식품안전성 분야 기술수준 평가

Evaluation of levels of technology in the field of food safety

하상도*, 이철행[1], 김건희[2], 신동화[3]

Sang-Do Ha*, Cheorl-Hang Lee[1], Gun-Hee Kim[2], Dong-Hwa Shin[3]

중앙대학교*, 한국보건산업진흥원[1], 덕성여자대학교[2], 전북대학교[3]

Chung-Ang University*, Korea Health Industry Development Institute[1],
Duksung Women's University[2], Chonbuk National University[3]

Ⅰ. 기술수준 평가의 필요성

국민들의 전반적인 식생활 패턴이 대량급식과 외식으로 확장되고 있고 식품의 국제적 무역이 활성화됨에 따라 식품의 안전성 확보에 대한 수요가 증대되고 있다. 우리나라는 식품제조업체의 약 80%가 종업원 50명 이하의 영세기업이기 때문에 경제력에 비하여 식품위생 수준이 매우 낙후되어 있는 실정이며, 매년 증가되고 있는 집단 식중독 추세 및 환자발생 건수가 이를 반영해주고 있다. 2000년까지 급격히 증가하다가 2001, 2002년도부터 약간 감소추세로 돌아서긴 했으나, 2003, 2004년에 다시 급격히 증가하는 등 1980년 이후부터 식중독 환자 발생수와 발생 규모가 지속적으로 증가하였으며, 세균성 식중독이 이 중 약 90%를 차지하고 있다. 식중독 발생은 생활수준이 높은 선진국에서조차 계속 증가하는 추세에 있어, 인간의 건강을 해칠 뿐 아니라 막대한 경제적인 손실을 일으키고 있다. 미국은 살모넬라 한 가지 세균성 식중독만으로 연간 12 ~ 16억 달러의 경제적 손실을 보았다고 보고되어 있으며(USDA, 1992), 우리나라도 엄청난 경제적 손실을 보고 있고, 식품업계에 큰 파장을 미치고 있다. 국내에서 입원 환자수의 경우는 총 15만4천명(우리나라 전체인구의 0.3%)이고, 인구 1,000명당 3.3명으로 조사되었으며, 식중독 발생에 의한 총 사회 · 경제적 손실 비용은 1조3,107억원으로 추정되었는데, 이는 2000년 우리나라 GNP의 0.28%, 2002년 정부예산의 1.16%에 해당된다(박경진, 2001). 현재 우리 나라의 식품안전성 연구에 대한 투자는 선진국에 비하여 매우 작은 규모이나, 그나마 보건복지부, 식품의약품안전청을 중심으로 확대 추세에 있는 것이 다행이다. '98년 미국에서는 식품안전성 연구를 위해 3,300만불, 범국가적 식품안전성 교육 캠페인 실시를 위해 1,400만불, 연방 식품안전성 감시체계의 확대를 위해 700만불을 투자하였다. 일본 후생성도 식품위생조사연구비 등으로 매년 약 50억원 이상 씩을 꾸준히 지원해오고 있으나, 우리나라는 보건복지부 주도의 식중독세균분야 지원이 연간 5억원 미만으로 매우 부족한 현실이다. 영국 식품과학회는 매년 최근에 문제시되는 또는 주요 연구관심 분야를 'Hot Topics'로 정하여 제시하고 있는데, 2003년도에 제시한 29개 핫토픽 중 식중독미생물 관련

*Corresponding author : Sang-Do Ha
Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Daeduk-myun, Ansung-si, Gyunggi-do 456-756, Korea
Tel: 82-31-670-4831 / Fax: 82-31-675-4853
E-mail: sangdoha@cau.ac.kr

