ISSN (Online) 2287-3406
Journal of Life Science **2021** Vol. 31. No. 7. 677~685 DOI : https://doi.org/10.5352/JLS.2021.31.7.677

- Review -

Current Status and Prospects for the Hemp Bioindustry

Ho-Yong Sohn[1]*, Mun-Nyeon Kim[2] and Young-Min, Kim[3]

[1]*Department of Food and Nutrition, Andong National University, Andong 36729, Korea*
[2]*Pharminogen Co. LTD, Yongin 16827, Korea*
[3]*Hemp & R Bio, Andong 36618, Korea*

Received May 3, 2021 / Revised July 12, 2021 / Accepted July 13, 2021

Cannabis sativa L. belongs to the *Cannabaceae* family and is an annual herbaceous flowing plant. The plants can be classified into narcotic marijuana and nonnarcotic hemp. Different parts of *C. sativa* L. have been used as food, medicine, cosmetics, fiber and textile. However, the use of leaf, flower, and seed of *C. sativa* L was forbidden in Korea in January 1977 as a result of the Cannabis Control Act due to the narcotic properties. The plant's mature stems have limited uses for the production of fiber and sheets. Recently, various cannabinoids, terpenes and essential fatty acids were identified from *C. sativa* L., and their safety and useful bio-activities, such as neuroprotective, anti-inflammation, antithrombosis, antiepileptic, and antimicrobial activities, and the relief of pain, have been highlighted. Furthermore, the process of reduction of tetrahydrocannabinol, a representative narcotic compound, and the isolation of cannabidiol, a nonnarcotic active compound in *C. sativa* L., have been determined. These findings resulted in the legalization of *C. sativa* L. in Korea for medical use in December 2018 and the exclusion of *C. sativa* L. from the narcotic list of the UN Commission on Narcotics Drugs (UNCND) in December 2020. Therefore, developments of various high-value added products have commenced worldwide. Additionally, in 2021, the Korean government deregulated special zones based on hemp. In this study, the current status and the prospect of the hemp industry, as well as essential techniques for developing new hemp products, are provided for the activation of the Korea Green-Rush.

Key words : *Cannabis sativa* L, cannabidiol, hemp-industry, tetrahydrocannabinol

서 론

대마(*Cannabis sativa* L.)는 삼과에 속하는 1년생 초본식물로, 바람에 의해 수정되는 풍매화이면서 불완전화로 암수가 구분되는 자웅이주식물이다. 대마는 중앙아시아가 원산지로 알려져 있으나, *C. sativa subsp. sativa, C. sativa subsp. indica* 및 *C. sativa subsp. ruderalis* 의 3종이 전 세계적으로 분포되어 있다[14]. 그러나 풍매화의 특성상 자연적인 교잡이 매우 빈번하게 나타나며 현재는 약 600 여종 이상의 변종이 확인되어 있다[33]. 국내에서는 *C. sativa subsp. sativa* 재래종과 1997년 네델란드 식물육종개량센터(Center for Plant Breeding and Reproduction)에서 들여온 저마약형 IH3 품종[24]과 국내종을 교잡하여 얻어진 청삼종이 주로 재배되고 있다[23]. 청삼종은 2002년 국립종자원 05-0015-2002-01호로 등록되었으며 재래종보다 월등히 낮은 환각, 마약 성분을 생산한다고 알려져 있다.

외국의 경우, 대마는 헴프(hemp)와 마리화나(marihuana)로 구분하고 있으며, 이러한 대마 변종들은 특유한 외형과 환각 중독성 물질로 알려진 테트라히드로칸나비놀(tetrahydrocannabinol : THC) 함량으로 쉽게 구분가능하다. 통상 헴프는 THC가 0.3% 이하의 미량으로 포함되어 있어 산업용으로 이용 가능한 반면, 마리화나는 6~20% 이상의 THC를 함유하고 있어 이용의 제한이 있다[13].

대마는 인류 역사와 가장 밀접한 관련성을 가진 식물 중 하나[1]로, 식용, 약용, 화장품, 섬유, 생활용품 등 다양하게 이용[26]되어 왔으며, 대마 탈각 종실(헴프씨드 너트)은 영양성과 기능성이 우수하여 식품소재로 각광받고 있다[3, 6, 30]. 한방 및 천연물 의약 부문에서는 씨앗(마자인)과 채유 오일(대마오일)을 난치성 변비, 소갈증, 월경불순, 피부질환 및 이질 치료에 사용[2, 31]하여 왔으며, 줄기(대마피)는 타박상과 어혈을 풀고 결석을 제거하는 용도로[12], 뿌리(대마근)는 난산을 치료하고 어혈을 제거하는 용도[32]로, 잎(대마초)은 기침, 통증을 완화하고 마취 진통제 및 이뇨제로, 꽃(마화)은 마비증상[20] 및 가려움증 완화 용도로[12], 꽃이삭(마분)은 변비, 통풍, 불면, 난산 치료에 사용되어 왔다[28]. 또한 대마는 특유의 곧은 뿌리와 1달 동안 2~3 m가 성장하는 곧은 줄기로 인해 대마 줄기로부터 인피섬유 생산에 주로 이용되어 왔으며, 미국 듀폰사의 나일론 생산 이전에는 전 세계적인 주요 섬유식물로 대량 재배되어 왔다[26].

한편 대마의 잎, 꽃 및 종실의 외피에는 THC와 같은 환각,

***Corresponding author**
Tel : +82-54-820-5491, Fax : +82-54-820-6281
E-mail : hysohn@anu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

중독성 물질이 존재하여 그 사용이 제한되어 왔으며, 국내에서는 1977년 1월부터 시행한 [대마관리법]에 따라 대마를 수입 또는 수출하는 행위 및 제조하는 행위, 매매하는 행위, 흡연 또는 섭취하는 행위, 타인에게 매매 및 사용을 위한 장소를 제공하는 행위를 일체 금지하고 있다. 이에 따라 대마는 부정적 이미지의 식물로 인식되고 있으며 국내 [마약류 관리에 관한 법률(마약류 관리법)]에서는 대마를 "대마초와 그 수지 및 대마초 또는 그 수지를 원료로 해 제조된 일체의 제품"으로 규정하여, 대마를 취급하기 위해서는 "마약류취급자" 허가 또는 지정을 받아야만 하므로, 이에 대한 연구나 고부가가치 제품 개발은 매우 제한되어 있는 실정이다. 그러나 국내에서도 마약류 관리법 및 식품위생법상 저촉사항이 없는 헴프씨드를 이용한 고부가가치 가공제품 개발은 가능하며, 대부분 버려지고 있는 대마 줄기, 뿌리를 이용한 다양한 제품 개발도 가능하다. 또한 대마의 유용성분을 이용한 화장품, 식의약품 소재 개발 연구, 헴프씨드 착유오일의 필수 지방산, 유용 폴리페놀 성분들 및 착유박 단백질을 이용한 건강기능식품 소재 개발도 현재 가능한 상황이다.

