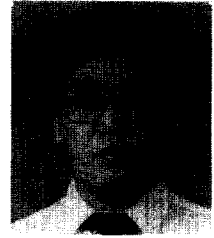


식품신소재의 바이오 생산



유전공학연구소 오 태 광

국민소득의 향상과 식생활이 개선되어 국민들이 건강에 대한 관심이 고조되고 있는데 발 맞추워 기능성 건강식품의 개발에 대한 연구투자가 막대하게 이루어지고 여기에 부응하여 기능성 건강식품에 관한 상품이 국내 기업은 물론이거니와 외국기업에서도 판매전략을 세워서 많이 생산하고 있다. 기능성 식품신소재는 현재까지 식품이 가지는 영양학적인 차원이외 개발된 식품신소재에 의해서 인간의 건강 관리, 특수한 조건에서 인간에게 유익하지 않는 식품소재인자의 전환 또는 변화, 기존식품소재에 비해서 월등한 효과를 가진 특성 등을 지닌 새로운 형태의 식품소재를 의미하지만, 기존 또는 재래식품에 이미 포함된 성분인 경우는 인체에 사용시 용이하고 그렇지 못하고 신물질의 경우는 많은 임상시험을 해야 한다. 인간이 건강을 유지시키기 위해서, 식품의 어떤성분이 어떤 기능을 담당하는 지에 대한 체계적 연구는 미국국립 암 연구소(NCI)에서 1990년 이후 5년간 성인병인 암과 음식물의 관계에 대해서 연구로 Designer foods란 과제로 연구하여 암예방에 가능성이 큰 식품소재를 40여종 발표했다. 이렇게 발표된 성분중 단일성분인 Allicin, Glycyrrhizic acid, Saponin, Rutin, Limonen 등은 기존 식품소재에서 추출 또는 효소합성 등의 방법으로 신규기능성 식품소재로 개발해 나갈것으로 판단한다. 한편, 일본에서는 일본건강영양식품협회와 후생성의 2단계의 평가를 거쳐서 종합평가서를 발행하면서 37개 신식품소재를 건강용 특정보건용 식품으로 인정했고 여기에는 울리고당, 식이섬유, 당알콜,

무기질, 단백질, 유산균류, 지방산, Polyphenol 등의 효과를 인정하였다. 일본에서도 1994년부터 6개년 동안을 계획하여 동북대 외대를 중심으로 4개 대학과 8개 연구소가 식품소재중 항변이성 인자, 발암 Promotion억제 작용, 항산화성, 항체 및 세포 증식 촉진작용, 암세포 괴사작용, 스테미나 유지작용 및 세포활성화 작용에 영향을 미치는 인자의 분석방법 개발을 통한 신식품기능성 개발 및 기능성 유지에 관해서 집중적으로 연구할 계획으로 알려져 있다. 이와같이 식품신소재에 대한 연구기능 및 생산에 대한 관심은 급속도로 증가하고 그범위도 확대되고 있다. 본고에서는 이와같이 광범위하고 앞으로의 전망이 밝은 식품신소재중 효소 또는 미생물에 의해서 전환 또는 합성되는 몇가지 분야에 대해서 기술해 보고자 한다. 기술분야는 기능성 울리고당, 식이섬유, 당알콜을 포함하는 탄수화물소재, 신감미료, 단백질해 Peptide 등을 포함한 단백질, 펩타이드 소재 및 지질계 소재에 대해서 한정적인 범위에서 기술하고자 한다.

1) 탄수화물 소재의 식품 신소재

탄수화물은 감미도, 점도, 흡성성 및 수분활성도를 조절하여 식품의 물리화학적 성질을 변화시켜서 식품의 제품적 특성 및 식품의 보장력을 변화시키는 역할을 할뿐 아니라 소화관내에서 소화속도의 조절과 아울러 독소인자를 빨리 배출시켜서 건강을 유지시키는 작용, 장내면역을 통해서 면역기능을 증

강시키는 작용, 장내 미생물을 정상적인 형태로 유지시키는 정상장내 균총유지작용, 충치예방하는 감미료 등 여러가지 새로운 기능성이 발견됨에 따라서 이분야에 식품소재로서의 가치가 점차 높아지고 있다.

