

흰목이 및 치자의 신기능성 성분 및 제품개발 동향

김 현 수

플무원 기능성연구소

I. 서언

신경영양인자(neurotrophic factor, NGF)는 분자량 13,000에 α , β 및 γ 의 subunit 구조를 하고 있으며 Fibroblast나 keratocyte와 같은 신경말단에서 생성되어 교감신경 뉴론의 성장과 그 형태 및 기능을 유지함으로써 신경세포의 분화 촉진 및 보호효과로 기억력과 학습력 개선효과가 기대되는 중요한 인자이다(그림1). 특히, Neuron의 survival과 regeneration에 직접적으로 관여함이 밝혀서 Alzheimer's disease 등의 퇴행성 질환의 치료제로써의 적용이 활발히 이루어지고 있으나 NGF의 분자량이 뇌혈액관문(Brain-Blood Barrier)을 통과하기에는 크기 때문에 실제 임상에서의 적용에는 한계가 있다. 따라서, NGF와 유사활성을 가진 안전하고 효과적인 물질을 발굴하는 것은 매우 중요한 의미를 갖는다.

1991년 후루가와(古川) 등은 NGF 합성 촉진 물질의 탐색 연구결과 노루궁뎅이버섯(*Hericium*

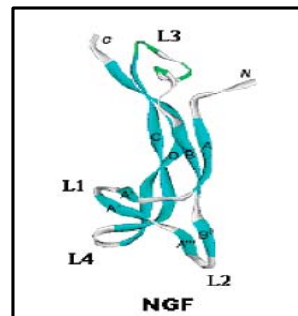


그림 1. NGF 구조 모식도

erinaceum) 자실체로부터 헤리세논(hericenone) C-H로 명명된 화합물을 밝혀내었는데 이것은 천연물에서 얻어진 최초의 NGF 활성물질이다. 이후 1994년 유도체인 에리나신(erinacine)을 보고 하였고 1993년 야마구치에 의하여 천연물로부터 펩타미드 A가 발견 되었으며 현재에도 수많은 과학자들이 이 분야에 연구를 진행 중이다.

흰목이는 흰목이목 흰목이과에 속하는 버섯으로 일반명으로 white jelly fungus, silver ear 등으로

알려져 있고 예로부터 귀한 약용버섯으로 기관지, 폐결핵, 면역기능강화, 항당뇨 및 간 보호 등에 사용되어 왔다. 치자는 한방에서 출혈, 위통, 황달, 갱년기 정신안정 등에 적용사례가 있으며 carotinoid 계 색소인 corcin과 Flavonoid 계 graderin 및 Iridoid 배당체인 genipin, geniposide, gardenoside 등이 함유되어 있고 생리활성으로 간 보호작용, 담즙분비촉진, 항산화작용 등이 알려져 있는데 특히 산치자(山치자)는 신경성장영양인자(NGF) 활성이 있는 약용식물로 알려져 있다.

본 연구소에서는 식,약용식물 및 버섯 등 천연물 유래 신경성장영양인자(NGF) 활성물질을 연구 탐색한 결과 흰목이버섯 추출분획물(TFPC)과 국내 자생 치자추출분획물(GANC)이 PC12h 신경세포에서 매우 높은 신경성장영양 활성기능을 갖고 있음을 발견하였고 표준 NGF 물질과 비교할 때 동량의 수준에서 같은 활성을 발휘하는 것을 알았으며 흰목이성분(TFPC)에 치자성분(GANC)을 같이 사용했을 때 더욱 강력한 신경세포 성장기능을 나타내었을 뿐만 아니라 뇌신경 전달물질에 관여하는 아세틸콜린 합성효소의 생성, 학습력 증가 및 뇌세포 독성 물질로 알려진 베타-아밀로이드 생성억제 시험을 한 결과 매우 높은 유용성을 보여 주었다.

흰목이버섯으로 부터의 강력한 신경성장인자 활성물질의 발견은 당 연구소가 세계 최초로 증명한 실험결과이며 치매관련 건강기능식품과 의약품으로 개발이 기대되는 신물질 성분이라 볼 수 있다. 흰목이버섯의 유용성은 신경성장영양인자 기능외 혈당조절기능 및 면역기능관련 실험을 추진한 결과 다기능을 가진 놀라운 버섯으로 증명되었으며 이를 이용한 연구개발로 시장이 창출되고 국민건강에 유익하게 활용될 것으로 사료되는 바이다.

