

산 · 학 · 연 논문

국내 효소식품 연구동향

이대훈¹ · 정희경² · 홍주현^{1*}¹대구가톨릭대학교 식품공학전공
²(재)대구테크노파크 바이오헬스융합센터

Research Trends of Enzyme Food in Korea

Dae-Hoon Lee¹, Hee Kyung Jung², and Joo-Heon Hong^{1*}¹Dept. of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongbuk 38430, Korea²Biohealth Convergence Center, Daegu Technopark, Daegu 41256, Korea

서론

최근 생활수준이 향상됨에 따라 현대인들의 식생활은 서구화되어 동물성 식품 및 고칼로리 인스턴트 식품의 섭취가 증가하고 있다. 이로 인해 비만, 당뇨병 및 고혈압 등의 만성질환 유병률이 증가함에 따라 소비자들은 영양 공급이라는 식품 고유 기능 이외에 건강 증진과 질병 치료 등의 기능을 가진 식품 소비에 대한 관심이 늘어나고 있다(1,2). 인체가 보유하고 있는 효소는 크게 신진대사 효소 및 소화효소로 구성되어 있으며 인체의 효소 결핍은 대사성 질환 및 면역체계의 손상을 일으키게 된다. 이를 해결하기 위해서는 기존의 식생활 습관을 바꾸어야 함에도 불구하고 현대인의 식습관은 이미 고정화되어 있어 이를 기대하기는 어렵다(3). 효소는 일반적으로 건전한 생체에서는 원형질에서 충분히 생성되고, 미생물의 배양 조건을 달리하거나 과·채류 및 발아되는 씨앗에 함유되어 있는 식품을 섭취하여 보충할 수 있다. 이러한 효소는 주로 단백질로 구성되어 있으며 그 대부분의 아미노산이 peptide 결합을 하고 있는 고분자 화합물로서 효소의 종류에 따라 특정한 반응에만 특이적으로 작용하는 기질 특이성을 가지고 있다(4). 효소의 명칭은 'Enzyme'이라 부르며 이는 그리스어로 '효모의 속'이란 뜻에서 유래된 것으로 맨 처음에 효소를 효모 속에서 발견하여 붙여진 명칭이다.

효소식품의 정의와 제품현황

식품공전에서는 효소식품을 식물성 원료에 식용 미생물을 배양시켜 효소를 다량 함유하게 하거나 식품에서 효소함유 부분을 추출한 것 또는 이를 주원료로 하여 섭취가 용이하도록 가공한 것으로 정의하고 있다(5).

따라서 효소식품은 발효와 숙성과정을 통해 각종 생리활성물질과 영양소를 생성시키고 유익균을 증식시키는 등 효소의 기능을 강화시키기 위해 설계된 식품으로 곡류, 과일 및 채소 자체의 효소와 미생물의 발효과정을 통해 생성된 효소들에 의해 소화 및 흡수를 도우며 각종 미량영양소 및 생리활성물질들이 풍부하게 들어있는 식품을 일컫는다(6).

국민들의 건강에 대한 관심이 증대함에 따라 건강보조 식품 시장이 급격히 확대되고 있는 가운데 효소 표방 제품(침출차, 발효음료 등)에 대한 일부 판매업체의 과대 및 과장 광고에 의해 국내 효소식품의 효능 및 효과에 의문을 제기하는 언론보도가 잇따르고 있다. 이와 관련해서 최근 효소 표방 관련 제품은 감소하고 있는 추세이며 효소식품의 경우 곡류효소 발효물에 유산균 및 기능성물질과 부원료를 혼합하여 생산 및 판매가 이루어지고 있다. 또한 한국소비자원(7)의 효소식품 안전실태조사 결과를 토대로 효소역가가 높게 검사된 제품의 경우 이를 토대로 한 홍보 및 판매가 이루어지고 있으며 국외 제품의 경우 대부분 타블렛 형태의 건강보조식품으로 판매가 이루어지고 있다.

