Though the ecological damage they caused has been proven radically, the use of synthetic dyes still continues. Today biological materials and bacterial pigments which have been studied as an alternative to synthetic dyes have been preferred because of their bio-degradable and environmental-friendly structure. However, since studies subjecting bacteria and algae are at the stage of R&D, they have not been placed in textile industrial applications but only used by avangard artists as a form of art. Pigmentation of microalgae which is an innovative study domain, attracts attention because of artistic, environmental and innovative sides. Thus, this paper aims the sample the studies of designers who employ bacterial pigments and microalgae in their textile dyeing and printing researches.

1. GİRİŞ

Biyotasarım, tasarımcıların daha ekolojik bir çevre oluşturmak için biyolojik sistemleri itici güç olarak kullandığı yeni bir tasarım disiplini. Yakın gelecekte tasarımcının biyologlarla birlikte çalışarak yaratacağı tasarlanmış canlı organizmalar ve materyaller ile yeni hibrit organizmalar yaratmak için kimya, robotik ve nanoteknoloji kullanımını zorunlu hale getirecektir (Chiezza ve Ward, 2015: 5).

Kendisi de bir tasarımcı olan Carole Collet, 2015 yılında küratörlüğünü yaptığı “Alive” sergisinde biyotasarım uygulamalarını beş ayrı gruba ayırdığı tasarımcılarla çalışmıştır. Collet, biyotasarım alanında çalışan tasarımcıları şu şekilde özetlemektedir:

(i) Biyomimetik prensipler, taklit edici süreçler veya davranışlarla çalışan tasarımcılar,

(ii) Doğa ile iş birliği yaparak arılar, mantarlar, bakteriler, algler veya bitkiler ile çalışan tasarımcılar, (tasarım, üretimden çok bahçecilik ve çiftçilikle ilgilidir)

(iii) Biyologlarla birlikte çalışan ya da biyomühendislik alanındaki bilimsel araştırmalara cevap arayan tasarımcılar, (Gelecekte canlı organizmaların kullanımıyla neler olabileceğini hayal ederler).

(iv) Hibrit (melez) organizmalar oluşturmak için biyoloji, kimya, robotik ve nanoteknolojiyi birleştirerek çalışan tasarımcılar, (Biyolojik bir organizma ile elektronik ve kimyasal bir teknolojiyi birleştirirler).

(v) Yaşam teknolojisi ve ileri teknolojinin sürdürülebilirliği ile ilgili etik konular üzerine çalışan tasarımcılar (Ull1).

Tekstil boya ve baskı alanında sürdürülebilirlik yaklaşımları, avangard ve alternatif çözüm arayışlarıyla ileri teknoloji gerektiren çalışmalara kadar geniş bir yelpazede faaliyet göstermektedir. Bu iki uç alanın odak noktasında ise, doğal tekstil liflerinin basılması ve boyanmasında moleküler biyoloji ile yapılan tasarım çalışmaları bulunmaktadır. Tekstil endüstrisinde hem su kullanımını hem de kimyasal kullanımını iyileştirmeye yönelik çalışmaların az olması sebebiyle, biyotasarımda bakteriyel pigment kullanımı birçok kişinin yakından izlediği bir gelişme alanıdır. Günümüzde insanlığın karşı karşıya olduğu ekolojik krizin aciliyetine dayanarak bir grup tasarımcı, bilim adamı ve teknoloji uzmanı, araştırma ve uygulamalarını bu soruna doğal materyal-

lerle bir çözüm bulma arayışındadır.

Tekstil yüzeylerinin renklendirilmesi boyarmadde kullanılarak boyanmasıyla ya da farklı baskı yöntemleriyle olabilmektedir. Baskılı tekstiller terimi, pigmentlerin baskıyla, serbest elle, boyamayla ya da bu yöntemlerin karıştırılarak uygulanmasıyla desenlendirilen tekstillerin tümünü içermektedir. Boyarmadde ve pigment verici olarak bitkilerin kök, gövde, yaprak gibi kısımlarıyla, bazı deniz kabuklarının ve böceklerin kullanımı insanlık tarihi kadar eskidir. Bitki, böcek ve hayvan türleriyle birlikte mantar ve likenler tarafından sentezlenen boyarmaddelerin tümüne doğal boyarmadde denilmektedir.

Pigment olarak doğal boyarmaddelerin kullanımı ilk olarak duvar resimlerinde karşımıza çıkar, tekstil elyafında kullanımının ise MÖ 4000 yıllarında Hindistan’ da ve Mezopotamya’ da başlamış olduğu bilinmektedir (Karadağ, 2007: 11). Hayvansal ve bitkisel boyarmaddelerin kullanımı 19. yüzyılın sonlarında sentetik boyarmaddelerin yaygınlaşmasıyla birlikte giderek azalmıştır ve bu dönemde gelişen kimya endüstrisinin neden olduğu sentetik boyalar, yarattıkları ekolojik hasara rağmen halen önemli ölçüde kullanılmaktadır. Günümüzde ise, sentetik boyarmaddelerin birçoğunun toksik, kanserojen olduğunun, atıklarının çevre kirliliğine yol açtığına anlaşılmasıyla doğal boyarmaddeler yeniden gündeme taşınmıştır (Ali, Nisar, Hussain, 2007: 559). Doğal boyamacılığın ve doğal boyalarla baskının avantajlı yönleri, bitkisel atıklardan elde edilen boyarmaddeler kullanıldığında bu atıkların ekonomiye kazandırılmış olması, daha az su kullanımı, enerji tasarrufu ve kolay bozunabilir (çözülebilir) oluşuyla çevre dostu olmaktadır.

