

특집 : 해양천연물을 이용한 기능성식품 소재 개발

해양생물 발효물을 이용한 건강기능식품의 개발

이 배 진

(주)마린바이오프로세스

Development of Functional Food Using Fermented Marine Organism

Bae-Jin Lee

Marine Bioprocess Co. Ltd.

서 론

국민 생활수준 향상 및 의료기술의 발전, 건강에 대한 관심 증대로 천연소재 기능성 강화식품에 대한 소비자의 요구가 증가되고 있는 실정이다. 최근의 식습관 변화(고에너지, 포화지방, 식염)로 인해 비만 및 대사증후군 관련 성인 질환의 유병률이 높아지고 있으며, 스트레스 증가에 따른 만성질환 관리의 중요성을 국가적 차원에서 인식하기 시작하였다. 그러나 지금까지 생리활성 탐색을 위한 천연물의 대상은 주로 육상식물로 그 연구대상이 제한적이었으며, 안전성 및 경제성의 문제에서 또한 한계치에 다다르고 있어 적절한 생리활성을 지닌 새로운 천연자원을 확보하는 일이 시급한 실정이다.

우리나라는 지역적 특성상 많은 해양생물자원을 확보할 수 있으나 그들의 전처리 및 특유의 이미, 이취로 인한 기호성 개선의 문제와 적용성 확장의 한계 등 대량소비를 위한 경제적인 관점에서의 상용화에 극히 제한 요소로 인식되어왔다. 전 세계적으로 해양생물자원에 대한 선점 경쟁과 함께 관련 연구에서 보고되고 있는 다양한 기능성과 생리활성은 획기적인 신소재로 그 가치를 인정받고 있으며, 천연자원의 다양한 화학구조와 함께 고부가가치 천연 소재로의 연구가 활발히 진행되어지고 있다. 또한 해양생물자원은 육상생물에는 없는 특유의 대사과정과 독특한 환경으로 인하여 다양한 신규 생리활성물질의 탐색 가능성을 열어놓고 있으며, 특히 아미노산, 다당체와 함께 각종 미네랄, 비타민 등의 생리활성물질이 풍부하게 함유되어 있어 이들을 이용한 항균, 항산화, 항바이러스 항암활성을 비롯한 고혈압, 심근경색, 뇌졸중 등의 성인병 예방에 대한 탁월한 효능 효과들이 보고되고 있다. 따라서 천연건강식품에 대한 웰빙수요에 부응하고, 전 세계적인 곡물가격 파동으로 인하여 제기된 수입산 식품원료의 공급문제를 국내산 해양생물 소비증대의 기회로 활용하기 위하여 해양생물 가공제품의 기호성 증대와 함께 과학적인 검증에 따른 기능성 신소재의 개발이 필연적으로 요구된다.

「해양생물 발효기술」을 이용한 천연 기능성 소재의 개발

당사는 해양생물 자원 중 안전성과 경제성이 확보된 굴과 해조류 등의 이용성을 증가시키기 위해 발효공법을 도입함으로써 해양생물 섭취 시의 제한 요인이었던 이미, 이취를 억제하여 기호성을 개선하였으며, 이를 위해 해양생물의 서식환경인 고염도 특성을 고려해 발효균주의 개발 또한 한국 전통발효식품인 젓갈류, 김치류, 장류 등으로부터 스크리닝하여 여러 유산균을 분리하였고, 이 중에서 해양생물인 굴과 다시마내 다량 함유되어 있는 glutamic acid를  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA)로 전환하는 균주를 분리 동정하였으며, 당 균주를 “*Lactobacillus brevis* BJ20”이라 명명하여 기탁(KCTC 11377BP)하였다 (1).