주제가 45%(13개)를 차지하고 있다. 그러나 식품안전성 분야 선진국 연구동향 분석, 국가 연구방향 설정의 미흡, 전문가 부족, 구심체 부족 등에 따라 국내 기술수준이 매우 뒤떨어져 있다. 식품안전성분야 국내 기술수준은 최고 선진국 대비 58% 선으로 매우 미흡하나, 그나마 식품과학분야 전체가 51.1%인 것에 비하면 나은 분야이다. 현재는 정부 차원에서 우리나라의 식품안전성 분야 연구개발 동향 분석, 기술수준 파악에 따른 정부 연구정책 방향 설정을 위한 국가적 연구개발사업 추진이 긴요한 시점이다. 이에 본 학회에서는 국내 식품안전성 분야 기술수준의 현 위치 파악과 관련 기술동향 분석을 보다 구체적이고 체계적으로 파악함으로서 정부의 과학기술 장기비전, 과학기술관련 정책 자료, 국가연구개발 사업 기획에 활용하며, 관련 정보를 산업계, 학계, 연구소 등에 제공하여 과학기술 발전에 기여하고자 한다.

II. 기술수준의 개념과 이론

1. 기술의 정의

기술(Technology)의 유래는 'art, craft'를 뜻하는 그리스어 '테크네(tekhnε')'에 유래되는 유럽계 언어의 번역어에서 비롯된 것으로 어원적으로는 좁게는 주로 생산기술을 넓게는 예술 · 의술 등을 포함한다.

웹스터사전의 정의는 "인간의 생존과 안락에 필요한 객체를 제공하기 위해 사용하는 제반 수단의 종합"이다. 옥스포드 사전의 정의는 "특히 산업에 있어서 실제적인 과학적 지식의 응용(the application of scientific knowledge for practical purposes, especially in industry)"이다. 이희승의 정의는 "과학을 실제로 응용하여 자연을 인간 생활에 유용하도록 개변하여 가공하는 재주"이며, Mansfield (1968)의 정의는 "산업기예에 관한 지식의 사회적 보유"로 정의하였다. Rosegger (1986)의 정의는 경제학적인 측면에서 "생산에 응용된 지식" 또는 "투입요소를 산출로 변환하는 방법에 관한 지식"이다.

2. 기술수준의 정의

기술수준이란 기술역량의 크기를 나타내는 상대적인 비교의 개념으로 비교상대가 존재하거나 비교시점이 존재할 때 비로소 측정 가능한 수치를 말한다. 과학기술과 경제회(일본)의 정의는 "과거의 과학기술활동의 축적 또는 성과로서 현재 도달하고 있는 수준"으로 정의하였다. OECD의 정의는 기술자원을 생산적으로 사용가능하게 하는 연구개발능력, 시장의 존재, 교육제도, 경쟁환경 등 조직과 제도의 발전 정도라고 한다. Martino의 정의는 기술이 목적으로 하는 기능을 얼마나 잘 수행하는가를 기능변수와 기술변수로 정량적으로 나타낸 것이다. Schmookler는 산업생산과 관련된 기술지식의 축적정도(stock of knowledge)로 정의하였다. Solow는 지식의 축적정도가 아니라 투자 · 생산 · 혁신에 있어 기술지식을 효율적으로 사용하는 능력으로 정의하였다.

3. 기술수준의 종류

특정한 기술에 대한 구체적인 수준을 말할 때 일반적으로 받아들여지는 협의의 기술수준인 "산업기술수준"과 기술개발에 투입되는 연구비, 연구원, 기술정보 등 R&D 자원의 질과 양에 의해 결정되는 산업기술 수준의 변화를 가져오는 "기술개발력 수준"으로 나눠진다.

4. 기술수준 평가방법

1) 브레인스토밍방식

아이디어를 수집하여 어떤 특정문제를 해결(Osborn, 1938)하는 것으로 어느 제안된 사항에 대한 비판과 평가를 피하고 새로이 제안되는 아이디어와 상호작용에서 일어나는 상승효과를 촉진하는 사고 또는 상상력의 자유에 의존하는 방법이다. 신제품이나 신공정을 이야기식으로 서술하여 제공함으로써 기술수준조사의 첫째 단계로 이용하며, R&D 과제 목록에서 우선순위 조정에서도 사용 가능하다.

