

성장기 흰쥐에서 제초제 저항성 쌀의 급여에 대한 영양적 안전성 평가

이성현^{1)§} · 박홍주¹⁾ · 조소영¹⁾ · 전해경¹⁾ · 박용환²⁾ · 정미혜³⁾ · 박선희⁴⁾

농업과학기술원 농촌생활연구소 농산물가공이용과,¹⁾ 농업생명공학연구원 유전자제어공학과,²⁾
농업과학기술원 작물보호부 농약안전성과,³⁾ 식품의약품안전청 식품평가부 식품미생물과⁴⁾

Evaluation of Nutritional Safety for the Herbicide-Resistant Rice in Growing Male Rats

Lee, Sung Hyeon^{1)§} · Park, Hong Ju¹⁾ · Cho, So Young¹⁾ · Chun, Hye Kyung¹⁾
Park, Yong Hwan²⁾ · Jeong, Mi Hye³⁾ · Park, Sun Hee⁴⁾

Agriproduct Science Division,¹⁾ National Rural Living Science Institute, NIAST, RDA, Suwon 441-853, Korea

Plant Biotechnology Division,²⁾ National Institute of Agricultural Biotechnology, RDA, Suwon 441-857, Korea

Pesticide Safety Division,³⁾ Crop Protection, NIAST, RDA, Suwon 441-857, Korea

Food Microbiology Division,⁴⁾ Food Evaluation Department, Korea Food & Drug Administration, Seoul 122-824, Korea

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the safety of herbicide-resistant rice, a genetically modified organism (GMO) developed by the Rural Development Administration, in Sprague-Dawley rats. The nutrient content of herbicide-resistant polished and brown cooked rice was compared with that of conventional Ilpum polished and brown cooked rice to assess composition equivalence. Compositional analysis was performed to measure proximates, fiber, and minerals before animal feeding. Growing male rats were fed one of the following four diets for six weeks: Ilpum polished cooked rice (IP) and Ilpum brown cooked rice (IB) as a non-GMO and herbicide-resistant polished cooked rice (GP) and brown cooked rice (GB) as a GMO. We checked clinical symptoms (anorexia, salivation, diarrhea, polyuria, anuria, fecal change) every day, food intake, change of body weight twice a week, and serum biochemistry and organ weights after 6 weeks of experimental feeding among the four groups. Nutrient content of the herbicide-resistant rice was similar to that of the non-transgenic control and was within the published range observed for non-transgenic rice. We could not find any significant difference in the above-mentioned items as the index to be checked in the animals fed the GMO. These results suggest that the nutrient content of genetically modified herbicide-resistant rice is compositionally equivalent to that of conventional Ilpum rice and that growing male rats fed herbicide-resistant rice are no different from those fed Ilpum rice, non-GMO for 6 weeks. (*Korean J Nutrition* 36 (10) : 1030~1035, 2003)

KEY WORDS : GMOs, herbicide-resistant rice, nutritional safety, sprague dawley rats.

서론

세계인구는 1997년에 60억, 2000년에 61억이었으며, 2070년에는 100억에 이를 것으로 추정하고 있어 인구증가에 따라 세계의 식량수요도 계속 증가하고 있다.¹⁾ 지금까지는 식량증산을 위하여 경지면적 확대, 화학비료와 농약의 사용 및 다수확 품종을 재배하여 왔으나, 이용 가능한 농지면적은 한정되어 있고, 화학비료나 농약 사용은 잔

류농약 등에 의한 안전성문제, 소비자의 식품기호에 대한 욕구 증가, 식량자원의 품종개량에 대한 중요성과 필요성이 대두되어 왔다. 이에 육종학자들은 새로운 품종을 효율적으로 개발하기 위하여 유전자재조합 기술을 이용하게 되었으며, 이를 이용한 유전자재조합 식품이 생산되고 있다. 유전자재조합 기술은 어떤 생물의 유전자 중 유용한 유전자 (추위, 병충해, 살충제, 제초제 등에 강한 성질) 만을 취해서 다른 생물체에 삽입하여 새로운 품종을 만드는 것을 말하며, 종래의 품종개량 기술과 달리 원하는 특성을 지닌 유전자를 다른 생물체에 직접 삽입함으로써 목적하는 품종만을 바로 얻을 수 있고, 삽입하고자 하는 유전자는 서로 다른 생물종에서도 얻을 수 있어, 품종개량의 폭이 넓어졌

접수일 : 2003년 10월 17일

채택일 : 2003년 12월 1일

§To whom correspondence should be addressed.