효소식품 가공용 미생물의 종류 및 특성

식품공전에 의거 식용 미생물을 배양하여 효소식품을 생산하기 위해 사용되는 균주로는 *Aspergillus* sp.와 *Bacillus* sp. 등의 미생물이 주로 이용되고 있다.

Aspergillus 속 균주는 우리나라 전통누룩에 다양하게 분포하는 사상균 중 하나로 식품뿐만 아니라 의약제제, 향생제 및 효소제 등의 생산에 이용되고 있으며(8), *Bacillus* 속 균주는 50년 이상 산업적으로 사용되어온 생물자원으로 짧은 세대기간, 저렴한 성장 배지 조성 및 고수율의 효소 분비능 등에 의해 효소식품 제조에 많이 사용되고 있다(9-13).

*Corresponding author

E-mail: jhhong@cu.ac.kr, Phone: 053-850-3218

표 1. 각종 효소식품의 유형 및 정의

효소식품 유형	효소식품의 정의
곡류 효소 식품	곡류(60.0% 이상)에 식용미생물을 배양시키거나 식품에서 효소함유부분을 추출한 것 또는 이를 주원료(50.0% 이상)로 하여 제조·가공한 것
과·채류 효소 식품	과·채류(60.0% 이상)에 식용미생물을 배양시키거나 식품에서 효소함유부분을 추출한 것 또는 이를 주원료(50.0% 이상)로 하여 제조·가공한 것
배아 효소 식품	곡물의 배아(40% 이상)에 식용미생물을 배양시키거나 식품에서 효소함유부분을 추출한 것 또는 이를 주원료(50.0% 이상)로 하여 제조·가공한 것
기타식물 효소 식품	곡류, 곡물배아 또는 과·채류 이외의 식물성 원료(60% 이상)에 식용미생물을 배양시키거나 식품에서 효소함유부분을 추출한 것 또는 이를 주원료(50.0% 이상)로 하여 제조·가공한 것

출처: 식품의약품안전처 식품공전, 2015

표 2. 국내 판매중인 효소식품 제품형태

제품사진	제품명	판매원	제조원	제품형태	특징
	효소원 N	(주)효소원	(주)한국발효	과립	곡류효소함유제품 (필수미량영양소 함유)
	유기 현미콩 효소	성마리오농장	(주)한국효소	과립	곡류효소함유제품 (유기농콩, 식물추출물 발효액 함유)
	유기현미효소	철원친환경 영농조합	철원친환경 영농조합	과립	곡류효소함유제품 (매실액기스 함유)
	내몸의 하루효소	(주)푸른친구들	(주)나라엔텍	분말	곡류효소함유제품 (야채원료 및 식물효소함유)
	발효효소 365	JW중외제약	엘에스생명과학	분말	곡류효소함유제품 (11종 곡물혼합효소 함유)
	발효효소의 비밀	(주)대상	(주)노바렉스	분말	곡류효소함유제품 (복합 곡류발효효소 함유)
	하이생	(주)하이모	(주)하이모	환	곡류효소함유제품 (12개 발효 채소 함유)
	PAPAPYA ENZYME	(주)동원 F&B	GNC	타블렛	슈어블형태 (Papaya 열매 추출물 함유)

Amylase(EC 3.2.1.1) 효소는 전분의 α-1,4-glucoside 결합을 무작위로 가수분해하는 특성을 가지고 있으며, 세균류, 진균류 및 효모류 등과 같이 매우 다양한 미생물로부터 생산되고 전분을 가수분해하여 소당류 및 glucose와 같은 식품산업에서 널리 활용될 수 있는 당류를 생산

할 수 있다(14). 또한 protease(EC 3.4)는 단백질을 저분자 peptide와 아미노산으로 분해하는 효소로 미생물 protease는 산업용 효소 시장의 60%를 차지하며 반응특성이 다양하고 최적 반응 pH에 따라 산성, 중성 및 알칼리성으로 구별할 수 있다(15).

