

## 기능성 식품소재의 연구개발 전략

### 황 재 관

연세대학교 생명공학과

기능성 식품은 일반식품이 제공하는 영양적인 기능과 감각적인 기능 이외에 인체에 유용한 생리활성을 제공해 주는 특수한 목적을 갖는 식품을 의미한다. 그동안 전 세계적으로 일반 식품분야는 그 제조방법이나 저장 및 유통방법이 확립되어 산업적으로 큰 변화 없이 정형화된 방식으로 운영되어 왔다. 그러나 최근 노인인구의 급속한 증가, 국가 의료부담의 증가, 식품성분의 새로운 생리활성의 규명, 식품 생리활성에 대한 기능성 표시 허용 확대, post-genome 시대에 예방의학의 중요성 등 사회적, 과학적 환경의 변화에 따라 기능성 식품에 대한 요구가 크게 확대되고 있다.

기능성 식품분야를 성공적으로 정착시키기 위해서는 인체 효능에 대한 명백하고도 과학적인 근거의 제시, 효능표시에 대한 합리적인 방안제시, 인체 효능 발현을 위한 정확한 사용량 제시, 부작용 인자에 대한 정확한 제시, 식품의 관능특성 등 일반 성질에 대한 영향 규명, 기존 식사와의 상호 보완성, 합리적인 가격책정, 소비자와의 효율적인 communication 및 신뢰 확보 등을 고려해야 한다. 기능성 식품이 바른 방향으로 발전하기 위해서는 기능성 식품의 본질을 정확히 이해하고, 기능성을 확실하게 제시할 수 있는 산업적 적용 기술의 개발이 필수적으로 요구되고 있다.

우리나라에서도 2003년부터 건강기능식품에 대한 법률이 시행되면서 기능성 식품분야에 대한 연구와 제품개발이 활발하게 진행될 것으로 예상된다. 우리나라에서 우선적으로 진행되는 건강기능성 식품은 일반적인 식품의 형태가 아니라 환, 캡슐, 액상 등과 같이 기존의 식이보조제(dietary supplements)의 형태로서 판매된다. 식이보조제의 형태에서는 생리활성 성분을 농축하여 제공하므로 생리활성 효과가 뚜렷한 소재를 확보하는 것이 무엇보다도 중요하다.

현재 우리나라는 외국에서 대부분의 생리활성 소재를 수입하여 식이보조제를 단순조합한 후 판매하는 수준에 머물고 있다. 이 같은 상황에서는 국내에서 기능성 식품산업이 확대되어도 결과적으로는 관련소재의 해외 의존도만 심화될 뿐이다. 이러한 단순조합 형태의 제품은 외국제품에 대한 경쟁력이 전혀 없이 단지 유통단계에서의 편의성에 의존하는 형태가 될 것이며, 또한 기능성 식품산업이 장기적으로 국가적인 핵심산업으로 육성되는데 큰 장애가 될 것으로 우려된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 1) 국내 기능성 식품소재 산업체에 대한 국가적 지원확대, 2) 국제 경쟁력이 있는 신규 기능성 식품소재의 연구개발 지원, 3) 일반 식품형태를 갖는 기능성 식품의 조속한 법률적 시행에 의한 국가적 산업적 기반구축이 매우 중요하다.