다.²⁾ 즉 유전자재조합 기술을 이용함으로써 다양한 유전자를 직접 도입하여 목적인 새로운 작물을 생산할 수 있으며, 종래의 품종개량에 비하여 소요시간도 짧아졌다.

농업생명공학 산업의 발달과 더불어 유전자변형 농산물(GMO)이 개발 및 유통됨에 따라 농약, 노동력의 절감 및 식량난 해결에 도움을 줄 수 있는 반면 독성, 알레르기 유발 가능성, 항생제 내성 등 식품으로 섭취될 때 인체에 미치는 안전성의 문제가 국제적으로 논의되고 있다.³⁻¹⁰⁾ 우리나라의 경우 GMO로는 제초제내성·내충성·항바이러스성 벼, 감자, 토마토가 시험 연구에 있으며 이렇게 개발된 농산물에 대한 안전성 구명 연구가 시급히 요구되는 실정이다. 일반적으로 GMO의 안전성은 실질적 동등성에 의한 안전성 평가로서 주요 및 미량 영양성분 함량이 분석되어야 하고, 영양학적 실험자료로서 동물의 식이섭취량과 체중증가량 등이 조사되어야 하며, 독성학적 실험자료로서 투여시 독성이 나타나지 않아야 한다. 그리고 GMO의 이러한 안전성 평가에는 열처리나 도정 등 조리가공에 따른 비교가 필요하고 영유아 및 노인 등 취약계층에 대한 영양학적 특성이 조사되어야 한다.¹¹⁾ 그러나 GMO의 안전성에 대한 연구결과가 매우 부족하여 이에 대해 체계적인 많은 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 한국인의 주식인 쌀인 점을 고려하여 유전자 변형된 쌀 (제초제 저항성, 농진청 개발)과 모종 쌀 (일품)을 공시재료로 선정하였고, 도정 정도에 따라 영양성분 함량을 비교하였으며, 성장기 동물모델에서 영양학적 및 독성관련 기초 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

유전자 변형된 쌀의 영양적 특성 및 안전성을 검토하기 위하여 대조군으로 모종인 일품 쌀을 선정하였고, 항생제 저항성 유전자마커가 현미에 있을 수 있는 점을 고려하여 백미와 현미 시료에서 그 특성을 비교하였다. 시료의 주요 및 미량 영양성분을 분석하여 유전자 변형된 쌀의 실질적 동등성을 비교하였고, 실험동물에 일정기간 급여하여 영양학적 및 독성학적 특성을 조사하였다.

1. 시험재료의 영양성분 함량 분석

시험재료는 4종 (일품 및 제초제 저항성 백미, 현미)으로 농촌진흥청 농업생명공학연구원에서 분양 받았고, 밥을 지은 후 냉동건조한 것을 분쇄하여 분석에 이용하였다. 주요 영양성분 함량은 AOAC 방법¹²⁾으로 측정하였고 인 (Ammonium Vanadate법) 외의 무기질 함량은 습식분해 후에

원자흡광광도계 (Hitach 6100)로 분석하였다.

2. 실험식이의 종류

실험식은 시험재료의 주요 영양성분 (단백질, 지방, 섬유소, 탄수화물) 함량을 고려하여 4군이 AIN-93G 조성에 맞도록 배합하였다 (Table 2). 쌀 외에 정제된 원료로서 옥수수전분 (동방), 대두유 (동방), 카제인 (ICN), α -cellulose (ICN), 비타민 및 무기질 혼합물 (ICN; AIN-93), Lard (하인즈)를 이용하였고, 총 4종 (일품 및 GMO의 백미, 현미)의 식이를 성장기 실험동물에게 6주간 자유섭취방법 (ad libitum)으로 급여하였다.

3. 실험동물의 종류와 사육

성장기 모델은 생후 4주령의 SD종 수컷 흰쥐를 사용하였고, 유전자 변형 쌀의 영양적 특성 및 안전성 조사를 위해 실험동물 40마리를 완전임의 배치 (10마리/group)한 후 stainless steel wire cage에서 한 마리씩 분리 사육하였다. 사육실의 환경은 온도 $22 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $60 \pm 5\%$ 로 조절하였으며, 명암은 12시간 주기 (light: 6:00 a.m.~6:00 p.m.)가 되도록 하였다.