Sentetik boyarmaddelerin bir alternatifi olarak doğal boyarmaddelerin kullanımını desteklemek için başlatılan projelerin sayıları gün geçtikçe artmaktadır. Ancak bakteri ve alglerden elde edilen boyaları konu alan çalışmalar henüz Ar-Ge aşamasında olduğundan tekstil endüstrisi içinde yeterince yer almamakta, avangart sanatçılar tarafından bir sanat formu olarak kullanılmaktadır. Yenilikçi bir araştırma alanı olan mikroalglerden pigment elde edilmesi sanatsal, çevreci ve yaratıcı yönüyle de dikkat çekmektedir. Bu nedenle bu araştırma son yıllarda bakteriyel pigmentlerle mikroalgleri kullanarak tekstil boyama ve baskı çalışmaları yapan tasarımcıların çalışmalarını örneklendirmeyi amaçlamaktadır.

2. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE EKOLOJİK AYAK İZİ

21. yüzyılda insanlığın yaşadığı en önemli sorunlarından biri küresel nitelikli, etkileri gelecek kuşaklara da yansıtacak olan ekolojik sorunlardır. Dünyanın sınırlı olan kaynaklarının giderek azalması nedeniyle, çevrenin korunması ve geliştirilmesine yönelik bilimsel çalışmalar son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Ekolojik ayak izi çalışmaları da bunlardan biridir. Rapport (2000: 367), ekolojik ayak izini tanımlarken, "... gezegen düzeyinde tüketilen biyolojik üretken alan miktarını; atıklarının yok edilmesi için gereken kara ve su alanlarının büyüklüğünü; ülkelerin, kentlerin, ailelerin ya da bireylerin ne kadar biyolojik üretken alan kullandıklarını ve gelecekte ihtiyaçları olan gezegen sayısını gösteren niceliksel bir hesaplama tekniği" şeklinde ifade etmektedir. İncelenen bölgedeki ekolojik açığın ölçüsünü de ortaya koyan ayak izi terimi, ne kadar ekolojik kaynağa sahip olduğunu ve bunun ne kadarının kullandığını belirterek, doğal kaynakların hangi hızla tüketildiğini ve sürdürülebilirliğin çevresel boyutunu araştırır.

Tekstil endüstrisi yeraltı su kaynaklarının ve toprağın kirlenmesine neden olan ve dolayısıyla bitki, hayvan ve insanların bağımlı olduğu ekosisteme zarar veren atıklar oluşturan üretim süreçleri ortaya koymaktadır. Bu olumsuz etkiler, tekstil sektörünü kullanılmakta olduğu sentetik boyarmadde ve kimyasalların kullanımına karşı çevre dostu alternatifler aramaya itmiştir. Bitkileri kullanarak boyarmadde elde etmek ve bu boyalarla tekstil elyaflarının boyanması yüzyıllardır bilinen bir yöntemdir. Ancak bakteriyel pigment ve alglerden elde edilen pigmentlerin tekstil yüzeylerini renklendirmede kullanımı çok yeni bir alandır. Chieza'nın (2015:11) da belirttiği gibi; bu yöntemler sayesinde karbondioksit salınımı, biyolojik çeşitliliğin azalması, küresel ısınma ve doğal kaynakların tükenmesi gibi çok sayıda olumsuz etkilerin önüne geçilerek tekstil sektörü için farklı boyama alternatifleri sunulmaktadır.

3. TEKSTİL BOYA-BASKICILIĞINDA BİYOTASARIM YAKLAŞIMI

Biyotasarım, bitmiş ürünün işlevini geliştirmek ve sürdürülebilir bir ürün yaratmak için canlı materyallerin (mantar, yosun, maya, bakteriler ve algler gibi) doku mühendisliği yöntemleriyle birlikte kullanımını içeren yeni bir tasarım anlayışıdır. Biyotasarımdan farklı olarak tekstilde biyoteknoloji kullanımı, maliyet avantajı sağlamak amacıyla lif, iplik ve kumaşların özelliklerine veya işlemlerine etki eden enzimlerin kullanımının yanında iplik ve liflerin sentezinde de mikroorganizma-

ların kullanımını içermektedir (Akkaya ve Pazarlıoğlu, 2012: 24). Biyoteknoloji kullanılarak ekim ve hasat yapmaksızın sentetik liflerin karakteristiklerine sahip doğal lifleri üretmek gelecekte mümkün olabilecektir. Bu teknoloji sayesinde çevre açısından sürdürülebilir kimyasal lifleri üretilebilecek mikroorganizmalar, çeşitli materyallerin üretiminde kullanım potansiyeline sahip güçlü birer biyolojik araçtır (Chieza ve Ward, 2015: 13).