해양생물자원에 염장식품에서 분리한 유산균을 이용하여 최적의 발효공법을 적용함으로써, 세계적으로 그 기능성과 안전성이 검증되어 다양하게 이용되고 있는 천연 GABA 소재를 개발하게 되었으며, 『유산균발효다시마 추출물』이라는 개별인정형 건강기능식품 원료로 승인(식품의약품안전처2011-22호)되어 상용화에 성공하였으며, 『굴·다시마복합발효물』은 인체적용시험을 종료하고 현재 식품의약품안전처에 개별인정 승인을 신청하여 심의가 진행 중에 있다. 이들 개발소재는 해양생물자원에 다량 함유된 아미노산과 함황당(fucose 등)을 비롯한 저분자 기능성 올리고당과 GABA를 동시에 다량으로 함유할 뿐만 아니라 식이섬유 및 미네랄을 풍부하게 함유하고 있는 소재로서 대사질환(항고혈압, 간기능보호, 항산화, 항비만 등), 정신건강(스트레스 해소, 인지기능 개선, 수면 증진 등) 및 기타 기능성을 가지는 천연소재로서 이에 대한 산업적 응용범위를 넓히고자 한다.

「다시마 유래 Eco-Bio 천연 GABA 제조기술」을 통한 녹색기술개발

당사가 개발한 세계최초 『유산균 발효 천연 GABA 제

조공법』에서 기존의 원료 전처리 및 추출하는 공정에서 부산물로 발생하는 슬러지(해조류 추출박)를 유효한 발효산물의 신소재로 상용화하기 위하여 위생적인 친환경 해조류발효공정 및 분리공정을 개발함으로써 녹색기술을 완성하였으며 정부로부터 녹색기술인증을 받았다(국토해양부, GT-12-00034).

다시마는 섬유소의 함량이 높아 추출 시 함수량이 90% 이상 되기 때문에 건다시마를 이용하여 추출할 경우, 추출액의 수율이 높지 않은 단점이 있다. 또한 이들 추출박은 전량 폐기처분하는 상황이며, 이 또한 해양 폐기와 관련된 까다로운 절차 때문에 추출박을 폐기처분하는데 많은 애로사항을 가지고 있다. 그러나 해조류 식이섬유의 기능성은 이미 많은 연구를 통해 알려져 있어 당사는 추출박을 상용화 소재로 활용하기 위한 공정개발을 진행하였으며, 이를 이용하는 가장 간단한 방법 중에 하나는 사료용 소재로 적용 하는 것이나, 이 경우 제품의 단가를 최대한 낮추어야 하는 단점이 있다. 때문에 당사는 이를 발효하여 제품화하는 연구를 통해 추출공정 및 농축공정에 소요되는 전력 및 화학연료(경유)를 비롯한 유틸리티 등의 비용을 절감하면서도 기존에 발생하는 이산화탄소를 획기적으로 저감할 수 있는 공정으로 개선하고자 추출 및 농축공정을 생략하고, 이를 발효공정과 통합할 뿐만 아니라 1회 발효공정을 통하여 두 가지의 제품을 생산하고자 하였다. 즉, 원료(건다시마)를 발효공정 시, 기존의 추출액을 멸균하는 공정상에 투입함으로써 반고상의 상태로 배지를 조성하고, 이를 멸균함으로써 추출과 발효용 배지를 동시에 제조하는 공정을 적용하였다. 이를 통하여 추출액의 제조를 생략할 수 있었으며, 이와 관련된 부수적인 공정(농축 및 냉동보관을 비롯한 해동공정 등)을 전면적으로 줄일 수 있었다. 뿐만 아니라 공정의 개선에 의한 다시마 추출액의 glutamic acid의 양 또한 줄어들지 않고 오히려 기존의 추출액보다 높은 것을 확인하였다. 아울러, 질소원과 탄소원이 강화되어 발효시간이 단축되는 부수적인 효과를 얻을 수 있었다.

녹색기술을 적용하기 전에는 발효공정에 첨가하게 될 배지원으로 다시마 추출액을 사용하였으며, 추출된 추출액을 농축하여 보관 및 발효공정에 사용하였다. 하지만 녹색기술을 적용함으로써 기존의 추출 및 농축공정을 생략하였기에 해당 공정에서 소요되었던 화학연료를 절약할 수 있게 되었고, 녹색기술을 적용함에 따른 화학연료의 절감으로 0.57053 tCO<sub>2</sub>/Batch의 이산화탄소를 줄일 수 있었다.