4. 실험동물의 임상증상 관찰

시험 기간 중에 1일 1회 이상 임상증상 (식욕부진, 침 흘림, 설사, 다뇨, 무뇨, 대변 이상)을 관찰하였고, 실험식이 섭취량을 주 2~3회, 체중을 주 1회 일정한 시간에 측정하였다.

5. 혈액의 수집 및 분석

실험식이 급여 종료 후에 실험동물을 14시간 절식시키고 경동맥에서 혈액을 채취하여, 3000 rpm에서 20분간 원심 분리한 후 혈청 분석에 이용하였다. 혈청에서 알부민, 총빌리루빈, 혈당, 콜레스테롤, 중성지방, 칼슘, 칼륨 등을 자동혈청분석기 (Johnson and Johnson, USA)로 측정하여 유전자 변형된 쌀의 급여에 대한 영양적 특성과 안전성 관련 기초항목을 조사하였다.

6. 육안 및 병리조직 검사

대뇌, 소뇌, 뇌하수체, 타액선, 폐장, 간장, 신장, 부신, 비장, 흉선, 식도, 갑상선 및 부갑상선, 심장, 기관, 위, 소장, 대장, 고환, 부고환, 전립선 등은 채취하여 육안 검사를 실시하였고, 일부 장기의 무게를 측정하였다. GMO 섭취가 실험동물의 조직에 이상을 주는지 확인하기 위해 모든 실험군의 조직을 10% 중성 포르말린 용액에 고정시켜 1주 이상 충분히 고정시켰고, 파라핀 포매기 (Fisher, Histomatic Tissue Processor, 166A)에 고정시켜 마이크로 톱 (AO

Rotary Microtome)으로 5 μm 두께의 절편을 만들어 Hematoxylin & Eosin 염색을 한 후 병리조직검사를 실시하였다.

7. 통계 분석

실험결과는 SPSS 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차 (mean ± SD)로 제시하였고, 각 처리별 유의성은 ANOVA test 후 Duncan's multiple range test로 p < 0.05 수준에서 검증하였다.

연구결과

1. 시험재료의 영양성분 함량

일품 (Non-GMO) 및 제초제 저항성 품종 (GMO)의 영양성분 함량을 Table 1에 제시하였다. 시험재료의 영양성분 함량을 분석한 결과, 백미는 단백질 7.0~8.0%, 지방 0.3%, 조섬유 0.2%, 회분 0.8% 그리고 탄수화물 90.7~91.7% 수준이었고, 현미는 단백질 8.4~9.0%, 지방 2.4~2.5%, 조섬유 1.5%, 회분 1.7~1.9% 그리고 탄수화물 85~86% 수준으로 나타났다. 일반적으로 현미에서 백미보다 단백질, 지방, 조섬유 및 회분 함량이 많고 탄수화물 함량이 적게 나타났다. 일품 (Non-GMO) 및 제초제 저항성 품종 (GMO) 사이에 영양성분 함량의 차이를 보이지는 않았다.

2. 임상증상

일품 (Non-GMO) 및 제초제 저항성 품종 (GMO)의 백미와 현미식이를 성장기의 수컷 흰쥐에게 6주간 급여하였을 때, 유전자 변형 품종 (제초제 저항성, GMO)의 백미 및 현미군을 포함한 모든 실험군에서 시험 기간동안 사망한 동물은 없었다. 그리고 실험식이 급여기간 동안 독성으로 인정되는 임상증상 (식욕부진, 침 흘림, 설사, 당뇨, 무뇨, 변 이상)이 관찰되지 않았다.

3. 식이섭취량 및 체중의 변화

일품 (Non-GMO) 및 제초제 저항성 품종 (GMO)의 백미와 현미식이를 섭취한 실험동물의 식이 섭취량과 최종 체중을 Table 3에 제시하였다. 성장기 흰쥐에서 실험기간 동안의 하루 평균 식이 섭취량은 14.3~15.6 g이었고, 모든

실험군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 실험 식이를 섭취한 성장기 흰쥐의 최종 체중은 202.2~230.7 g으로 GB군에서 높은 경향을 보였으나 실험군 사이에 유의한 차이는 없었다. 따라서 유전자 변형 쌀의 급여는 성장기 흰쥐에서 식이섭취량이나 체중 증가와 같은 일반적인 성장에 부정적인 영향을 주지 않는 것으로 보인다.