표 3. 효소식품 가공용 미생물의 종류

생산 효소	미생물의 종류
Amylase	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Aspergillus oryzae</i> , <i>Bacillus acidocaldarius</i> , <i>Bacillus stearothermophilus</i> , <i>Bacillus coagulans</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> 등
Protease	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>Bacillus licheiformis</i> , <i>Bacillus pumilus</i> , <i>Bacillus megaterium</i> 등

효소식품 가공공정

효소식품의 가공공정은 원료(곡류 및 과·채류)를 수세, 정선 및 증자를 통해 천연의 균들을 제거한 다음 주로 전분질이나 단백질 분해효소의 생산성이 높은 미생물(starter)을 첨가하고 일정 조건하에서 배양시킨다.

미생물 배양공정 중 접종량, 배양시간 및 교반속도 등의 배양조건을 달리하여 효소 생산성을 최적화함으로써 효소활성을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 또한 배양과정 중에 생성된 효소와 각종 미생물의 사멸이 없는 온도 조건에서 건조하여 배양된 효소를 분말화한 다음 섭취하기 용이하도록 페이스트, 캡슐 및 타블렛 등으로 가공하여 효소식품을 제조할 수 있다(4).

이렇게 제조된 효소식품은 식품공전에 의해 다음과 같은 제조관리 기준을 적용받고 있다. 첫째, 사용되는 종균은 효소 생산 능력이 높고 이미 이취가 없는 순수 분리된 것이어야 한다. 둘째, 배양시 다른 미생물의 생육이 억제될 수 있는 조건을 철저히 관리하여야 한다. 셋째, 미생물에 의해 생성된 효소가 불활성화되지 않도록 가급적 낮은 온도에서 가공·처리하여야 한다. 넷째, 공기 및 수분을 방지할 수 있는 차광된 용기에 밀폐 포장하여야 하며 완성된 제품은 amylase와 protease 등의 시험을 통해 제품 유용성에 대한 검사 기준을 가지고 있어야 한다. 또한 제품을 균일하게 제조하고 정확한 기준 및 규격 수치화를 통한 효소식품 생산이 이루어져야 한다(5).

효소식품 연구동향

식품 효소를 풍부하게 섭취하게 되면 일차적으로 인체 내에서 소화작용이 왕성해지며 음식물의 자연분해와 발효를 통해 소화가 쉽게 이루어지도록 도와준다. 또한 체장액과 위액의 양이 적어짐에 따라 장내 미생물의 생육 환경이 개선되고 장이 건강해지므로 양질의 영양 흡수 및 숙변을 제거하여 장기적으로 장독증을 예방할 수 있다(16). 즉 효소는 세포의 대사기능을 활성화시켜 늙은 세포를 새로운 세포로 빨리 교체시키는 작용을 하며, 항염 및 항균작용으로 세포를 활성화시켜 염증을 해소시키고 백혈구가 병균을 잡아먹는 것을 도움으로써 병균에 대한 저항을 강화시킨다. 또한 해독 및 살균작용으로 간 기능을 강화하며 환부에서 나오는 고름이나 외부로부터 들어온 독물은 빨리 분해하여 해독시키고 콜레스테롤을 조절하여 피의 흐름을 돕는 작용을 한다(17).

발효는 미생물을 이용하여 유기물을 분해시키는 과정으로 다양한 기능성 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 발효의 장점으로는 유효성분 및 흡수율 증가 등의 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(18). 특히 영양성분을 그대로 유지하면서 미생물이 분비하는 각종 가수분해효소와 세포 내 조직에 결합되어 있는 생리활성 물질들이 유리화되면서 생체 이용률을 향상시켜 주는 것으로 알려져 있다(19).