## 1. 기능성 식품 디자인

기능성 식품의 배경에는 6가지의 핵심적인 내용을 내포하고 있다. 첫째, 기능성 식품산업은 통상적인 식품에 생리활성을 추가함으로써 소비자의 건강과 삶의 질을 향상시키며, 질병 발생의 위험을 감소시킨다. 둘째, 기능성 식품은 통상적인 식품의 형태로 소비되는 것으로 건강을 증진시키고 질병의 위험을 감소시킬 수 있도록 인체의 특정 기능에 유익하도록 설계된 것이다. 셋째, 기능성을 기반으로 하는 식품은 기능성에 대한 과학적인 근거를 일반 대중에게 전달하여 그 유용성을 알려야 한다. 넷째, 건강 기능성을 갖는 식품성분의 안전성과 유효성은 인체의 생체지표(biomarkers)를 통하여 정확히 입증되어야 한다. 다섯째, 제시된 생체지표를 기준으로 반건강인을 대상으로 하여 입증된 과학적인 근거를 통하여 질병감소(reduced risk of disease) 및 인체 기능향상(enhanced function)에 대한 claim을 제공할 수 있다. 여섯째, 기능성 식품의 생리활성에 대한 핵심적인 문제를 과학적으로 또는 기술적으로 해결하기 위해서는 기능성 식품과 관련된 전문가 집단의 다학제간(interdisciplinary) 연구 프로그램이 필연적으로 요구된다.

기능성 식품의 디자인은 크게 세 가지로 나누어 고려할 수 있다. 첫째는 기존의 식품으로서 현대 과학기술의 발달을 통하여 그 구성성분의 생리활성이 새롭게 규명되는 경우이다. 예를 들어 콩의 isoflavon, 녹차의 catechin, 포도의 resveratrol 성분 등 기존의 식품과학 기술로는 크게 주목받지 못한 성분들이 첨단 연구기법에 의해 그 약리활성이 밝혀지고 있는 경우이다. 이러한 경우는 특정한 성분을 첨가하지 않고 그 자체를 기능성 식품으로 전환하여 제품화할 수 있다. 둘째는 생리활성 성분이 규명된 기능성 식품원료 그 자체를 식이보조제로 이용하거나, 특정 식품에 첨가하여 식품의 생리 기능성을 향상시키는 것이다. 기능성 성분을 강화하는 것은 생리활성 성분의 단순한 첨가방법 이외에도 효소변환(enzymatic modification)이나 미생물 생물전환(microbial transformation) 방법을 이용할 수 있다. 셋째는 3차 기능성분으로서 인체에 해로운 영향을 미치는 알레르기 유발성분이나 독성성분을 제거하여 인체에 보다 안전한 기능성 식품을 디자인하는 것이다.

기능성 식품을 디자인 할 때 반드시 고려해야 하는 사항은 식품의 기능성이 특정 성분의 단독적인 효과라기보다는 식품내 여러 성분의 총괄적인 효과에 의해서 나타나는 경우가 많다는 것이다. 최근의 연구결과에 의하면 토마토의 전립선 암 예방효과는 라이코펜(lycopen) 단독으로 처리한 경우에는 나타나지 않으며, 토마토 전체를 이용했을 때만 효과가 있는 것으로 보고되었다. 또한 전곡립(whole grains)의 경우도 식이섬유, 폴리페놀(polyphenol), 리그난(lignan) 등의 기능성 성분이 복합적으로 존재하였을 때 암예방 및 심장병 예방에 효과가 있는 것으로 밝혀진 바 있다. 따라서 일반 식품원료를 기능성 식품으로 제조하는 경우에는 특정성분만을 강화한 식이보조제의 형태가 아니라 전체 식품의 기능성을 부각하는 기술과 제품의 개발이 필요하다.

기능성 식품분야에서는 장내환경의 개선, 산화반응에 대한 저항성, 심혈관질병 예방, 대사성 질환(비만, 당뇨, 골다공증 등) 개선, 암예방, 인지기능 개선 등 6개 분야가 중요한 연구과제이다. 이러한 분야는 대부분 만성적인 질환요소를 포함하고 있는 것으로 기능성 식품의 적용을 통하여 장기적으로 예방 혹은 완화가 가능하다. 기능성 식품은 약품은 아니지만 장기적인 복

용을 통하여 지속적인 약리작용을 제공함으로써 질병 예방효과가 가능하므로 보다 적극적으로 이러한 기능을 규명하기 위하여 노력해야 할 것이다.