1) 신소재 전분당

신소재 전분당은 크게 올리고당과 Cyclodextrin 으로 분류되고 올리고당에는 말토올리고당, 프락토 올리고당, 갈락토올리고당, 대두올리고당, 이소말토 올리고당, 자일로올리고당, 이소말톨로오즈, 커플링 슈거, 락투로오즈 및 키틴올리고당으로 구성되어 있고, Cyclodextrin에는 α -cyclodextrin, β -cyclodextrin, γ -cyclodextrin 및 분지 cyclodextrin 등이 존재하고 있다. 여기에서는 효소와 미생물에 의해서 생산되는 전분당중 중요하다고 판단되는 몇가지만 소개하겠다. 이런 전분당을 생산하기 위한 전체적인 표현은 그림 1에 나타나 있다.

(1) 말토올리고당(Maltoooligosaccharide)

말토올리고당은 글루코오스가 2~10개까지 α -1,4 결합을 한 올리고당으로 주로 전분에서 Amylase을 이용해서 분해하는 방식으로 생산하는데, 최근에는 G3-G6을 목적으로 하는 특이한 Amylase가 *Streptomyces*, *Peudomonas*, *Bacillus*, *Aerobacter*, *Clostridium* 등에서 발견되면서 더욱활성화 되었고 생산은 고정화 효소에 의한 생산(Jpn. Kokai Tokkyo Koho PATNO 88258484(1988)), Bioreactor에 의한 연속 생산(Shokuhin Kogyo, 32(8), 20(1989)), 효소생산과 산가수분해에 의한 생산의 비교(Carbohydr. Res., 166(1), 71(1987)) 정제방법(Jpn, Kokai, Tokkyo, Koho PATNO 8863691(1988)) 등에 보고되고 있다.

(2) 프락토올리고당(Fructooligosaccharide)

프락토올리고당은 프락토오스가 β -2,1 결합으로 중합되어 있으며 비환원성 말단기에 글루코오스가 결합된 형태와 프락토오스만 결합된 형태로 존재하고 이들의 감미는 설탕에 비해서 50~60% 정도이고 noncaloric sweetner, 치아부식방지, bifidus factor, 고혈압요인 감소, 변비개선, 당뇨병환자용 감미료 및 설사방지 등에 임상적 효과가 있고 생산은 주로 미생물 기원 Fructosyltransferase에 의해서 생산 되는데, 최근은 Endoinulase에 의해서 Inulin에 의해서 생산하기도 한다. 효소고정(Jpn. Kokai Tokkyo Koho PATNO89174395(1989)), 미생물 고정(Appl.

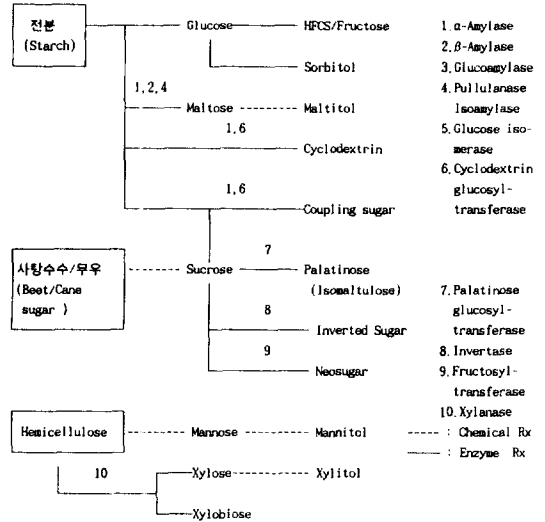


그림 1. 탄수화물로부터 저분자의 당류생산과 관련효소.

Biochem. Biotechnol., 24, 299(1990))에 의한 생산, 등에 보고되고 있으며 프락토 올리고당은 저칼로리 당으로 “Neosugar”로 명명되기도 한다.