한편, 전 세계적으로 대마의 cannabidiol (CBD) 및 THC와 같은 칸나비노이드계 물질(Fig. 1)의 의약품 소재로서의 이용 가능성[1, 20, 30]이 보고되면서, 대마의 의료 및 기호 용도가 관심을 받게 되었으며, 캐나다의 경우 잎, 꽃을 포함한 대마 전 부분의 사용을 합법화 하고 있으며[12], 미국에서도 36개주에서 의료용도의 대마 사용이 허용되고 있다. 또한 UN 마약위원회에서는 1961년「유엔 마약 단일협약(UN Single Convention on Narcotic Drugs)」을 통해 헤로인과 함께 마약등급 4등급(특히 위험한 마약)으로 지정한 대마와 대마 수지를 2020년 12월 마약목록에서 삭제하였다. 이로 인해 전 세계적으로 본격적인 대마 사용이 가능하게 되면서 이른바 미국 서부 개척 당시의 Gold-Rush에 상응하는 Green-Rush 시장이 빠르게 형성되고 있는 실정이다.

최근 대마의 지구온난화 및 기후변화에 대응하는 이산화탄소 저감화 효능 및 친환경 저탄소 농법이 알려지면서 재배가 급속히 증가하는 추세이며, 대마의 다양한 부위의 다양한 유용성이 보고되면서 식품, 의약품, 화장품, 건강보조식품, 사료, 섬유 산업의 소재로 사용됨은 물론 연료, 플라스틱 제조 부재료, 베딩, 종이 등의 다양한 생활용품의 원료로도 광범위하게

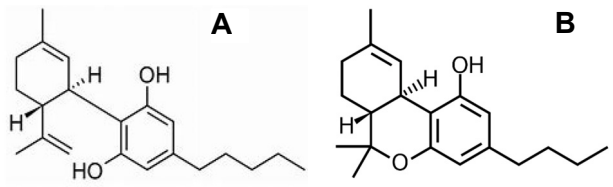

Fig. 1. Structure of (A) cannabidiol (CBD) and (B) tetrahydrocannabinol (THC), as representative compounds of the cannabinoids in *Cannabis sativa* L

사용되고 있다[11, 26]. 이에 국내에서도 2020년 7월 경북 안동을 중심으로 한 [경북 HEMP 기반 바이오산업 규제자유특구]가 선정되어 의약품 제조·수출을 위한 산업용 헴프 재배가 허용되었으며, 법적규제와 사회적 부정적 이미지로 인해 연구 자체가 어려웠던 대마를 규제자유특구 내에서 재배, 수확, 가공하여 고부가가치 의료목적의 제품을 제조할 수 있게 되었으며, 개발 제품을 수출할 수 있는 산업화 기반이 마련되었다. 이에 본 연구에서는 빠르게 변화되고 있는 대마 생물산업의 국내외 현황과 전망을 조사하여, 향후 국내 대마 생물산업의 발전방안을 제시하고자 하였다.

국내외 대마 생물산업의 범위

대마는 씨앗(종실), 꽃, 잎, 줄기, 뿌리 등 부위별로 그 성분과 효능에서 다양성을 나타내어, 식용, 약용, 사료, 화장품, 섬유, 생활용품 소재 등의 다양한 용도로 사용되고 있다(Fig. 2). 또한 대마초의 종자, 뿌리 및 성숙한 대마초의 줄기와 그 제품은 현재 [마약류 관리에 관한 법률]에서 사용상 별도 제한을 두지 않고 있어 향후 약용, 화장품, 섬유, 생활용품 소재로 개발될 수 있다[26]. 대마 생물산업의 주요 분야는 하기의 7분야로 대별할 수 있다.

의료용 대마

대마의 항염증, 항진균, 통증완화, 신경보호. 항생제 내성균주에 대한 항세균, 항산화 및 혈소판 응집저해에 의한 혈전증 개선[4, 5, 14, 16, 27, 28, 31, 34, 35] 등의 효능이 밝혀지면서 알츠하이머 치매, 암, 뇌전증, 파킨슨 질환, 뇌전증에 대한 치료 용도로 대마의 유용성분이 개발 상용화 하고 있다[21]. 국내에서는 2019년 3월 12일 "마약류 관리에 관한 법률 시행령 및 시행규칙"개정으로 국내 사용 허가된 대마성분 의약품은 4종이며, 뇌전증(드라벳,레녹스가스토증후군) 치료제인 에피디올렉스(Epidiolex), 항암 환자의 구역, 구토 치료인 세사멧(cesamet), 다발경화증 치료제인 사티벡스(sativex), 식욕부진 에이즈 환자, 항암 환자의 구역, 구토 치료제인 마리놀(marinol)가 판매되고 있으며, 주요 활성 물질은 CBD로 알려져 있다[7, 12, 16].

