

미래섬유소재로서 바이오폴리머(Biopolymer)

최 정 연

연세대학교 생활과학대학원 생활디자인학과 박사과정

A Study on Biopolymer as a Future Fiber Material

Choi, Jung Yeon

Ph.D. Candidate, Dept. of Human Environment & Design, College of Human Ecology,
Yonsei University

투고일자:20120122, 심사일자:20120201, 게재 확정일자:20120321

Journal of the Korean Society of Design Culture

한국디자인문화학회

목차**Abstract****국문초록****I. 서론****I.1. 연구목적****I.2. 연구방법 및 범위****II. 시대적 동향****II.1. 환경오염과 석유자원의 문제점****II.2. 시대적 가치의 변화****II.3. 기술의 발전****III. 바이오폐리머(Biopolymer)****III.1. 천연바이오폐리머****III.2. 미생물생산 바이오폐리머****III.3. 생화학합성 바이오폐리머****IV. 섬유 분야에서의 미래소재로서 바이오폐리머의 현황 및 미적가치 제고 방안****IV.1. 섬유 분야의 바이오폐리머의 현황****IV.2. 미래 섬유소재로서 바이오 폴리머의 미적 가치제고 방안****V. 결론****Reference****Endnote****Abstract**

Environmental safety is a major concern in the modern society and many efforts are made to preserve our environments by the various approaches such as sociological, economical and cultural. As a result of these efforts, eco-friendly and sustainable materials are intensively developed by modern science and technology. Petroleum, as an important resource of modern synthetic materials, is predicted to be deficient in the near future and petroleum-based synthetic materials contaminate environments due to non-degradability. Therefore, it is necessary to develop the sustainable, non-toxic, and eco-friendly materials as the future materials. In this study, biopolymer which is developed based on biotechnology as well as material science was introduced as a future material and its potential was discussed. Literature survey was carried out using the various reports, research papers, books, and databases from internet websites.

This study covers well-being trends of modern society regarding to the environmental problems

and problems of petroleum resources. Also, changes in consumers' and designers' trends are investigated based on the changes in values of designers and consumers. In addition, trends in biotechnology and plastic technology were examined and potentials of biopolymer as a future fiber material are discussed. Weakness and problems of modern synthetic fibers are carefully examined and, as an alternative eco-friendly material, biopolymer is introduced and its potentials as a future fiber material is displayed.

국문초록

환경문제는 21세기 인류가 직면한 가장 큰 이슈이며, 환경을 위한 노력은 사회, 경제, 문화에 걸쳐 일어나고 있다. 이러한 노력은 자연친화적이고, 건전한 미래사회를 위한 제품을 위한 소재들의 연구로 이어지고 있으며, 과학기술의 발달은 그것들을 가능하게 하고 있다. 우리 산업의 중요한 석유자원은 이미 고갈을 예측하게 되었고, 플라스틱 소재는 현대 사회의 신소재로서 많은 분야에 적용이 되었지만, 썩지 않는 소재로서 환경 친화적인 면에서 큰 단점을 가지고 있다. 그러므로 미래소재로서의 지속가능하고, 환경 친화적이며, 인간에게 해가 없는 소재의 개발이 시급하다.

따라서 본 연구는 생명공학기술과 플라스틱기술의 발전으로 연구되어지고 있는 바이오폐리머를 기존 합성섬유 소재의 자연 친화적 문제점을 극복하는 미래소재로서의 가능성을 제시하고자 한다.

연구방법은 각종 보고서와 논문, 그리고 단행본을 포함한 도서 등을 통한 문헌조사와 인터넷을 통한 국내외 정보 D/B, 네트워크의 검색 등을 통한 고찰로 진행되어졌다.

본 연구의 범위와 내용에는 환경문제와 석유자원의 문제점과 시대적 가치의 변화로서 소비가치의 변화와 디자인 가치의 변화를 살펴보았다. 또한 현대 생명공학의 발전과 플라스틱 기술의 발전을 살펴보았으며, 바이오폐리머의 전반적인 이해와 더불어 바이오폐리머가 갖는 미래소재로서의 가능성이 포함된다. 현대를 대표하는 화학 합성섬유소재의 단점을 지적하고, 오늘날 친환경의 트렌드에 적합한, 바이오폐리머를 소개하고, 미래소재로서의 가능성을 제시하고자 한다.

Key Words

Biopolymer(바이오폐리머), Future Material(미래소재), Plastic(플라스틱), Eco-friendly Material(환경친화적 소재), Sustainable Materials(지속가능한 소재)

I. 서론

I.1. 연구목적

오늘날의 환경문제는 개개인의 문제가 아닌, 국제적으로 해결해야 할 문제로서, 사회 경제 문화에 걸쳐, 영향을 미치고 있으며, 디자인 분야에도 크게 영향을 끼치고 있다. 특히 제품을 구성하는 소재의 중요성을 인식하게 됨으로써, 시대에 맞는 새로운 신소재의 연구가 확대되고 있다. 섬유소재에 있어서 합성섬유의 발명은 소재의 다양화를 가져옴으로서, 천연섬유의 단점을 보완하고, 물리적, 역학적으로 개선해 주는 역할을 하였다. 그러나 환경문제가 대두됨에 따라 제품의 재생과 더불어 친화적 소재에 관심을 갖게 되면서, 합성섬유가 가지는 단점이 여실히 드러나게 되었다. 현대 과학기술의 발달은 다양한 신소재의 출현을 돕고 있으며, 지구를 생각하는 미래 지향적인 소재로 발전되고 있다. 이에 바이오폴리머는 생명공학기술로 탄생된 새로운 소재로서, 합성섬유를 대신할 수 있는 친화적인 소재로 발전 가능성이 있다.

따라서 본 연구의 목적은 현대사회의 화두인 웰빙, 친환경, 지속가능한 사회 등에 맞는 새로운 소재로서 바이오폴리머의 현황을 분석하고 이에 맞는 미적 가치를 찾고, 미래소재의 현실화를 가속화하는데 있다.

I.2. 연구방법 및 범위

본 연구의 범위는 환경의 재생에 있어 문제가 되고 있는 합성섬유의 대체 소재로서 바이오폴리머를 제시하기 위해, 환경과 석유자원의 문제점을 짚어보고, 이를 인식한 소비자와 디자이너의 가치변화를 살펴보았다. 또한 현대 사회의 생명공학과 플라스틱 기술의 발전, 그리고 바이오폴리머에 대한 고찰과 바이오폴리머가 갖는 미래소재로서의 요건을 포함한다.

연구의 방법은 문헌연구와 기술별 소재별 다면조사를 통해 이루어졌다. 우선 환경과 석유의 문제 그리고 이에 따르는 디자이너와 소비자의 가치의 변화, 마지막으로 생명과학 기술과 플라스틱 기술의 발달에 따르는 시대적 동향을 알아보고, 이러한 시대적 변화에 적용 가능한 바이오폴리머를 소개하여, 미래소재로서 바이오폴리머의 가능성을 진단하였다.

자료수집방법은 국내 논문과 해외 서적, 그리고 번역서를 통하여 시대적 가치의 변화와 기술의 발전 그리고 미래소재개발의 동향을 연구하였으며, 국내서적과 논문 그리고 웹 사이트를 통하여 바이오폴리머를 연구하였다.

분석방법으로는 첫 번째, 시대적 동향에 있어서 환경문제와 석유자원의 문제점, 그리고 이러한 시대 동향에 있어서 소비자 가치의 변화, 디자인 가치의 변화를 논문과 보고서를 통하여, 살펴보았으며, 기술의 발전으로 오늘날의 생명공학의 발전과 현대의 대표적인 신소재인 플라스틱 소재의 발전을 국내외 논문들을 통하여 살펴보았다. 다음으로는 해외서적과 논문, 웹사이트를 통하여 바이오폴리머의 전반적인 이해를 돕기 위해, 정의, 특성, 연구동향을 살펴보았고, 이에, 바이오폴리머를 통한 미래 소재의 미적가치 제고 방안으로 복합 기능 가능한 소재, 인체에 무해한 소재, 지속가능한 소재의 특성을 분석하였다.

