

일본 아오모리의 식품소재로부터 건강 기능성 구멍과 고부가가치화 전략

정헌식(鄭憲植), 정신교(鄭信敎), 이와이 쿠니히사(岩井邦久)¹,
마쓰에 하지메(松江一)¹

경북대학교 식품생물산업연구소, ¹일본아오모리현립보건대학교

I. 머리말

경북대학교 식품생물산업연구소와 일본 아오모리(靑森)현립 보건대학 및 공업총합연구센터와의 연구 및 인적 교류를 10여년간 지속해오면서 직접 참여 또는 듣고 바라본 교류 상대 기관의 연구 사명과 현황을 간단히 소개하고자 한다. 즉, 아오모리 지역에서 생산되는 생물자원에서 새로운 가치를 찾아내어 산업화하는 연구를 통한 지역 경제 활성화 및 신산업창조와 지역민 건강증진을 이루고자 하는 연구내용의 일부와 추진전략을 다룬다.

II. 아오모리현의 산업 및 보건 현황

일본 아오모리현은 본토의 최북단에 위치해 있으며, 자연 환경과 농림수산물 자원이 풍부하여 1차 산업이 발달한 지역이다. 그러나 전반적인 경제 수준과 공업 분야의 현황을 보면, 총생산액수, 1인당 연간 소득, 제조업의 업체수, 총출하액수 및 종업원수, 부가가치 생산액수 등의 통계치 모두가 일본 전체 47개 광역자치단체 중 최하위 그룹에 속하지만 식품제조업 분야에서의 통계치는 중위권을 보인다.

한편, 아오모리현의 주당 취업시간은 일본내 1위를 차지한다. 따라서 아오모리현은 노동시간에 비하여 소득이 적은 산업구조를 가지고 있어 이를 개선하기 위해 특히, 식품제조업 분야에서 지역산 생물자원의 지속적인 고부가가치화 노력이 행해지고 있다.

아오모리현의 인구는 약 143만명이고 평균수명은 남성 76세, 여성 84세로 세계 최장수 국가인 일본에서 가장 짧은 지역이다, 특히 남성의 평균수명이 여성보다 8세나 낮아 남녀차이가 큰 것이 특징이다. 한편, 지역민의 의료비 지출액도 일본내에서 중위권에 속한다. 따라서 아오모리현에서는 건강식품으로 알려진 사과와 일본내 주산지인데도 불구하고 평균수명이 다른 지역보다 짧은 이유 구멍과 공중 보건 향상에 관한 연구가 활발히 수행되고 있다.

III. 아오모리현 식품 산업의 발전방안

아오모리현 전체와 식품 산업의 발전과 지역민의 건강 유지와 증진을 위한 길은 산학연 모두가 합심하여 지역 생산 생물자원의 부가가치를 향상시키는 것이 핵심이라 생각하고, 이를 위한 특별한 법칙은 없지만 항상 지역의 모든 자원이 부가가치를 낳는

대상으로 보고 부가가치를 창조하기 위해 노력하고, 부가가치를 만들어 내는 인재의 육성과 환경을 양성하고, 이들을 꾸준히 실천하는 것이 무엇보다 중요한 것이라고 본다. 아오모리현의 마쓰에 하지메 박사팀은 20년 전부터, 당시 일본내 다른 자치단체나 대학에서 거의 시도되지 않았던 지역 산학연 공동연구 시스템을 구축하여 지역산 농림수산 자원, 식품, 건강, 생물의 불가사의, 첨단기술, 고부가가치화 등을 키워드로 하여 연구를 추진해오고 있다.

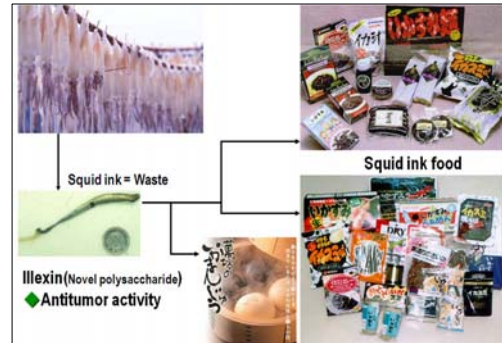


Fig. 1. 오징어 먹물의 유효이용

IV. 연구 내용

1. 오징어 먹물의 유효 이용

1.1. 오징어 먹물에서 항종양성 물질의 발견

아오모리현의 오징어 어획량은 일본 최고이며 가공처리 중 먹물을 포함한 내장은 대부분 폐기되고 있는 실정이어서 이의 활용을 위한 연구를 수행하여 다음과 같은 결과를 얻었다(1-7). 오징어 먹물로부터 신규 다당-(GlcA β 1-4(GalNAc α 1-3) Fuc α 1-3)_n-펩타이드 복합체를 발견하고, 다당의 당쇄구조를 밝히고 illexin으로 명명하였다. 이 복합체를 암 세포를 이식한 마우스에 투여한 결과, 약 65%의 치유 효과를 확인하였다. 이것을 계기로 일본 전역으로 오징어 먹물을 사용한 상품 개발의 붐이 시작되었고, 현재도 오징어 먹물을 이용한 다양한 상품이 유통되고 있다(Fig. 1).