식품, 건강기능식품용 대마

대마 종실로부터 환각 중독성분을 포함하는 외종피를 제거한 삼(대마)씨앗 및 삼(대마)씨유는 각각 헴프씨드 너트 및 헴프씨드 오일이라는 이름으로 판매되고 있으며, 특유의 너트버터향과 맛으로 기호도가 높다[6, 9]. 현재 국내 식품공전상 삼(대마)씨앗은 THC 5 mg/kg 이하, CBD 10 mg/kg 이하로, 삼(대마)씨유의 경우 THC 10 mg/kg 이하, CBD 20 mg/kg 이하로 규제하고 있다(식품의약품안전처 고시 제2020-98호). 헴프씨드는 단백질 35%, 지질 50~55%, 탄수화물 6~10%. 각종 미네랄 1%를 포함하고 있어 영양적으로 우수하며, 혈중 콜레스테롤 저하에 도움[17]을 준다고 알려진 헴프씨드 오일은 ω-9

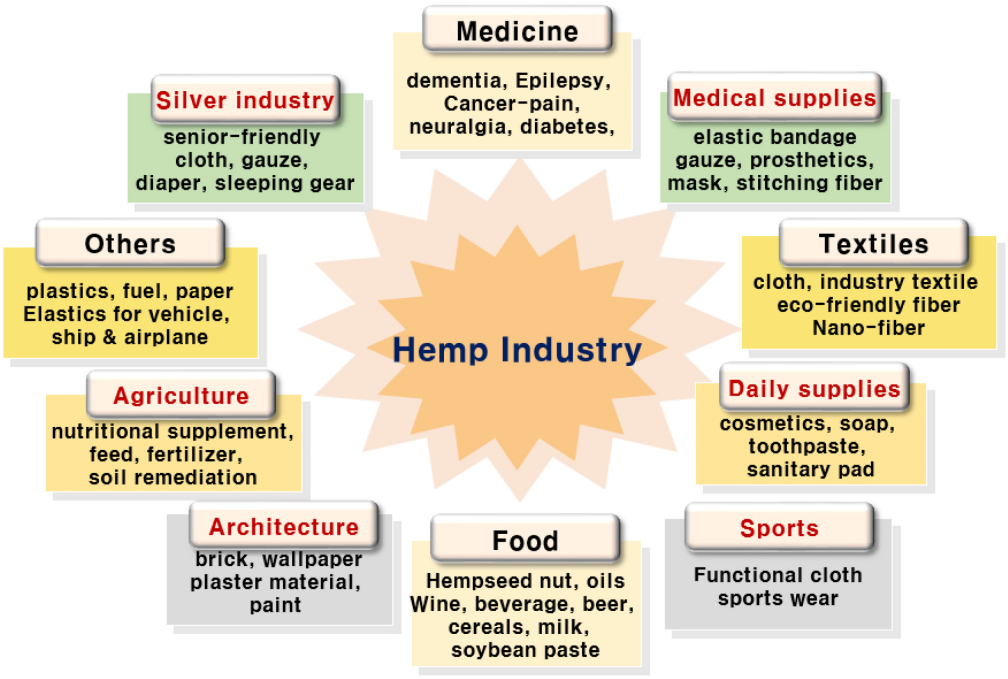

Fig. 2. Application and related industry of hemp (*Cannabis sativa* L).

Table 1. The composition of fatty acids in hempseed

Structure		Fatty acid	Content (%)
*sat.	C14:0	Myristic acid	0.03
sat.	C15:0	Pentadecanoic acid	0.00
sat.	**C16:0**	**Palmitic acid**	**5.56**
sat.	C17:0	Heptadecanoic acid	0.06
sat.	**C18:0**	**Stearic acid**	**2.63**
sat.	**C20:0**	**Arachidic acid**	**1.90**
sat.	C21:0	Heneicosanoic acid	0.00
sat.	C22:0	Behenic acid	0.34
sat.	C23:0	Tricosanoic acid	0.04
sat.	C24:0	Lignoceric acid	0.15
ω-9	C18:1n-9,trans	Elaidic acid	0.00
ω-9	C18:1n-9,Cis	Oleic acid	12.18
ω-9	C20:1	cis11-Eicosenic acid	0.43
ω-9	C22:1n-9	Erucic acid	0.00
ω-9	C24:1	Nervonic acid	0.00
ω-7	C14:1	Myristoleic acid	0.00
ω-7	C16:1	Palmitoleic acid	0.10
ω-6	**C18:2n-6, Cis**	**Linoleic acid**	**54.61**
ω-6	**C18:3n-6**	**r-Linolenic acid**	**4.77**
ω-6	C20:2	cis-11,14-Eicosadienoic acid	0.02
ω-6	C20:3n-6	cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid	0.00
ω-6	C20:4n-6	Arachidonic acid	0.00
ω-6	C22:2	cis-13,16-Docosadienoic acid	0.00
ω-3	**C18:3n-3**	**Linolenic acid**	**17.14**
ω-3	C20:3n-3	cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid	0.00
ω-3	C20:5n-3	cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid	0.00
ω-3	C22:6n-3	cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid	0.00

*sat : saturated fatty acid

지방산인 oleic acid (C18: 1n-9, Cis), ω-6 지방산인 linoleic acid (C18: 2n-6, Cis), γ-linolenic acid (C18: 3n-6), ω-3 지방산인 α- linolenic acid (C18: 3n-3) 등의 필수 지방산을 다량 함유하고 있다[3, 17, 23](Table 1). 특히 기존의 식용 오일들과 달리 ω-6 지방산/ω-3 지방산의 비가 2.5~3.5를 나타내어 WHO에서 제안하는 가장 이상적인 형태의 오일[3, 6, 29]로 알려져 있다(Table 2). 또한 헴프씨드 오일의 4%를 차지하는 γ-linolenic acid의 경우 우리나라 건강기능식품에 관한 법률에 의거 기능성 소재(고시형 2-17)로 등록되어 있으며, 혈행개선, 콜레스테롤 저하 월경전 불편 상태개선 및 면역과민반응으로 인한 피부상태 개선의 기능성이 명시되어 있다. 국내의 경우 헴프씨드 너트와 헴프씨드 오일 이외에도 최근 착유박인 헴프씨드 케이크[15] 및 삼새싹[9]의 상업화가 진행되고 있다.

화장품용 대마

대마 및 대마오일의 항염증, 피부 보호, 세포재생, 보습 및 미백 효과[28, 31, 34]는 이미 알려져 있으며, 헴프씨드 오일을 활용한 대마 크림, 로션, 샴푸, 린스, 비누, 젤, 마스카라, 립밤, 입욕제, 바디로션 등 다양한 화장품이 판매되고 있다. 한편 CBD 오일은 비향정신성(non-psychoactive)으로 통증과 불안, 우울증 완화, 항염증[32] 및 항여드름 활성이 알려지면서 미국, 캐나다 등지에서 화장품 소재로 사용되고 있다. 국내의 경우 현재까지 대마와 관련하여 9종이 화장품 원료가 등록되어 있으며, 점차 증가될 것으로 예상되고 있다(Table 3). 반면 중국의 경우, 2021년 3월 "국가약물관리정책요건"에 따라 대마성분 죽, 대마의 열매, 잎, 오일, CBD 등의 원료를 금지제안 목록에 포함한 바 있으나, 최종결정은 내려지지 않은 상태이다.