(3) 갈락토올리고당(Galctooligosaccharide)

갈락토올리고당은 주로 3당당인 Gal(β -1,4) Gal(β -1,4)Glu의 형태로 존재하고 생산은 α -, β -galactosidase의 Transgalactosylation반응을 응용하여 생산 하는데 갈락토올리고당의 응용(New Food Ind. 31 96), 26(1989)), 효소에 의한 생산(Kagaku to Kygyo, 63(10), 407(1989)),미생물에 의한 분리(Jpn. Kokai Tokkyo Koho PATNO 86271999(1986)) 등이 보고 되고 있다.

(4) 이소말톨로스(Isomaltulose)

이소말톨로스는 설탕에 Palatinose glucosyltransferase을 작용시켜 만든 올리고당으로 감미가 아주 우수하여 설탕대용으로 사용되는데 설탕과는 달리 충치를 일으키는 병원균이 이용하지 못하기 때문에 설탕과 비슷한 감미를 원하면서 충치를 예방하는데 사용하는 껌류 등에 많이 사용된다. 고정화된 미생물세포에 의한 생산(Methods Enzymol. 136, No. Immobilized Enzymes cells, Pt.C 432(1987)), 연속 효소공정이용 생산(Ger. Offen PATNO 3528752 (1986)), 연속발효에 의한 설탕에서 전환(Ger. Offen. PATNO2806216(1979)) 등에 대한 보고가 있다.

(5) 커플링 슈가(Coupling sugars)

커플링 슈가는 cyclodextrin glucosyltransferase을

생산하는 *Streptococcus*, *Bacillus*속에 의해서 설탕에 글루코오스가 1~3개 결합된 heterooligosaccharide로 감미는 없지만 식품의 물리적 특성 변환, 정장작용제 등으로 개발할 전망이다.(New FoodInd. 26(2) 1(1984)).

(6) 락툴로스(Lactulose)

락툴로스는 tumor necrosis 저해, 영양소의 보호 작용, 혈액에서 단쇄지방산의 독성제거, 삼투압성 설사방지, 장내 미네랄 흡수촉진, hepatic encephalopathy 등에 효과가 있다고 보고하고 있고 근래에 와서는 이용도가 점차 증가하는 기대도가 높아지는 올리고당이다. 갈락토오스와 프락토오스가 결합된 구조를 가지고 초기에는 화학적 방법에 의해서 생산하고 있는데 근래에는 당전이 효소에 의해서 생산하고 있다. 장내미생물에 의한 락툴로스 발효(J. Gen. Microbiol. 128(2), 319(1982)), 락토스로부터 생산(Ger. Offen. PATNO 2937680) 등이 있다.

(7) 자일로 올리고당(Xylooligosaccharide)

자일로 올리고당은 자일란(Xylan)을 xylanase란 효소로 분해하여 생성되는 올리고당으로 정장작용에 대두올리고당이나 프락토올리고당에 비해서 적은 양으로도 효과를 볼 수 있다고 하여 각광을 받고 있다.

(8) 키틴올리고당(Chitin oligosaccharide)

키틴올리고당은 N-acetyl glucosamine이 β -(1,4) glucosidic 결합을 한형태로 면역증강, 항암작용이 있을 뿐 아니라 수술시 수술부위에 미생물에 대한 감염방지 효과가 있어서 미래의 의약품으로 활용이 기대된다 생산하는 방법은 Chitinase에 의해서 생산한다.(Jpn. Kokai Tokyo Koho PATNO 8898395)

(9) Cyclodextrin

전분에 cyclodextrin glucanotransferase을 반응시키면 글루코오스가 6~12개 단위로 연결된 환상구조의 cyclodextrin(CD)가 생산된다. CD는 환상구조의 내부는 hydrophobic한 특성이 있어서 휘발성 성분의 포집, 산화 및 광분해물질의 안정화, 식품의 물성개선,유화 및 기포성향상 및 기초물질의 분말화 등에 사용되어 그용도가 광범위하다. CD는 글루코오스가 6개인 α -CD, 7개인 β -CD, 8개인 γ -CD가 일반적으로 존재하지만, 근래에는 CD가 물에 잘 녹지 않은 단점을 극복하기 위해서 pullulase 등의 효소를 이용해서 CD에 말토스(Maltose)을 붙인 분지 CD (Branched cyclodextrin)을 제조하여 수용성을 증가

시켜서 이용성을 증가시키고 있다.