2) 델파이 (Delphi) 방식

어떤 그룹으로부터 합리적으로 의견을 도출하는 통계적인 수법(J. R. Bright 1978)으로 기술수요, 예측 등 전문가 집단의 활용이 가능한 여러 분야에 폭넓게 사용되며, 정량적인 기법을 적용할 때 데이터가 부족할 경우 매우 유용한 방법이다.

3) 인터뷰 (Interviews) 방식

조사자가 알고자 하는 주제에 관하여 자료를 수집하기 위해 표준화되거나 비표준화된 설문항목을 갖고 피면접자의 의견을 알아내는 방법이다.

4) 설문조사 (Questionnaries) 방식

응답자 스스로가 자신의 의견을 기재할 수 있도록 작성된 조사도구를 통하여 조사자가 필요로 하는 연구자료를 수집하는 방법으로 설문서에 표기된 질문의 한도 내에서만 자료수집이 가능할 뿐만 아니라 응답자의 외면적 표현에 의존하는 방법이다.

Ⅲ. 식품과학분야 기술수준 평가

1. 조사목적

국내 식품과학 기술수준의 현 위치를 보다 구체적이고 체계적으로 파악하기 위해서 우리나라 및 중국의 전체 식품과학 기술수준, 경쟁력수준, 기술격차, 기술수명주기 등을 최고제품/기술 보유국과 비교 · 분석하는 데 목적이 있다.

2. 조사방법

2 round 델파이 설문조사('05. 1. 31 ~ '05. 3. 21)로 총 269개 중 221개의 조사표를 회수하여 82.5%의 회수율을 보였다. 조사대상 기술은 총 5개인 영양학, 식품화학, 식품공학, 식품위생/안전, 신소재/기능성제품개발 분야였다. 조사항목은 시장매력도(5점 척도), 해당제품의 국내 상업화 가능성(5점 척도), 기술의 고도성(5점 척도), 진입의 용이성(5점 척도), 핵심성(10점을 각 요소기술에 배분), 최고기술보유국, 국내기술수준, 중국기술수준, 기술격차년수로 구성되었다.

3. 기술수준 평가 결과

식품분야 최고 제품/기술 보유국 대비 국내 기술수준 및 격차는 표 1, 표 2와 같다. 국내 식품분야 기술수준은 최고 선진국대비 평균 61.7%인데, 식품공학분야가 70%를 넘어 그나마 가장 높은 분야이고, 다음이 영양학과 식품화학으로 각각 64.3%,

표 1. 식품분야 최고 제품/기술 보유국 대비 국내 기술수준 및 격차

구분	최고 제품/기술보유국 대비			
	전반적 국내기술수준	국내 핵심기술수준	기술격차년수	기술격차추세
영양학	64.3	72	5.6	2.7
식품화학	63.7	76	4.4	2.5
식품공학	70.7	71.5	6.6	2.4
식품위생/안전	56.6	75.3	5.1	2.5
신소재/기능성 제품개발	55.6	59.6	3.6	2.5
평균	61.7	70.8	5.1	2.4

표 2. 식품분야 최고 제품/기술 보유국 대비 국내 기술수준 및 격차

구분	최고 제품/기술보유국 대비 기술경쟁력		
	전문인력 보유정도	물적인프라(설비및시설)구축 정도	정부지원정도
영양학	66.4	71.6	50.1
식품화학	77.6	71.3	73.2
식품공학	73.7	80.6	40.4
식품위생/안전	60.3	57.8	60.1
신소재/기능성 제품개발	51.8	50	42.9
평균	66.8	62.8	54.8

표 3. 식품분야 국내와 중국의 기술수준 비교

구분	최고 기술 보유국 대비 전반적 기술수준			최고 기술 보유국 대비 핵심기술수준		
	국내	중국	격차	국내	중국	격차
영양학	64.3	48.4	15.9	72	57.1	14.9
식품화학	63.7	55.8	7.9	76	59.3	16.7
식품공학	70.7	50.5	20.2	71.5	60.9	10.6
식품위생/안전	56.6	49.8	6.8	75.3	60.8	14.5
신소재/기능성 제품개발	55.6	42.1	13.5	59.6	40.2	19.4
평균	61.7	48.4	13.3	70.8	54.7	16.2