동물용 사료용 대마

최근의 로하스 사회 트랜드에 따라 반려동물을 위한 대마 제품이 판매되고 있으며, 대부분 CBD를 활성성분으로 포함하여 관절염이나 불안, 발작, 통증과 같은 반려동물 질환을 관리하는데 사용되고 있으며 다양한 필수지방산 공급원으로도 사용되고 있다[22]. 또한 헴프씨드 및 헴프씨드 오일을 이용한 영양제, 사료용, 족욕수, 음용수 등과 대마줄기를 이용한 애완견 장난감, 침구, 목걸이 등이 개발 상용화 되고 있다.

섬유, 염직용 대마

대마 섬유는 내구성과 내수성, 항균성, 소취성, 다공성 및 통기성 등이 우수하여 전통적으로 다양한 섬유, 염직제품에 사용되어 왔다[4]. 대마 생활용 섬유로는 의류(셔츠, 데님, 자켓, 요가복, 가운, 작업복, 환자복, 삼베 수의 등), 기저귀, 카펫, 핸드백, 양말, 신발, 선글라스, 모자, 지갑, 벨트, 스카프, 넥타이, 손수건, 팔찌, 타월 등으로 다양하며, 산업용 섬유로는 로프, 그물, 토목 및 농업용 섬유 등이 활용되고 있다[22]. 또한 생분해성이 우수하여 플라스틱, 미세플라스틱의 문제를 해결할 수 있는 친환경 소재로 각광받고 있다. 그러나 이러한 장점

Table 2. The ratio of ω-6/ ω-3 fatty acids in different edible oils

Oils	Cotton seed	Safflower seed	Pig	Olive	Hemp seed	Rape seed	Flex seed	Chicken
*SFA	21.06	7.36	39.29	15.73	2.91	7.64	8.98	29.8
MUFA	17.44	73.24	43.56	70.69	3.45	55.36	18.44	44.70
PUFA	53.85	13.62	9.81	8.90	19.35	31.16	67.85	20.90
UFA/SFA	3.39	11.80	1.36	5.06	7.84	11.32	9.61	2.20
ω-3	0.34	0.21	0.46	0.71	4.67	11.32	0.00	0.00
ω-6	53.51	13.41	9.35	8.19	14.68	19.84	0.00	0.00
ω-6/ω-3	157.38	63.86	20.33	11.54	3.14	1.75	0.00	0.00

*SFA : saturated fatty acid, MUFA : mono-unsaturated fatty acid, PUFA : poly-unsaturated fatty acid.

Table 3. The registered cosmetic materials prepared from *Cannabis sativa* L in Korea

Name	Registered purpose
Cannabis Sativa Seed Oil	Skin conditioning agents
Cannabis Sativa Seed Extract	Skin conditioning agents (Conditioner)
Cannabis Sativa Seedcake	Abrasive agent
Hydrolyzed Hemp Seed Extract	Hair conditioning agents, Skin conditioning agents
Potassium Hempseedate	Surfactants (detergents), Surfactants (emulsifier)
Hydrogenated Hemp Seed Oil	Emulsion stabilizer, Bounding agent, Skin conditioning agents (Conditioner), Slip modifier/glydents, Viscosity increasing agent
Cannabis Sativa fermented Root Extract with Bacillus sp./Lactobacillus sp.	Skin conditioning agents
Cannabis Sativa Stem Powder	Hair conditioning agents, Skin conditioning agents
Cannabis Sativa Stem Extract	Skin protectants

에도 불구하고 품질 좋은 세번수 방적사의 생산이 어렵고, 유연성 저하 및 염색성의 어려움으로 인하여 대량 기계 생산의 상업화는 제한되고 있는 것이 현실이다[26]. 최근에는 대마 섬유질의 나노 분쇄기술 및 Direct printing과 같은 첨단염색기술이 응용되고 있어 향후 사용이 증가하리라 예상되는 분야이다.

건축용 대마

대마의 줄기 찌꺼기는 섬유소와 소취. 항균 성분을 다량 함유하고 있어, 이를 자연석회와 섞어 친환경, 기능성 건축용 벽돌 등을 생산할 수 있으며, 실제 다양한 건축물 소재로 이용되고 있다. 기존의 콘크리트에 비해 통기성과 열효율도 뛰어나 블록, 단열재, 화이브 보드(fiber board) 등으로 개발되고 있으며, 페인트, 벽지, 섬유판넬, 석면 대체제, 시멘트 혼합 블록, 장식용 벽토, 모르타르 등으로 활용되고 있다[26, 33].

기타 생활용품 소재로의 대마

대마를 이용한 기타 생활용품으로는 치약, 마스크, 부직포, 친환경 플라스틱, 자동차 내장재, 종이, 노트, 볼펜, 포장지, 고밀화 펠릿 연료 등 다양한 용도를 발굴하고 있으며, 기존의 생플라스틱을 대체하는 생활용품 개발이 빠르게 진행되고 있다[11].

국내 대마 생물산업의 현황

대마 재배

국내 대마 재배는 주로 섬유 생산을 목적으로 진행되어 왔으며, 강원도, 충청남도, 충청북도, 전라북도, 경상북도 및 경상남도의 6개 지역에서 재배되고 있다. 국내 재배는 2016년을 정점으로 지속적으로 감소하고 있으며(Table 4), 2016년 재배농가수 187호, 재배면적 28 ha, 종실 생산량 59 M/T이였으나, 2019년에는 재배 농가수 49호, 재배면적 19 ha, 종실 생산량 42 M/T로 감소하여 2016년 대비 재배농가수는 26.2%, 재배면적은 67.8%, 종실 생산량은 71.1%를 나타내고 있다. 급격한 농가수 감소와 달리 재배면적 및 생산량이 어느 정도 유지되는 이유는 기존 영세 농가에서 대마 재배를 포기하여 나타나는 현상으로 이해되며, 수년 동안 단위면적당 수확량(단수: kg/10a)의 변화가 크지 않음은 대마 재배방식의 변화가 없음을 의미하고 있다. 따라서 향후 우수종자 개량, 기계화 및 스마트팜 적용 등과 같은 고생산 농업기반구축이 필요하며 또한 섬유용 대마가 아닌 종실용 재배 매뉴얼 확립도 반드시 필요하다고 판단된다. 세계적인 대마 산업 활성화에 힘입어, 국내에서도 대마 계약재배가 증가되고 있으며, 2021년에는 2019년에 비해 대마종실 생산량이 2배 이상 증가할 것으로 예상되며, 이를 이용한 고부가치 제품 개발 기술확보가 시급한 실정이다.