II. 시대적 동향

오늘날의 환경과 자원문제는 전 세계가 관심을 갖고 해결해야 하는 문제로서, 사회, 문화에 큰 영향을 주고 있다. 캐롤린 머천트(Carolyn Merchant)(1992)“환경 보호는 너무도 중요한 문제이기 때문에, 환경 기준은 아무리 높아도 지나침이 없으며, 환경개선은 비용에 상관없이 계속되어야 한다.”는 주장에 놀랍게도 80퍼센트에 달하는 미국인들이 동의했다는 사실을, 1989년 6월 <뉴욕 타임스>와 CBS의 여론조사는 보여주고 있다 라고 하였으며, 1973년 중동전쟁에서 비롯된 석유위기는 지구자원의 유한성과 환경 문제에 대해 커다란 경각심을 불러일으키는 결정적인 계기가 되어, 이 때 이후 세계적으로 환경관련 NGO와 소비자 보호 단체들이 증가하기 시작했으며, 이러한 환경단체들의 목소리들도 날로 높아지고 있고, 시민과 소비자들의 환경의식도 높아졌으며, 국가별, 국제별 환경관련 회의와 규약들도 발효하기 시작했다¹⁾. 이러한 환경에 대한 문제는 사회적으로 가치의 변화를 가져오게 되었고, 제품을 창조하는 디자이너, 그리고 소비자들의 가치를 변화시키게 되었다. 또한, LG 연구소에 의하면, 환경문제를 인식한 환경 규제 강화 움직임과 고유가가 겹치면서 플라스틱 대체소재로서, 바이오매스(Bio-Mass)에 의한 소재로의 전환에 대한 관심이 높아지고 있고, 이에 바이오매스(자연계에 존재하는 생물이 가진 유기 물질을 총칭)는 재생 가능할 뿐만 아니라 환경 친화적이라는 두 가지 측면에서 중요한 의미를 갖는 석유대체제²⁾라고 설명하였다. 이러한 시대적 동향을 환경오염과 석유자원의 문제점, 디자이너와 소비자의 가치의 변화, 그리고 현대 기술의 발달로 나누어 살펴보도록 하겠다.

II.1. 환경오염과 석유자원의 문제점

산업화 이후 화학 산업소재의 원료, 에너지원으로 사용된 석유, 석탄, 천연가스 등의 화석원료는, 연소 시 발생하는 황산화물, 질소산화물, 일산화탄소 등의 환경오염물질을 배출하여 대기오염, 오존층 파괴, 수질 및 토양 오염을 유발, 인류의 건강을 위협하기에 이르러, 많은 추가적인 사회적 비용을 야기하고 있다. 또한 대표적인 화석원료 연소 산화물인 이산화탄소 농도의 급격한 증가는 지구온난화의 주범으로 알려져 있으며, 지구온난화에 따른 기후변화와 해수면 상승은 향후 우리에게 또 하나의 재앙으로 다가올 가능성이 높다. 지금과 같이 이산화탄소의 배출이 진행될 경우, 2030년의 대기 중 이산화탄소 농도는 산업혁명 이전 농도의 약 두 배가량 될 것으로 예측되며, 이 때 대기권의 평균온도는 1~3°C 상승, 해수면은 약 20~140 cm 높아질 것으로 추정된다. 인류의 70% 이상이 해발 10 m 이내의 저지대에 거주하고 있는 점을 감안하면, 향후 심각한 문제를 야기할 수 있으며, 이로 인한 농작물 수확 감소(식량난)와 더불어, 각종 질병의 확산, 이상고온과 홍수 등의 자연재해로 인류에 위협이 될 것임에 틀림없다³⁾. 지구 온난화의 가장 근본적인 해결방법은 온실가스의 배출량을 줄이는 것이다. 온실가스의 배출량을 줄이기 위한 방법으로는 에너지 절약, 폐기물 재활용, 환경 친화적 상품 사용, 신에너지 개발 등이 있다. 실제 전 세계적으로 환경 문제가 더 이상 선택이 아닌 생존의 문제라는 인식이 고조되고 있는 실정이다⁴⁾. 또한, 현대산업의 밑바탕이 된 천연자원은 그 소비량의 급증으로 고갈의 위험을 맞고 있으며, 그 대체물질의 개발이 시급하다. 화학 산업의 밑바탕이 되는 석유는 그 매장량이 한정되어, 이미 그 고갈의 시점을 예측하고 있다. 석유가 본격적으로 인류에 이용되어 진 것은 겨우 100여년전의 1859년 미국 펜실베이니아주에서 굴착된 도르크 유정의 성공에서 비롯된다⁵⁾. 원유는 지구에서 유일한 지하자원이다. 따라서 한편으로 이러한 자원의 생산은 제한될 수 밖에 없으며, 다른 한편으로는 일부 고도성장 국가의 식량 및 석유에너지의 수요 증대로 인해 수요는 꾸준히 늘고 있다⁶⁾. 인간의 삶속에 석유는 매우 중요한 자원으로 자리 잡았다. 그러므로 석유의 파동은 개인, 사회, 그리고 국가에 직접적으로 영향을 미치게 된다. 그러므로 유한한 석유자원을 대체할 물질을 개발하고 연구되어지는 일이 매우 시급하다. 자원의 유한성을 인식하지 못하고, 소비가 계속 증가된다면, 자원고갈과, 환경오염으로 우리가 누리고자 하는 환경을 지속하지 못할 것이다. 특히 석유에 의존하고 있는 플라스

틱 소재나, 합성섬유 등은 분해가 어려운 단점으로 환경문제의 원인으로 남게 된다. 그러므로 이러한 소재의 문제점을 인식하고 그것을 대체할 만한 소재를 연구하는 것이 매우 중요하다.

II.2. 시대적 가치의 변화

가치(Value)란 주관 및 자기의 욕구, 감정이나 의지의 욕구를 충족시키는 것⁷⁾으로, 솔로몬(Solomon)(1983)에 의하면, '어떤 조건을 그 반대의 것보다 바람직하다고 생각하는 신념'으로 정의되었다⁸⁾. 가치란 개인의 성장에 있어서 영향을 주는 생각과 관념으로서, 인간이 그들의 삶속에서 추구하고자 하는 신념과 같다. 김선희 글에 의하면, 가치에 대한 개념은 여러 연구자들에 의해 태도(알포트, 버논, 린지, 1960), 욕구(매슬로우, 1964), 흥미(도위스, 1991), 선호(하워드, 우드사이드, 1985; 로키치, 1973, 1979b), 신념(먼슨, 1985; 로키치, 1973, 1979b)등으로 다르게 정의되어져 왔다. 로키치(1968)는 가치란 긍정적이건 부정적이건 특정 대상이나 상황에 얽매이지 않은 이상적인 최종 상태나 개인의 이상적인 궁극적 양식 또는 행동양식에 대한 개인의 신념을 나타내는 추상적 생각으로서 특정 대상이나 상황을 넘어서 행동이나 판단을 이끄는 광범한 신념이라고 정의하였으며, 로키치(1973)는 가치란 어떤 특정한 행동이나 존재의 목적 상태가 다른 행동양식이나 목적상태보다 선호되는 것을 나타내는 지속적 신념이며 개인자신에 의해 사전에 규정되거나 공표된 신념이라고 하였다⁹⁾. 이렇듯 가치란, 서로 다른 환경에 처해있어도, 개개인의 가지고 있는 신념, 행동양식, 그리고 이상에 대한 주관이 뚜렷이 나타나는 것이다.