Günümüzde, biyotasarım alanı hızla büyümekte ve tasarım aracılığıyla biyolojiyi keşfetmeye ilgi duyan, yeni teknik ve teknolojilere açık yeni bir tasarımcı nesli yetişmektedir. Tüm biyotasarım projeleri her zaman çevresel konularla ilgili olmasa da sonuç olarak sürdürülebilir tasarım ve üretim için alternatif modellere yönelik yeni bir bakış açısı getirmektedir.

4. BAKTERİYEL BOYAMA

Yapılan çalışmalarda mantar ve bakteriler gibi mikroorganizmaların fermantasyonundan elde edilen pigmentlerin, doğal boyarmaddelelere alternatif bir renk kaynağı olarak kullanılabilirdiği görülmektedir. Mikroorganizmalar karotenoidler, flavonoidler, kinonlar ve rubraminler gibi çok çeşitli stabil pigmentler üretirler ve fermentasyon, bitki ve hayvanların kullanımına kıyasla pigmentlerde daha yüksek verime sahiptir (Hobson, Wales, 1998: 114). Ayrıca, bazı doğal renklendiriciler, özellikle antrakinon tipi bileşikler, renkli antimikrobiyal tekstiller üretiminde fonksiyonel boyalar olarak işlev görebilecek parlak renkler sağlamanın yanı sıra dikkate değer antibakteriyel aktivite göstermektedir (Frandsen, Nielsen, Maolanon, Sorensen, Olsson, Nielsen, 2006: 61). Kimyasal boyaların aksine, mikrobiyel pigmentlerin pek çoğunun kanser, alerji vb. hastalıklara neden olmadığı, hatta antibiyotik ya da anti-kanser özelliklere sahip olabileceği tespit edilmiştir (Ökmen ve Türkcan, 2013: 37).

Boyarmadde olarak bakteriyel pigment kullanımının avantajları; diğer kaynaklara göre çok yönlü ve kolay üretilebilir olması, genlerine müdahaleyle farklı renk elde edilme imkanı, kolay yayılım ve endüstriyel üretim için düşük maliyetli olması şeklinde özetlenmektedir (Babitha, 2009: 62). Ancak bu avantajlarının yanında son çalışmalarda görülmüştür ki, tasarımcı tarafından küçük petri kaplarında üretilmiş bakteriyel pigmentlerin, büyük ölçeklerde üretim yapılabilmesi için endüstriyel uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Pigment üretimini ölçeklendirmekle ilgili çeşitli zorluklar olmasına rağmen bakterilerden elde edilen pigmentler için gerekli olan teknoloji, tekstil boya endüstrisinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, çok miktarda pig-

ment oluşturmak için çok sayıda petri kabı kullanmak yerine, büyük tankların kullanımını gerektirecek; örneğin bira fabrikalarındaki benzer fermentasyon yöntemleri kullanılması öngörülmektedir (Charkoudian, Fitzgerald, Khosla, Champlin, 2010: 4).

Bakteriyel pigmentin üretimini ekonomik olarak uygulanabilir kılmak için yapılan çalışmalar moleküler biyolojideki son gelişmelerden yararlanmaktadır. Çok sayıda pigmentin biyosentezinden sorumlu genler klonlanarak rekombinant DNA teknolojisinin yardımıyla bu pigmentlerin üretimini artırılabilir. Örneğin, Amgen, Inc.'deki bilim adamları, fermentasyon tanklarında *Escherichia coli* bakterisini kullanarak indigo endüstriyel ölçekte üretmeyi başarmışlardır (Charkoudian vd., 2010: 5). Ayrıca bir bakteriyel pigmentin moleküler yapısını ve dolayısıyla rengini oluşturmak için biyosentetik yollarla süreç manipüle edilebilir. Örneğin, mavi pigment aktinorhodin üreten *Streptomyces coelicolor*, parlak sarı olan kalafungin adlı ilgili bir poliketit üretmek için genetik olarak modifiye edilmiştir (Cole, 1987: 341). Alternatif olarak, turuncu veya sarı-kırmızı renkler üretmek için aktinorhodin biyosentezi de tasarlanabilir (McDaniel, 1993: 1546).

Bakteriyel pigmentlerin geniş bir alanda kullanılabilmesi için, çevresel streslere, özellikle de UV ışığına maruz kaldıklarında kabul edilebilir bir stabiliteye sahip olması gerekir. UV ışığı, pigmentlerin bozulmalarına yol açarak serbest radikallerin reaksiyonlarını başlatır. Günümüzde boya endüstrisinde ticari olarak temin edilebilen çeşitli UV emiciler (benzotriazol ve triazin bazlı moleküller gibi) ve serbest radikal toplayıcılar (engellenmiş aminler gibi) kullanılmaktadır. Biyopigmentlerle birlikte, etkinliklerinin de araştırılmasıyla, yakın gelecekte *Streptomyces* türevli doğal pigmentlerin boyalardaki kullanımının artırılması düşünülmektedir (Venil, Zakaria, Ahmad, 2013: 1067). Bakteriyel boyama alanında farklı çalışmalar sunan tasarımcılara ve örnek uygulamalarına aşağıda yer verilmiştir.