63.7%에 이른다. 반면, 식품위생/안전, 신소재/기능성제품개발 분야는 55 ~ 56% 수준으로 상대적으로 열세에 있다. 전문인력 보유정도는 식품화학(77.6)과 식품공학분야(73.7)가 가장 앞서 있으나, 식품위생/안전분야(60.3)는 신소재/기능성제품개발 분야(51.8) 다음으로 열악하다. 설비, 시설 등의 물적인프라는 식품공학분야(80.6)가 가장 앞서 있고, 식품위생/안전분야(57.8)와 신소재/기능성제품개발 분야(50.0)가 가장 열악하다. 정부지원 정도는 식품화학분야(73.2)가 가장 앞서 있고, 다음이 식품위생/안전분야(60.1)인데, 최근 식약청 연구개발사업이 큰 역할을 한 것으로 판단된다. 한편, 식품공학(40.4)이 정부지원면에서는 가장 소외되어 있는 것으로 조사되었다.

중국과의 전반적 기술격차는 식품공학분야가 가장 컸고(20.2), 식품위생/안전분야(6.8)가 가장 적었다. 반면 핵심기술 측면에서는 식품공학분야의 기술격차가 가장 적었고(10.6), 식품위생/안전분야도 14.5로 비교적 큰 격차를 내고 있는 것으로 조사되었다.(표 3)

Ⅳ. 식품안전성분야 기술수준 평가

1. 조사목적

국내 식품안전성 분야 기술수준의 현 위치를 보다 구체적이고 체계적으로 파악하고자 하였다.

2. 조사방법

2 round 델파이 설문조사('05. 9. 9 ~ '05. 10. 24)로 총 60개 중 31개의 조사표를 회수하여 52%의 회수율을 보였다. 조사대상 기술은 식품위해인자 검출기술(5), 식품안전성 평가 · 향상기술(6), 식품위해인자 제어기술(5) 등 3대 전략기술, 16개 세부기술이었다. 조사항목은 세계최고 기술수준 대비 기술수준(%), 최고 선진국대비 기술격차(단위 : 년)로 구성되었다. "81 ~ 100%"는 최고기술 보유국 수준에 근접하거나 대등한 기술 및 개발 능력을 보유, "61 ~ 80%"는 최고기술 보유국 수준까지 자체 개발할 능력을 상당부분 보유하고 있으며 잠재력을 대외적으로 인정받음, "41 ~ 60%"는 최고기술 보유국 수준까지 개발할 능력 일부 보유, "21 ~ 40%"는 최고기술 보유국 수준에 도달하기 위한 일부 기반기술은 있으나 개발능력 불확실, "0 ~ 20%"는 최고기술 보유국 수준까지 개발할 기반 기술 및 개발능력이 없거나 매우취약으로 표현하였다.

3. 기술수준 평가 결과

식품위생/안전 분야에서 세계 최고는 미국으로 나타났으며, 세계최고 기술수준 보유국의 기술수준을 100%로 하였을 때, 우리나라는 평균 64.9%(신뢰수준 95%에서 표준편차 16.6%, 오차는 ±1.6%)인 것으로 조사되었다. 유럽, 일본은 평균 80 ~ 90%의 기술수준을 보여 우리나라보다 앞서는 것으로 나타났으며, 중국의 경우는 평균 50% 이하인 것으로 조사되었다. 3대 전략기술별로는 "식품위해 인자검출기술"이 평균 67.1%로 가장 높게 나타났으며, "식품위해인자제어기술"이 평균 65.1%였으며, "식품안전성평가 · 향상기술"이 평균 63.7%로 전체 평균보다 낮게 나타났다.