4. 혈액의 영양관련 성분

혈청 생화학적 및 혈액학적 검사 결과를 Table 4에 제시하였는데, 유전자 변형 쌀을 섭취한 성장기 실험동물 (GP, GB)에서 혈청 생화학적으로 큰 차이가 관찰되지 않았다 (Table 4).

5. 장기의 무게, 육안 및 병리조직 검사

뇌, 폐, 심장, 간장, 비장, 신장 (좌, 우), 고환 (좌, 우), 타액선, 흉선 등에 대한 육안 검사를 실시하였을 때 모든 실험군에서 육안적으로 외견상의 문제가 나타나지 않았고,

Table 2. Composition of experimental diets (g/kg diet)

Contents	IP ¹⁾	IB	GP	GB
Rice	620.7	620.7	620.7	620.7
Corn starch	56.4	85.7	71.2	90.3
Casein	156.5	147.8	141.0	144.1
Soybean oil	67.9	55.1	68.5	53.9
α-cellulose	48.5	40.7	48.6	41.0
Mineral Mix	35.0	35.0	35.0	35.0
Vitamin Mix	10.0	10.0	10.0	10.0
L-cystine	3.0	3.0	3.0	3.0
Choline chloride	2.0	2.0	2.0	2.0

¹⁾ IP (Ilpum polished rice, Non-GMO), IB (Ilpum brown rice, Non-GMO), GP (GMO, polished rice), GB (GMO, brown rice)

Table 3. Food intake and body weight of growing male rats fed experimental diets

Groups ¹⁾	Food intake (g/d)	Body weight	
		Initial (g)	Final (g)
IP	14.6 ± 0.5 ^{2)NS}	67.2 ± 3.0 ^{NS}	212.0 ± 11.7 ^{NS}
IB	14.3 ± 0.7	65.1 ± 2.4	202.2 ± 20.9
GP	14.6 ± 0.9	66.2 ± 2.5	207.9 ± 18.8
GB	15.6 ± 0.4	66.8 ± 2.4	230.7 ± 19.2

¹⁾ IP (Ilpum polished rice, Non-GMO), IB (Ilpum brown rice, Non-GMO), GP (GMO, polished rice), GB (GMO, brown rice)

²⁾ Values are mean ± SD. NS: not significant

Table 1. Nutrients contents in different kinds of rices

Rices	Carbohydrate	Protein	Fat	Fiber	Ash	Ca	P	Fe	Mg	Zn
Ilpum, polished	91.7	7.0	0.3	0.2	0.8	4.0	23.4	0.5	16.4	1.4
Ilpum, brown	86.0	8.4	2.4	1.5	1.7	5.6	65.6	1.2	77.0	2.0
Herbicide-resistant, polished	90.7	8.0	0.3	0.2	0.8	5.1	24.8	0.6	16.7	1.3
Herbicide-resistant, brown	85.0	9.0	2.5	1.5	1.9	6.5	79.1	1.3	86.7	1.9

Table 4. Serum biochemical values of growing male rats fed experimental diets

Groups ¹⁾	Albumin (mg/dl)	Triglyceride (mg/dl)	ALT (IU/L)	BUN (mg/dl)	Creatinine (mg/dl)	Uric acid (mg/dl)
IP	4.90 ± 0.49 ^{2)NS}	42.6 ± 15.2 ^{NS}	27.6 ± 9.2 ^{NS}	18.0 ± 3.3 ^{NS}	0.70 ± 0.14 ^{NS}	2.50 ± 0.91 ^{NS}
IB	4.99 ± 0.60	46.9 ± 9.2	30.8 ± 8.8	18.8 ± 2.8	0.74 ± 0.11	2.33 ± 0.88
GP	4.84 ± 0.42	43.3 ± 14.5	26.2 ± 7.3	17.7 ± 4.0	0.69 ± 0.11	2.22 ± 0.76
GB	5.13 ± 0.63	47.2 ± 13.7	28.4 ± 10.9	16.6 ± 2.6	0.68 ± 0.15	2.64 ± 1.36