4.1.Natsai Audrey Chieza: Tasarım ve biyolojinin kesiştiği noktada çalışan Natsai Audrey Chieza, gelişmekte olan yaşam bilimleri teknolojisi uygulamalarıyla öne çıkan biyotasarım laboratuvarı "Faber Futures" şirketinin kurucusu ve tasarım direktörüdür. Tekstil için bakteri türevi pigmentler konusunda öncü çalışmalarıyla tanınan Natsai'nin tasarımları, Bauhaus Dessau Vakfı, Microsoft Research, Victoria ve Albert Müzesi, Science Gallery Dublin ve Fondation EDF Paris'te de komisyonlar ve sergiler aracılığıyla geniş kitlelere ulaşmaktadır. Faber Futures, canlı organizmalarla, tasarım düşüncesini ve alandaki teknik birikimi birleştirerek, bakterileri

kirlenici endüstriyel süreçlere sürdürülebilir bir alternatif olarak sunmaktadır (Url 2) (Görsel 1-4).

Tekstil endüstrisinin çevresel etkisi sentetik liflerin üretilmesine, kumaşın boyanmasında ve bitim işlemlerinde kullanılan eski üretim metotlarına bağlanabilir. Çin'deki tekstil endüstrisini üzerine yapılan bir araştırmaya göre boya ve terbiye endüstrisinden gelen atıklar tüm tekstil endüstrisinin ürettiği toplam atık suyun %80'ini oluşturmaktadır. Bu sebeple Faber Futures'te, doğal ve sentetik boyalar için uygun bir alternatif bulmanın ve tekstil boya-baskı işlemleri için kapalı devre üretim sistemi kurmanın mümkün olup olmadığı araştırılmaktadır (Chieza ve Ward, 2015: 12).

Chieza'nın doğal tekstil liflerinin basılması ve boyanması için yaratıcı bir yöntem olan moleküler biyolojiye tasarım odaklı bir yaklaşım içeren çalışmasında, bakteriyel pigment kullanımının endüstriyel üretimi ve tüketici kullanımını açısından önemi açıklanmaktadır. Faber Futures laboratuvarlarında bakteriyel pigmentlerle yapılan deneylerin yanı sıra, alternatif tekstil terbiye yöntemleri üzerinde de çalışılmaktadır. Bu araştırma projesi ile güvenilir bir biyoüretim yöntemi oluşturulmuş ve hiçbir kimyasal madde kullanmayan, tehlikeli bir atık oluşturmayan ve çok az su kullanan bir tekstil terbiye sistemi elde edilmiştir. Araştırmanın temeli, toprakta yaygın olarak bulunan "Streptomyces" cinsine ait bakterilerin, laboratuvar koşullarında büyüdüğü zaman pigment üretmek üzere programlanabilir olmasıdır. Bir bitkinin kök sistemini çevreleyen toprak, birçoğu bitkiye özgü milyonlarca mikroorganizmaya ev sahipliği yapar. Topraktaki mikroekolojilerden ilham alarak, biyolojik destekli tasarım kapsamında hammadde elde etmenin ticari faktörleri araştırılır. Bu amaçla canlı bakteriyel izolatlar katı maddelere ve doğrudan ipek liflerine aşılır. Laboratuvar ortamında 7-14 günlük bir süre boyunca, ipek kumaşlar çevresel sıcaklığa, hava sirkülasyonuna ve pigmentasyonun hızına ve kalitesini etkileyen diğer faktörlerin etkisine göre tasarım açısından birbirinden farklı bir görünüme kavuşur.

Uygulanması kolay olmakla birlikte, hazırlanan süspansiyonda ya da belirli bir besi ortamında hangi bakteri türünün gelişebileceğini canlı bakterilerin kullanıldığı bu süreç belirlemektedir. Bu nedenle tasarımcının ileri araştırmalar için geniş bir test aralığı planlamasına olanak tanımaktadır. Chieza'nın bir petri kabında elde ettiği sonuçların daha büyük bir ölçekte tekrarlanabilmesi için gereken engeller devam etse de sürdürülebilir moda için farklı bir alternatif olarak bakterilerle renklendirilmiş tekstiller yakın gelecekte kullanılabilir.