1.2. 오징어 먹물 유래 tyrosinase의 성질과 구조 구명

오징어 먹물에서 tyrosinase의 기능을 연구한 결과, 항종양성을 가지는 illexin-peptide 복합체에 tyrosinase가 강하게 결합하고 있으며 이러한 복합체는 먹물의 침전을 억제하는 효과를 가지며, illexin과 peptide가 소수성 크로마토그래피로 분리되는 것을

확인하였다. 또한 오징어 먹물 유래 tyrosinase는 -30°C에서도 활성을 가지는 극저온 효소라는 것을 새롭게 밝혔다. Tyrosinase는 다양한 분자형이고 분자량은 약 7~25만인데, 미변성 조건에서는 약 9만 4천, 변성 조건하에서는 약 6만 7천이고, pI는 4.1이며, 그리고 cloning에 의해 전아미노산 배열을 결정하였다.

2. 사과 착즙 잔사의 유효이용

2.1. 펙틴 올리고당의 생리 기능성 구멍과 제조 시스템의 개발

아오모리현의 사과 생산량은 일본 전체의 약 60%를 차지하는데, 생산량의 약 25%가 착즙 가공용으로 소비되며 착즙시 발생하는 잔사는 대부분 폐기되고 있어 이의 부가가치화 연구를 실시하여 다음의 결과를 얻었다(8-10). 사과의 착즙잔사에 함유되어 있는 펙틴을 고정화 효소로 분해시켜 펙틴 올리고당을 제조하는 기술을 개발하였다. 이러한 펙틴 올리고당은 래트의 위궤양에 치료 효과가 있으며, 미생물에 대한 선택적 증식 및 항균 작용과 일부 식물체의 성장 촉진 효과를 가지는 것을 확인하였다. 그리고 아토피나 꽃가루 알레르기 등을 억제하는 효과의 지표가 되는 hyaluronidase 저해 실험에서 pectinic acid와 중합도가 큰 펙틴 올리고당이 hyaluronidase 저해 활성을 가지는 것의 확인과 나아가 펙틴 올리고당의 자동 제조 시스템을 개발하였

다. 펙틴 올리고당의 자동 제조 시스템의 개발은 바이오 분야에서 신소재를 개발하고 기계공학 분야에서 그 제조 시스템을 만들어낸 새로운 학문 융합화의 연구로서 당시에 상당한 주목을 받았다(Fig. 2).

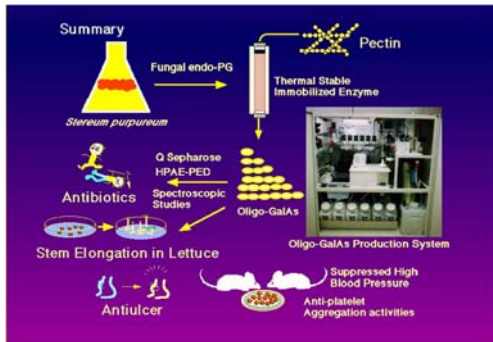


Fig. 2. 사과 착즙 잔사의 유효이용

2.2. 펙틴 올리고당을 응용한 식물체에서 유용 물질 생산

펙틴 올리고당이 식물세포에 의한 유용 물질 생산에 미치는 영향을 조사 하였는데, 펙틴 올리고당의 첨가에 의해 당근 배양 세포에서 특이적으로 만들어진 2차대사물질을 발견하였고, 이 물질은 influenza virus의 증식과 관련이 있는 neuraminidase 활성을 저해하는 효과를 나타내었다.