1. 소비 가치의 변화

현대는 인터넷의 발달로 인한 다양한 네트워크환경과 다양한 멀티미디어의 출현으로, 소비자들에게 새로운 소비환경을 제공하고 있다. 시장과 관련한 소비자의 선택행동은 구매를 할 것인가 아닌가(Buy vs No-Buy Choice) 또는 사용을 할 것인가 아닌가(Use vs do not Use), 어떤 유형의 제품을 선택할 것인가(Product Type), 그리고 어떤 상표의 제품을 선택할 것인가(Brand Choice)의 세 가지로 나누어 볼 수 있으며, 이러한 선택행동에 영향을 미치는 요인에 대해서 웨스 등(1991a)은 소비가치(Consumption Value)가 시장선택에 영향을 미치는 가장 큰 요인이라고 주장하였으며, 소비가치를 기능적 가치(Functional Value), 사회적 가치(Social Value), 정서적 가치(Emotional Value),

상황적 가치(Conditional Value), 호기심 가치(Epistemic Value)등으로 나누었다¹⁰⁾. 그러므로 소비가치는 그 시 대상을 인식할 수 있는 가치로 평가된다. 오늘날 환경문제는 소비자들의 생각과 신념에 영향을 주는데, LOHAS (Lifestyles Of Health and Substantiality)에 따르면 전체 미국 가구의 30%에 해당하는 성인들이 환경적·사회적 책임을 의식한 구매를 하고 있으며, 영국에서도 유기농 식품, 재생가능 에너지 등 사회윤리가 반영된 구매가 2002년에 전년 대비 19% 증가했으며, 로하스 소비자들의 특성은 가격이 좀 더 비싸더라도 자신의 가치관에 부합되는 제품을 선택하고, 친환경적인 방법으로 생산되었는지, 재생원료를 생산되었는지, 로하스 소비자 가치를 공유하는 기업에서 생산했는지와 같은 지속가능한 생산에 관심이 높아, 그들의 가치를 공유하는 기업의 제품을 선택한다¹¹⁾. 환경문제에 대한 소비자들의 인식은 영국의 경우, ‘녹색소비자 지침’이라는 서적이 1989년에 44주 동안 베스트셀러로 선정될 만큼 커다란 관심을 불러 일으켰으며 환경문제에 관하여 미국에서 진행된 많은 소비자 반응조사에서는 환경문제를 고려한 제품이라면 가격이 5.15% 높더라도 기꺼이 그 제품을 구매하겠다고 밝혔다¹²⁾. 이러한 환경에 대한 소비자들의 의식은 기업들의 제품디자인, 생산방식, 유통, 재생의 과정을 통해 소비자의 환경에 대한 가치관과 소통하고 있으며, 각 나라의 정부, 국제기구들이 환경문제를 인식하고, 환경세, 녹색구매정책, 유해물질 금지법등과 같이 제품에 대한 친화적인 법과 정책을 수립하고 있다. 그러므로 이러한 환경 친화적 제품은 환경문제를 야기하지 않은 이른바 무공해(Non-Pollution) 또는 저공해(Low-Pollution), 재생가능한(Recyclable), 재사용가능한(Reusable), 절약가능한(Reducible), 미생물로 분해 가능한(Bio-Degradable), 환경상 안전한(Environmentally Safe)등의 제품을 말한다¹³⁾. 이렇듯 오늘날의 환경 문제는 소비 가치를 변화시켰으며, 기업의 변화에 적극적으로 영향을 미치기도 한다.

2. 디자인 가치의 변화

19세기와 20세기에 걸쳐 일어난 모던디자인은 앞으로 다가올 미래에 기계문명, 그리고 과학기술에 대한 기대심리에 의한 기능적이고, 기계적인 디자인 형태를 위한 디자인 철학이었다. 이러한 디자인 세계관은 건축과 가구, 제품 등을 다루는 디자인 분야에 적용되면서, 대중의 삶에 자리잡게 되었다. 디자인은 색상과 형태가 단순해지게 되었고, 이는 기계미와 함께, 획일화 되는 경향을 가지게 되었다. 이에 대한 반성으로, 장식적이고, 개성을 중시하는 경향으로 전환되었다.

1990년 이후 오늘날의 디자인은 이성과 감성을 절충(Blend), 융합(Fusion) 시키는 디자인 경향이 지배적으로 나타난다¹⁴⁾. 현대의 디지털기술 발전은 새로운 가치를 창출하며, 디자인 영역에서 인간의 감각을 확장하는 커뮤니케이션으로 발전되어 가고 있다. 워커(Walker)(1998, in Charter and Tischner, 2001)에 의하면, 디자인이란 가치 부여(Add Value)로부터 시작된다고 설명하면서, 특히 친환경 디자인은 환경에 대한 주인의식과 사회적 정의에 대해 신중히 고려되어야 하며, 이러한 가치는 제품의 결과물에 미적으로 표현되어야 한다고 주장하였으며 하우저(Houser)(1974)는 양식이란 외형적인 스타일에 대한 고찰뿐만 아니라 그 양식의 내적인, 정신적 측면까지 고찰해야 한다고 주장하였으며, 파파넥(Papanek)(1995/1998)도 디자인이란 비물질적인 가치로 재 정의되어야 한다고 설명하였다. 도버스와 스트렌가드(Dobers and Strannegard)(2005)의 연구에서도, 1990년대 마케팅과 소비는 점차로 비물질적인 정신적 가치에 초점을 맞추게 되었다고 설명하였다¹⁵⁾. 피터와 올슨(Peter and Olson)(2002)은 가치를 ‘소비자의 가장 기본적인 욕구와 목표의 인지적 표현’으로서 정의하였고, 베커와 코너(Becker and Connor)(1981)는 특정 상황에 대한 태도와 구별하여 ‘소비자행동에 지속적으로 영향을 미치는 근본적인 동기’로 파악하였다. 이러한 가치와 디자인은 밀접한 관련이 있다¹⁶⁾. 오늘날의 디자인은 인간에 대한 존중과 함께 환경에 대한 주인의식과 사회적 정의를 고려해야 하며, 이러한 가치는 제품에 구체적인 디자인 요소로서 반영되어진다.

II.3. 기술의 발전

인간의 기술발전은 사회, 문화적인 요인과 밀접한 관계를 맺으며, 산업혁명이후, 인간의 기술 진화는 가속도를 내기 시작하였다. 프랑스의 철학자 가스통바슐라르는 ‘기술을 발달시킨 것은 『필요』가 아니라 인간의 끝없는 욕망이라고 말하곤 했다. 기술의 역사는 곧 인간 욕망의 역사이며, 모든 인공물들은 인간의 욕구를 충족시키기 위해 개발됐다는 것이다¹⁷⁾라고 하였고, 칼 하인즈 슈타인뮐러(Karlheinz Steinmüller)는 “인간은 그 너머의 세상을 찾아가는 속성을 가진 동물이다. 그 너머의 세상을 찾아가는 과학과 기술은 미지의 세상으로 이끈다. 인간은 언제나 한계를 넘어섰으며, 물리적인 한계와 문화적 한계를 초월했다¹⁸⁾라고 역설하였다. 이러한 기술은 과거 경험의 지식의 축적을 바탕으로 진화하였으며, 20세기 기술의 발전은 타 영역 간에 영향을 주면서, 새로운 인공물을 탄생시키고 있다.

1. 생명공학기술의 발전

생물공학 또는 생명공학이라고도 하며, DNA 재조합 기술을 응용한 여러 가지 새로운 과학적 방법 등도 이에 속한다. 생물공학의 정의와 대상 내용은 시대에 따라 크게 변화되어 왔다. 현재는 생명과학의 전체 분야를 학제간의 구별 없이 연구하는 기초적 학문과 이를 기반으로 새로운 기술의 개발을 목적으로 삼은 응용분야를 모두 내포하고 있다. 유전공학(Genetic Engineering)이 대두되면서 바이오테크놀로지란 용어를 쓰기 시작했지만 유전자 공학의 공업적 응용에 국한되지 않고 발효공학, 하이브리도마공학(모노클로날 항체 생산), 농업공학(동식물의 형질전환) 등 광범위한 내용을 포용한다. 바이오 테크놀로지의 시초는 생명체의 구조와 기능을 모방하여 공학적 기계생산 또는 그 공정을 응용해서 물질을 생산하는 데서 비롯되었다. 즉, 1960년대까지는 미생물을 이용한 발효공업과 같은 식품·조미료·알콜 생산의 산업적 공정 및 생산과 의약품 개발하는 분야였다. 1960년대 이후 컴퓨터기술의 개발과 함께 로봇 제어 기술을 뒷받침하는 인공지능에 관한 연구, 인간의 작동에 적합한 기계설계를 위한 인간공학의 연구 등이 등장했다. 특히 생물계에 존재하는 피드백 조절(Feedback Regulation)을 이용한 동물의 신경계와 운동의 조화를 적극적으로 활용하는 과학기술이 대두하여 이를 바이오닉스(Bionics)라고도 한다. 병의 치료와 진단에 전자공학-기술을 활용한 분야를 의용공학(Medical Electronics 혹은 Medical Engineering)이라 하며, 인체의 생리적 특성을 공학적 측면에서 연구하는 생체공학과 구별한다. 생체기능의 메커니즘이 분자 수준에서 이해되면서 생체공학 분야의 응용은 방대한 영역을 점유했다. 1970년대에는 생체의 기능조절을 공학에 응용하려는 시도가 도입되었으며, 1970년대 후반부터 바이오 테크놀로지는 대상과 영역이 급속히 확대되어 생물공학의 전성기로 진입하였다. 종래의 미생물공학은 주로 유전공학으로 발전되었으나 현재는 그 외에 발생공학·세포공학 등과 같이 새로운 분야가 개척되었다. 이 분야에서는 생물 구조의 여러 단위 수준에서 인위적인 조작을 통해 인간의 입장에서 보다 더 편리한 특징과 성질을 지닌 생물체의 일부 또는 전 개체를 만들기 위한 연구가 진행되고 있다. 인공심장과 같은 인공장기나 조직의 개발도 재활의학 측면에서 연구 영역이 넓어지고 있다. 1980년대는 생물학 전체 분야가 생물공학과 연관되어 있다. 세부기술로는 새로운 식물체 개발 혹은 가축질병의 정확한 진단을 위한 세포 융합 기술, 대량복제 및 생산할 수 있는 핵이식 기술, 의약품 제조에 이용되고 있는 유전자 재조합 기술, 바이러