## 2. 기능성 식품 원료의 연구개발

기능성 식품은 전체적으로는 일반 식품과 약품의 중간과정에 위치하는 것으로 기능성 성분의 생리활성 수준에 따라 의약품에 가까운 영역과 식품에 가까운 영역으로서 다시 구분할 수 있다(Fig. 1). 의약품 영역에 가까운 분야는 약용식물이나 식품원료에서 분리된 단일물질로서 의약품 수준의 약리활성을 제공한다. 이러한 물질은 일반적인 식품보다는 약품의 형태로서 이용되는데, 예로서 겨우살이를 이용한 항암제나 상황버섯의 약리활성  $\beta$ -glucan을 이용한 식의약품이 이에 해당된다. 또한, 항바이러스 백신성분을 함유한 토마토나 바나나도 이러한 영역에 해당된다. 한편, 의약품 수준은 아니지만 상당한 생리활성을 제공해 주는 기능성 성분은 식이보조제(dietary supplements)나 기능성 식품의 형태로서 응용 될 수 있다. 약리활성이 강화된 기능성 식품은 활성이 지나치게 강하거나 안전성이 충분히 입증되지 않아 현재는 국내외적으로 사용에 제약이 있으나 장기적으로는 질병예방을 위하여 연구개발의 필요성이 높은 연구분야이다.

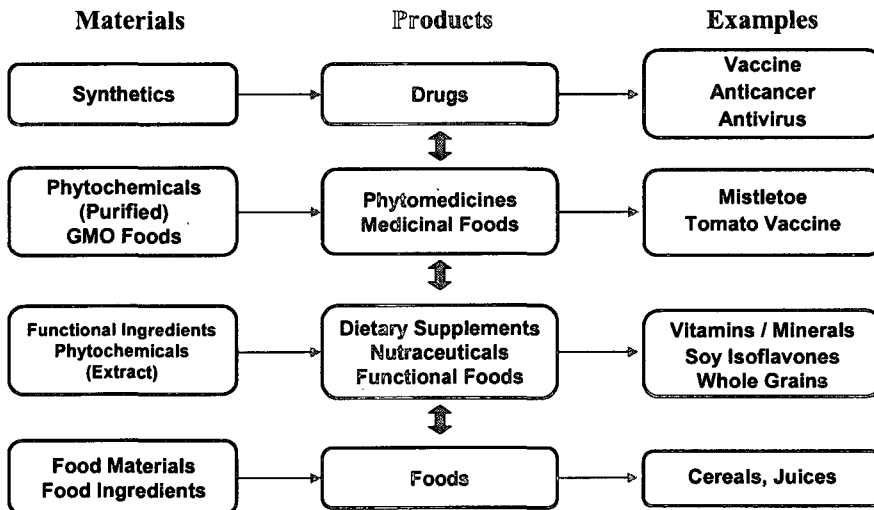


Fig. 1. Materials and products of functional food ingredients and phytochemicals.

기능성 식품분야에서 전략적으로 가장 중요한 것은 생리활성 소재의 생산기술을 확보하는 것이다. 기능성 식품에 필요한 생리활성 성분을 발굴하는 것은 원료를 기준으로 크게 두 부류, 즉 기존 식품원료 자체에 포함되어 있는 기능성 성분을 소재화 하는 방법과 약용식물(medicinal plants)을 이용하여 생리활성 성분을 분리하는 방법으로 나눌 수 있다. Table 1은 기능성 생리활성 성분을 포함하는 대표적인 식품 및 약용식물 원료와 해당하는 생리활성 물질을 나타낸 것이다.