효소식품으로 활용 가능한 여러 소재 중 곡물관련 연구로는 백미 및 아마란스 혼합 발효물을 *Bacillus subtilis* CBD2로 48~72시간 발효한 결과 대조구(무발효물)에 비해 장내 유익균이 증가하고 α -glucosidase 및 ACE 저해활성을 높게 나타내어 혈당 조절과 고혈압 예방 효과가 있다고 보고되었으며(20,21), 곡류를 이용한 약선 효소식품 제조 연구에서는 *Aspergillus oryzae*(황국균)를 이용하여 24~48시간 배양한 결과 높은 효소활성 및 항산화 효과를 나타내었다(22). 콩 소재의 경우 *Bacillus subtilis* HA로 soybean grit을 5일간 발효한 결과 발효 시간이 증가함에 따라 혈전분해효소와 효소활성이 증가하고 항산화 효과가 증진된 것으로 보고되었으며(23) 이는 기존의 연구동향과 유사한 결과를 나타내었다(24-28). 황국균을 이용하여 통통마디 혼합물을 1주일간 발효한 결과에서는 대조구에 비해 효소활성 및 아미노태질소가 증가함에 따라 ACE 저해활성과 전자공여능이 향상된다고 보고된 바 있다(29). 하지만 효소는 대부분 단백질로 구성되어 열과 강산 및 강알칼리에 약하고 인체 내 활성이 불안정한 것으로 알려져 있어 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 연구가 최근 많이 이루어지고 있다(30,31). 효소를 안정화하는 방법으로는 alginic acid, pectin, chitosan 등과 같은 부형제를 첨가하여 미세캡슐화 하는 방법(32-35)과 bead(36-40)형태로 제조하는 방법이 이용되고 있으며, 안정화된 효소의 인체 내 *in vitro* 소화모델 분석을 통해 인체 내 이용률 및 안정화 정도에 대한 평가가 연구되고 있다. *in vitro* 소화모델을 확인하기 위해서는 single-step 및 multi-step model 분석법을 이용하여 각각의 소화 단계별로 식품 소재의 bioavailability를 측정해야 한다(41,42). 이러한 분석은 인체의 소화조건과 매우 유사하다는 장점을 가지고 있어 효소식품 섭취 시 위장의 낮은 pH에서 효소활성을 유지하고 소장 및 대장에서 안정적으로 흡수되는지에 대한 예측방법으로 국내 외에 많이 활용되고 있다.

결론

효소식품은 2000년대 초반 소비자들의 관심이 증대되기 시작하여 십여 년의 시간 동안 효소의 기능성을 앞세운 각종 유형의 효소(표방) 식품이 고가에 유통되었다. 그러나 최근 제품에 대한 효능, 효과 및 안전성 등에 대해 언론보도가 이루어지며 시장 성장세가 둔화 및 감소하고 있다. 이는 식품공전상 효소식품으로 분류된 제품뿐만 아니라 침출차 및 액상차 등의 다류나 기타 발효음료 및 가공품 등의 식품들도 효소식품으로 광고하는 사례가 많아 소비자들의 혼란이 초래되었으며 효소함량의 과장 및 액상발효식품의 높은 당 함량 등이 문제가 되어 효소식품 시장이 크게 위축된 것으로 사료된다(7).

따라서 효소식품의 신뢰도 및 시장 재형성을 위해서는 첫째, 효소(표방) 식품에 대한 표시 및 광고 모니터링 지도와 감독을 강화하여 소비자를 기만하거나 오인 및 혼동시킬 우려가 있는 허위 과장 광고에 대한 단속을 강화하여야 한다. 둘째, 식품공전에서 규정하고 있는 효소역가 정량기준 및 규격을 정비하여야 하며 셋째, 효소식품을 경구 섭취하는 경우 위액의 높은 산도(pH 1~2)에 의해 대부분의 활성을 잃게 되어 소장 및 대장에서 활성을 나타내지 못한다는 일부 전문가들의 지적에 따라 효소식품에 함유되어 있는 효소를 안정화할 수 있는 기술개발을 통해 제품화가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