II. 본론

1. 흰목이 버섯

흰목이 버섯(*Tremella fuciformis*)은 이담자균강(Heterobasidiomycetes) 흰목이목(*Tremellales*) 흰목이과(*Tremellaceae*)에 속하는 목재 부후성 버섯이며 예로부터 건강보조식품으로 인식 되어 왔다.

흰목이 버섯 균사는 색깔이 없고 지름이 2~3.5 um이며, 꺾쇠 연결체(clamp connection)를 가지고 있다. 흰목이 자실체는 순백색이고 반투명하며 3-10개 정도의 겹으로 된 귀 모양을 하고 있다. 자실체의 크기는 5~15 cm x 4~12 cm, 두께는 0.5~0.6 mm 정도이며 모양은 국화꽃과 비슷하다. 자실층은 겹쳐진 잎처럼 양 방향으로 발생하며 성숙한 자실체를 잘라 보면 여러 겹으로 되어 있다. 일반적으로 젤리버섯인 흰목이는 젤라틴질 담자과를 형성하는 특징을 가지고 있어 대단히 질기며 신선할 때에는 젤라틴 질이고 건조하면 딱딱해 지는 특성이 있다(그림2).



그림 2. 흰목이버섯

순수 분리된 흰목이균은 균사 생장이 매우 느리고 성장배지의 주성분인 셀룰로즈(cellulose) 및 리그닌(lignin) 분해능이 약하여 단독성장이 어려운 버섯으로 공생관계에 의해 기주체의 셀룰로즈 및 리그닌을 분해하는 독특한 생육환경을 필요로 한다. 이러한 까다로운 생육조건으로 인공배양 하기

에 쉽지 않아 아직 국내에서는 잘 소개되지 못했다. 그러나, 1978년 중국 복건성에서 대량인공재배에 성공하면서 현재는 년 생산 8.5 만톤으로 세계 시장의 90%를 차지하고 있다.

흰목이 버섯은 중국 청조때 왕궁에서 귀하게 사용되던 버섯으로 일반명으로 white jelly fungus, silver ear 등으로 알려져 있고 피로할 때나 전반적으로 건강이 쇠약해 졌을 때 영양보충제로 처방되었고 면역증진을 위하여 사용된 기록이 있다. 또한 미용과 해열, 궤양의 치료에도 사용되고 있다. 현재 중국에서는 산후조리와 변비, 설사 및 위염등의 증상에 대하여 섭취를 권장하고 있기도 하다.

2. 흰목이 버섯 유효성분의 추출 및 TFPC (Tremella fuciformis practical compound)

흰목이 버섯으로부터 순수 국내 기술에 의해 유기용매를 배제한 안전성이 높은 추출공법을 사용하여 생리활성을 갖는 유효성분을 추출하는데 성공하였으며 추출성분을 TFPC(*Tremella fuciformis* practical compound)라고 명명하였다. 흰목이 버섯 활성성분인 TFPC의 추출방법은 흰목이 버섯 자실체를 미세한 크기로 분쇄하고 충분히 가수한 뒤 12시간 동안 저온조건에서 흰목이 버섯을 침지한 후 효소처리 한 뒤 다시 충분한 양으로 가수하여 100℃에서 12시간 동안 환류식 열수 추출법으로 추출한다. 추출 후 여과막으로 여과시키고 농축한 다음 동결 건조하여 분말상태가 되도록 한다. 이렇게 만들어진 흰목이 버섯 활성 성분을 TFPC라고 하였으며 Bio-LC를 이용하여 다당류의 성분을 분석한 결과 Kakuta 등이 보고한 흰목이 버섯 자실체로부터 분리한 산성 다당체(acid polysaccharides AC)인 glucuronoxylomannan의 구성당인 mannose와 xylose를 함유하고 있음을 확인 할 수 있었다.