### 유산균발효다시마추출물(개별인정형 건강기능식품원료)

알코올성 손상으로부터 간을 보호하는데 도움을 줄 수 있음(생리활성 2등급\_제2011-22호)

다시마는 fucoidan으로 통칭되는 기능성 다당류를 다

량 함유하고 있으며, 지미(맛)성분으로 널리 알려진 글루탐산(glutamic acid)을 다량 함유하고 있어 전통적인 천연조미료 널리 이용되어 왔다. 이에 발효미생물(유산균)을 이용한 최적의 발효공법을 해조류에 적용하여, 해조류 유래의 기능성 함황 다당류(fucose 등) 및 해조올리고당의 생성과 동시에 glutamic acid의 자가소화효소나 미생물의 발효과정에서 탈탄산화 반응에 의해 전환된 고농도 gamma-aminobutyric acid(GABA)를 함유한 다시마유래 천연 신소재를 개발하였다.

다시마는 식품으로 널리 사용되어온 소재이며 발효시 사용한 미생물은 다시마의 성장환경 및 품질 특성(고염)을 고려하여 젓갈류로부터 분리 동정하여 *Lactobacillus brevis*-BJ20으로 명명하였으며, 식품 공전상의 식품등급의 안전한 균주임을 확인하였다. 발효에 의해 생성되는 GABA의 경우, 마우스 경구섭취에 의한 급성 독성은 LD50 12680mg/kg이고, 현재 보고된 문헌상 검색을 통하여 확인한 결과 직접적인 GABA를 투여한 후 보고된 부작용은 전혀 없음을 확인하였다.

유산균발효다시마추출물의 안전성을 확인한 이후 개발소재 생산의 표준화 및 품질관리를 위하여 지표물질로써 GABA를 설정하였으며, 공인된 지표물질 정량법을 개발하고 Validation을 통하여 분석방법 및 소재의 안정성을 확보하였다. 개별인정 승인을 위한 기능성 클레임 목표(알코올성 간손상 개선)를 설정하고 기능성 검증을 위한 가설 및 인체 내 기전연구를 시작하였다. 인체내 섭취된 알코올은 간에서 alcohol dehydrogenase(ADH)에 의해 acetaldehyde로 전환이 되고, 이후 aldehyde dehydrogenase(ALDH)에 의해 acetate로 전환되어 분해된다. 그러나 이 과정에서 mitochondrial ethanol oxidation system (MEOS)에서 Cytochrom P4502E1의 발현이 유도되고, cytosol에서 xanthine dehydrogenase를 chanthine oxidase로의 전환과 mitochondria에서 one electron 유도를 증가시키는 microsomal CYP2E1의 유도에 의해 간에서 free radical 생성이 증가한다고 알려져 있다. 또한 급성 또는 만성 알코올 섭취는 pathophysiological 조건하에서 CYP2E1의 level이 증가하고, 이는 superoxide anion radical(O<sub>2</sub><sup>·-</sup>)와 hydrogen peroxide(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 등의 활성 산소종을 생산한다. 또한, 이런 ROS에 lipid molecules이 반응하여 lipid peroxidation을 거쳐 결과적으로 malondialdehyde(MDA)를 생성한다. 따라서 간에서의 redox state에서 hepatic stellate cell의 활성화에 영향을 미쳐 세포의 necrosis를 유도해 간세포 손상관련 효소의 level이 증가하면서 alcoholic liver disease를 유도할 것이라 사료된다.