Table 1. Major sources of phytochemicals

Food	Phytochemical(s)
Allium vegetable (garlic, onions, chives, leeks)	Alkyl sulfides
Cruciferous vegetables (broccoli, cauliflower, cabbage, Brussels sprouts, kale, turnips, bok choy, kohlrabi)	Indoles/glucosinolates Sulfaforaphane Isothiocyanates/thiocyanates Thiols
Solanaceous vegetable (tomatoes, peppers)	Lycopene
Umbelliferous vegetable (carrots, celery, cilantro, persley, parnips)	Carotenoids Phthalides Polyacetylenes
Compositae plants (artichoke)	Silymarin
Citrus fruits (oranges, lemons, grapefruit) Glucarates	Monoterpenes (limonene) Carotenoids
Other fruits (grapes, berries, cherries, apples, cantaloupe, watermelon, pomegranate)	Ellagic acid Phenols Flavonoids (quercetin)
Beans, grains, seeds (soybeans, oats, barley, brown, rice, whole wheat, flax seed)	Flavonoids (isoflavones) Phytic acid Saponins
Herbs, spices (ginger, mint, rosermary, thyme, oregano, Sage, basil, tmneric, caraway, fennel)	Gingerols, Curcumin Flavonoids Monoterpenes (limonene)
Licorice root Green tea	Glycyrrhizin Catechins

콩, 녹차, 포도, 마늘, 토마토 등은 과거에는 일반적인 식품으로만 인식되어 왔으나 많은 생리활성이 밝혀지면서 원료자체로서, 혹은 특정한 기능성분을 분리하여 산업적으로 활용되고 있다. 일반 식품원료에 포함되어 있는 생리활성 성분은 인간이 오랫동안 섭취해 왔기 때문에 안전성에 큰 문제는 없지만, 상대적으로 원료에 함유되어 있는 양이 낮아 기능성의 발현이 용이하지 않는 경우도 많다. Fig. 2에 나타낸 바와 같이 대두(soybean)에는 고 분자량의 대두단백질, 다당류 식이섬유와 함께 저분자량의 isoflavon, lecithin, saponin, phytosterol, 대두 올리고당 등 다양한 기능성 생리활성 물질이 포함되어 있다. 따라서 대두는 일반식품의 형태로서도 기능성 식품에 분류될 수 있을 뿐만 아니라 생리활성 소재를 분리하여 각종 기능성 식품을 제조할 수도 있다(Fig. 3).

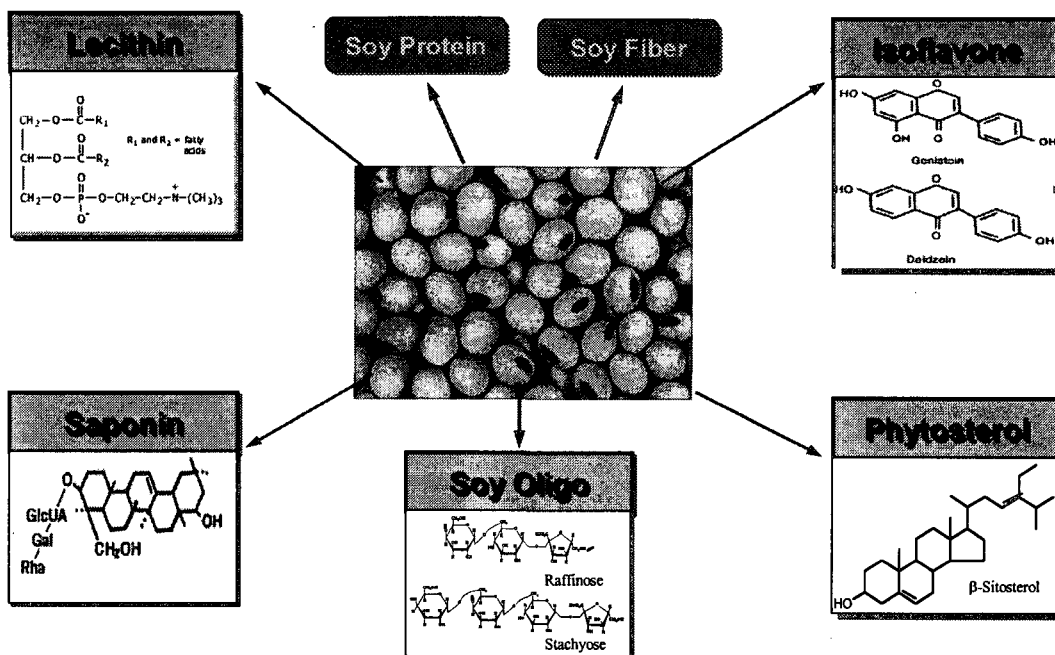


Fig. 2. Nutraceuticals derived from soybean.