3. 흰목이 버섯 성분의 생리활성 작용

3.1. 혈당강하 효과

본 연구소에서 흰목이 버섯 자실체로부터 추출한 TFPC의 조다당체(crude polysaccharides)를 1g/kg body weight의 용량으로 STZ(streptozotocin) 유발 당뇨 흰쥐와 유전적 비만 당뇨모델인 *kk/A^y* 마우스에 식이한 결과, STZ 유발 당뇨흰쥐의 경우식이 8주째부터 뚜렷한 혈당강하 현상이 나타났으며 실험종료 시점인 식이 12주째의 혈당수치가 335 mg/dL로 흰목이 버섯 조다당체를 식이하지 않은 대조군의 혈당수치 463 mg/dL와 비교하여 유의적 차이를 나타내었다($p < 0.05$). 유전적 비만 당뇨모델인 *kk/A^y* 마우스의 경우에서도 실험종료 시점인 식이 6주째 혈당수치가 대조군은 600 mg/dL 이상 이였으나 흰목이 조다당체 식이군은 419 mg/dL로 유의적인 차이를 나타내었다($p < 0.05$)(그림 3).

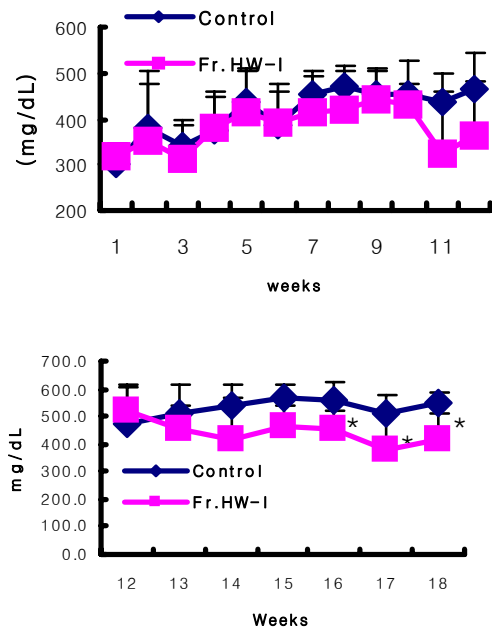


그림 3. 흰목이 버섯으로부터 추출한 TFPC의 조다당체가 STZ로 유발한 당뇨흰쥐와 유전적 비만 당뇨쥐인 *kk Ay/Ta Jcl mouse*의 혈당변화에 미치는 영향

Weijian 등은 Alloxan 유발 당뇨쥐에 흰목이 버섯 자실체로부터 분리한 다당체(polysaccharides)를 300 mg/kg의 농도로 단회 경구 투여한 결과 24시간 뒤 440 mg/dL에서 267 mg/dL로 혈당치가 감소하였다고 보고 하였으며 Kiho 등은 STZ 유발 당뇨쥐에 흰목이 버섯 자실체로부터 분리한 산성 다당체를 500 mg/kg의 농도로 매일 경구 투여한 결과 식이 2주 이후 혈당 상승 억제효과가 나타났으며 24일 이후에는 대조군과 비교해서 유의적인 차이를 나타내었다는 보고를 한 바 있어 본 실험의 결과와 매우 비슷한 경향을 나타내었다. 따라서 본 실험 결과는 흰목이 버섯 자실체로부터 추출한 TFPC가 당뇨에 대하여 혈당강하 효과가 있다는 것을 다시 한번 확인시켜준 것으로 생각된다.

3.2. 항암 효과

본 연구소에서 흰목이 버섯 자실체로부터 추출한 TFPC를 마우스에 매일 300 mg/kg의 농도로 경구 투여하여 한달 동안 실험한 결과 암세포주인 sarcoma-180 고형암에 대하여 항암효과가 있음을 확인 할 수 있었으며 Ha 등이 한국 근학회지에서 발표한 바 있다. Ukai 등은 일본 약학회지에서 흰목이 버섯으로부터 다당체를 분리하여 일주일간 마우스에 복강 주사한 결과 sarcoma-180 고형암에 대하여 우수한 항암효과가 있다고 하였으며, Gao 등도 국제 학술지에서 흰목이 버섯의 다당체가 사이토카인(cytokine)을 활성화 시키는 기능이 있다고 보고한 바 있어 흰목이 버섯에 함유되어 있는 다당류가 항암효과를 나타내는 것으로 생각된다.