이러한 기전을 확인하고자 인체적용시험에서는 알코올성 간손상의 대표적 Bio-Marker인 GGT level이 일반인의 2.5배인 반건강인을 피험자 선정 기준으로 하여 4주간의 placebo-control을 포함한 이중맹검 시험을 통해 알코올성 간손상 biomarker인 GGT와 일반적인 간손상

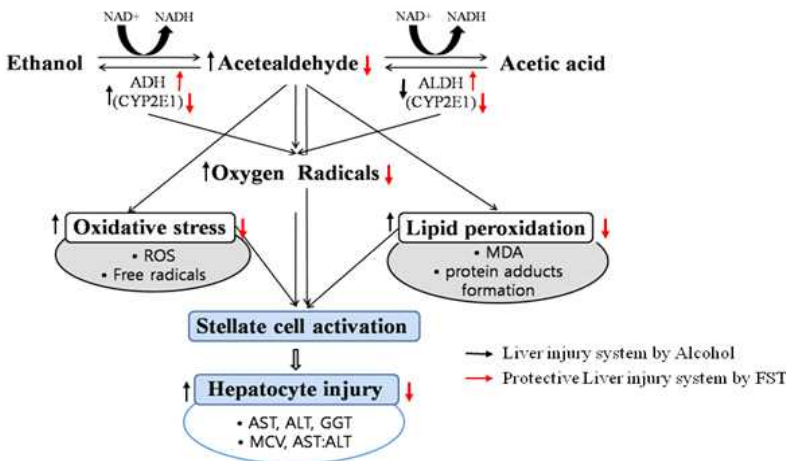


Fig. 1. Schematic representation of effect of fermented *L. japonica* (FST) on liver injury by alcohol. Alcohol dehydrogenase (ADH), acetaldehyde dehydrogenase (ALDH), cytochrome P4502E1 (CYP2E1), malonaldehyde (MDA), aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT), mean corpuscular volume (MCV), and  $\gamma$ -glutamyl transpeptidase ( $\gamma$ -GTP).

biomarker인 AST, ALT를 동시에 비교하고, 이에 대한 sub-biomarker로써 항산화 활성에 대한 대표적 지표인 SOD, GPx, MDA의 활성 및 생성을 비교 평가하였다.

그 결과 다시마 발효분말은 알코올 섭취 이후에 알코올 대사에 영향을 주는 알코올 분해 효소 활성의 증가와 microsomal CYP2E1의 발현을 감소시킴으로써, 알코올 섭취에 의한 ROS의 발생을 감소시켜 이들에 의한 간세포 손상으로부터 보호됨을 확인하였고, 이를 통해 유산균발효 다시마추출물은 “알코올성 손상으로부터 간을 보호하는데 도움을 줄 수 있음”이라는 개별인정을 『식품의약품안전처』로부터 획득해 건강기능식품 소재로 상용화 하였다.

당 소재를 이용하여 숙취해소음료의 대표주자 동아제약에서 판매중인 숙취해소음료 ‘모닝케어 플러스’에 『유산균발효다시마 추출물』을 강화해, 알코올성 손상으로부터 간을 보호하는데 도움을 줄 수 있는 건강기능음료인 ‘모닝케어 플러스’가 새롭게 출시되었다(2013. 3. 12).

또한, 당 소재는 기억력 개선 효능 검증을 위하여 전임상 시험을 완료하고 경희대학교 병원에서 기억력 개선관련 인체적용시험 중에 있으며, 향후 『기억력개선에 도움』이라는 이중기능성(Dual Claim)개별인정 승인을 연내 계획 중에 있다.

이를 통해 향후 숙취해소 및 간기능 개선 효능과 기억력 개선을 통한 음주 후 기억 끊김(Black out) 현상까지도 해소할 수 있는 신소재의 개발을 통하여 기존의 숙취해소 및 알콜성 간기능개선음료 시장에 신 복합 개념의 숙취해

소음료를 제안하고자 한다.

### 굴 · 다시마발효분말

다시마는 신경전달물질로써 널리 알려진 GABA의 전구물질인 glutamic acid를 다량 함유한 천연 원료로써, 고농도 GABA의 생산을 위한 종래의 생산 방법인 MSG(화학적 합성품)의 인위적인 첨가에 따른 증량 없이 다시마유래의 고농도의 천연 GABA를 생산할 수 있다.