¹⁾ IP (Ilpum polished rice, Non-GMO), IB (Ilpum brown rice, Non-GMO), GP (GMO, polished rice), GB (GMO, brown rice)

²⁾ Values are mean ± SD. NS: not significant

Table 5. Organ weights of growing male rats fed experimental diets

(g/100 g Body weight)

Groups ¹⁾	Liver	Kidney	Heart	Spleen	Lung
IP	6.36 ± 0.45 ^{2)NS}	1.73 ± 0.12 ^{NS}	0.79 ± 0.07 ^{NS}	0.47 ± 0.05 ^{NS}	1.29 ± 0.16 ^{NS}
IB	6.72 ± 0.54	1.69 ± 0.18	0.77 ± 0.10	0.48 ± 0.04	1.23 ± 0.14
GP	6.58 ± 0.63	1.67 ± 0.10	0.82 ± 0.08	0.47 ± 0.06	1.26 ± 0.16
GB	6.83 ± 0.50	1.87 ± 0.09	0.89 ± 0.13	0.50 ± 0.06	1.37 ± 0.13

¹⁾ IP (Ilpum polished rice, Non-GMO), IB (Ilpum brown rice, Non-GMO), GP (GMO, polished rice), GB (GMO, brown rice)

²⁾ Values are mean ± SD. NS: not significant

Table 6. Histopathological findings considered out of the ordinary in growing male rats fed experimental diets¹⁾

Parameter	IP	IB	GP	GB
Brain	NF	NF	NF	NF
Hypophysis thymus	NF	NF	NF	NF
Lung	NF	NF	NF	NF
Heart	NF	NF	NF	NF
Liver	NF	NF	NF	NF
Spleen	NF	NF	NF	NF
Kidney, left	NF	NF	NF	NF
Kidney, right	NF	NF	NF	NF
Adrenal gland, left	NF	NF	NF	NF
Adrenal gland, right	NF	NF	NF	NF
Esophagus	NF	NF	NF	NF
Stomach	NF	NF	NF	NF
Duodenum	NF	NF	NF	NF
Jejunum	NF	NF	NF	NF
Ileum	NF	NF	NF	NF
Cecum	NF	NF	NF	NF
Colon	NF	NF	NF	NF
Rectum	NF	NF	NF	NF
Testis, left	NF	NF	NF	NF
Testis, right	NF	NF	NF	NF
Salivary gland, left	NF	NF	NF	NF
Salivary gland, right	NF	NF	NF	NF
Prostate	NF	NF	NF	NF
Brain	NF	NF	NF	NF

¹⁾ IP (Ilpum polished rice, Non-GMO), IB (Ilpum brown rice, Non-GMO), GP (GMO, polished rice), GB (GMO, brown rice)
NF: Not found

간, 신장, 폐 등 6개 장기의 무게를 측정한 결과 모든 실험군 사이에 유의한 차이가 없었다 (Table 5). 또한 육안 검사를 끝낸 20개 조직을 10% 중성 포르말린 용액 및 파라핀 포매기 (Fisher, Histomatic Tissue Processor, 166A)

에 고정시켜 Hematoxylin & Eosin 염색하고 병리조직검사를 실시하였을 때, 제초제 저항성 쌀을 섭취한 실험군에서 모종인 일품 쌀을 섭취한 실험군과 다른 이상 병변을 보이지 않았다(Table 6). 즉 유전자 변형된 품종의 백미 및 현미밥으로 배합한 실험식이를 급여하였을 때, 장기 및 조직의 상태는 일품 백미 및 현미 식이 섭취군과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