3. 가리비 자숙액의 유효 이용

3.1. 가리비 자숙액에서 항종양성 글리코겐의 분리정제 및 구조해명

가리비 조개는 아오모리현 해안에서 양식하는 대표적인 수산물이며 주로 자숙 건조제품으로 가공되는데 이때 발생하는 자숙 폐액의 부가가치화를 위한 연구를 실시하였다(11-12). 그 결과, 가리비 자숙액의 항암 작용과 원인 물질이 글리코겐이라는 것을 밝혔고, 또한 글리코겐의 추출법 및 구조를 규명하였다. 지역 기업은 이러한 연구 성과를 바탕으로 하여 가리비를 활용한 미반 제품(상품명: 炊込みご飯の素)을 개발하였다(Fig. 3).



Fig. 3. 가리비 자숙액의 유효이용

3.2. 가리비 글리코겐의 자동생산 시스템의 개발

가리비 자숙액으로부터 활성 글리코겐을 대량으로 조제하기 위한 시스템을 개발하였다. 즉, 전기투석에 의한 탈염, 드럼 건조에 의한 효율적인 건조 분말화, 고순도 글리코겐 조제를 위한 단백질분해소 고정형의 회전식 bioreactor의 개발 및 유리 아미노산 제거법의 개발 등을 포함하는 자동생산 시스템을 개발하였다.

4. 사과 양조식초의 효능 구명

4.1. 사과 양조식초의 항종양성과 그 원인 성분 구명

사과 양조식초(상품명: カネショウのりんご酢)의 비투석 획분으로 부터 겔 여과와 이온교환 크로마토그래피에 의해 항종양성을 가지는 중성 올리고당을 분리하고 그것의 화학적 성상을 규명하였다. 이 중성 올리고당은 겔 여과, 당조성 분석 및 효소 처리 등에 의해, 분자량은 약 10,000이고, 글루코오스가 α (1-4,6)의 분지 구조를 이루는 homoglycan인 것을 구명하였다(13).

5. 재첩의 효능 및 유효 이용

5.1. 재첩 추출물 및 패각의 간 기능 개선효과 구명 및 분말제품의 개발

아오모리산 재첩은 특산물로 유명하며 예로부터 숙취해소 작용을 가지는 것으로 알려져 있어 이의

과학적인 검정과 섭취의 편의성을 부여한 제품 개발에 관한 연구를 진행하였다(14). 그 결과, 껍각을 처리하여 분말을 제조하였고, 부형제 등의 첨가물을 일절 사용하지 않고 100% 재첩 추출액만으로 분말을 제조하고, 지역 주민을 대상으로 간 기능에 대한 복용 효과를 조사한 결과, 피검자 사이에 차이는 있었으나 유의적인 생화학적 수치(γ -GTP)의 개선 효과를 나타내었다. 한편, 재첩 추출물이 간경변으로 간암을 유발하는 LEC 쥐의 간기능 악화를 지연시키는 효과를 가짐을 규명하였다. 이러한 결과를 바탕으로 하여, 지역 벤처 기업이 만들어지고, 관련 제품 (상품명: 肝助, 快肝)의 홍보 등으로 판매고가 급신장되었다 (Fig. 4).



Fig. 4. 재첩 추출물과 껍각의 유효이용

6. 항산화식품 검색법인 XYZ-dish법의 개발과 가막살 나무 열매의 유효 이용

6.1. XYZ-dish법의 개발과 가막살 나무 열매 (생약명: 莢迷) 음료의 항산화 및 항게양 작용
원형 식품의 항산화성을 측정할 수 있는 방법 개발과 식품의 항산화성 데이터베이스를 구축하기 위한 연구를 수행하였다(15-18). Photon 검출을 이용한 새로운 항산화 활성 측정법을 개발하고, 아오모리 현내 식품자원의 항산화 활성을 검색한 결과, 지역 기업체에서 제조한 가막살 나무 열매 주스(상품명: ジョミ)에서 강한 항산화 활성을 발견하고 원인 물질로 anthocyanidin과 chlorogenic acid를 규명하였다.

또한, 래트를 이용한 스트레스 부하 실험에서 스트레스 억제 효과도 확인하였다. 그리고 착즙잔사의 과피 부분에 다량의 유효 성분을 확인하고, 종자와 과피를 자동으로 분리할 수 있는 기술과 과피 100%의 캡슐제품을 제조하였다(Fig. 5). 이로써 지역내 가막살 나무의 재배 면적과 응용 제품의 판매량이 대폭 증대 되었다.