굴(oyster)은 글리코젠, 비타민, 단백질 등 각종 영양소가 함유되어 있으며, 타이로신 글루탐산 등 18종 이상의 아미노산과 타우린 등의 기능성 물질뿐만 아니라 철분, 요오드 등 필수 무기질 등이 풍부한 완전식품으로 인식되며 세계 10대 수산물로써 널리 이용되고 있다. 굴에는 GABA의 전구물질인 glutamic acid과 타우린이 고농도 함유되어 있음에 주목, 이와 동시에 미생물에 의한 발효 과정에서 후코이단(fucoidan) 등 고분자 기능성 해조다당류의 저분자화를 통하여 갈조류 유래의 후코즈(fucose) 등 단당류와 기능성 저분자 올리고당을 동시에 함유함으로써 복합성 기능성 성분의 함량을 극대화시켜 스트레스 해소 및 수면증진 기능에 효능이 있는 건강기능식품 개발 가능성을 생각할 수 있다. 이에 당사는 두 해양생물 원료를 혼합 발효한 신소재를 개발하고 이에 대한 안전성 및 기능성검증을 위한 인체적용시험을 완료하고 현재 식품의약품안전처에 소재의 개별인정을 신청한 상태이다.

GABA는 아미노산인 동시에 신경전달물질로서 발작 또는 우울증 조절, 뇌세포 대사 촉진(학습능력향상), 기억력 증가, 스트레스 해소 등 정신건강과 관련된 여러 기능이 알려져 있고, 혈압 강하, 비만 예방, 혈당 조절 기능이 알려져 있어 GABA에 대한 산업적 수요가 증가하고 있으나, 국내에서는 식품의 첨가물 또는 식품소재로 사용이 제한적인 문제점이 있는 실정이다. 또한 taurine은 뇌의 교감신경에 대한 억제작용을 나타내어 뇌 혈류의 안정화 및 뇌졸중의 예방에 도움이 되며, 심장의 저칼슘 상태에



서 심근의 수축력이 저하할 때 반대로 증가시키고 역으로 고칼슘의 경우 수축력을 감소시켜 부정맥이나 심부전에 유효하다고 알려져 있다. 이런 타우린은 아미노산의 일종으로 새우, 오징어, 문어, 조개류 등 갑각류와 연체동물에 많이 들어있다. 타우린의 주된 생리작용은 담즙생성, 콜레스테롤 농도 조절, 이온의 세포막 투과성 조절, 항산화 작용, 과도한 신경 흥분억제 등이다. 체액보다는 심장과 골격근, 뇌, 생식 기관의 세포에 존재하며, 타우린은 심장의 칼슘 이온 농도가 정상보다 낮을 때 심장의 수축력을 약화시키므로 강심제로 알려져 왔고, 담즙산과 중합체를 형성하여 담즙산의 독성을 완화하고 장에서 지방 흡수를 돕는다. 또한 카테콜아민이 지방 조직을 분해하는 과정에 관여하여 지방 대사를 촉진하고 콜레스테롤과 중성지방을 감소시켜 혈압을 정상으로 유지하므로 동맥경화, 고혈압, 뇌졸중, 심부전 등 성인병에 효과가 있을 뿐 아니라, 세포막에서는 과산화물과 질소 산화물, 유리기가 세포막에 손상을 주기 전에 제거함으로써 세포를 보호한다. 따라서 해양생물원료(굴/다시마) 발효를 통해 이 두 물질(GABA와 taurine)을 다량 함유한 소재를 개발함으로써 과도한 신경 흥분 억제제를 통해 신경안정 효과를 도출하기 위해 신소재로 활용하고자 한다.