3.3. 흰목이 버섯 및 치자의 NGF 유사활성 효과

(1) 흰목이 버섯의 NGF 유사활성

위에서 연구된 혈당 및 항암효과와 최근, 당사 연구진이 3년간의 연구끝에 흰목이 추출성분에서

신경성장영양인자(NGF) 유사활성 기능이 있음을 최초로 입증하는데 성공하였다. 즉, 흰목이 열수추출물을 NGF 민감도가 아주 높은 분화되지 않은 PC12h 세포에 투여하고 72시간동안 37°C, 5% CO₂ 배양기에서 배양하였다. 배양 후 0.1% glutaraldehyde 용액을 이용하여 세포를 고정시키고 Image analyzer를 이용하여 분화된 neurite의 길이(신경돌기 성장능)를 측정한 결과, 대조 실험한 여타 NGF 물질보다 효능이 뛰어난 것을 확인하였다. 특히, 천연물임을 감안할 때 저농도(0.1 µg/ml)에서도 높은 활성을 나타내었다(그림4, 5). 흰목이추출물에서의 NGF 유사활성능 입증은 세계 최초이며 이를, 한국미생물학회 (2003 춘계학술 대회) 및 학술회지(2004 제1회 버섯연구논총)에 발표하였고, 이 추출분획물질을 TFPC로 명명하였다.

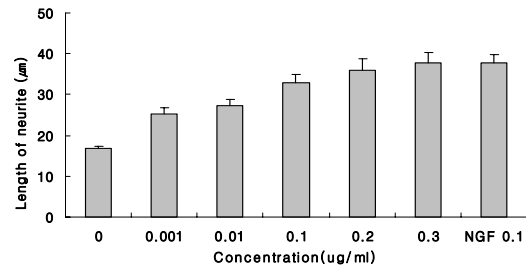
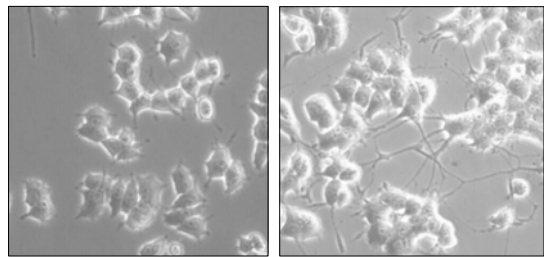


그림 4. 흰목이 열수추출물의 신경세포분화촉진 (Neuritogenic) 효과



음성대조군(흰목이 비처리군) 양성대조군(흰목이 처리군)

그림 5. 흰목이 추출 분획물을 처리한 PC12h 신경세포의 neurite 길이

또한, 추출물의 세포 독성 정도를 측정하기 위하여 MTT assay와 SRB assay를 수행한 결과 독성을 나타내지 않았다(그림6).

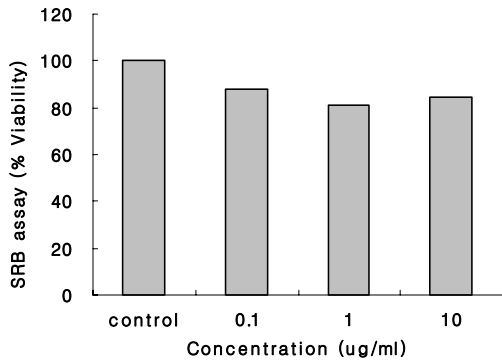
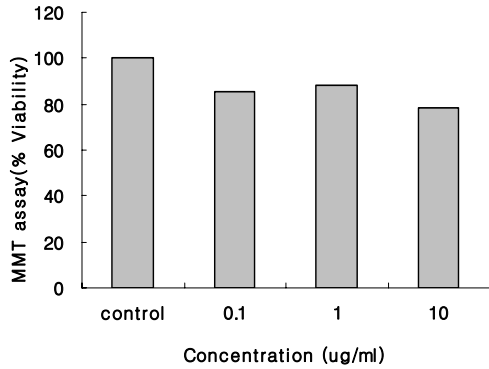