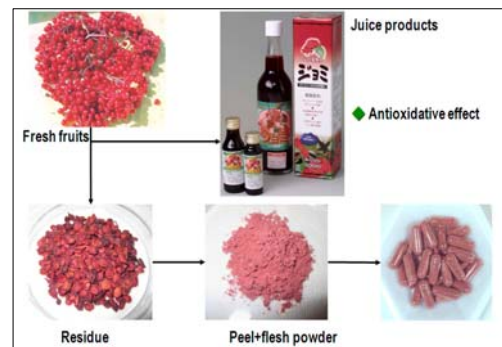


Fig. 5. 가막살나무 열매의 유효이용

V. 산학연 공동연구의 특징과 향후 추진 방안

아오모리현의 기업, 연구기관 및 대학 간의 공동 연구로 얻은 상기의 성과는 학회, 신문 및 방송 등을 통하여 일본 전역으로 유명해졌으며 지역 발전에 상당한 기여를 했다고 본다. 하지만 연구기관이나 학교가 주도하는 공동연구는 개발 제품의 상품화에 문제점이 존재하였다. 즉, 기업 측은 연구에 관한 모든 것을 연구기관이나 대학에 전적으로 의존하고, 연구기관이나 대학 측은 판매나 시장에 관해서 경험이 부족하여 지역 자원에 부가가치를 부여하고 제조법 확립, 시제품 제작, 품질관리 등, 시장에 나올 때까지의 많은 단계 중에 부가가치의 포인트를 결정하는데 어려움이 있었다.

지역의 풍부한 생물자원 특히, 식품소재의 고부가가치화 방안은 유용 자원의 성분에 대한 분자 레

벨에서와 그 성분이 가지는 생리 활성의 탐색 연구, 그리고 동물실험을 통한 생리 기능의 탐색 연구를 실시하는 것을 골격으로 한다. 여기에 식물 자원 유래 소재가 유용하다면 그것을 육종, 재배, 수확, 보존하는 연구를 추가 수행하고, 유용 성분 자동생산 시스템의 개발, 유용 성분을 이용한 가공식품의 개발 및 시제품의 소비자 반응을 조사하는 연구를 수행한다. 한편 임의의 원료로부터 공업적으로 생산할 수 있는 유용 소재이면 그 생산 시스템을 구축할 수 있는 연구를 추가 수행한다. 그러나 이러한 연구들을 진행시키려면 항상 비용대비 성능비율이 중요하여 선정과 선택이 필요하게 되고, 또한 일련의 연구개발 흐름을 빠르게 진행시킬 수 있는 시스템 구축과 인재 양성이 무엇 보다도 필요하다고 본다.

지역내 부가가치를 창조하는 사람들이 유기적으로 연대와 융합하고 다른 지역이나 다른 나라에 앞서 빠르게 개발 할 수 있는 시스템을 만드는 것이 새로운 발전을 위해서는 꼭 필요한 것이라고 생각한다. 이러한 유기적인 조직을 실현하기 위해서는, 종적관계가 아닌 기초, 응용, 시제품 제작, 상품화가 동시 병행적으로 진행될 수 있는 프로젝트 방식이나 상호 경쟁형 조직으로 연구 개발도 바꾸는 것이 앞으로의 방향이 될 것이다. 아무리 우수한 연구 시스템도 최종적인 연구나 개발을 하는 것은 사람이므로 인재 양성이 가장 중요하다고 여긴다. 또한 조직의 원활 한 운영을 위해서는 관리자의 분별력과 책임이 아주 무겁다고 하겠다. 그리고 과학기술에 종사하는 연구자는 물론, 국민, 정부나 자치단체의 행정 담당자, 기업 경영자 및 교육 현장의 분들이 새로운 발상을 가지고 연구개발을 재검토하여 자유롭게 활달하고 건강하고 윤택한 인간적인 생활을 위한 새로운 가치 창조를 향해서 노력하는 것이 필요하고 본다.

VI. 맺 음 말

지금까지 경북대학교와 일본 아오모리현립 보건대학교 및 공업총합연구센터 간의 교류를 통하여 알게 된 아오모리 지역내 연구자들의 지역발전을 위한 건투를 간략하게 소개하였다. 일본은 이미 효율과 경제성만의 추구는 행복한 사회를 구축할 수 없음을 깨달은 사회 분위기인데, 한국은 아직도 효율과 경제성을 최우선시하는 시대이니 이후의 부작용을 최소화하기 위한 타산지석의 교훈을 바탕으로 지혜로운 노력이 필요하다고 생각된다. 또한 본고에서 소개한 아오모리산 식품소재의 차별화된 고부가가치화를 통한 지역발전에 기여하고자 하는 사명과 시스템은 우리 국내의 지역 연구 관련자들이 참고할 가치가 있다고 본다. 갈수록 지역 간 격차가 커지고 있는 요즘, 의료 건강 복지와 더불어 경제적 문제를 어떻게 해결할 것인가는 지역의 문제를 넘어서, 국가를 초월하여, 세계적인 문제가 되었으며 따라서 우리 모두가 지혜를 모아 친환경적이면서, 경제적으로 풍부하고 살기 좋은 다양한 지역사회를 창조하였으면 한다.