개발된 신소재인 『굴·다시마혼합발효물』을 이용한 관련 효능검증을 위하여 제안된 수면박탈 동물모델 시험에서 입면시간이 감소하고 수면유지시간을 증가시키는 확인하였으며, 강제수영동물모델(Forced swimming test) 시험을 통하여 스트레스의 극한점을 상징하는 부동횟수(Immobility)가 현저히 감소하고, 물이찬 수조에서 빠져나오기 위한 수영횟수 및 클라이밍 횟수가 증가함을 확인하였다. 뿐만 아니라 꼬리현수법(Tail-suspension test)을 통해 이들의 부동횟수가 감소함을 확인하였다. 총 3건의 동물모델 실험을 통해 스트레스의 행동학적 변화를

확인하였고, 이들 동물모델에서 스트레스로 인한 산화 system의 억제를 확인하기 위해 항산화 효소인 superoxide dismutase(SOD)와 glutathione peroxidase(GPx) 활성을 확인한 결과 스트레스 군에 비해 『굴·다시마혼합발효물』 처리군에서 현저히 증가하였고, 스트레스 관련 호르몬인 cortisol 레벨이 감소하는 것을 확인하였다. 지금까지의 전임상 결과를 토대로 인체적용시험을 실시한 결과, 정상인을 대상으로 스트레스(SRI, 스트레스 반응척도) 및 피로도(BFI)를 설문하였고, 부평가지표로 수면경향설문(ESS, 주간졸림설문) 및 심박변화, cortisol 레벨의 변화를 평가하였다. 이때 대조군과 시험군간의 설문조사 결과는 차이가 없었으나, 이들을 우울증척도(Beck의 우울증 척도: BDI)로 분류시, BDI 지수가 높은 그룹 내에서 대조군에 비해 시험군이 스트레스 및 피로도가 낮은 것을 확인하였다. 뿐만 아니라 이들 그룹 내에서 심박수의 변화 및 스트레스 호르몬인 cortisol 레벨이 현저히 감소함을 확인하였다. 따라서 본 연구결과를 토대로 『굴·다시마혼합발효물』을 “스트레스로 인한 긴장완화에 도움을 줄 수 있음(생리활성 2등급)”이란 기능성 클레임으로 식품의약품안전처에 개별인정을 신청한 상태이다.

**해양생물을 이용한 건강기능식품 개발 시 애로사항**

해양생물의 특성상 비소의 함량이 높아 현재 국내 식품 공전에 따르면 해양수산식품에 대한 비소의 함량에 대한 규정이 없는 실정이다. 그러나 건강기능식품의 특성상 일정기간 일정량을 섭취함으로써 그 안전성에 대한 명확한 근거가 필요하며 이에 대한 국민의 관심이 높아지고 있다. 그러나 국외의 경우, 호주, 뉴질랜드, 중국, 태국, 핀란드, 캐나다, 유럽연합 등 일부 국가만이 비소함량을 규제

**Table 1. 나라별 비소 기준규격**

나라	주재료	부재료	총비소(mg/kg)	무기비소(mg/kg)
한국	제제가공, 정제소금 갑각류		0.5 이하 1.5 이하	
호주·뉴질랜드	어류(연육)	해조류(다시마)		1.0 이하
		어류(멸치)		2.0 이하
		갑각류(게, 새우) 연체류(오징어)		2.0 이하 1.0 이하
대만(식품기준청)		해조류(다시마)	0.2 이하	
중국	어류(연육)	해조류(다시마)		1.5 이하(건중량 계산) 0.1 이하
		어류(멸치)		0.1 이하
		갑각류(게, 새우)		0.5 이하(생물로 계산) 0.1 이하(건조물로 계산)
미국		연체류(오징어)		0.5 이하(생물로 계산)
캐나다	어류(연육)	갑각류(게, 새우)	76 이하	
		어류(멸치)	3.5 이하 3.5 이하	
프랑스	해조류		3.0 이하	
러시아	해조류		5.0 이하	

하고 있고, 특히 호주, 뉴질랜드, 중국, 유럽연합의 경우와 같이 극히 일부의 국가만이 이론적으로 그 유해성이 인정되는 무기비소 함량을 기준으로 해양생물에 대한 비소농도의 안전성 기준을 제시하고 있다.