특히, 세부기술별로 살펴보면 "식품안전성평가 · 향상기술" 중 "통계적 방법을 통한 안전성 평가기술", "실시간 모니터링을 통한 가공, 유통, 소비과정의 통합적 안전성 평가기술", "식품원

료의 안전성확보 및 향상기술"은 평균이 각각 60.3%, 59.5%, 60.3%로 매우 낮게 조사되었다. 반면, "분자생물학적, 면역학적 식품위해인자 검출 및 추적기술", "식중독균의 유전체 기능 분석기술"은 평균이 각각 69.3%, 69.1%로 다른 세부기술들에 비해 기술수준이 높은 것으로 나타났다.

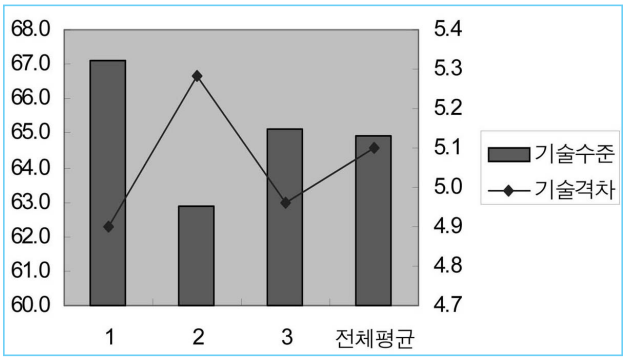

그림 1. 식품위생/안전 분야의 기술수준 및 기술격차

기술격차는 최고 선진국 대비 평균 5.1년으로 조사되었으며, "식품위해 인자검출기술"이 평균 4.7년, "식품위해인자제어기술"이 평균 5.0년, "식품안전성평가·향상기술"이 평균 5.3년으로 조사되었다.(표 4)

결국 식품위생/안전 분야 기술수준조사 결과에 의하면, 미국은 최고수준의 기술을 보유하고 있고, 일본, 유럽은 최고기술 보유국 수준에 근접하거나 대등한 기술 및 개발 능력을 보유하고 있으며, 우리나라의 경우, 최고기술 보유국 수준까지 자체 개발할 능력을 상당부분 보유하고 있으며 잠재력을 대외적으로 인정받고 있다고 할 수 있다. 중국은 최고기술 보유국 수준까지 개발할 능력을 일부 보유하는 것으로 평가할 수 있다.

표 4. 식품위생/안전 분야의 기술수준 및 기술격차

중분류	소분류	세계최고 대비 기술수준 (%)					최고선진국대비 기술격차 (년)
		한국	미국	일본	유럽	중국	
1-식품위해인자검출기술	11-생화학적, 생물리학적 식품위해인자 검출 및 추적 기술	66.9	100.0	87.5	91.3	47.3	4.9
	12-분자생물학적, 면역학적 식품위해인자 검출 및 추적기술	69.3	100.0	88.7	90.6	52.7	4.6
	13-복합기술을 이용한 식품위해인자 검출 및 추적기술	65.1	100.0	87.5	91.6	50.6	5.5
	14-식중독균의 유전체 기능 분석기술	69.1	100.0	88.5	90.6	56.9	4.8
	15-기타 식품위해인자 검출 관련기술	65.0	100.0	89.1	94.4	52.3	4.7
	평균	67.1	100.0	88.3	91.7	51.9	4.9
2-식품안전성평가·향상기술	21-미생물학적 식품위해인자 위해평가기술	65.7	100.0	85.7	91.6	48.8	5.2
	22-물리, 화학적 식품위해인자 위해평가기술	67.8	100.0	88.5	92.0	49.8	4.9
	23-통계적 방법을 통한 안전성 평가기술	60.3	100.0	85.9	91.0	47.8	5.4
	24-실시간 모니터링을 통한 가공, 유통, 소비과정의 통합적 안전성 평가 기술	59.5	100.0	88.0	90.1	43.5	5.8
	25-식품원료의 안전성 확보 및 향상기술	60.3	100.0	92.3	94.3	41.5	5.4
	26-기타 식품안전성 평가·향상 관련기술	63.7	100.0	91.5	93.2	46.0	5.0
	평균	62.9	100.0	88.7	92.0	46.2	5.3
3-식품위해인자제어기술	31-독소 정제 및 제어기술	65.6	100.0	93.2	93.0	50.6	4.8
	32-병원성인자 조절 및 제어기술	64.6	100.0	85.9	89.3	48.9	5.1
	33-병원성 유전자 동정 및 제어기술	66.9	100.0	88.0	91.1	50.8	4.7
	34-식품위해인자 불활성화 및 제어기술	65.7	100.0	90.3	90.5	50.6	4.8
	35-운영 및 관리시스템을 통한 식품위해인자 제어기술	62.9	100.0	91.9	91.4	45.1	5.4
	평균	65.1	100.0	89.9	91.1	49.2	5.0
전체 평균		64.9	100.0	88.9	91.6	48.9	5.1