고 찰

본 연구에서는 최근 개발된 유전자 변형 식품 중에 한국인의 주식이면서 앞으로 가장 소비량이 많을 것으로 예상되는 쌀의 영양적 안전성에 대해 분석하였다. 본 실험결과 유전자 변형된 제초제 저항성 쌀 (백미, 현미)은 실험동물로 사용된 성장기 흰쥐의 식이섭취량, 체중증가량, 뇨 및 대변 배설 등의 임상증상, 혈청 생화학적 지표, 장기의 무게, 육안 및 병리조직학적 소견에 큰 영향을 미치지 않았다. 본 실험에서는 식품의약품 안전청에서 제시하는 유전자 변형 식품의 안전성 검사 지침을 참고하였으나 뇨 및 혈액학적 검사^{13,14)} 등 보다 적극적이고 세세한 조사 항목의 추가가 필요할 것으로 생각된다. 그리고 본 실험에 사용된 유전자 변형 식품 (제초제 저항성 쌀)의 영양적 안전성은 제초제 저항성을 갖은 대두가 일반 대두와 영양적 안전성에서 차이를 보이지 않았다는 내용과 유사한 결과이다. 그러나 유전자 변형 식품의 종류에 따라 Phytate 등¹⁵⁾ 특수 성분의 분석이 앞으로 보완되어야 할 것으로 생각된다.

1960년대에 들어 유전자 재조합 식품이 서서히 시장에 나타나기 시작하였고 1967년에는 포테이토칩을 만드는데

사용하기 위해 Lenape potato라 불리는 새로운 종의 감자를 육종하였다. 비록 이 감자에서 solanine이 검출되어 시장 유통이 중지되었지만, 새로운 품종의 감자에서 나온 독소는 식물이나 동물의 유전자 변화로 인해 예기치 않은 영향을 일으킬 수 있다는 사실을 보여 주었다.¹⁶⁾ 1980년대에 들어 미국, 독일, 벨기에 학자들은 병원체 세균과 *Agrobacterium tumefaciens*를 이용하여 전이 식물 (transgenic plant)을 만드는 방법을 발견했고,¹⁷⁾ 세균을 이용하여 식물에 새로운 유전자를 주입시켰다.^{18,19)} 1983년부터 1989년까지는 DNA 재조합 기술이 보편화되었고, 1990년대에 들어서는 유전자 재조합 식품들이 일반대중에 의해 처음으로 이용되기 시작하였다. 이렇게 나날이 발전되어 가는 GM은 농장, 소비자, 생활환경 등에 많은 도움을 주고 있다. 식량생산의 증대, 식품의 기호 증가, 영양학적 품질 향상, 우육의 양적·질적 향상, 유용한 백신이나 약물제조, 질병이나 스트레스, 해충, 잡초나 바이러스 등으로부터 생물학적인 방어효과, 환경보호 등 GM에 대한 이익은 다양하다.²⁰⁻²⁴⁾ 하지만 최근에 들어서는 이러한 유전자 재조합 식품의 증가로 인해 이 식품에 대한 안전성에 대한 논란이 계속되고 있다. 식품의 영양학적 품질의 변질, 항생제 내성 유발, 다른 생물체의 의도하지 않은 유전자 전이, 새로운 바이러스나 독소 생성, 종교·윤리·문화적 우려 및 GMO 식품의 표시부족에 의한 우려 등 많은 문제점이 대두되고 있다.²⁵⁻²⁸⁾ 이에 1996년 FAO/WHO에서는 소비자 건강 보호를 위해 기술발전을 저해하지 않는 범위에서 정부의 강력한 식품규제가 필요하며 실질적 동등성에 근거하여 안전성을 평가하고,²⁹⁻³¹⁾ 알레르기 유발성이 있는 생물체에서 유전자를 취한 경우 도입된 유전자로 인한 알레르기가 발생하지 않는 것이 입증되어야 한다고 권고하고 있다. 우리나라는 농림부, 보건복지부, 과학기술부, 환경부 및 산업자원부 등에서 GMO에 대한 관련규정 협의 및 안전성에 관한 법적 관리를 추진 중에 있고 이에 대한 대처방안으로 유전자조합 생물체의 개발 또는 안전성 평가 및 규제시 반드시 과학적인 근거를 기초로 실시되어야 한다고 주장하고 있다. 그리고 신규로 개발된 GMO가 기존 식품과 비교하여 성분상 차이가 없다면 동일하게 취급되어 안전하다고 보는 실질적 동등성 (Substantial equivalence, 1993 OECD) 평가개념 도입이 바람직하며 GMO의 안전성에 대하여 전 국민에 대한 적극적인 홍보도 실시하고 있는 실정이다. 이외에도 Codex, OECD, UNEP 등의 단체에서 GMO의 안전성의 논란에 대해 협의가 진행중이지만 아직까지 결론이 나지 않았고, 특히 유전자 재조합식품에 대한 장기간 노출시의 안전성에 대한 연구결과는 상당히 부족하다.¹³⁾