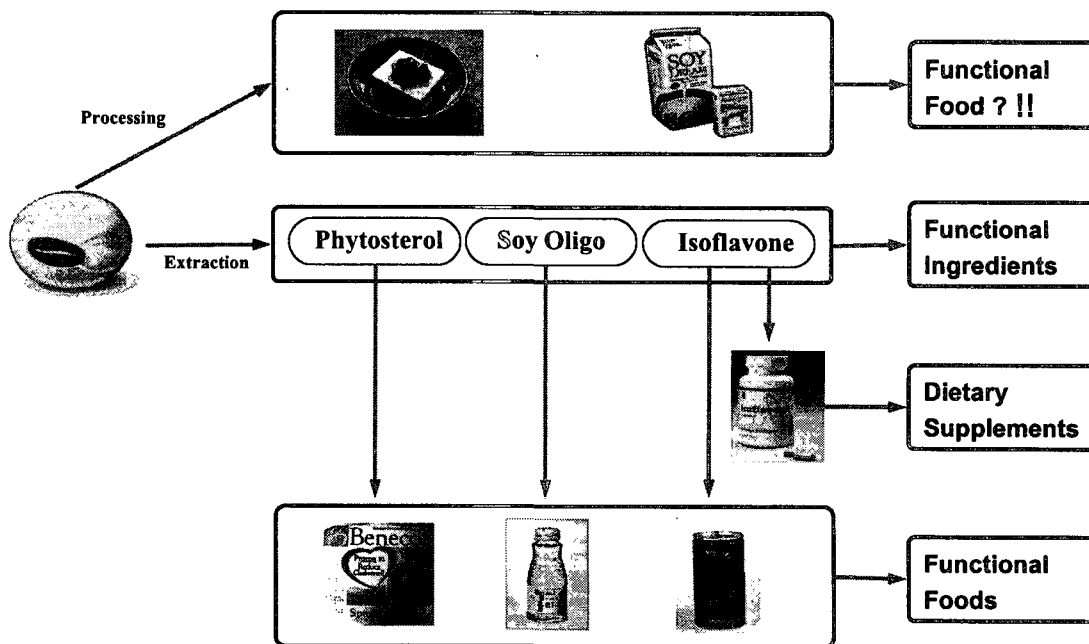


Fig. 3. Applications of soybean nutraceuticals.

약용식물에는 일반 식품원료에 비하여 상대적으로 식물성 생리활성물질(phytochemicals)이 다량 포함되어 있다. 기능성 식품은 궁극적으로 질병예방 효과를 지향하는 것이므로 약용식물에 함유되어 있는 생리활성 물질은 맞춤형 기능성 식품에서 생체지표(biomarkers)를 조절하는데 매우 중요한 역할을 한다. 또한 약용식물에서 유래하는 생리활성 물질은 기능성 식품뿐만 아니라 의약품, 화장품, 생활용품 등 다양한 분야에의 적용이 가능하기 때문에 소재산업 육성에도 크게 기여할 수 있다. 또한 국내의 경우에는 식품내 생약(herbs-in-foods) 개념의 제품에 대한 소비자 선호도가 좋아 시장접근이 용이하다.