스에 감염되지 않은 채소류나 화초류의 모종 생산 및 품종육성에 사용되는 조직 배양기술, 생명과학(Life Science)적 이해의 바탕에 공학적 관점을 도입한 합성 생물학 기술 등이 있다.

2. 플라스틱 기술의 발전

20세기 동안 소재는 많은 발전을 거듭하여 왔다. 신소재 개발(新素材開發)은 금속, 무기, 고분자 등의 소재들을 새로운 제조 기술을 사용하여 특수한 기능과 성질을 갖는 재료 만들어 내는 것을 말한다. 신소재의 개발에는 무한한 가능성이 감추어져 있으며, 인류가 누릴 문명의 혜택은 신소재의 개발에 달려 있다고 한다. 우리 삶에 변화를 가져다주는 신기술 중에 하나가 플라스틱 발명이다. 현대 사회는 플라스틱 시대라 해도 과언이 아니며, 이러한 플라스틱 소재는 첨단 산업의 날개를 달고 변신하고 있다. 플라스틱은 고분자로 되어 있는데, 스타우딩거(Staudinger)에 의해 고분자의 개념이 주장되었고, 캐로더스(Carothers)가 나일론을 합성해서 고분자 이론을 정립하게 되었다. 1920년부터 성형 가능한 고분자 재료를 총칭하여 플라스틱이라고 하였다. 플라스틱이란 말은 그리스어를 어원으로 하는 ‘가소성을 갖는 물질’이라는 뜻이다. 가소성이란 물을 다량으로 함유한 점토처럼 외부의 힘으로 형태를 자유자재로 변형시킬 수 있는 성질을 말한다¹⁹⁾. 이후, 나일론, 폴리우레탄, 폴리에스터, 아크릴, 폴리프로필렌, 테플론, 노멕스, 탄소, 키아나, 케블라 섬유에 이르기까지, 합성섬유는 다양한 물성의 특성으로 탄생되었다. 20세기 후반으로 들어오면서 고기능성 플라스틱의 개발 속도는 더욱 가속화 되었으며, 미래를 위한 첨단 기능의 특수 플라스틱 시장이 확대될 것으로 예상된다. 이러한 합성섬유는 열 고정에 의해 형태가 안정되고, 보관이 용이하며, 구김이 적고, 가벼우며, 쉽게 낡지 않는다는 장점을 가지고 있으나, 환경적인 면에서 부패되지 않는다는 문제점을 가지고 있다. Fig. 1은 고분자의 범위를 나타낸 것이다.²⁰⁾



Fig. 1. 고분자의 범위

III. 바이오폴리머(Biopolymer)

바이오폴리머(Biopolymer)란 생물학적 작용을 통하여 합성되어지는 고분자 물질을 말하며, 그린플라스틱, 바이오플라스틱이라고 불리기도 한다. 바이오매스 기반 성분이 100%인 것은 물론석유화학기반의 플라스틱이 혼합된 것까지 총칭한다. 바이오폴리머는 곡물이나 미생물로부터 만들어진 플라스틱이 주성분으로, 쉽게 분해되어 퇴비와 같이 생물체가 흡수할 수 있는 형태로 바뀔 수 있다. 즉 자연계의 바이오매스를 원료로 만들어지고, 사용 후에는 자연계 내에서 미생물에 의해 물과 이산화탄소만으로 완전 분해되는 환경 친화적인 제품이다²¹⁾. 이러한 바이오폴리머는 제조법에 따라 크게 아래와 같이 크게 세 가지 정도로 분류될 수 있다.

III.1. 천연바이오폴리머

천연바이오폴리머는 식물이나 해조류에 의하여 합성되어 축적되어져 있는 고분자 물질을 말한다. 대표적인 천연바이오폴리머로는 셀룰로오스, 키틴, 전분과 같은 다당류 등이 존재한다. 셀룰로오스는 식물 세포벽을 이루고 있는 주성분 물질로 지구상에 가장 풍부하게 존재하는 천연 고분자로 매년 수천 억 톤씩 광합성 된다. 셀룰로오스는 결정성과 분자량이 매우 높아서 단단하며 용해성이 낮아서 목재, 종이펄프, 섬유소재 또는 셀룰로오스 유도체로써 널리 이용되고 있다. 목화섬유와 목재는 산업용 셀룰로오스의 주된 원료이기도 하다. 셀룰로오스는 대부분의 식물류에서 세포벽의 구성요소이다. 또한 녹조류의 세포벽이나 균류의 생체막에도 셀룰로오스는 존재한다. 셀룰로스는 19세기 후반에 처음으로 폴리머 생산에 이용되었고, 셀룰로스 나이트레이트가 사진 감광용의 셀룰로스 필름으로 도입되었다. 키틴은 새우나 게 등의 갑각류의 껍질이나 곤충류, 균류, 조류, 버섯 등의 세포벽 성분으로 존재하며, 생산량은 갑각류로 한정하여도 매년 수십 억 톤씩 생산된다. 키틴은 인공피부와 같은 생체재료로의 활용이 연구되고 있다. 식물의 광합성 작용에 의하여 매년 천억톤 정도의 다당류와 이산화탄소와 물로부터 합성되어지고 있으며, 당류 단위체의 종류, 사슬의 길이, 반복기를 형성하는 O-글리코시드(O-glycoside)의 형태, 가지친 정도에 따라 다양한 다당류가 존재하고 분류된다. 식물 또는 동물에서 생산되며, 농, 축산업으로 생산되기도 한다²²⁾. 키틴은 새우나 게 등의 갑각류의 껍질이나 곤충류, 균류, 조류, 버섯 등의 세포벽 성분으로 존재하며, 생산량은 갑각류로 한정하여도 매년 수십 억 톤씩 생산된다. 키틴은 인공피부와 같은

생체재료로의 활용이 연구되고 있다. 전분은 자연계에 매우 풍부한 부분 결정성 다당류로 생산량은 세계적으로 매년 4~5억톤에 달하고 있으며, 식물조직으로부터 분리정제기술도 공업적으로 확립되어 그 가격이 kg당 200~500원 수준으로 저렴한 가격을 형성하고 있다. 지금까지 상업화된 전분 폴리머는 바이오 폴리머 시장을 지배하고 있다. 2002년 약 3만톤 정도의 전분이 생산되어 전세계 바이오 폴리머 시장의 75~80%를 점유하고 있다. 전분 폴리머의 75%는 포장 재료로 사용되고 있다. 그 산업용 포장재료로서는 공업용의 용해성 필름류, 가방 및 자루용의 필름류, 충전재 등이다. 전분 폴리머를 주로 생산하는 업체는 내셔널 스타치 (National Starch), 노바몬트 (Novamont), 바이오텍(Biotec), 로덴버그(Rodenburg) 등으로 이들은 옥수수, 밀, 감자, 타피오카 및 벼 등에서 생산하고 있으며, 현재 가장 많이 생산에 이용되고 있는 농작물은 옥수수이다. Fig. 2는 바이오 폴리머를 이용한 생분해성 농업용 필름이다.