Görsel1. (solda) Natsai Audrey Chiza'nın bakteriyel pigment kullanarak oluşturduğu giysi tasarımları (Url2)



Görsel2. (sağda) Faber Futures sunumundan Heimtextil, Sergi 2014 (Url2)



Görsel5. (solda) Monascorubramin (kırmızı pigment veren bir mikrobiyel mantar türü) serisi (Url3)



Görsel6. (sağda) Pamuk üzerine konidiaspor uygulaması (Url3)



Görsel3. (solda) Faber Futures, Victoria & Albert Müzesi, Sergi 2014 (Url2)



Görsel4. (sağda) Faber Futures, Ulusal El Sanatları ve Tasarım Merkezi, Sergi 2016 (Url2)

4.2.Nidiya Kusmaya: Endonezya'lı bir tekstil tasarımcısı olan Nidiya Kusmaya, nemli giysilerin üzerinde siyah leke oluşturan "Aspergillus niger" adındaki bir mikromantardan ilham alarak tekstil yüzeylerinin bakteri ve mikromantar pigmentleriyle renklendirilmesi üzerinde çalışmalar yapmıştır. Pigment üreten bakteriler üzerinde yapılan araştırmalar, Endonezya'nın tropik ikliminde yetişen mantar ve bakterilerin ürettiği ilginç tonların keşfedilmesini sağlamıştır. Nidiya çalışmalarında, siyah renk veren "Aspergillus niger", turuncu renk veren "Monascus sp.", beyaz renk veren "Trichoderma" bakterileriyle ve banyoların nemli ortamında yetişebilen kırmızı-pembe "Serratia Marcescens" bakterilerini kullanarak denemeler yapmıştır. Bakterilerle çalışırken enfeksiyonlara neden olmaması için kumaşların otoklavda yüksek ısı ve basınçta sterilize edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle yüksek ısıya dayanıklı ipek, pamuk gibi doğal kumaşları kullanmaktadır (Url3) (Görsel 5-9).



Görsel7. (solda) İpek üzerine konidiaspor uygulaması (Url3)



Görsel8. (sağda) Prodigiosin mikrobiyel pigment türü serisi (Url3)



Görsel9. Mikrobiyel pigmentlerle yapılan deneme sonuçları/ Nidiya Kusmaya (Url3)

4.3.Living Colour/Laura Luchtman ve Ilfa Siebenhaar: Amsterdamlı tasarımcılar Laura Luchtman ve Ilfa Siebenhaar tarafından başlatılan "Living Colour" projesi ses frekanslarının bakteriyel pigmentlerin büyümesi üzerindeki etkisini ve bu sürecin kontrol edilebilirliğini araştıran bir biyotasarım araştırma projesidir. Tasarladıkları süreç, kimyasal madde kullanmadan ve daha az su tüketimi gibi olumlu taraflarının yanısıra kumaşlara antibakteriyel özellik de kazandırmayı amaçlamaktadır (Url4) (Görsel 10-13).

Sentetik pigmentlere bir alternatif olarak, bazı bakteriler biyopigment üretmek için büyük bir potansiyele sahiptir. Boya fabrikası olarak büyütülen bakteriler, dünyayı renklendirmek için daha sürdürülebilir bir yöntemdir. Doğada mikroorganizmalarla birlikte iki ana pigment kaynağından biri olan bitki pigmentleri sınırlı renk paletine sahiptir. Ancak, sentetik boyalar da sınırlıdır ve üretim süreçleri tehlikeli kimyasallar gerektirir, işçi güvenliği endişeleri yaratır ve tehlikeli atık madde oluşturur. Çevre güvenliği ve insan sağlığına yararlı etkileri nedeniyle yeni doğal pigmentlere olan talep her geçen gün artmakta, böylelikle güvenli ve etkili doğal pigmentler keşfedildikçe de zararlı sentetik boyaların yerini almaktadır.



Görsel10. (solda) Laura Luchtman ve Ilfa Siebenhaar, Living Colour, 2017 (Url5)



Görsel11. (sağda) Laura Luchtman ve Ilfa Siebenhaar, ses frekans testi, Living Colour, 2017 (Url5)



Görsel12. (solda) ses frekans testi sonucu, Living Colour, 2017 (Url6)



Görsel13. (sağda) Laura Luchtman ve Ilfa Siebenhaar, Living Colour, 2017 (Url7)

Bazı bakteri türleri biyolojik olarak parçalanabilir ve bu parçalanma sürecinde çevre dostu olan karotenoidler ve violacein gibi pigmentler üretirler. Anti-oksidan, anti-kanser, anti-biyotik, anti-viral ve anti-bakteriyel gibi birçok klinik özelliğe sahip olan bakteriyel pigmentler bu özellikleri ile insan cildine de faydalıdır. Üretilen bakteri pigmentleri suda çözünür veya çözünmez olabilir, ancak pigmentasyon için oksijen gereklidir, bu nedenle sadece aerobik bakteriler pigment üretiminde kullanılmaktadır. Bununla birlikte pigment üretimi ışık, pH, sıcaklık ve besinsel büyüme ortamı gibi faktörlere de bağlıdır.