대마 가공

대마의 경우 [마약류 관리에 관한 법률]에 의거 종실, 성숙 줄기 및 뿌리를 제외한 부분은 모두 소각, 폐기하도록 관리되고 있다. 또한 종실의 경우 그 자체로는 유통이 불가하며 포엽을 제거하여 THC 5 mg/kg 이하, CBD 10 mg/kg 이하로 가공하여야 한다. 국내에서는 THC와 CBD의 정량분석은 Gas chromatography coupled to flame ionization detector (GC-FID) 또는 mass spectrometry detector (GC–MS) 사용은 제한하며, HPLC-Mass spectrophotometer로 분석하도록 규정(식약처 공고 제 2020-265호)된 바, 이는 tetrahydrocannabinolic acid (THCA), cannabidiolic acid (CBDA) 및 cannabigerol acid (CBGA) 등의 다양한 cannabinoid acids 들이 열에 의한 decarboxylation 반응으로 각각 THC, CBD 및 CBG와 같은 중성 cannabinoids로 변화되기 때문이다[6]. 외국의 경우 High performance thin-layer chromatography (HPTLC)에 의한 대량시료의 신속분석법[10, 19]이 개발되고 있으며, 범죄분석뿐만 아니라 시료 전처리 개선과 함께 식품 분야에도 이용되고 있는 실정이다.

한편 국내에서는 대마 종실 가공분야의 산업화, 기계화가 매우 미미하여 종실의 채취, 수확기기, 불충실 종실을 제거하기 위한 유동층 선별기, 이물 제거기, 탈각기(de-huller) 등의 산업화 기계 개발이 절실한 상황이다. 현재 중국, 인도, 캐나다 등에서 관련 기기를 판매하고 있으며, 국내 도입된 상업화 기기는 모두 중국산을 사용하고 있는 실정이다. 향후 국내에서 관련 기계산업의 적극적인 지원을 통해 안전성, 효율성, 작동용이성을 확보한 한국형 가공시스템의 구축된다면 대마 재배, 수확, 가공이 획기적으로 발전하리라 판단된다.

또한 탈각 종실(헴프씨드)의 착유, 추출, 용출 등의 다양한 오일 회수 방법이 검토[25]되고 있으나, 다양한 필수 지방산 및 이열성 물질의 파괴를 막기 위해 비가열 착유 및 초임계 용매 추출이 주로 이용되고 있다[6]. 또한 착유 오일은 다량의 불포화 지방산을 함유하고 있어 쉽게 산패될 수 있으므로 연질캡슐 제조, 항산화제 첨가 및 기타 식용오일과의 혼합 등이 오일 안정화 기술개발이 진행되고 있다.

한편, 대마 재배의 부산물로 얻어지는 대마 성숙 줄기 및 뿌리의 경우 항염증 및 진통효과[32], 암세포 사멸효과[8, 21, 27], 통풍 및 구토 억제효과[32]가 보고되면서 기존 건축, 섬유용도에서 벗어나고 있다. 특히 줄기 및 뿌리의 나노분쇄를 통한 화장품 및 생활용품으로 개발 및 용매 추출을 통한 기능성 소재로의 이용이 검토되고 있으며, 나노 분쇄물의 경우 소취 및 항균 활성이 증가되는 것으로 알려져 있다. 또한 잎, 꽃, 종실 외피 등을 대상으로 유용 cannabinoids 물질 추출, 정제를 통한 의약품 소재 개발의 경우 초임계 용매 추출에 이은 산업형 FPLC, HPLC 자동화가 진행되고 있어 수입에 의존하던 CBD 5% 이상 함유제품 생산이 [경북 HEMP 기반 바이오산업 규제자유특구]에서 시도되고 있다.

대마 저장, 유통

대마 수확, 가공에 이은 원재료 저장 및 가공품 유통, 가공 후 부산물의 폐기의 경우 투명성과 안전성을 확보하기 위한 대마 이력관리 블록체인 시스템 확보가 필수적이며, 현재 대마 재배지, 운반 차량, 저장소, 가공 공장, 폐기장 전반에 걸쳐

Table 4. Changes of *Cannabis sativa* L. cultivation and production of its edible seed in Korea from 2015 to 2019

Year	Area*	No. of farmhouse	Cultivation area (ha)	Harvest area (ha)	Production efficiency (kg/10a)	Total production (M/T)
2015	G.P	5	1	1	150	2
	CB. P	1	0	0	109	0
	CN. P	31	2	2	173	3
	JB. P	5	1	1	144	2
	GB. P	24	7	7	379	25
	GN. P	2	0	0	200	0
	Sum	68	11	11	1155	32
2016	G.P	13	2	2	71	1
	CB. P	1	0	0	109	0
	CN. P	136	17	17	160	28
	JB. P	4	4	4	200	8
	GB. P	31	5	5	431	21
	GN. P	2	0	0	200	1
	Sum	187	28	28	1171	59
2017	G.P	13	2	2	71	1
	CB. P	1	0	0	109	0
	CN. P	29	17	17	160	27
	JB. P	4	4	4	200	8
	GB. P	24	5	5	408	19
	GN. P	2	0	0	200	1
	Sum	73	28	28	1148	56
2018	G.P	12	3	3	79	2
	CB. P	1	0	0	109	0
	CN. P	6	2	2	281	5
	JB. P	4	4	4	198	8
	GB. P	27	11	11	241	25
	GN. P	2	0	0	200	0
	Sum	52	20	20	1108	40
2019	G.P	13	3	3	104	3
	CB. P	1	0	0	109	0
	CN. P	5	2	2	313	5
	JB. P	4	4	4	198	8
	GB. P	24	10	10	245	25
	GN. P	2	0	0	200	1
	Sum	49	19	19	1169	42

*G. P: Gangwon-do Province, CB. P: Chungcheongbuk-do Province, CN. P: Chungcheongnam-do Province, JB. P: Jeollabuk-do Province, GB. P: Gyeongsangbuk-do Province, GN. P: Gyeongsangnam-do Province

모니터링 및 공개 장부 작성이 시범적으로 진행되고 있다. 또한 대마 가공제품의 유해성을 검증하기 위한 THC, CBD 정량 분석[6]도 필요한 바, 현재 국내에서는 식약처를 제외한 공인 인증 THC, CBD 분석기관은 없는 실정이다.