Fig. 2. 생분해성 농업용 필름

III.2. 미생물생산 바이오폴리머

일부의 미생물은 폴리에스테르 계열의 고분자를 체내에 축적하는 것으로 알려져 있으며, 대표적인 바이오폴리머는 폴리하이드록시알카노네이트(PHA)이다. 미생물이 포도당을 섭취하고 체내에 축적하는 폴리머로서, 생분해성이며, 미생물 유전공학적인 방법에 의해 변형이 가능하며, 종류는 매우 한정적이다. PHA는 필름, 시트, 섬유, 고무, 합성종이, 발포제품, 열가소성 제품 등 다양한 분야에 응용할 수 있다. 이러한 미생물 생산 바이오폴리머는 열가소성이 우수하여 현재 사용되는 범용 고분자를 대체할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 이외에 미생물은 다양한 종류의 수용성 또는 불용성 다당류를 생산하며 이러한 다당류는 범용 소재로 사용되기 보다는 식품소재와 같은 특수용도 소재로 이용되고 있다. 영국 ICI, 미국 몬산토(Monsanto), 일본의 미쓰비시 가스화학과 중국의 티안난생물소재에서 연구, 생산중이다.²³⁾ Fig. 3은 SK 화학의 바이오 고분자 제품이다.



Fig. 3. SK 화학 생산 바이오고분자 제품

III.3. 생화학합성 바이오폴리머

생화학합성 바이오폴리머는 단량체가 미생물에 의하여 생산되어진 대사체를 화학적인 공정을 통하여 중합되어진 물질 및 단량체는 석유에서 유래하더라도 효소와 같은 생촉매를 이용하여 중합되어진 환경 친화적 고분자 물질을 통칭한다. 천연바이오폴리머나 미생물 생산폴리머와는 달리 화학공정에 의해서 폴리머를 생산하므로 기존의 화학폴리머와 같은 물성의 다양한 폴리머를 생산할 수 있다. 또한, 기존 화학합성

폴리머와 혼합용이 다양한 물성 변화가 가능하다. 이러한 생화학합성 바이오폴리머의 대표적인 사례는 폴리락틱산과 같은 폴리에스테르형 고분자와 효소에 의하여 기존의 화학 중합반응 대체하는 새로운 형태의 페놀계 고분자, 아미노산계 고분자, 실리콘계 고분자 등이 포함된다. 폴리클릭폴리락산과 폴리락틱산(PLA)는 의료용 봉합사, 성형재료, 포장재, 직물, 수송재료, 전자 재료 등에 적용되며, 폴리카프로락톤(PCL)은 제지 포장용이나 다른 폴리에스터와 혼합이 가능하다. 폴리부틸렌숙신산 (PBS) 는, 폴리에틸렌테레프탈산 (PET), 폴리프로필렌 (PP) 대용으로 포장재로 사용되며, 폴리트리메틸렌 테레프탈릭산 (PTT) 나 폴리부틸렌테레프탈릭산 (PBT) 는 카펫용 섬유, 혹은 나일론 대체로 가능하다. 폴리우레탄계는 발포제로 폴리아미드는 나일론 섬유의 대체제로 가능하다. 기존의 석유화학합성 폴리머와 유사하므로 언급한 회사 이외에 매우 많은 기업들이 생산하고 있다.²⁴⁾ Table 1은 바이오폴리머의 종류와 특징 그리고 응용범위를 표로 정리한 것이다.

Table 1. 바이오폴리머의 종류, 특징 및 응용

	종류	정의	특징	응용
천연 바이오폴리머	셀룰로오스, 키틴 및 키토산, 전분 등	자연적으로 생산되는 바이오폴리머	식물 또는 동물에서 생산되는 바이오폴리머 농, 축산업으로 생산 전분 또는 펄프, 갑각류 등을 가공을 통해 다양한 물성을 가진 플라스틱 생산 생분해성 물성변형이 쉽지 않음	천연섬유: 의류 전분 폴리머: 포장재, 공업용 필름, 가방 및 자루용 필름, 충전제 변형 전분 폴리머 (폴리에스터와 공중합): 타이어 충전제
미생물 생산 바이오폴리머	PHB, PHA 등	미생물 생체 내에 축적하는 바이오폴리머	미생물이 포도당을 섭취하고 체내에 축적하는 폴리머 생분해성 미생물 유전공학적 방법에 의해 변형 가능 (쉽지 않음) 종류 한정적	PHA: 필름, 시트, 섬유, 고무, 박판, 코팅, 합성종이, 발포제품, 열가소성 제품 등 다양함 PHA의 변형: 경도 및 불투명도 증가 (탄산칼슘, 운모, 활석), 색깔 (염료), 내충격 (카본블랙), 분해속도 향상 (전분, 키틴) 바이오셀룰로오스: 기초연구용 시약
생화학합성 바이오폴리머	폴리락틱산 등의 폴리에스터, 폴리아미드, 폴리우레탄, 폴리실리콘 등	탄수화물을 원료로 생산되는 미생물의 발효 산물을 이용한 바이오폴리머	미생물 발효산물을 단량체로 생산한 바이오폴리머: 지방족 폴리에스테르 효소공정과 같은 생물학적 친환경 공정으로 생산된 폴리머: 생 촉매이용 신 합성 바이폴리머 온실가스 저감효과 천연바이오폴리머나 미생물생산 바이오폴리머와는 달리 화학공정에 의해서 폴리머를 생산하므로 기존의 화학폴리머와 같은 물성의 다양한 폴리머 생산 가능 기존 화학합성 폴리머와 혼합용이 다양한 물성 변화 가능 석유화학산업 대부분이 높은 관심을 가지고 대체 소재로 개발 중	폴리클릭폴리락산, 폴리락틱산 (PLA): 의료용 봉합사, 성형재료, 포장재, 섬유, 직물 (폴리에스테르 또는 면직물 대체가능), 수송재료, 전자재료 등 (투명성, 기계적 성질, 낮은 수분 투과도, 높은 인내도, 알콜 저항성) 폴리카프로락톤 (PCL): 제지용 접착제, 제지포장용, 다른 폴리에스터와 혼합-각종 용기, 장난감 디올/디카르복실산계 지방족 폴리에스테르 (PBSA) PBS: PET, PP 대용-포장재 PTT 및 PBT: 카펫용 섬유, 나일론 대체 (의류용-착색성, 부드러움, 신축성), X선필름, 자기 테이프 등 폴리페놀계: 엔지니어링 플라스틱-자동차용 등 폴리우레탄계 발포체 (의료용 인공 혈관 등) 폴리아미드: 나일론 섬유 대체 폴리실리콘계: 산업용 레진 (도료 등)