Ses dalgaları hava, sıvı ve katı yüzeylerden geçebilir ve ses frekanslarının titreşimi bu yüzeylerde desenler meydana getirerek sıvılarda faraday dalgalarının ortaya çıkmasına neden olurlar. Katı yüzeylerde ise parçacık ve toz kullanımıyla ses dalgalarıyla Chaladni figürleri oluşturabilmektedir. Ayrıca daha önce yapılmış bir bilimsel çalışmada (Ying, Dayou, Phin, 2009: 124) ses frekanslarının "E. Coli" bakterisinin gelişimini desteklediği, özellikle 5kHz'lik tonal seslerin E. coli hücre sayılarında önemli bir artış sağladığı görülmektedir. Luchtman ve Siebenhaar da bu çalışmadan esinlenerek ses dalgalarının bakteriyel pigment oluşumundaki etkileri için çeşitli deney grupları oluşturmuşlardır. Bu deneylerde ses dalgalarının yanı sıra bas çalgılar, davul ve zil sesleri de kullanılmış, farklı pigment üreten bakteri türleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ses mühendisi Eduard van Dommelen'den destek aldıkları bu çalışmalarda, büyümeyi oluşturmak amacıyla yüksek frekanslar yaratmak için titreşime ihtiyaç duyulduğundan alçaktan yükseğe doğru, farklı frekanslara sahip dört hoparlörden oluşan bir ses sistemi kullanılmıştır. Çalışmaların sonucunda, "Janthinobacterium Lividum" bakterisinin salgıladığı mor pigmentlerin, optimal koşullarda bile hızlı büyümesi ve doymuş renk tonları vermesi sebebiyle tekstil boyasında kullanımı için uygun bir bakteri olduğu görülmüştür. Kırmızı ve pembe pigment üreten "Arthrobacter agilis" ile sarı renk veren "Micrococcus luteus" bakterilerinden daha az verim alınabildiği gözlemlenmiştir. Ayrıca canlı bakterilerle tekstil boyanırken, bitkilerden, böceklerden ve baharatlardan gelen doğal boyaların aksine, tekstillerin işlem görmeden önce mordanlı olmasına gerek yoktur ancak mordanlamanın yine de daha iyi renk sonuçlarına neden olabileceği öngörülmektedir. Ses frekanslarının bakterilerde daha fazla pigment üretmesine yardımcı olduğu saptanmış ve steril bir çalışma ortamı gerektirmeyen bu uygulamaların, endüstride kuru olarak boya dönüşürülebilmesi için yeni araştırmalarla desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

5. MİKROALGLERLE BASKI UYGULAMALARI

Denizlerin en önemli canlı kaynaklarından biri olan alglerden gıda, tarım, kozmetik, tıp, eczacılık ve tekstil endüstrisi dallarında yararlanılmaktadır. Ekolojik olarak algler yeryüzünün her yerinde bulunabilirler fakat %70'nin asıl yayılım alanı sulardır. Gövde ya da benzer işlevlere sahip yapıları ile deniz, göl ve nehirlerde serbest olarak; karada ise toprak, ağaç ve kayalara tutunarak yaşayabilirler. Hayvan ve bitkilerle simbiyotik yaşam kurabilirler. Buzla kaplı alanlarda, 70°C veya daha yüksek sıcaklıktaki kaynak sularında, çok tuzlu su ortamlarında, düşük ışık yoğunluğu ve yüksek basınç altındaki göl ve deniz ortamlarında; kısaca fotosentez yapmak için ışık bulabildikleri her yerde yaşayabilirler (Cirik, 2011: 135). Algler basit yapıları, klorofil içeren organizmalardır, yapısal olarak prokaryotik (mikroalg) ve ökaryotik (makroalg) olmak üzere iki büyük gruba ayrılırlar. Toprağın az, nüfusun fazla olduğu Uzakdoğu ülkelerinde alglerin 17.yy'dan bu yana önemli bir gıda kaynağı olduğu bilinmektedir. Bugüne kadar Batı Avrupa ülkeleri ile Amerika Birleşik Devletleri'nde algler doğrudan gıda olarak tüketilmemiş fakat biyokimyasal ve teknolojik araştırmaların yarattığı yeni olanaklarla pek çok alanda kullanılmıştır. Bunun sonucunda pek çok ülkede alglerle dayalı bir endüstri gelişmiştir (Aktar ve Cebe, 2010: 248). Bakteriyel selüloz gibi algler de dünyanın her yerinde büyük miktarlarda yetişen doğal bir kaynaktır, bu nedenle boya fabrikaları çevresinde nehirleri kirleten çok sayıda tehlikeli kimyasalın aksine, hali hazırda doğa ile uyumlu bir şekilde varolabilirler. Algler, yüksek sıcaklık ve karbondioksit seviyelerine sahip olduklarından küresel ısınmadan olumsuz olarak etkilenmeyen az sayıdaki canlı türünden biridir. Bu olumlu özellikleriyle algler, tekstil endüstrisinde boya ve arıtma teknolojisinde kullanılmaktadır. Ancak, son yıllarda tekstil tasarımcıları biyotasarım fikriyle alglerden daha farklı bir şekilde yararlanma amaçlı çalışmalar yapmıştır. Berlinli tasarım stüdyosu Blond and Bieber'in kurucu ortakları tasarımcı Johanna Glomb ve Rasa Weber 2013 yılında, Münih'teki Fraunhofer Ara yüz Mühendisliği ve Biyoteknoloji Enstitüsü ile birlikte alglerle estetik bir yaklaşım katmak için biraraya gelip, "Algaemy" adını verdikleri mikroalgleri kullanan bir baskı tekniğini geliştirmişlerdir (Url8) (Görsel14-15).