- Lee NY. 2013. Antioxidant effect and tyrosinase inhibition activity of seaweeds ethanol extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1893-1898.
- Kim SS, Kim SY, Lee WJ. 1998. Microwave vacuum drying of germinated brown rice as a potential raw material for enzyme food. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1107-1113.
- Seo JS. 2010. The study of vitis coignetiae rice wine characteristics manufactured by traditional method. *MS Thesis*. Yeungnam University, Gyeongbuk, Korea.
- 김일천. 1993. 효소식품-미생물을 이용한 건강보조식품의 개발현황과 전망. *미생물과 산업* 19(3): 38-40.
- Korea Food and Drug Administration. 2010. *Food Code*. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. p 239-240.
- Huh SH, Kim MH. 1997. *The modern health and health food*. Hongikjea press, Seoul, Korea. p 35-36.
- 한국소비자원. 2014. 효소식품 표방제품-효소는 거의 없고 당 함량은 높아. http://www.kca.go.kr/brd/m_32/view.do?seq=1554&multi_itm_seq=0.
- Lee SH, Jung HJ, Yeo SH, Kim HS, Yu TS. 2004. Characteristics of α -amylase of, a new species, *Aspergillus coraeus* NR 15-1. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19: 301-307.
- Conway PL, Gorbach SL, Goldin BR. 1987. Survival of lactic acid bacteria in the human stomach and adhesion to intestinal cells. *J Dairy Sci* 70: 1-12.
- Jack RW, Tagg JR, Ray B. 1995. Bacteriocins of gram-positive bacteria. *Microbiol Rev* 59: 171-200.
- Bae HC, Choi SH, Na SH, Nam MS. 2012. Characteristics of α -amylase and protease produced from *Bacillus amyloliquefacies* CNL-90 isolated from malt grain. *J Anim Sci Technol* 54: 133-139.
- Cutting SM. 2011. *Bacillus* probiotics. *Food Microbiol* 28: 214-220.
- Qin H, Yang H, Qiao Z, Gao S, Liu Z. 2012. Identification and characterization of a *Bacillus subtilis* strain HB-1 isolated from Yandow, a fermented soybean food in China. *Food Control* 31: 22-27.
- Yang SJ, Lee DH, Park HM, Jung HK, Park CS, Hong JH. 2014. Amylase activity and characterization of *Bacillus subtilis* CBD2 isolated from *Doenjang*. *Korean J Food Preserv* 21: 286-293.
- Gupta R, Beg QK, Lorenz P. 2002. Bacterial alkaline proteases: molecular approaches and industrial applications. *Appl Microbiol Biotechnol* 59: 13-32.
- 신현재. 2010. 출추는 효소. 이체.
- 박명윤. 1995. 건강보조식품. 생활지혜사.
- Shin S, Park SS, Lee HM, Hur JM. 2014. Effects of fermented chicory fiber on the improvement of intestinal function and constipation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 55-59.
- Seo JS, Han EM, Lee TS. 1986. Effect of meju shapes and strains on the chemical composition of soybean paste. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 15: 1-9.
- Yang SJ, Kim YC, Hong JH. 2014. Cultural characteristics and biological activities of cereals fermented by *Bacillus subtilis* CBD2. *J Chitin Chitosan* 19: 277-284.
- Yang SJ, Lee RH, Hong JH. 2015. Physicochemical characteristics and biological activities of rice and amaranth fermented by *Bacillus subtilis* KMKW4. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44: 540-548.
- Park KS. 2013. Certification of manufacture and functionality of herbal enzyme product focused on cereal. *MS Thesis*. Daegu Haany University, Gyeongbuk, Korea.
- Kim JE, Lee SP. 2009. Production of bioactive components and anti-oxidative activity of soybean grit fermented with *Bacillus subtilis* HA according to fermentation time. *Korean J Food Sci Technol* 41: 179-185.
- Lee HJ. 1998. Health functional peptides from soybean foods. *Korea Soybean Digest* 15: 16-22.
- Seo JH. 2007. Modulation of functional properties of poly- γ -glutamic acid by chemical modification. *PhD Dissertation*, Keimyung University, Daegu, Korea.
- Oh SM, Kim CS, Lee SP. 2006. Characterization of the functional properties of soy milk cake fermented by *Bacillus* sp. *Food Sci Biotechnol* 15: 704-709.
- Oh SM, Jang EK, Seo JH, Ryu MJ, Lee SP. 2007. Characterization of γ -polyglutamic acid produced from the solid-state fermentation of soybean milk cake using *Bacillus* sp. *Food Sci Biotechnol* 16: 509-514.
- Jang EK, Seo JH, Park SC, Yoo BS, Lee SP. 2007. Characterization of mucilage produced from the solid-state fermentation of soybean grit by *Bacillus firmus*. *Food Sci Biotechnol* 16: 722-727.
- Kim HS, Park IB, Lee YJ, Shin GW, Lim JY, Park JW, Jo YC. 2010. Characteristic of glasswort (*Salicornia herbacea* L.) mixture fermentation utilizing *Aspergillus oryzae*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1384-1390.
- Santos AMP, Oliveira MG, Mauerer F. 2007. Modelling thermal stability and activity of free and immobilized en-