IV. 섬유 분야에서의 미래소재로서 바이오폴리머의 현황 및 미적가치 제고 방안

IV.1. 섬유 분야의 바이오폴리머의 현황

바이오폴리머는 환경문제와 더불어 생명과학기술의 발전으로 부상하고 있다. 특히 섬유 분야에서는 석유소재로 이루어지는 대부분의 합성섬유의 대체소재로서 큰 관심의 대상이며, 환경규제가 강한 유럽과 일본을 중심으로 시장이 형성되고 있다. 전체 바이오폴리머 시장의 60% 정도를 차지하는 세계 최대의 시장인 유럽은 지난 2005년 2월, 폴리머의 환경 친화적인 생산을 보장하는 자율 협정을 체결한 바 있다. 이 협약에 참여한 바스프(BASF), 카길(Cargill), 노바몬트(Novamont) 등의 기업들은 폴리머 생산 시 국제적으로 인정된 표준을 준수할 것을 선언하였다. 이를 위해 첫째 생분해가 가능한 폴리머의 유럽 규격인 'EN 13432'를 준수하고, 둘째 별도의 인증제도를 도입하며, 셋째 라벨링(Labeling) 제도를 도입해 인증에서 통과한 제품에 대한 정보를 소비자에게 제공하기로 하였다. 일본의 경우도 날로 강해지는 환경 규제가 기업들의 바이오폴리머 사업 참여를 이끌어내는 중요한 역할을 하고 있다²⁵⁾. 미국의 듀폰사(Dupont)는 소로나(Sorona) 등의 제품으로 바이오폴리머 시장을 공략하고 있다. 옥수수에서 채취한 Bio-PDO(Propanediol, 프로판디올)가 소로나의 주원료인데 기존에 사용되던 석유계 원료인 1,3-PDO(1,3-Propanediol)의 대체재로 사용된다²⁶⁾. 듀폰은 소로나 소재를 2010년 인터텍스타일 상하이(Intertextile Shanghai) 전시에서 선보였다. 또한, 소로나의 물성을 개선하여 자동차 내장재 및 부품, 전자제품, 카펫, 섬유 등 다양한 분야에 적용하는 한편, 인비스타(Invista), 도레이(Toray) 등을 비롯한 다수의 섬유제품 메이커들에게 라이선스를 부여하여, 소로나 시장을 확대시키려는 노력을 하고 있다. 듀폰은 2010년까지 소로나를 비롯한 재생 가능 원료를 이용한 제품의 매출 비중을 25%까지 확대한다는 방침을 계획하고 있다²⁷⁾. 일본의 제인은 기존 폴리에스터와 비교해 열안정성이 우수한 폴리유산섬유를 개발했으며, 도레이도 PLA 섬유를 활용한 자동차매트를 선보였다. 이외에도 삼릉, 도레이 등은 대나무를 이용한 천연섬유도 개발했으며 식물성 원료를 사용한 폴리부틸렌 숙신산염 바이오섬유 개발도 활기를 보이고 있다. NEC사와 우니타카도 케나프 섬유를 활용한 전자기기용 바이오플라스틱을 공동 개발했으며 후지쓰도 피마자유로부터 바이오폴리머를 합성하였으며 혼다는 자동차 내장재로 식물성 섬유로 제조된 직물을 적극 활용하고 있다²⁸⁾. 미국의 네이처

웍스(Nature Works LLC)의 'Ingeo(인지오)'는 차세대 저탄소 배출 섬유 및 플라스틱 제품을 선도하는 제품이다. 미국 농무성(USDA)으로부터 100% 식물성 탄소 함량으로 친환경 인증을 받은 '인지오' 바이오폴리머는 패키징 제품, 전자제품, 의류, 식기류, 개인위생용품, 반영구적 제품, 식품 패키징 용기 등 다양한 산업과 제품에서 사용되고 있다. 네이처 웍스의 최고 생산 책임자인 빌 수허(Bill Suehr)에 따르면, "새로운 투자는 우리의 생산 능력을 획기적으로 넓힐 수 있을 것이며, 사출 성형 및 섬유/부직포 시장에서 전 세계적으로 추가적인 인지오 제품 생산을 통해서 규모의 경제를 실현할 수 있도록 해줄 것"이라고 하였다²⁹⁾. 옥수수 섬유인 인지오로 유명한 네이처 웍스는 최근 태국 화학기업인 PTT케미칼로부터 1억5000만 달러를 투자 받아 태국에 인지오 생산 공장을 짓는다고 밝혔다. 2015년 본격 가동에 들어가는 태국 공장은 네이처 웍스의 두 번째 바이오 폴리머 설비로 의류, 홈 텍스타일 등 다양한 섬유와 플라스틱에 사용되는 화학 소재를 생산하게 된다³⁰⁾. 오늘날 바이오폴리머는 다양한 플라스틱 포장재를 포함하여 섬유분야에서도 합성섬유의 자연친화적 관점에서의 문제점을 인식하고, 환경의 중요성을 인식하고 있는 국가를 중심으로 개발되고 있다.

이러한 섬유소재로서 바이오폴리머의 자연친화적 특성을 살펴보았으며, 미래소재로서의 가치를 살펴보고 하겠다.

IV.2. 미래 섬유소재로서 바이오폴리머의 미적가치 제고 방안

1. 복합 기능가능소재

기능의 사전적 의미는 어떤 활동분야에서 그 구성부분이 하는 구실 또는 작용으로 기능은 구조, 즉 형태와 밀접한 연관이 있으며, 어느 기관이 그 기관으로써 작용할 수 있는 능력 또는 작용으로 다기능이란 기능이 많은 것을 의미하며, 다용도, 겸용, 다목적의 의미를 포함한다. 즉, 다기능이란 한 가지 사물이 여러 가지 기능을 가져 목적이나 용도에 따라 기능을 바꿀 수 있는 특성을 의미한다³¹⁾. 산업의 발전과 생활이 풍요하게 될수록 기능에 관한 욕구는 다양화되고 고도화되어 가는데, 이러한 기능을 적극적으로 발휘하도록 하는 고기능성 가공을 지칭하는 것으로, 쾌적성, 위생, 건강, 안정성, 편리성, 촉감, 심미성, 재미 혹은 신기함 등이 가공의 목적이 될 수 있다. 특히 온도, 습도, 물, 악취 등으로 나타나는 불쾌감의 제거와 관련된 생리적 쾌적성에 대한 욕구가 높아지고 있으며,

심리적인 쾌적성에 관한 연구개발이 지속적으로 필요하다(한국섬유경제, 2005). 복합기능이 가능한 소재는 복잡화된 사회구조와 현대인의 요구에 부합하는 고차원의 기능과 복합 과학적 사고와 맞물려 정형화된 것보다는 유동적인 것을 추구하는 현대인들의 기호를 충족시킴으로서 생활 전반에 걸쳐 중요한 요소로서 나타나고 있다³²⁾. 과학기술의 발전은 다양한 기술로 존재해오던 제품들의 기술적 통합을 가능하게 하였고, 이는 단순한 기능의 변화에 머무르지 않고 디자인의 혁명을 불러일으키고 있다. 합성소재의 발달은 기존의 천연소재가 가지고 있지 않은 다양한 기능을 가진 기능성의 소재로서 발전해왔다. 합성섬유는 다양한 타 물질과의 접목이 용이하여, 복합적인 기능을 부여할 수 있는 장점을 가지고 있는 물질이다. 이러한 이유로 기존의 천연소재는 합성소재를 대체하기는 어려운 점을 가지고 있었다. 바이오폴리머는 기존의 천연소재와는 달리 다양한 물성과 다양한 형태의 제품군에 응용될 수 있는 소재이다. 미래소재로서의 바이오폴리머는 지구환경의 보존을 도모함과 동시에, 기존의 화학소재가 가지고 있던 다양한 기능을 가질 수 있는 소재로서의 개발이 가능하다. 특히, 발광, 형광 등의 기능이나, 전도성 또는 고강도 섬유 등 다양한 기술들이 바이오폴리머에 적용되는 사례를 개발하고 있으며, 이러한 것들이 적용되는 새로운 디자인의 창출은 환경 친화적인 미래소재로서의 바이오폴리머의 가치를 재발견하는 데에 핵심적일 것이다.