한편 국내 유통되는 대마제품은 대부분이 헴프씨드 너트 및 헴프씨드 오일이며, 이들은 년간 1,600톤 이상 수입되는 캐나다산과 400톤의 미국, 중국산, 호주산 헴프씨드에 의존하고 있다. 수입산의 경우 다양한 대마 변종이 포함될 수 있으며, 가공 후 국내 수입까지 상당한 시간이 소요된다. 따라서 수입산 헴프씨드 및 헴프씨드 오일의 중금속, 잔류농약, 산패도 등의 기본적인 안전성 검사와 함께 THC, CBD 등의 함유량 검사도 강화되어야 할 것으로 판단된다. 2019년 국내 대마 종실 생산량은 42톤으로 알려져 있으며, 2021년에는 약 80톤 이상이 생산될 것으로 예측되고 있다. 이에 따라 국내산, 수입산 헴프씨드의 구분 방법의 검토와 함께 헴프씨드 등급제도 검토가 필요하다고 판단된다.

국내 대마 생물산업 활성화를 위한 핵심 기술

현재의 국내 대마 생물산업은 [종자를 대상으로 한 식품산업], [종자, 성숙 줄기 및 뿌리를 대상으로 한 화장품 산업]

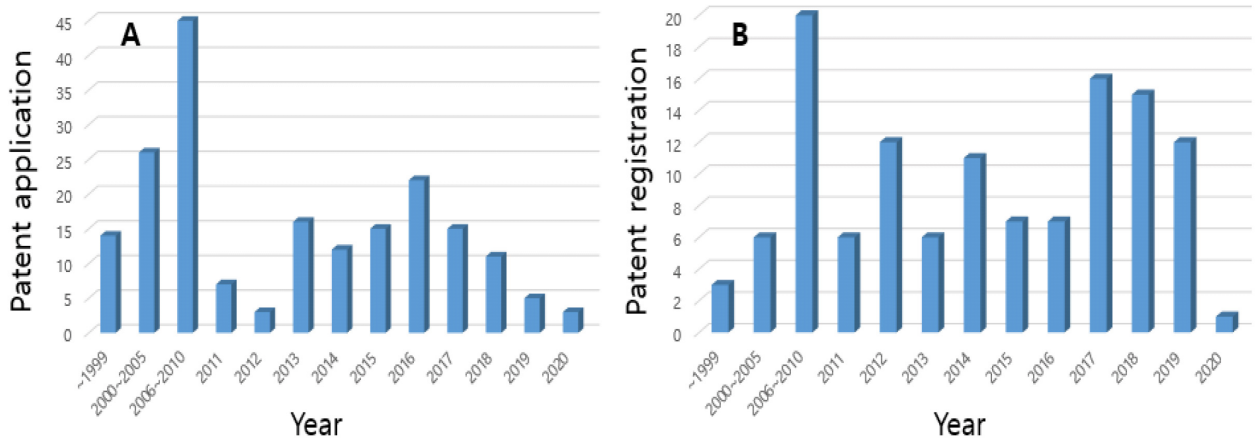

Fig. 3. Status of domestic patent applications and patent registrations with *Cannabis sativa* L in Korea from 2000 to 2020.

및 [꽃, 잎 등을 대상으로 한 의약품 소재산업]으로 대별할 수 있으며, 이들 산업 활성화를 위해서는 1) 유전정보가 확립된 표준 종자 확보 2) 종자 대량 생산을 위한 자성 종자 확보 3) 대마 종자 대량 발아 기술 4) 대마 재배 및 종자 수확기술 5) 대마 종자 탈각기술(헴프씨드 생산기술) 6) 대마종자 저온 착유기술 7) 대마 및 헴프씨드 오일 유지 및 진위판별 기술 8) 대마로부터 의료용 활성물질 추출, 농축 기술 9) 대마줄기, 뿌리 등 미이용 부위를 이용한 고부가가치 가공기술 10) 지속발전 가능한 대마 스마트팜 구축 11) 블록체인 기반의 대마 이력관리 시스템 기술 및 12) 대마 저장 및 폐기물 처리 시스템 기술 확보가 필수적이며 13) 식품, 의약품, 화장품, 사료 및 기타 용품에서 대마의 규제물질인 THC 및 CBD 함량의 신속정확한 분석법 확립이 필수적이다. 이러한 핵심기술 확보를 위한 제도 및 시스템의 개선, 대마 전문인력 양성, 관련 산업체 지원 등이 [경북 HEMP 기반 바이오산업 규제자유특구]에서 진행되고 있으나, 보다 광범위의 관련 기관 연계가 필요하다고 판단된다.

국내 대마 산업 특허 분석

2021년 현재 대마와 관련된 국내 특허는 약 265건으로, 국내 특허출원은 2016년 22건으로 가장 많았으며 그에 따라 특허 등록은 2017년 16건, 2018년 15건으로 높게 나타났다 이후 지속적으로 출원 및 등록은 감소 추세에 있으며, 2020년 11건의 특허등록이 진행되었으며, 2021년에는 2월까지 2건이 특허등록 되어 있다(Fig. 3). 주요 특허분야는 생활필수품(의학, 수의학 : 16건), 생활필수품(식품, 음료 : 15건), 섬유(15건), 종이, 지류(14건), 염직류(13건)으로 다양한 분야에서 고르게 나타났다.

한편 식품과 관련된 주요특허로는 대마씨를 이용한 전통주, 기능성 장류, 면류, 과립, 환의 제조가 가장 많았으며, 대마씨의 유용 단백질을 이용한 제품개발 및 대마씨 및 광천수를 배지로 한 동충하초 배양 등이 공개되어 있으며, 화장품과 관련하여서는 대마씨 오일을 이용한 미용비누, 노화방지 화장품, 피부 외용제 등이 등록되어 있다. 또한 의약품과 관련하여 대마의 유용성분을 이용한 대장암 예방, 신장암 및 췌장암 치료 조성물, 항고혈압 및 근위축성 측생경화증 치료 조성물 등이 개시되어 있다. 이러한 새로운 기술과 소재를 활용한 관련 제품의 산업화는 향후 국내 대마생물 산업의 이정표가 되리라 판단된다.