그림 6. MTT assay와 SRB assay을 통한 독성에 대한 세포생존율

(2) 국내 치자 NGF 유사활성

치자(*Gardenia jasminoides Ells.*)는 일본, 대만, 중국과 거제도를 비롯한 남해지역 및 전남의 일부 지역에서 자생하는 곡두서니과 식물로 한방에서 출혈, 위통, 황달, 갱년기 정신안정 등에 효과가 있으며 생리활성으로 간보호작용, 담즙분비촉진, 항산화작용 등이 알려져 있다. 주요 성분은 carotinoid 계 색소인 corcin과 Flavonoid 계 graderin 및

Iridoid 배당체인 genipin, geniposide, gardenoside 등이다. Geniposide는 섭취시 장내에서 β -glucosidase에 의해서 분자량이 작은 Genipin으로 전환되며 protein kinase 등을 통한 세포내 signaling cascade를 통하는 기전으로 NGF와 유사한 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(그림7).

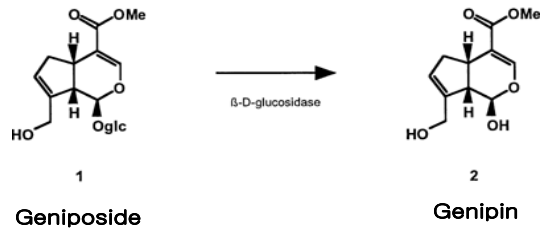


그림 7. 치자의 NGF 유사활성 성분

당사는 한국산 치자로부터 geniposide를 분해하여 일본 호쿠리쿠대학 치바교수팀이 연구한 중국산 치자물질과 대조하여 더 유용한 NGF유사합성 기능을 확인하였고 공동으로 PC12h 세포를 이용한 신경성장 활성효과 연구를 추진하였다(그림8). 그리하여, 이러한 치자 추출활성물질을 GANC (Gardenia Active Neurotropic Compound)로 명명하였다.

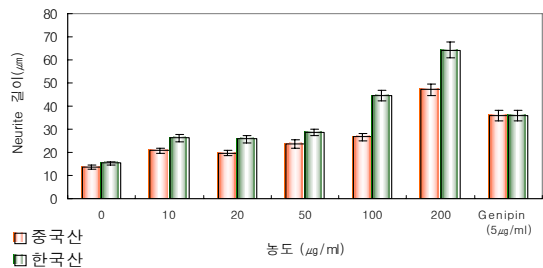


그림 8. 치자 열수추출물의 신경세포분화촉진 (Neuritogenic) 효과

3.4. 동물실험을 통한 기억력, 학습력 증진 효과 세포실험을 통해 원목이버섯추출물과 치자추출

물의 NGF 유사활성능을 입증하였다. 이를 기반으로 두 물질을 적용시 실질적인 기억력 및 학습력 증진효과가 있는지를 검증하기 위해 동물실험을 다음과 같이 진행하였다.

체중 230~250g의 Sprague-Dawley rat (샘타코, 한국)를 이용하였으며 scopolamine 투여하여 뇌손상을 유발한 후, 흰목이버섯추출물(TFPC)와 치자추출물(GANC)를 이들 복합물을 투여하고 학습력 및 기억력 개선효과를 보기위해 행동검사로 수중미로 실험(Morris water maze) 기간을 포함하여 2주간 매일 실시하였다. 또한, 모든 행동 실험이 끝난 직후 실험동물을 sodium pentobarbital(50mg/kg, i.p.)로 마취시키고 내측 중격에서 학습의 지표로 이용되는 ChAT(choline acetyltransferase)를 이용하여 아세틸콜린성 신경세포를 염색하여 뇌조직의 신경화학적 변화를 측정하였다.