* 기술주준(%) : 세계최고 기술수준을 100%로 환산한 수치임.
* 식품위생/안전분야 기술분류는 보건산업기술분류(2003, 한국보건산업진흥원) 중 식품과학기술분류를 기본 골격으로 한국식품위생안전성학회 연구진이 수정, 보완하여 사용하였음.

Ⅴ. 결론 및 제언

본 고는 국내 식품안전성 분야 기술수준의 현 위치 파악과 관련 기술동향 분석을 보다 구체적이고 체계적으로 파악함으로서 정부의 과학기술 장기비전, 과학기술관련 정책 자료, 국가연구개발 사업 기획에 활용하며, 관련 정보를 산업계, 학계, 연구소 등에 제공하여 과학기술 발전에 기여하고자 한다. 국내 식품안전성 분야 연구 문헌조사를 통한 연구방법론, 총괄연구팀, 기술수준조사위원회 등 연구조직의 효율적 구성 및 운영, 산·학·연 전문가 델파이 설문조사를 통한 전략기술에 대한 최고기술 보유국 대비 국내 기술수준 및 격차 분석, 도출된 전략기술에 대한 기술동향 분석을 실시하였다.

식품안전성 분야에 대한 기술분류로 3대 전략기술(중분류), 총 16개 세부기술(세분류)을 도출하였다. 전반적 기술수준으로 볼 때, 식품위생안전성 분야 세계 최고는 "미국"으로 나타났으며, 세계최고 기술수준 보유국의 기술수준을 100%로 하였을 때, 우리나라는 평균 "64.9%"로 조사되었다. 유럽, 일본은 평균 80 ~ 90%의 기술수준을 보여 우리나라보다 앞서는 것으로 나타났으며, 중국의 경우는 평균 50% 이하인 것으로 조사되었다. 3대 전략기술별로는 "식품위해 인자검출기술"이 평균 67.1%로 가장 높게 나타났으며, "식품위해인자제어기술"이 평균 65.1%이며, "식품안전성평가·향상기술"이 평균 63.7%로 전체평균보다 낮게 나타났다. 특히, 세부기술별로 살펴보면 "식품안전성평가·향상기술"중 "통계적 방법을 통한 안전성 평가기술", "실시간 모니터링을 통한 가공, 유통, 소비과정의 통합적 안전성 평가기술", "식품원료의 안전성 확보 및 향상기술"은 평균이 각각 60.3%, 59.5%, 60.3%로 매우 낮게 조사되었다. 반면, "분자생물학적, 면역학적 식품위해인자 검출 및 추적기술", "식중독균의 유전체 기능 분석기술"은 평균이 각각 69.3%, 69.1%로 다른 세부기술들에 비해 기술수준이 높은 것으로 나타났다. 기술격차는 최고 선진국 대비 평균 5.1년으로 조사되었으며, "식품위해 인자검출기술"이 평균 4.7년, "식품위해인자제어기술"이 평균 5.0년, "식품안전성평가·향상기술"이 평균 5.3년으로 조사되었다.