VII. 참 고 문 헌

1. Takaya, Y., Uchisawa, H., Matsue, H., Okuzaki, B., Narumi, F., Sasaki, J. and Ishita, K. (1994) An investigation of the antitumor peptidoglycan fraction from squid ink. *Biol. Pharm. Bull.*, 17, 846-849
2. Takaya, Y., Uchisawa, H., Hanamatsu, K., Narumi, F., Okuzaki, B. and Matsue, H. (1994). Novel fucose-rich glycosaminoglycans from squid ink bearing repeating unit of trisaccharide structure. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 198, 560-567
3. Takaya, Y., Uchisawa, H., Narumi, F. and Matsue,

- H. (1996). Illexin A, B and C from squid ink should have a branched structure. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 226, 335-338
4. Sasaki, J., Ishita, K., Takaya, Y., Uchisawa, H. and Matsue, H. (1997) Anti-tumor activity of squid ink. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 43, 455-461
5. 奈良岡哲志、内澤秀光、鄭憲植、松江一 (1999) 機能性食品の素材化と新規機能の開発. 青森縣産業技術開發センターキープロジェクト報告書, 4, 38-65
6. Naraoka, T., Chung, H.S., Uchisawa, H., Sasaki, J. and Matsue, H. (2000) Tyrosinase activity in antitumor compounds of squid ink. *Food Sci. Technol. Res.*, 6, 171-175
7. Naraoka, T., Uchisawa, H., Mori, H., Matsue, H., Chiba, S. and Kimura, A. (2003) Purification, characterization and molecular cloning of tyrosinase from the cephalopod mollusk, *Illex argentinus*. *Eur. J. Biochem.*, 270, 4026-4038
8. 市田淳治、松江一 (1996) ペクチンオリゴ糖の量産化とその應用. *食品工業*, 39, 60-66
9. 市田淳治、山口信哉、櫛引正剛、松江一 (1996) リンゴ由来ペクチンオリゴ糖の特性と應用. *食品と科學*, 1, 95-100
10. Ishii, T., Ichita, J., Matsue, H., Ono, H. and Maeda, I. (2002) Fluorescent labeling of pectic oligosaccharides with 2-aminobenzamide and enzyme assay for pectin. *Carbohydr. Res.*, 337, 1023-1032
11. Takaya, Y., Uchisawa, H., Ichinohe, H., Sasaki, J., Ishida, K. and Matsue, H. (1998) Antitumor glycogen from scallops and the interrelationship of structure and antitumor activity. *J. Mar. Biotechnol.*, 6, 208-213
12. 一戸秀隆, 内澤秀光, 奈良岡哲志, 市田淳治, 櫛引正剛, 松江一 (1999) 地域有用バイオ素材の大量分離プロセスの検討. 青森縣産業技術開發センターキープロジェクト報告書, 4, 116-153
13. Abe, K., Arai, R., Kushibiki, T., Sasaki, J. and Matsue, H. (2001) Antitumor-active, neutral, medium-sized glycan from apple vinegar. *Food Sci. Biotechnol.*, 10, 534-538
14. Uchisawa, H., Sato, A., Ichita, J., Matsue, H. and Ono, T. (2004) Influence of low-temperature processing of the brackish-water bivalve, *Corbicula japonica*, on the ornithine content of its extract. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 68, 1228-1234
15. Iwai, K., Abe, K., Chung, S.K. and Matsue, H. (2001) XYZ-dish method as a new antioxidant activity assay using photon detection. *Food Sci. Biotechnol.*, 10, 513-520
16. Iwai, K., Onodera, A. and Matsue, H. (2004) Inhibitory effects of *Viburnum dilatatum* Thunb. (Gamazumi) on oxidation and hyperglycemia in rats with streptozotocin-induced diabetes. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 1002-1007
17. Iwai, K., Kim, M.Y., Onodera, A. and Matsue, H. (2004) Physiological effects and active ingredients of *Viburnum dilatatum* Thunb fruits on oxidative stress. *BioFactors*, 21, 273-275
18. Kim, M.Y., Iwai K. and Matsue H. (2005) Phenolic compositions of *Viburnum dilatatum* Thunb. fruits and their antiradical properties. *J. Food Comp. Anal.*, 18, 789-802