(1) 행동학적 변화(수중미로 검사, Morris water maze)

수중미로는 4개의 동일한 사분원으로 나누어져서 북동 (NE), 북서 (NW), 남동 (SE), 남서 (SW)로 구분되고 이중 북동 사분원의 중심부에 도피대가 놓여지고, 나머지 중 하나가 출발위치로 사용된다. 하루에 4시행씩 7일간 훈련을 받으며 7일째 마지막 시행이 끝나면 자유수영 검사시행이 삽입되는데, 이때 동물들은 도피대가 제거된 채로 60초간 수영을 하게 된다. 모든 동물들의 행동은 비디오 카메라로 녹화되는데, 훈련 시행에서는 출발에서부터 도피대로 올라가는데 걸린 시간(학습력 증진 검증 실험)을 측정하고, 60초간의 검사시행에서는 훈련시에 도피대가 있었던 사분원에 머문 시간(기억력 증진 검증 실험)을 측정하였다. 측정결과, 흰목이버섯과 치자추출물 복용을 통해 훈련시 도피대를 찾아가는데 걸린시간이 대조군에 비해 유의적으로 단축되어 학습력 증진 효과를 확인할

수 있었고, 도피대 제거후 도피대가 있었던 위치에 머문시간도 유의적으로 대조군에 비해 증가하여 기억력 증진 효과도 확인 할 수 있었다(그림9).

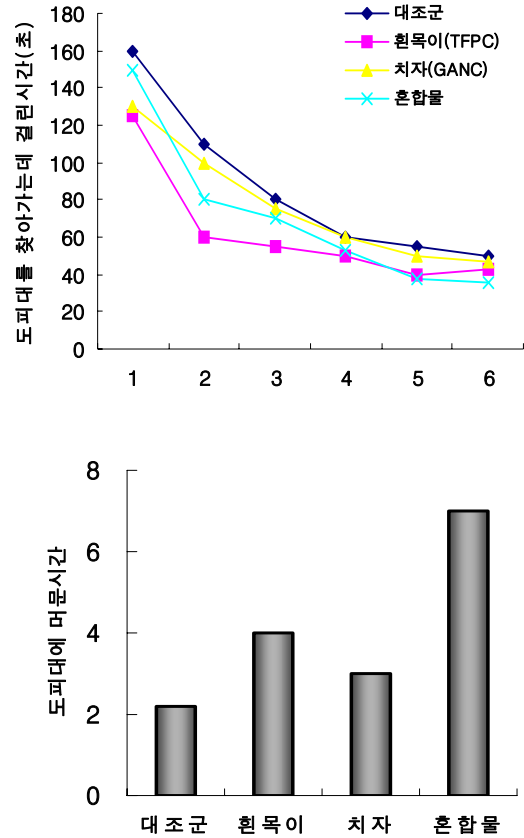


그림 9. 흰목이버섯추출물(TFPC)와 치자추출물(GANC) 투여후 행동검사 결과

(2) 조직학적 변화

뇌에는 학습과 기억력에 관여하는 해마(hippocampus)와 대뇌피질(Cerebral cortex)이라는 조직이 있으며 이곳에 학습과 기억력에 중요한 역할을 하는 신경전달물질인 아세틸콜린(acetylcholine)이 작용한다. 아세틸콜린 부족시, 학습과 기억력 장애 및 신경세포수 감소를 유발하게 된다. 따라서, 학습과 기억의 신경 화학적 척도인 아세틸콜린성 신경세

포의 활성도를 뇌조직을 통해 측정하였다. 측정결과, 내측중격과 해마등 관련 부위 모두에서 흰목이추출물과 치자추출물 복용시 농도 의존적으로 ChAT cell의 보호 및 손상을 방어하여 기억 증진 효과의 차이가 나타남을 알 수 있다(그림10).

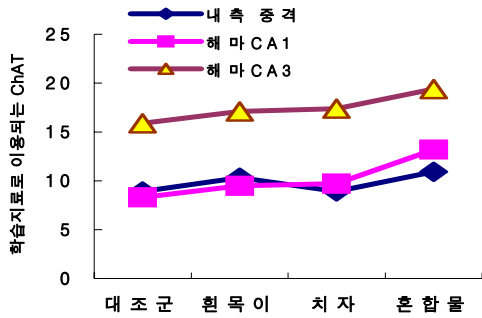


그림 10. 뇌조직(내측 중격, 해마)에서의 아세틸콜린성 신경세포의 활성도 측정 결과

4. 안전성 및 안정성 시험

4.1. 안전성 시험

흰목이 버섯은 고대로부터 독성이 없는 식,의약품으로 사용되어 왔다. 그러나 과학적인 방법으로 실험동물을 사용하여 사람이 먹을때와 똑같은 방법으로 투여한다면 체내에 문제가 있을지를 조사할 필요가 있다. 우선, 실험용 쥐(ICR마우스)에 경구로 버섯추출물(TFPC)과 치자추출물(GANC)를 각각 2g부터 4g까지 투여한 결과 운동성 감소, 운동실조, 호흡곤란, 털빠짐 및 체중감소와 같은 이상증상이나 사망이 일어나지 않았으며 실험적으로 안전한 물질을 증명할 수 있었다.