2. 인체에 무해한 건강소재

인류를 위한 미래의 소재로서 인체에 안전한 소재의 개발은 필수적이다. 현대와 같은 환경에서 인체의 건강은 큰 관심의 대상이 될 수밖에 없다. 산업사회의 발달에 따라 성장과 산업의 자동화로 여가시간의 증대와 현대인의 건강을 저해하는 육체 활동의 부족, 불규칙한 생활, 각종 스트레스 등에 따른 질병으로 건강에 대한 관심이 높아지고 있다. 현대인들은 ‘건강한 삶’, ‘건강에 대한 관심’, ‘건강한 삶을 영위’, ‘건강지향성’, ‘스포츠 클럽’과 ‘등산’, ‘조깅’ 등의 ‘여가 생활 선호’, ‘건강(Good Health)’ 등의 ‘건강 증진에 대한 가치’와 의식주 전반에 자리 잡은 ‘오가니 문화’, 오가닉 트렌드의 부상, ‘유기농 식품’과 ‘먹거리의 소비’, ‘유기농 화장품’과 ‘유기농 레스토랑의 선호’ 등으로 표현된 오가닉 제품의 소비에 대한 가치로 구분되었다. 건강 증진에 대한 관심은 인체 친화적인 소재와 비독성의 자재와 기술의 이용으로 상품을 개발하게 하는 동기를 부여하게 되었다. 소재의 개발 과정이나, 제품을 사용하였을 때, 그리고, 소각되는 과정에서 인체에 유

해한 물질이 발생하는 경우를 고려해야만 한다. 특히, 소재 자체의 개량을 위해서 사용되는 다양한 화합물이 발암 등의 작용이 있으므로, 이러한 기능의 완화나 유독한 첨가제를 사용하지 않더라도, 우수한 물성을 가진 소재와 이를 이용한 디자인의 개발은 필수적이다. 상당수의 바이오폴리머는 인체에 삽입되었을 경우에도 인체 세포 및 조직에 영향을 주지 않는 특징이 있으며, 분해와 재생의 과정에서도 자연친화적인 장점이 있어 안전을 위한 미래소재로서 적합하다. Fig. 4는 테파 플렉스(Tephar FLEX) 흡수성 높은 바이오폴리머로 제조한 외과용 메시의 사진이다.



Fig. 4. Tephar FLEX 흡수성 높은 바이오폴리머로 제조한 외과용 메시

3. 환경순응소재

21세기 인류가 직면한 환경문제는 인구감소, 기후변화, 자원의 고갈, 각종 환경오염 등이 있다. 산업화와 경제발전에 의한 풍요로움과 편리성은 필연적으로 우리에게 대가를 요구하고 있다³³⁾. 지구환경문제는 어느 특정지역에 국한되는 것이 아니라 국경 없는 범세계적 문제이며, 모든 국가가 공동으로 대응하여야 하는 중요한 과제로 부각되었다. 환경문제가 우리에게 전하는 메시지는 “인류가 지금까지 살아왔던 방식을 앞으로도 계속한다면 존재자체가 위협받을 것이며, 환경에 대한 새로운 가치관과 행동 없이는 지속적인 성장은 결코 기대할 수 없다”는 것이다³⁴⁾. 섬유소재에서도 쿡섬유, 죽섬유, 녹차성분함유, 홍삼, 알로에, 키토산, 황토, 옥에 이르는 다양한 요소를 첨가한 초극세사로 만든 나노 섬유, 은성분을 포함한 섬유, 유효전자파를 차단하는 섬유 등 건강에 도움이 되는 웰빙 섬유 등이 각광을 받고 있다. 이러한 섬유들은 인체에 있어서 항균성과 피부에 탁월한 효과와 흡수 소건의 기능을 중심으로 개발되어 인간을 보다 쾌적하고 편안하게 라는 웰빙의 개념으로 집약 되어진다³⁵⁾. 상당수의 바이오폴리머는 생물학적 전환반응을 통하여 합성될 수 있으며, 이러한 생물전환반응은 기존 화학반응에 비하여 상온상압에서 발생하므로 에너지 요구량

이 매우 적으며 또한 안전한 장점이 있다. 또한 환경 친화적인 물질이 반응에 주로 참여하며 환경오염 부하가 작은 특징이 있다. 뿐만 아니라, 바이오폴리머는 미생물의 작용에 의하여 분해되어 환경에 노출되었을 경우 환경에 축적되지 않는 특징이 있다. 고분자의 생분해는 미생물이 분비하는 효소에 의하여 고분자 물질이 저분자화 된 후 미생물에 흡수되어 대사 작용을 통하여 최종적으로 이산화탄소와 같은 무기물로 변환되게 된다.

4. 지속가능소재

지속가능성이란 단어는 쉽게 이해하자면, 지속적으로 무엇을 생산해 낼 수 있는 가능성으로, 언젠가 원료가 고갈되어서, 혹은 불공정한 거래로 인해서, 또는 타당하지 않은 노동력을 쓰는 등의 이유로 생산이 멈춰지지 않는 그런 '지속 가능성'을 뜻하는 것이다³⁶⁾. 미래의 소재는 상품이 기획되고 생산될 때부터 상품의 수명이 다 할 동안 사회와 환경에 미칠 영향과 책임을 염두에 두고 상품을 개발하며 사회적, 윤리적 측면을 중요시 하는 것이라고 했다³⁷⁾. 의상의 예를 들면, 오랫동안 두고 입을 옷은 세탁 등으로 인해 옷의 라인이나 질감에 최대한 변형이 없어야 하는데 그것은 좋은 소재여야만 가능하므로 원단의 중요성이 더욱 높아진다. 품질 좋은 소재로 꼼꼼하고 튼튼하게 봉제된 옷은 형태 유지나 수명이 길어진다. 기본에 충실하며 디자이너의 세심한 손길이나 공이 많이 들어가 보이는 장인정신이 드러난 제품은 소비자들도 선호할 것이고 그러한 옷은 오래도록 입을 수 있고 또한 물려 입을 수도 있어 그만큼 버려지는 의류제품이 줄어들어 환경보호에도 일조할 수 있다³⁸⁾. 20세기 이후 사용되어진 대부분의 고분자 물질은 그 기원을 유한한 자원인 화석원료인 석유에 의존하고 있다. 이에 반면 상당수의 바이오폴리머는 단량체가 재생 가능한 탄소 화물에서 생물학적 전환반응을 통하여 생산된다. 따라서 이러한 바이오폴리머는 환경에 부담을 주지 않으면서 지속적으로 생산이 가능한 특징이 있다. 석유에 의존하지 않음으로 인하여 현재 전 지구적으로 문제가 되는 온실가스 배출에 관해서도 자유로울 수 있는 특징이 있으며, 이러한 점에서 탄소중립적(Carbon Neutral)하다고 한다. 석유자원이 유한한 반면, 태양 에너지와 이산화탄소가 순환하는 생태계만 있다면, 무한하게 생산될 수 있는 자원을 이용한 바이오폴리머는 21세기 산업 발전의 화두인 지속가능한 발전의 원동력이 될 것이다. 이를 위한 지속가능한 사회를 위한 새로운 소재의 이념을 구현한 디자인의 창출은 미래 소재로서의 바이오폴리머의 미적가치 창출의 핵심적

인 역할을 할 것이다. Fig. 5는 지암바티스타 발리(Giambattista Valli)의 드레스로서, 옥수수 콘(Corn)을 재료로 한 바이오폴리머이다.



Fig. 5. 바이오폴리머 드레스

V. 결론

인류는 지식축적과 경험이 바탕이 된 기술발달과 천연자원을 바탕으로 고도의 산업화를 이룩하였다. 우리의 생활은 편리해지고, 다양하고 풍부한 문화를 누리게 되었으나, 지구오염으로 인한 환경문제가 크게 대두되게 되었다. 이에 친환경이라는 개념은 세계적인 관심사로 떠올랐고, 정부, 기업, 소비자들은 웰빙의 트렌드에 따라 삶의 변화를 주고 있다.

본 연구는 현대 신소재인 플라스틱 소재의 환경적 문제를 인식하고, 환경문제에 따르는 환경문제와 석유 개발의 한계성의 문제점을 짚어보고, 현대 가치의 변화와 기술의 변화 속에 미래소재로서의 요건을 갖춘 바이오 폴리머를 미래의 신소재로서 제안하고자 연구되어졌다.

본 연구를 통해 현대의 신소재인 플라스틱 소재의 환경적 문제점을 생명과학의 기술과 플라스틱 소재의 기술의 접목으로 탄생한 바이오폴리머를 살펴봄으로서 미래의 플라스틱 소재의 대체소재로 제안하였고, 복합 기능 가능한, 소재인체에 무해한 소재, 환경순응 소재, 그리고 지속가능 소재로서의 가능성을 살펴보았다.

바이오폴리머는 제조법에 따라, 천연 바이오폴리머, 미생물 바이오폴리머, 생화학합성 바이오폴리머로 분류할 수 있으며, 환경의 문제가 되고 있는 플라스틱 소재의 대체할 수 있으나, 천연 바이오폴리머는 대량 생산이 쉽지 않아서 합성섬유를 대신 할 수 없고, 미생물 바이오폴리머는 다양한 물성을 가진 폴리머 생산이 어렵고, 생화학합성 바이오폴리머는 기존의 합성 폴리머와 유사한 성질을 가진 다양한 폴리머 생산이 가능하나, 가격 경쟁면에서 기술혁신이 필요하다.