Bu teknikte kendi tasarımları olan ahşap analog bir tekstil baskı makinesi geliştirmişler ve silindirik yapıdaki yüzeyin üzerine lastik desen kalıplarını uygulayıp baskı rulosuna dönüştürmüşlerdir. Pigment elde etmek için, algler suya ekilerek güneş ışığı ve karbondioksitle beslenerek yetiştirilmiş ve ardından oluşan sıvı solüsyon süzülerek ısıtılmıştır. Daha sonra macun kıvamında bir boya oluşturulmuş ve baskı rulosuna uygula-

arak kumaşa transferi sağlanmıştır. Çalışmanın başta olumsuz gibi görünen fakat farklılık katan özelliği, ortaya çıkan desenlerin güneş ışığına maruz kaldıklarında renk değiştirmesidir. Örneğin, mavi yeşile kırmızı sarıya dönmüş ve böylece renk paleti değişikliğe uğramıştır.



Görsel14. Blond ve Bieber tarafından tasarlanan alg baskı makinesi (Url8)



Görsel15. (altta) Algaemy projesinde alglerle basılan ürünler (Url9)

Dünyadaki yaklaşık 60.000 mikroalg türünden sadece %1'i ticari olarak kullanılmaktadır ve Algaemy projesiyle %15'in kullanımı hedeflenmektedir. Bu nedenle mikroalglerin kullanımı, moda sektöründe renk algılarını değiştirmek için büyük bir potansiyel yaratmaktadır. Buna ek olarak alglerin yeşil canlı tonları ve kırmızı belirgin renk tonlarından, sentetik biyolojiye ihtiyaç duymadan değişen renkler üretebilen binlerce türe sahiptir, bu yüzden renk paleti de sınırsızdır ve böylece yakın gelecekte kimyasal boyaların uygun bir rakibi olabileceği düşünülmektedir. Blond ve Bieber, Tekstil endüstrisinde kullanılan sentetik boyalara karşı doğal bir alternatif olarak geliştirilen "Algaemy" projesiyle 2015 Alman Tasarım Ödülü'ne aday gösterilmişlerdir (Url9).

6. SONUÇ

Çevresel sürdürülebilirlik dâhilinde, tekstilde gerçekleştirilen biyotasarım uygulamaları doğal süreçlerden ilham alarak canlı organizmaları tasarım ve üretime dâhil etmeyi amaçlamıştır. Bakteriyel boyama ve alglerle baskı çalışmaları yapan tasarımcılar tarafından yaratılan canlı renkler, biyotasarım ve sentetik biyolojinin getirebileceği olanakları göstermektedir. Bu çalışmalar

la birlikte ortaya çıkan "tasarım laboratuvarı" kavramı, biyotasarım ve gelecekteki sanatçı-tasarımcı-bilimsel araştırmacı birlikteliğinin önemini ortaya koyarken, üretim süreçlerine de vurgu yapmaktadır. Bu bağlamda, tekstil ürünlerinin renklendirilmesinde kullanılan kimyasal renk verici maddelerin aksine, mantar ve bakterilerden elde edilen boyarmaddelerle yapılan boyama işlemi sonucunda çevreye zarar veren atıkların önüne geçilmektedir. Ayrıca boyama sonucunda kumaşlara antibakteriyel, antiallejik ve antifungal özellikler de kazandırılabilir. Araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre, çevresel güvenliği ve insan sağlığına yararlı etkileri nedeniyle doğal pigmentlere olan talebin her geçen gün artmakta olduğu, böylelikle güvenli ve etkili yeni doğal pigmentler keşfedildikçe zararlı sentetik boyaların yerini alacağı düşünülmektedir. Tüm bu olumlu yönlerine rağmen, bakteri ve alglerden elde edilen boyaların henüz tekstil endüstrisi içinde yeterince yer almadığı, ancak bir sanat formu olarak yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandığı görülmüştür.