- zyme as a novel tool for enzyme reactor design. *Biore-source Technol* 98: 3142-3148.
31. Khoshnevisan K, Bordbar AK, Zare D, Davoodi D, Noruzi M, Barkhi M, Tabatabaei M. 2011. Immobilization of cellulase enzyme on superparamagnetic nanoparticles and determination of its activity and stability. *Chem Eng J* 171: 669-673.
 32. Lee DH, Park HM, Hong JH. 2015. Physicochemical properties and microencapsulation process of rice fermented with *Bacillus subtilis* CBD2. *Korean J Food Preserv* 22: 225-231.
 33. Park HM, Chae HY, Hong JH. 2015. Physicochemical properties and protease activities of microencapsulated pineapple juice powders by spray drying process. *Korean J Food Preserv* 22: 84-90.
 34. Pillay V, Fassihi R. 1999. *In vitro* release modulation from cross linked pellets for site-specific drug delivery to the gastrointestinal tract I. Comparison of pH-responsive drug release and associated kinetics. *J Control Rel* 59: 229-242.
 35. Estevinho BN, Damas AM, Martins P, Rocha F. 2012. Study of the inhibition effect on the microencapsulated enzyme β -galactosidase. *Environ Eng Manage J* 11: 1923-1930.
 36. Gu YR, Park HM, Hong JH. 2015. Physicochemical properties and *in vitro* dissolution of alginic acid bead containing α -amylase. *J Chitin Chitosan* 20: 189-195.
 37. Chang J, Park IH, Lee YS, Chang SY, Fang SJ, Chandra MS, Choi YL. 2010. Immobilization of β -glucosidase from *Exiguobacterium* sp. DAU on chitosan bead for improved enzymatic properties. *J Life Sci* 20: 1589-1594.
 38. Chae HY, Lee DH, Hong JH. 2015. Quality properties and manufacturing of alginic acid bead containing amylase by drying time. *J Chitin Chitosan* 20: 182-188.
 39. Hari PR, Chandy T, Sharma CP. 1996. Chitosan/calcium-alginate beads for oral delivery of insulin. *J Appl Polym Sci* 59: 1795-1801.
 40. Haider T, Husain Q. 2008. Concanavalin A layered calcium alginate-starch beads immobilized β galactosidase as a therapeutic agent for lactose intolerant patients. *Int J Pharm* 359: 1-6.
 41. Hur SJ, Lee SK, Kim YC, Choi IW. 2012. Development of *in vitro* human digestion models for health functional food research. *Food Science and Industry* 45(4): 40-49.
 42. Abdel-Aal ESM. 2008. Effect of baking on protein digestibility of organic spelt products determined by two *in vitro* digestion methods. *LWT-Food Sci Technol* 41: 1282-1288.