결과 및 고찰

전 세계적으로 사용이 제한되어 왔던 대마는 새로운 유용 생물자원으로 식품, 화장품, 의약품, 생활용품 전 분야에 유용하게 사용될 수 있음이 확인되고 있다. 국내의 경우 섬유산업에 한정되어 있던 대마는 식품, 화장품, 의약품, 생활용품으로 그 영역이 확장되고 있다. 최근 대마의 종자-재배-수확-부위별 가공-저장-유통 전분야에서 기술개발과 산업화가 시작되고 있으나, 아직 초보적인 단계에 머물러 있다. 향후 본보에서 제시한 단계별 핵심기술들의 개발이 이루어진다면 국내 대마 생물산업 활성화가 가속화 될 것으로 기대된다. 또한 기존의 헴프씨드 너트, 헴프씨드 오일, 캡슐 위주의 제품에서 벗어나 헴프씨드 유용성분을 추출, 정제한 기능성, 영양성, 관능성 강화 제품 개발이 진행되고, 특정 대상을 위한 고령친화식품, 특수용도 식품, 건강기능식품, 의료용 소재로 확대된다면, 대마는 새로운 생물산업 소재로 각광 받을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2020년도 안동시 지원사업에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

The Conflict of Interest Statement

The authors declare that they have no conflicts of interest

with the contents of this article.

References

1. Ahmed, S. A., Ross, S. A., Slade, D., Radwan, M. M., Khan, I. A. and Elsohly, M. A. 2015. Minor oxygenated cannabinoids from high potency *Cannabis sativa* L. *Phytochemistry* **117,** 194-199.
2. Bae, K. J., Song, M. Y., Choi, J. B. and Kim, S. J. 2015. Experimental study on the *Cannabis* fructus on exercise capacity and cognitive function in vascular dementia rat model. *J. Kor. Med. Rehabilitation* **25**, 1-15.
3. Callaway, J. C. 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *J. Plant Breed.* **140**, 65-72.
4. Chakraborty, S., Afaq, N., Singh, N. and Majumdar, S. 2018. Antimicrobial activity of *Cannabis sativa*, *Thuja orientalis* and *Psidium guajava* leaf extracts against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *J. Integrative Med.* **16**, 350-357.
5. Chen, T., He, J., Zhang, J., Li, X., Zhang, H., Hao, J. and Li, L. 2012. The isolation and identification of two compounds with predominant radical scavenging activity in hempseed (seed of Cannabis sativa L.). *Food Chem.* **134**, 1030-1037.
6. Clitti, C., Pacchetti, B., Vandelli, M. A., Forni, F. and Cannazza, G. 2017. Analysis of cannabinoids in commercial hemp seed oil and decarboxylation kinetics studies of cannabidiolic acid (CBDA). *J. Pharm. Biomed. Anal.* **149**, 532-540.
7. Crippa, J. A. S., Zuardi, A. W., Hallak, J. E. C., Miyazawa, B., Bernardo, S. A., Donaduzzi, C. M., Guzzi, S., Favreto, W. A. J., Campos, A., Queiroz, M. E. C., Guimares, F. S., Zimmermann, P. M. D. R., Rechia, L, M., Filho, V. J. T. and Junior, L. B. 2020. Oral cannabidiol does not convert to Δ 8-THC or Δ9-THC in humans: A pharmacokinetic study in healthy subjects. *Cannabis Cannabinoid Res.* **5**, 89-98.
8. Douanla, P. D., Tchuendem, M. H. K., Tchinda, A. T., Tabopda, T. K., Zofou, D., Cieckiewicz, E., Fredrich, M. and Nkengfack, A. E. 2018. Chemical constituents of the leaves of *Caloncoba welwitschii Gilg*. *Phytochem. Lett.* **23**, 5-8.
9. Frassinetti, S., Moccia, E., Caltavuturo, L., Gabriele, M., Longo, V., Bellani, L., Giorgi, G. and Giorgetti, L. 2018. Nutraceutical potential of hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds and sprouts. *Food Chem.* **262**, 56-66.
10. Galand, N., Ernouf, D., Montigny, F., Dollet, J. and Pothier, J. 2004. Separation and identification of cannabis components by different planar chromatography techniques (TLC, AMD, OPLC). *J. Chromatograph. Sci.* **42**, 130-134.
11. Han, G. S., Lee, S. M. and Shin, S. J. 2009. Densified pellet fuel using woody core of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) as an agricultural waste. *Kor. J. Plant. Res.* **22**, 293-298.
12. Han, K. S., Lee, M. J. and Kim, H. J. 2016. Understanding of medical cannabis and its regulations: A suggestion for medical and scientific needs. *J. Kor. Med. Obes. Res.* **16**, 124-132.
13. Hwang, A. Y. and Pan, Y. H. 2020. A study on the identity direction of Korea medical marijuana service. *J. Korea Convergence Soc.* **11**, 131-138.
14. Jang, H. L., Park, S. Y. and Nam, J. S. 2018. The effects of heat treatment on the nutritional composition and antioxidant properties of hempseed (*Cannabis sativa* L.). *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **47**, 885-894.
15. Kim, J. J. and Lee, M. Y. 2011. Characterization of hempseed protein in Cheungsam from Korea. *Korea Acad. Ind. Coop.Soc.* **12**, 1763-1769.
16. Kim, J. N., Choi, J. Y., Seo, J. Y. and Choi, L. S. 2021. Neuroprotective effect of cannabidiol against hydrogen in hippocampal neuron culture. *Cannabis Cannabinoid Res.* **6**, 40-47.
17. Koh, D. H. 1990. A study on the composition of fatty acids of hempseed. *Kor. J. Food Nutr.* **3**, 201-206.
18. Lee, S. J., Choi, S. Y., Shin, J. H., Kim, S. H., Lim, H. C. and Sung, N. J. 2006. Fatty acid composition and oxidative stability of citron seed oils. *J. Life Sci.* **16**, 427-432.
19. Liu, Y., Brettell, T. A., Victoria, J., Wood, M. R. and Staretz, M. E. 2020. High performance thin-layer chromatography (HPTLC) analysis of cannabinoids in cannabis extracts. *Forensic Chem.* **19**, 100249.
20. Marzorati, S., Friscione, D. and Picchi, E. 2020. Cannabidiol from inflorescences of *Cannabis sativa* L.: Green extraction and purification processes. *Ind. Crops Prod.* **155**, 112816.
21. McAllister, S. D., Soroceanu, L. and Desprez, P. Y. 2016. The antitumor activity of plant-derived non-psychoactive cannabinoids. *J. Neuroimmune Pharmacol.* **10**, 255-267.
22. Moon, J. H., Hwang, Y. I. and Lee, K. T. 2009. Study on the positional distribution of fatty acids, and triacylglycerol separation, of seed oils. *Kor. J. Food Preser.* **16**, 726-733.
23. Moon, Y. H., Song, S. Y., Jeong, B. C. and Bang, J. K. 2005. Variation on fatty acid profile including γ−linolenic acid among hemp (*Cannabis sativa* L.) accessions. *Kor. J. Medicinal Crop Sci.* **13**, 190-193.
24. Moon, Y. H., Song, Y. S., Jeong, B. C. and Bang, J. K. 2006. Cluster analysis and growth characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) germplasm. *Kor. J. Crop Sci.* **51**, 483-490.
25. Moon, Y. H., Song, Y. S., Kim, K. S., Lee, J. E., Yu, G. D., Lee, Y. H., Lee, K. B., Choi, I. S. and Cha, Y. L. 2017. Comparison of color and major components of hempseed oils extracted with pressuring and extruding methods. *J. Oil Appl. Sci.* **34**, 666-672.
26. Musio, S., MüSsig, J. and Amaducci, S. 2018. Optimizing hemp fiber production for high performance composite applications. *Front. Pant Sci.* **9**, 1702.
27. Nangmo, K. P., Tsamo, T. A., Zhen, L., Mkounga, P., Akone, S. H., Tsabang, N., Muller, W. E. G., Marat, K., Proksch, P. and Nkengfack, A. E. 2018. Chemical constituents from leaves and root bark of *Trichilia monadelpha* (Meliaceae). *Phytochem. Lett.* **23**, 120-126.
28. Nuutinenm, T. 2018. Medicinal properties of terpenes found in *Cannabis sativa* and Humulus lupulus. *J. Med. Chem.* **157,** 198-228.
29. Porto, C. D., Decorti, D. and Tubaro, F. 2012. Fatty acid composition and oxidation stability of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil extracted by supercritical carbon dioxide. *Ind. Crops Prod.* **36**, 401-404.