본 연구는 천연섬유소재의 자연친화적인 장점과, 합성섬유의 다양한 물성의 장점을 가진 바이오폴리머

의 미래소재로서의 가능성을 진단하고, 생화학합성 바이오폴리머의 가격 경쟁을 강화하는 기술혁신이 필요하다는 것을 예측할 수 있다.

Reference

- [1] 강정현, “미적 가치판단의 소재”, 우리는 생각한다, Vol.-No.2, 1979.
- [2] 경향신문, 12면, (뉴스일자 1996년 02월 23일)
- [3] 김강희, 이준우, 고병렬, 『생체고분자』, 한국과학기술정보연구원, 2003.
- [4] 김민숙, “미래 환경 특성을 반영한 다기능 패션디자인”, 경희대학교 의상학과 박사학위논문, 2010.
- [5] 김은경, “기호학적 접근에 의한 20세기 패션의 특성과 찰과 복식디자인”, 연세대학교대학원 박사학위논문, 2001.
- [6] 김선희, “의복 소비가치의 구조와 의복관여 및 유행 선도력과의 관계연구”, 이화여자대학교 박사학위 논문, 1999.
- [7] 김종덕, “식량 및 석유에너지 위기와 대안 먹거리”, 환경과 생명, Vol.57, 2008.
- [8] 남후남, “서스테이너블 패션 디자인 연구”, 한국패션디자인학회지, 제10권, 2호, 2010.
- [9] 木幡順三(목번순삼), 강순근 역, 『미와 예술의 논리』, 지문당, 1995.
- [10] 박민부, “석유생성설의 소개”, 漢陽大學校 文理科大學 化學科, Vol.-No.6, 1978.
- [11] 성광숙, “복식확대 현상의 미적가치”, 성신여자대학교 박사학위논문, 2002.
- [12] 생물공학회 편, “BT 산업화 및 학술수준 평가 분석”, 2005.
- [13] 안영무, 『섬유학』, 학문사, 2009.
- [14] 여훈구, 그린디자인을 위한 굿 디자이너로서의 역할, 산업디자인, 132호, 1994.
- [15] 이희승, 『국어대사전』, 민중서림, 2001.
- [16] 정시화, 『환경시대의 디자인』, 조형논총, 26, 2007.
- [17] 최나영, 김문숙, “환경친화적인 섬유제품에 관한 연구”, 복식문화연구, Vol.6, No.6, 1998.
- [18] 최혜주, 이혜순, “한국 웰빙 패션의 미적 특성에 관한 연구”, 한국패션디자인학회지, Vol.9, No.2, 2007.
- [19] 하승연, “친환경패션에 나타난 가치와 디자인 요소” 한양대학교, 2009.
- [20] 하지수, 김민자, “20세기 기능주의 패션 디자인의 미적 가치와 조형성”, 한국복식학회, Vol.52, No.6, 2002.
- [21] 한국소비자보호원정책연구실, 『지속가능한 소비문화 창출방안 연구』, 한국소비자보호원정책연구실, 2005.
- [22] International Energy Agency (IEA), 『World Energy Outlook 2009』, IEA, 2009.
- [23] IPCC, 『Guidelines for National Greenhouse Inventories』, IPCC, 1996.
- [24] S. Kasapis, I. T. Norton, and J. B. Ubbink, 『Modern Biopolymer Science』, New York: Academic Press, 2007.
- [25] Vicki Flaris, Gurpreet Singh, “Recent Developments in Biopolymer”, *Journal of Vinyl & Additive Technology*, Vol.15, No.1, 2009.
- [26] www.naver.com (2011.01.11)
- [27] www.greennews.net (2012.02.26)
- [28] www.koteri.re.kr (2012.02.26)
- [29] www.okfashion.co.kr (2012.02.26)
- [30] www.packnet.co.kr (2012.02.26)
- [31] http://whasoomok.tistory.com (2012.02.27)

Endnote

- 1) 정시화, “환경시대의 디자인”, 조형논총, 26, p.6, 2007.
- 2) 뉴스와이어, (뉴스일자 2007년 6월 14일)
- 3) IPCC, 『Guidelines for National Greenhouse Inventories』, IPCC, pp.29-36, 1996.
- 4) International Energy Agency (IEA), 『World Energy Outlook 2009』, IEA, pp.173-184, 2009.
- 5) 박민부, “석유생성설의 소개”, 漢陽大學校 文理科大學 化學科, Vol.-No.6, p.101, 1978.
- 6) 김종덕, “식량 및 석유에너지 위기와 대안 먹거리”, 환경과 생명, Vol.57, p.18, 2008.
- 7) www.naver.com (2011.01.11)
- 8) 하승연, “친환경패션에 나타난 가치와 디자인 요소” 한양대학교 박사학위논문, p.24, 2009.
- 9) 김선희, “의복 소비가치의 구조와 의복관여 및 유행 선도력과의 관계연구”, 이화여자대학교 박사학위 논문, p.10, 1999.
- 10) Ibid. p.20.
- 11) 한국소비자보호원정책연구실 “지속가능한 소비문화 창출방안 연구”, pp.65-66, 2005.
- 12) 최나영, 김문숙, “환경 친화적인 섬유제품에 관한 연구”, 복식문화연구, Vol.6, No.1, p.213, 1998.
- 13) 여훈구, “그린디자인을 위한 굿 디자이너로서의 역할”, 산업디자인, 132호, p.3, 1994.
- 14) 하지수, 김민자, “20세기 기능주의 패션 디자인의 미적 가치와 조형성”, 한국복식학회, Vol.52, No.6, p.86, 2002.
- 15) 하승연, “친환경패션에 나타난 가치와 디자인 요소” 한양대학교, pp.2-3, 2009.
- 16) Ibid. p.24.
- 17) 경향신문, 12면 (뉴스일자 1996년 02월 23일)
- 18) 김민숙, “미래 환경 특성을 반영한 다기능 패션디자인”, 경희대학교 의상학과 박사학위논문, p.1, 2010.
- 19) 안영무, 『섬유학』, 학문사, pp.235-236, 2009.
- 20) Ibid. p.236.

- 21) www.biofoam.co.kr (2012.02.06)
- 22) Vicki Flaris, Gurpreet Singh, "Recent Developments in Biopolymer", *Journal of Vinyl & Additive Technology*, Vol.15, No.1, pp.1-11, 2009.
- 23) 김강희, 이준우, 고병렬, 『생체고분자』, 한국과학기술정보연구원, pp.51-60, 2003.
- 24) S. Kasapis, I. T. Norton, and J. B. Ubbink, 『Modern Biopolymer Science』, New York: Academic Press, p.22, 2007.
- 25) www.greennews.net (2012.02.26)
- 26) www.okfashion.co.kr (2012.02.26)
- 27) www.greennews.net (2012.02.26)
- 28) <http://whasoomok.tistory.com> (Textile Life-뉴스일자 2007년 11월 21일), (2012.02.27)
- 29) www.packnet.co.kr (2012.02.26)
- 30) www.koteri.re.kr (한국섬유신문-뉴스일자 2011년 10월 25일), (2012.02.26)
- 31) 김민숙, "미래 환경 특성을 반영한 다기능 패션디자인", 경희대학교 의상학과 박사학위논문, p.33, 2010.
- 32) 김은경, "기호학적 접근에 의한 20세기 패션의 특성 고찰과 복식디자인", 연세대학교 대학원 박사학위논문, p.43, 2001.
- 33) 김민숙, "미래 환경 특성을 반영한 다기능 패션디자인", 경희대학교 의상학과 박사학위논문, p.18, 2010.
- 34) Ibid. p.19.
- 35) 최혜주, 이해순, "한국 웰빙 패션의 미적 특성에 관한 연구", 한국패션디자인학회지, Vol.9, No2. p.142, 2007.
- 36) 남후남, "서스테이너블 패션 디자인 연구", 한국패션디자인학회지, 제10권, 2호, p.55, 2010.
- 37) Ibid. p.56.
- 38) Ibid. p.61.