결국 기술수준조사 결과에 의하면, 미국은 최고수준의 기술을 보유하고 있고, 일본, 유럽은 최고기술 보유국 수준에 근접하거나 대등한 기술 및 개발 능력을 보유하고 있으며, 우리나라의 경우, 최고기술 보유국 수준까지 자체 개발할 능력을 상당부분 보유하고 있으며 잠재력을 대외적으로 인정받고 있다고 할 수 있다. 중국은 최고기술 보유국 수준까지 개발할 능력을 일부 보유하는 것으로 평가할 수 있다.

이의 원인은 식품안전성에 대한 국가 연구방향 설정의 미흡, 연구개발비 투자 부족, 전문가 인력 부족, 구심체 부족 등에 있을 것이다. 향후 유망분야인 식품안전성 분야 기술 수준 제고를 향후 식품위생안전성학회를 중심으로 전문가들이 키워져 기술수준 향상에 기여하여야 하며, 정부는 선진국 대비 매우 부족한 현재 우리나라의 식품안전성분야에 대한 연구개발비 투자를 과학기술부, 보건복지부, 식품의약품안전청을 중심으로 확대하여야 한다. 특히, 3대 전략 기술 연구개발센터(식품위해인자 검출연구센터, 식품안전성 평가연구센터, 식품위해인자 제어연구센터) 설치가 최우선 과제일 것이다.

Ⅵ. 감사의 글

본 연구는 2005년도 한국과학기술총연합회의 지원으로 이루어 진 것이며, 본 기술수준 설문조사에 참여해 주신 31명의 전문가들(김남수, 권중호, 신광순, 변명우, 김기성, 김건희, 박종현, 김애정, 정진호, 신동화, 이문한, 홍종해, 정세영, 경규항, 박종세, 김광엽, 오덕환, 최상호, 오세욱, 박경진, 남경수, 김근성, 김정원, 이규호, 최원상, 유상열, 남용석, 오상석, 정명섭, 하상도, 정덕화)께 감사드립니다.

참고 문헌

1. OSTP, National Critical Technologies Report (1995).
2. 과학기술부. 1999. 우리나라의 주요 과학기술수준조사
3. 산업자원부, 한국산업기술평가원. 산업기술발전 5개년 계획 수립연구 (1999).
4. 임기철, STEPI. 한국의 미래기술 (2000).
5. 일본 과학기술청과학기술정책연구소. 일본의 연국개발수준에 관한 조사 (2000).
6. 임기철, STEPI. 국가와 기업에서의 기술예측 결과 활용 (2000).

7. 한국보건산업진흥원. 보건산업 기술분류 (2001).
8. 한국보건산업진흥원. 미래 보건산업 기술예측 (2001).
9. KISTEP. 우리나라의 주요 유망제품에 대한 핵심요소 기술수준평가에 관한 연구 (2001).
10. 한국산업기술평가원. 산업기술수준조사분석 (2002).
11. 과학기술부. 국가과학기술지도 (2002)
12. 과학기술부. 국가과학기술표준분류체계 (2002).
13. 윤무섭 · 이무형, STEPI, IT 및 BT분야의 기술수준 평가 및 정책적 시사점 : 미국특허의 인용도 분석 (2003).
14. 산업연구원. 생물산업/생물공학기술 표준분류 체계의 구축 및 생물산업 구조분석(2003).
15. 홍순기, 성균관대학교. 2003. 기술수준분석의 이론과 사례
16. 과학기술부. 2003년도 기술수준평가보고서(2004).
17. 임기철, 보건산업 기술수준조사 기획을 위한 논의 (2004).
18. 하상도, 박관화, 신효선, 송인상, 정동효. 식품과학 연구개발의 동향분석과 수요예측. 식품과학과 산업 **31(2):** 50-68(1998).
19. 하상도. 식품과학분야의 기술예측 - 델파이기법을 중심으로-. 식품과학과 산업 **33(2):** 96-104(2000).
20. 김정원, 하상도, 이종환. 우리 나라 미래식품과학기술 예측. 식품과학과 산업 **34(3):** 46-72(2001).
21. 하상도, 이현유, 장승동, 이규천. 미래 식품과학기술 중 가공분야 기술로드맵 작성. 식품과학과 산업 **37(3):** 36-49 (2004)