일반적으로 급성독성시험에서 체중 kg당 1g 이상 투여시 사망이나 이상이 없으면 완전성이 있는 물질로 분류되는데 실험결과 흰목이 버섯추출물은 안전함을 확인할 수 있었고 별도로 급성독성 시험한 치자추출물도 안전함을 확인할 수 있었다(표1).

표 1. 흰목이 및 치자추출물의 급성독성시험 결과

Sex	Treatment	Dose (g/kg)	Observation	Rang
Male	Control	0	Appears normal	0~48 hr
		2	Appears normal	0~48 hr
	TFPC	4	Appears normal	0~48 hr
		2	Appears normal	0~48 hr
	GANC	4	Appears normal	0~48 hr
		4	Appears normal	0~48 hr
	TFPC + GANC mixture	4	Appears normal	0~48 hr
		Female	Control	0
2	Appears normal			0~48 hr
TFPC	4		Appears normal	0~48 hr
	2		Appears normal	0~48 hr
GANC	4		Appears normal	0~48 hr
	4		Appears normal	0~48 hr
TFPC + GANC mixture	4		Appears normal	0~48 hr

4.2. 안정성 시험

식, 의약품에 사용되는 모든 물질은 열이나 햇빛, 습도 및 물질간 상호작용에서 물리, 화학적으로 안정성을 가져야 하며 효과도 유지되어야 한다. 신경성장인자의 활성화 물질로 밝혀진 흰목이추출물(TFPC)과 치자추출물(GANC) 및 상기 두 물질 복합물(TFPC+GANC)에 대하여 가혹조건(인위적으로 온도 45℃, 습도 70% 환경)으로 8주간 저장후 정상보관한 물질과 대조하여 UV, VIS spectrophotometer (Tecan, Austria)를 사용하여 230~998nm의 파장영역에서 흡광도를 측정하였다. 이때 scan interval은 4nm로 하였고, band width는 15nm로 조절하였다.

흰목이버섯추출물(TFP) 및 치자추출물(GANC)을 이용하여 8주간 가혹조건으로 실험한 결과, 이 화학적 변화는 없는 것으로 판명되었다. 버섯추출물(TFPC)의 주성분인 베타-글루칸의 함량을 가혹조건으로 8주간 처리후 페놀설페이드법으로 측정 한 결과 다당 함량 변화가 없었으므로 흰목이 성분의 안전성은 이화학적 변화와 효능이 안정한 것으로 추정되었다.

III. 결 언

본 연구소는 수년간 버섯으로부터 생리활성 성분을 탐색 연구 하던 중 흰목이 버섯이 여타 버섯에 비하여 기능성분이 뛰어나고 산업적으로 매우 유용하다는 것을 발견하였다. 다량의 흰목이 확보를 위하여 광대한 중국 대륙을 조사한 결과 중국 남동쪽 복건성 지역의 고전(古田)시가 천혜의 흰목이 서식지이자 생산지임을 찾아내었고, 중국 오지에서 한국까지 실크로드가 아닌 버섯로드를 개척하였다.

흰목이 버섯이 신경세포성장 영양인자임(NGF)을 여러 시험계를 통하여 세계 최초로 밝혔으며 뇌손상 실험동물 모델과 정상 실험동물로부터 행동시험과 조직검사를 통해 기억력 및 학습력 증진에 좋은 효과가 있음을 확인하였고 이에 대한 특허 출원 및 전문지·논문 발표 중에 있다. 특히, 흰목이가 가지고 있는 성분 중 TFPC가 신경영양인자(NGF; neurotrophic factor)로서 신경계의 생존, 성장 및 신경세포 손상시 신경세포사 방지 등 필수적인 조절 인자로 작용할 가능성이 있으며 최종적으로 신경의 기능적 회복을 돕는 역할을 하리라고 본다. 또한 독성시험과 안정성 시험을 통하여 식. 의약품으로 개발 시 문제점이 없다는 것을 확인할 수 있었다.