그러나 약용식물 유래의 생리활성 물질을 연구개발하고 산업화하는 과정에는 몇 가지 제한점이 있다. 우선은 많은 경우에 있어 추출물 수준에서 생리활성을 연구하고 제품에 적용하고자 하는 시도이다. 이는 산업적인 적용에는 용이할지는 모르나 창조적인 기능성 식품의 디자인은 거의 불가능하며, 국제적인 제품 경쟁력을 확보하기도 어렵다. 미래의 기능성 식품은 약리활성 지표성분과 작용기전에 대한 명확한 과학적 근거를 요구하게 된다. 따라서 실제적인 적용은 추출물 상태에서 이루어지더라도 활성성분을 정확히 분리정제한 후 그 분자구조와 작용기전을 정확히 규명하는 것은 필수적인 연구과제이다. 다른 문제점은 약용식물 유래의 생리활성 물질은 수십년에 걸쳐 많은 연구가 이미 외국에서 진행되었기 때문에 신물질(new compounds) 및 선도물질(leading compounds)의 발굴이 매우 어려우며, 결과적으로 시장성이 높은 산업재산권을 확보하기가 매우 어렵다는 것이다. 또한, 약용식물의 경우는 인체에 유용한 물질이 많은 반면에, 독성이 있거나 안전성이 충분히 밝혀지지 않은 경우도 많아 산업적인 이용에 제한이 있다.

생물자원이 매우 부족한 우리나라에서 기존의 방식을 답습한다면 폭발적으로 쏟아져 나오는 외국의 기능성 소재와 제품과의 경쟁에서 생존한다는 것이 실제로 불가능하다. 기능성 식품산업이 국가적인 핵심산업으로 육성될 것인지, 아니면 현재와 같이 외국소재에 의존하여 단순한 조합수준에서 머무르게 될 것인지는 독창적인 기능성 식품소재의 확보여부에 달려있다. 이러한 문제점을 극복하기 위한 방안으로서는 1) 희소성이 있는 국내 자생식물 유래의 생리활성 물질 발굴, 2) 국외 열대, 한대 식물자원 및 해양 식물자원의 확보 및 응용기술 개발, 3) 국제수준의 국내 미생물 발효기술을 활용한 생물전환(biotransformation) 기술의 개발, 4) 틈새시장(niche market)의 산업용 소재개발 등이 중요하다.

### 3. 미래전망 및 결론

Post-genome 시대에는 예방의학, 즉 질병이 발병한 후에 의약품을 이용한 치료에 주안점을 두기 보다는 상세하게 밝혀진 인간의 유전자 정보를 토대로 질병을 예방하는데 주안점을 두게 될 것이다. 질병의 예방을 위해서는 일상적인 식품의 섭취를 통하여 장기적으로 건강을 유지하면서 질병 유발 요인을 차단하는 것으로 생리활성을 갖는 기능성 식품이 무엇보다도 중요하다. 특히 각각의 사람에게 특이적인 유전자 정보를 토대로 하여 디자인 한 맞춤형 기능성 식품의 개발이 중요한 연구과제가 될 것으로 예상되며, 이를 성공적으로 달성하기 위해서는 nutrigenomics를 이용하여 생리활성물질과 유전자와의 상호 연관성에 대한 기초연구가 선행되어야 할 것이다.

식이보조제는 통상의 식사를 통하여 섭취할 수 없는 성분들을 보완하기 위하여 제공되는 것으로 통상적인 식사를 통해 지속적으로 섭취하는 기능성 식품보다는 그 생리기능성을 입증하기가 용이하지 않다. 따라서 국민 건강의 증진과 식품산업의 발전을 위해서는 통상적인 식품의 형태로서 기능성 식품이 발전해야 하는 당위성을 제공하고 있다. 기능성 식품과 식이보조제의 모든 제품형태에서 가장 핵심적인 내용은 목적으로 하는 생리활성이 가장 잘 나타나도록 기능성 성분을 제공하는 것이다. 기본적인 부존자원이 부족한 우리나라에서는 독창성과 산업성이 우수한 기능성 식품소재 산업의 육성이 무엇보다도 중요하다. 기능성 식품의 개념을 올바르게 정립하고, 학문적 기반을 구축하여 미래의 핵심 연구인력을 양성시키며, 기능성 식품을 국가 기간산업으로 하는 육성하는 것은 식품과학자들의 사명이다.