Not: Bu araştırma 19-20 Nisan 2018 tarihleri arasında İstanbul'da düzenlenen I. Uluslararası Sanat ve Sanatta Yüksek Teknoloji Kullanımı Kongresi'nde sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

AKKAYA, Alper, Nurdan PAZARLIOĞLU. "21. Yüzyılın Anahtar Teknolojisi: Beyaz Biyoteknoloji." *Kıvrıkale Üniversitesi Bilimde Gelişmeler Dergisi* 1.1, 2012

AKTAR, Selin, Gözde Elgin CEBE. "Alglerin genel özellikleri, kullanım alanları ve eczacılıktaki önemi." *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi* 39.3 :237-264, 2010

ALİ, S., N. NİSAR, T. HUSSAIN. "Dyeing properties of natural dyes extracted from eucalyptus." *Journal of the Textile Institute* 98.6 ,559-562, 2007

BABITHA, Sumathy. "Microbial pigments." *Bio-technology for agro-industrial residues utilisation*. Springer Netherlands, 147-162, 2009

CHARKOUDIAN, Louise K., Jay T. FITZGERALD, Chaitan KHOSLA, Andrea CHAMPLIN. "In living color: bacterial pigments as an untapped resource in the classroom and beyond." *PLoS biology* 8.10 e1000510, 2010

CHIEZA, Natsai Audrey, John WARD. Design in

the Age of Living Technology. In: *Proceedings of the 2nd Biennial Research Through Design Conference*, 25-27 Cambridge, UK, Article, 2015

CİRİK, Şükran, Semra CİRİK. "Su Bitkileri (Deniz Bitkilerinin Biyolojisi, Ekolojisi Yetiştirme Teknikleri)." *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Bornova-İzmir*, 2004

COLE Sheri P., Brian A. RUDD, David A. HOPWOOD, Chin-Jer CHANG, Heinz FLOSS, *Biosynthesis of the antibiotic actinorhodin. Analysis of blocked mutants of Streptomyces coelicolor*. J Antibiot (Tokyo) 40: 340-347, 1987

ENEZ, Nevin. *Doğal boyamacılık: Anadolu'da yün boyamacılığında kullanılmış olan bitkiler ve doğal boyalarla yün boyamacılığı*. Marmara Üniversitesi, 1987

FRANDSEN, Rasmus J.N., Nikoline J. NIELSEN, Nicolai MAOLANON, Jens C. SORENSEN, Stefan OLSSON, John NIELSEN, Henriette GIESE, "The biosynthetic pathway for aurofusarin in *Fusarium graminearum* reveals a close link between the naphthoquinones and naphthopyrones." *Molecular microbiology* 61.4: 1069-1080, 2006

Rasmus J. N. Frandsen,
1
* Nikoline J. Nielsen,
2
Nicolai Maolanon,
2
Jens C. Sørensen,
2
Stefan Olsson,
1
John Nielsen
2
and Henriette Giese

HOBSON, Debra K., David S. WALES. "'Green' dyes." *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 114.2 42-44, 1998

Rasmus J. N. Frandsen,
1
* Nikoline J. Nielsen,
2
Nicolai Maolanon,
2
Jens C. Sørensen,
2
Stefan Olsson,
1
John Nielsen
2
and Henriette Giese

KARADAĞ, Recep. Doğal Boyamacılık, Geleneksel El Sanatları ve Mağazalar İşletme Müdürlüğü

Yayınları." Ankara, 2007

MCDANIEL, Robert, Ebert KHOSLA, David A. HOPWOOD, Chatian KOSLA "Engineered biosynthesis of novel polyketides." *Science* 262.5139 1546-1550, 1993

ÖKMEN, Gülten, Onur TÜRKCAN. «Anabaena Sp.'nin Pigment İçerikleri Üzerine Glukozun Etkisi." *Gıda Dergisi* 38.4, 2013

RAPPORT, D. J. "Ecological footprints and ecosystem health: complementary approaches to a sustainable future." *Ecological Economics* 32.3 367-370, 2000

VENIL, Chidambaram Kulandaisamy, Zainul Akmar ZAKAIRA, Wan Azlina AHMAD. "Bacterial pigments and their applications." *Process Biochemistry* 48.7 ,1065-1079, 2013

YING, Joanna Cho Lee, Jedol DAYOU, Chong Khim PHIN. "Experimental investigation on the effects of audible sound to the growth of Escherichia coli." *Modern Applied Science* 3.3, 124, 2009

Ur1 <http://thisisalive.com/about/> (Erişim Tarihi: 19. 03.2018)

Ur2 <http://natsaiaudrey.co.uk/Gallery>) (Erişim Tarihi: 06.01.2018)

Ur3 <http://nidiyakusmaya.wixsite.com/nidiyakusmaya/alternatif-material-for-textile> (Erişim Tarihi: 21.01.2018)

Ur4 <http://www.yarnsandfibers.com/news/textile-news/use-fungus-and-bacteria-textiles-new-avenue-fashion-industry#.WgoiA9SLTDc> (Erişim Tarihi: 13.11.2017)

Ur5 <https://www.kukka.nl/en/portfolio/living-colour/> (Erişim Tarihi: 06.10.2017)

Ur6 <https://livingcolour.eu/> (Erişim Tarihi: 06.10.2017)

Ur7 <https://www.kukka.nl/en/portfolio/living-colour/> (Erişim Tarihi: 08.04.2018)

Ur8 <http://www.blondandbieber.com/algaemy> (Erişim Tarihi: 08.04.2018)

Ur9 <https://labiotech.eu/algaemy-fashion-use-of-microalgae-by-berlin-textile-design-duo/> (Erişim Tarihi: 08.04.2018)