향후, 정밀 구조 분석 추진 및 임상시험의 확대를 통하여 유용성을 확대해 나간다면, 뇌신경 개

선과 치매개선 증진에 주요 물질로서 활용되어 건강기능식품·의약품 시장의 확대 및 신규창출이 기대되고, 세계적인 지적재산권 확보 및 기술 수출, 세계화를 위한 국제적 공동연구 추진 등이 활발히 진행될 것으로 기대하는 바이다.

IV. 참고문헌

1. Shunrou Kawagishi, "Shokuin-chu no seitakinou chousetsu busshitsu. keikyo-hou", Hanrimwon Pub.Co., p.172-191, Korea, 1997.
2. 최수연, 김현수, "Neuritogenic effects of Tremella fuciformis extract on PC12h cells" 한국미생물학회 춘계학술대회, 2003.5.
3. Soo-Yeon Choi, Hyun-Su Kim, "Nauritogenic effect of Tremella fuciformis of extract on PC12cells", 제1회 버섯연구논총, 172-178, 삼원인쇄, 2003.
4. Kum-Ju Park, Hyo-Cheol Ha, Tae-Seok Kim, Hyun-Su Kim, "Inhibitory effects of crude fractions isolated from Grefola frondosa on specific alpha-glucosidase", 제1회 버섯연구논총, 185-189, 삼원인쇄, 2003.
5. 김태석, 현형환, 김경남, 김현수, "앞새버섯과 흰목이의 액체배양에 의한 당뇨조절용 기능성물질의 생산", 제1회 버섯연구논총, 삼원인쇄, 127-151, 2003.
6. 심인섭, 이민숙, 김현수 외, "흰목이 및 치자성분을 이용한 기억력 개선 효능평가", 2005. (투고중)
7. Hobbs, C. 1995. Tremella fuciformis Jelly fungus. In: Hobbs, C. medicinal mushrooms. An exploration of tradition, healing & culture. Summertown, Tennessee, Botanica Press. 167-170.
8. Chang, H-Y. 1998. Tremella fuciformis. In: Sung, J-M, Yoo, Y-B, Cha, D-Y. Mushroom

- science. Printed in Korea, Kyo-Hak Publishing Co., Ltd.
9. Kakuta, M., Sone, Y., Umeda, T., Misaki, A. 1979. Comparative structural studies on acidic heteropolysaccharides isolated from "shirokikurage" fruit body of *Tremella fuciformis* Berk, and the growing culture of its yeast-like cells. *Agric. Biol. Chem.* 43, 1659-1668.
 10. Weijian, X., Biao, J., Shuru, W., Qionghua, C. 1989. Prevention and treatment of alloxan-induced diabetes in mice by polysaccharides isolated respectively from both *Tremella fuciformis* and *Auricularia auricular*. *J. China Pharmaceutical University* 20, 181-183.
 11. Kiho, T., Tsujimura, Y., Sakushima, M., Usui, S., Ukai, S. 1994. Polysaccharides in Fungi. XXXIII. Hypoglycemic activity of an acidic polysaccharide(AC) from *Tremella fuciformis*. *Yakugaku zasshi.* 114, 308-315.
 12. Ha, H-C., Park, K-J., Kim, H-P., Lee, S-Y., Kim, H-S. 2003. Isolation and characterization of the polysaccharides from *Tremella fuciformis*. *균학회소식.* 31.
 13. Ukai, S., Hirose, K., Kiho, T., Hara, C., Irikura, T., Kanechika, T., Hasegawa, Y. 1972. Antitumor activity on sarcoma 180 of the polysaccharides from *Tremella fuciformis* Berk. *Chem. Pharm. Bull.* 20, 2293-2294.
 14. Gao, Q-P., Jiang, R-Z., Chen, H-Q., Jensen, E., Seljelid, R. 1996. Characterization and cytokine stimulating activities of heteroglycans from *Tremella fuciformis*. *Planta Med.* 62, 297-302.
- 