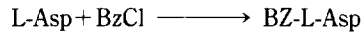
II) 단백질, 펩타이드 신식품소재

단백 및 펩타이드는 단백질을 분해하여 단백질분해물로 신규식품소재를 개발하는 과정과 근래에 많이 연구되고 있는 단백질 가수분해효소의 역반응을 이용하여 펩타이드를 효소적인 합성을 하는 과정으로 신식품소재를 제조하고 있다.

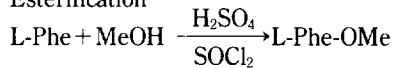
(1)아스파탐(Aspartame)

아스파탐은 설탕의 감미에 200배의 감미도를 가지는 저칼로리 감미료로 초기에 1964년 G.D. Searle & Co.에서 gastrin을 화학합성중 중간합성중 우연히 발견된 이후 FDA의 인가를 받아서 화학적 방법으로 생산하고 있는데, 이 방법의 최대단점은 감미가 있는 α -형 이외에 β -형이 동시에 생산되기 때문에, β -형을 분리해서 제거해야 하는 점과 전환이 α -및 β -형으로 생산되기 때문에 수율이 50% 밖에 되지 않는 단점이 있다. 하지만, 효소전환은 감미가 있는 α -형만을 생산하는 장점을 가진다. 사용되는 효소는 주로 단백질가수분해효소중 용매에 내성이 강하고 Esterase의 역가가 없는 메탈 단백질분해 효소(Metalloproteinase)인 thermolysin을 많이 사용하고 있지만, 효소역가가 높고 고온 및 유기용매에 내성이 더욱, 강한 신규효소의 개발은 지속적으로 필요하다.아스파탐을 제조하는 전체적 공정은 아래와 같다.

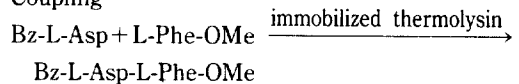
N-protection



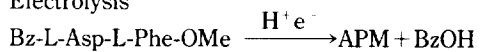
Esterification



Coupling



Electrolysis



(2) 카제인 포스포 펩타이드(Casein phosphopeptide)

카제인 포스포펩타이드는 calcium의 이용율을 생체내에서 높이는 작용으로 잘 알려진 식품소재로

카제인을 단백질분해효소로 분해한 산물에서 얻을 수 있는데 특수한 효소를 사용하여 쓴맛 펩타이드를 제거하거나 생기지 않게 하는 특수한 효소의 이용하거나 특이한 공정을 사용하고 있다.(Jpn. Kokai Tokkyo Koho PATNO 84159792) 건강식품으로는 CCP로 잘 알려져 있고 효과(Repod., Nutr., Dev. 29(2) 227(1989))에 관한 보고가 많이 되고 있다.

(3) 오피오이드 펩타이드 (Opoird peptide)

오피오이드 펩타이드는 호르몬분비, Hippocampal의 역할증진, 탄수화물metabolism, 신경관련 기능증진, Endorphins의 생성, 통증해소 등 다양한 의학적 가치가 평가되고 있고 이분야는 의학용 특수 신소재로 각광을 받고 있다. 오피오이드 펩타이드는 주로 Gene을 활용하여 발현(Cell Mol. Biol. Neuro-nal Aev., 279 (1984)), 생화학적 합성(J. Endocrinol. Invest. 6(2) 139(1983), 효소를 이용한 Biosynthesis (FASEB J. 1(1), 16(1987)) 등이 있고, 효과에 관한 논문은 뇌에서 작용, 면역, 엔돌핀, 통증해소, Hypothalamo-pituitary, Neurotransmission 등에 관한 수많은 보고가 있고 특히, "Gifts of Heaven"(Trends Pharmacol. Sci. 4(11), 475 (1983))라고 표현할 정도로 가능성이 높아 앞으로의 개발활용이 주목되는 펩타이드이다.