30. Randall, M. D. 2007. Endocannabinoids and the haematological system. *J. Pharmacol.* **152,** 671-675.
31. Richard, M. N., Ganguly, R., Steigerwald, S. N., Al-khalfa, A. and Pierce, G. N. 2007. Dietary hempseed reduces platelet aggregation. *J. Thromb. Haemost.* **5**, 424-425.
32. Ryz, N. R., Remillard, D. J. and Russo, E. B. 2017. Cannabis roots: A traditional therapy with future potential for treating inflammation and pain. *Cannabis Cannabinoid Res.* **2**, 210-216.
33. Vonapartis, E., Aubin, M. P., Seguin, P., Mustafa, A. F. and Charron, J. B. 2015. Seed composition of ten industrial hemp cultivars approved for production in Canada. *J. Food. Comp. Anal.* **39**, 8-12.
34. Yoon, Y. C., Kim, B. H., Kim, J. K., Lee, J. H., Park, Y. E., Kwon, G. S., Hwang, H. S. and Lee, J. B. 2018. Verification of biological activities and tyrosinase inhibition of ethanol extracts from hemp seed (*Cannabis sativa* L.) fermented with lactic acid bacteria. *J. Life Sci.* **28**, 688-696.
35. Zhou, Y., Wang, S., Lou, H. and Fan, P. 2018. Chemical constituents of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed with potential anti-neuroinflammatory activity. *Phytochem. Lett.* **23**, 57-61.

초록 : 대마 생물산업의 현황과 전망

손호용[1]* · 김문년[2] · 김영민[3]
([1]안동대학교 식품영양학과, [2]㈜파미노젠, [3]㈜헴프앤알바이오)

대마(*Cannabis sativa* L.)는 삼과에 속하는 1년생 초본식물로, 바람에 의해 수정되는 풍매화이면서 자웅이주식물이다. 대마는 중독성 마리화나와 비중독성 헴프로 구분 가능하다. 대마는 인류 역사와 가장 밀접한 관련성을 가진 식물 중 하나로, 과거로부터 다양한 부위를 식용, 약용, 화장품, 섬유, 생활용품 등으로 이용하여 왔다. 그러나 대마 꽃, 잎, 종실 등에 포함된 중독, 환각 성분으로 인해, 국내에서는 1977년 1월부터 시행한 [대마관리법]에 의거하여, 대마 줄기를 이용한 섬유산업 이외에는 실질적인 연구 및 산업화가 진행되지 못하였다. 최근 대마로부터 400여종의 cannabinoids 물질, terpene 및 필수지방산 등이 확인되고, 이들의 신경세포 보호, 항염증, 항혈전, 항균, 통증완화 및 뇌전증 치료 등의 유용 생리활성이 알려지고, 테트라히드로칸나비놀(tetrahydrocannabinol)로 대표되는 환각 중독성 물질의 제거 및 저감화, 비환각성 물질의 분석, 정제 기술이 빠르게 보고되면서 2018년 12월 국내 의료용 대마의 합법화 및 2020년 12월 UN 마약위원회의 대마와 대마수지의 마약목록 삭제가 확정되었다. 따라서 국내외에서 대마의 다양한 부위를 이용한 고부가가치 식품, 화장품, 의약품 개발이 시작되고 있다. 본 보에서는 국내 2021년 헴프 기반의 바이오산업 규제자유특구 지정과 함께, 국내 대마생물산업의 현황과 대마산업 활성화를 위한 필수기술, 향후 전망을 제시하여 국내 대마 생물산업의 발전방안을 제시하고자 하였다.