그러나 비소는 몇 가지 산화상태( $As^{3+}$ ,  $As^{5+}$  등) 및 유기비소(MMA, DMA, AsB, AsC, AsS 등) 형태로 존재하는 독성물질이다. 그러나 인체에 독성을 나타내는 대부분의 물질은 무기비소이고 유기비소의 인체 내 유해성은 보고된 바 없다. 유기비소 특히 AsB, AsC, AsS는 생체 내에서 비교적 안정한 화합물로서 체내에서 대사되지 않고 요 중으로 바로 배설되어 인체에 무해하다. 반면 MMA, DMA 및 roxarosone의 LD50은 각각 102~3184 mg/kg/day, 1200 mg/kg/day 및 14.2~69.5 mg/kg/day로 일부 동물에서 연구되었으나, 유기비소를 이용한 mouse와 rat에서 만성 노출시킨 경우에 면역기관에서의 조직학적 병변은 관찰되지 않았다(2).

이렇듯 비소의 유해성 및 안전성 기준의 설정과 관련하여 특징적으로 해양생물(해조류, 어패류) 내의 다량 함유된 유기비소의 안전성에 대한 논의가 진행되고 있으며, 최근 국내에서도 이에 대한 기준규격 설정의 필요성이 대두되고 있다. 특히 어패류의 경우는 AsB, AsC가 많이 함유되어 있고, 해조류(다시마 등)의 경우는 AsS가 많이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있으며, 특히 AsS는 생체 내에서 비교적 안정된 화합물로서 대사되지 않으며 비교적 빨리 요 중으로 배출된다. 또한 해조류 내 다량 함유되어 있는 유기비소의 안전성을 평가하기 위한 영장류 경구 투여시험에서 대부분의 유기비소가 6~12시간 사이에 요로 배출되었고, 실험동물(영장류)에서 경구 투여로 인한 특별한 임상증상의 발현, 혈액학적 이상 소견 등은 관찰되지 않았다(3).

국내의 경우 중금속인 비소에 대한 허용 함량 기준은 비소총량(유기비소+ 무기비소)으로 건강기능식품의 중금속 기준규격을 설정하고 있다. 해조류나 어패류와 같이 원료 특성상 천연 비소 함량이 매우 높은 해양생물자원을 주원료로 건강기능식품을 개발하는 경우 『건강기능식품

공전』 기준처럼 비소총량에 의한 안전성 기준규격을 적용한다면 해양수산식품에 대하여는 중금속 기준규격 자체가 정하여지지 않은 현실과 비교 시 역차별 논란이 있을 수 있으며, 이들 어패류 및 해조류를 이용한 건강기능식품 소재 개발자의 입장에서는 비소기준에서 자유로울 수 없는 실정이다.

그러나 현재 국내의 경우 무기비소 분석법이 표준화되지 않아 소비자 및 개발자의 혼돈을 초래하고 있어 중금속 분석, 특히 무기비소 분석법의 표준화 및 규격 설정이 요구된다.

## 결 론

해양생물자원의 풍부한 기능성분에 대한 개별연구는 활발히 진행되고 있으나, 대부분의 연구 및 개발이 해양생물 내 함유된 소량의 기능성분 분석 및 정제를 통한 소재의 개발로 경제성이 떨어지는 상태이다. 그러나 안전성과 경제성이 담보되는 해양생물자원에 대하여 효소공법, 발효공법 등 생물전환 기법을 활용함으로써 신 기능성 소재의 생성과 함유 농도를 극대화하고 해양생물 내 다량 함유되어 있는 다양한 생리활성물질의 구조 분석과 이를 활용한 기능성 검증 및 기전연구를 통하여 급격한 성장을 하고 있는 건강기능식품 시장에서 해양생물자원의 활용은 블루오션을 창출할 수 있는 최적의 요소임에 틀림이 없다.

## 참고문헌

1. Lee BJ, Kim JS, Kang YM, Lim JH, Kim YM, Lee MS, Jeong MH, Ahn CB, Ke JY. 2010. Antioxidant activity and  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) content in sea tangle fermented by *Lactobacillus brevis* BJ20 isolated from traditional fermented foods. *Food Chem* 122: 271-276.
2. 중금속 위해 종합 보고서. 2008. 국립독성과학원.
3. 박정덕. 2007. 영장류를 이용한 유기비소의 독성평가 연구. 식품의약품안전청 2007년 용역연구개발사업.