(4) 타우린 (Taurin)

타우린은 Cardiovascular 및 심장과 관련된 효과, 콜레스테롤 대사, 어린이 영양에 중요한자, 신경계에서의 작용인자, 뇌에서의 성장 및 Neuromodulator효과가 인정되는 황함유 아미노산 계열인 2-Aminoethanesulfonic acid로 되어 있다. 식품음료의 첨가물로 많이 사용되고 있다. 주로 화학적인 방법으로 합성이 가능하다.

(5) 프라스테인(Plastein)

프라스테인은 고농도의 단백질가수분해물에 단백질가수분해효소를 적당히 처리하여 보관하면 고점도의 Gel상의 물질을 얻을 수 있는데 이와같은 물질은 프라스테인이라 하고 이때 효소의 작용은 주로, Transpeptidation에 의해서 Gel이 형성되고, 반응과정에서 소수성 아미노산이 분자내부로 모이게 되므로 새로운 형태의 기능성 단백 소재를 만들 수 있게 된다.사용은 영양가를 강화한 단백질 제조, 유효력과 기포안정성을 높인 신규무공해 계면활성제, Anti-freezer agent, 무공해 투명한 필립제작 등에 활용이 가능하다.

III) 지방성분 관련 식품소재

지방관련 식품소재는 리놀레, 리놀렌산, 감마 리놀렌산, EPA, DHA, 감마 오리지놀, 옥타코사놀 및 스쿠알렌 등이 건강관련의 대표적인 지방계 소재로 소개되고 있고 초기에는 주로 식품성분에서 유효성분을 효과적으로 추출생산하는 방법연구에서 근래에는, 생산하는 자원의 다양화로 미생물자원에서의 생산에 대한 연구가 이루어지고 있다. 대표적인 생산으로 γ -linolenic acid(Dleagineux 42(10) 379(1987)), EPA(Jpn. KokaiTokkyo Koho PATNO 89304892(1989)), Octacosanol(Fitoterapia 54(6), 265 (1989)) Squalene(Jpn. Kokai Tokkyo Koho PATNO 86212290(1986)) 등에 대한 보고가 있다. 이외에 유지성분이 성인병의 원인이 되기 때문에 장에서 흡수가 되지 않지만 물리적 특성은 천연유지와 비슷한 대체유지에 대한 연구가 많이 이루어지고 있고 이중 일부는 FDA에 심사중에 있는 것도 있다. 대표적 예는 스텝 등 튀김기름용 Olestra (P&G사, 미국), 저칼로리 요그르트, 크림키즈, 쉐러드드레스, 마요네즈, 마아가린 용 Simplese(Nutrasweet사, 미국), 이외에 N-Oil(National Starch and Chemical사, 미국), Maltrin040 maltodextrin(Grain Processing사, 미국) 등의 제품이 개발되고 있다.

IV) 결 론

위에 기술한 바와 같이 신바이오 식품은 시대적 부응에 의해서 계속적인 신제품개발이 가속화될 것이고,본고에서 소개된 일부 분야 뿐만 아니라 탄수화물-지방, 탄수화물-단백질, 지방-단백질이 종합화된 분야에서 진척이 많을 것으로 기대하고 신규기능성 바이오 품미료, 천연색소 등의 첨가제, 건강소재 헴철(Heme Iron), 카테킨(Catechin), 루틴(Rutin), 렉틴(Lectin), Gymnema Sylvestre, 렌티나(Lentinan), 이노시톨 등에 대해서도 많은 자료가 보고되고 있었다. 이 분야에 대한 시장성이나 잠재력은 무한히 크고 선진일본 미국에서 연구투자가 많이 되고 있고 일부 사업화를 추진하여 제품생산을 하고 있는 분야이기 때문에 우리도 이분야에 대한 적극적인 활성화가 시급하다.