최근 사회 및 환경적 변화에 따라 유전자 변형 식품의 요구가 증가됨으로써 사회적인 문제를 일으킬 소지도 점점 높아지고 있다. 지금까지 개발된 유전자 재조합식품 중 대두는 protease inhibitors, lectins, isoflavones 및 phytate와 같은 plant toxin과 antinutrient를 함유하고 있어 이것을 먹는 사람이나 동물에서 부정적인 영향을 미칠 수 있는 것으로 보고되고 있다.¹⁵⁾ 이런 성분들은 부분적으로 체중감량 등 현대인의 건강관리 측면에서 이용되고도 있으나 일반적으로 영양소의 흡수를 저해하는 것으로 알려져 유전자 재조합에 의해 이러한 문제를 해결하려는 노력이 이루어지고 있다. 벼에서 가장 많이 이루어지고 있는 유전자 재조합은 제초제에 대한 내성을 갖게 하는 것이며, 이러한 유전자 재조합 기술을 이용함으로써 많은 노동력을 절약할 수도 있게 되었다. Padgett 등 (1996)은 glyphosate-tolerant하도록 유전자 재조합된 대두가 그렇지 않은 대두와 안전성에서 차이가 없다고 발표하였으나,¹⁴⁾ Lenape potato가 사회적 문제로 대두됨에 따라 GMO의 안전성 구명이 더욱 절실한 실정이다. 식품의 기능성 보강, 식량 증산 및 유통·가공의 편의 측면에서 GMO 개발은 피할 수 없는 과제이나 GMO의 안전성 구명은 그 개발자 및 소비자의 입장에서 반드시 해결되어야 할 문제이다.

요 약

농업생명공학 산업의 발달과 더불어 유전자변형 농산물(GMO)이 개발 및 유통됨에 따라 농약, 노동력의 절감 및 식량난 해결에 도움을 줄 수 있는 반면, 독성, 알러지 유발, 항생제 내성 등 식품으로 섭취될 때 인체에 미치는 영향에 대한 문제가 국제적으로 논의되고 있다. 우리나라 농촌진흥청에서도 여러 유전자 변형 농산물이 개발되고 있으나 일반화에 앞서 그 안전성이 검토되어야 할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구팀은 쌀이 우리의 주식인 점을 고려하여 우선 안전성이 검토되어야 할 시험재료로 선정하였고, 영양성분 측면에서의 실질적 동등성과 취약 계층에서의 안전성 검토를 위해 영양성분 분석 후 유전자 변형 쌀을 성장기 흰쥐에게 6주간 급여하였다. 특히 항생제 저항성 유전자마커가 현미에 있을 수 있다는 보고를 고려하여 유전자 변형 품종의 백미밥과 현미밥을 모종인 일품의 백미밥 및 현미밥으로 나누어 처리한 후 실험식이를 급여하였다. 그 결과 시험재료의 영양성분 함량에 큰 차이를 보이지 않았고, 실험식이를 급여하였을 때 모든 실험동물에서 임상적 증상, 조직의 외형이나 무게 및 혈중 영양성분 함량 등의 측면에 차이가 없었다. 그러므로 본 실험에 사용된 유

전자 변형 품종 (제조제 저항성)은 도정 정도에 상관없이 백미와 현미 모두 6주간 급여시 성장기 실험동물에 어떠한 부정적 영향도 미치지 않은 것으로 보인다. 그러나 유전자 변형 식품의 안전성에 대해 좀 더 보완된 *in vivo* 실험법의 확립과 1년 이상 장기간의 급여에 따른 영향 검토도 필요하고, 본 연구의 시험재료는 단지 제조제 저항성 품종의 백미와 현미에 대한 것으로 유전자 변형 목적 및 대상 식품의 다양성에 따른 안전성은 다시 검증되어야 할 것으로 생각된다.

Literature cited

- 1) Korea National Statistical Office. World population in (<http://www.nso.go.kr/oracms/ingu.htm>), 2003
- 2) Nap JP, Metz PLJ, Escaler M, Conner AJ. The release of genetically modified crops into the environment. *Plant Journal* 33: 1-18, 2003
- 3) Conner AJ, Glare TR, Nap JP. The release of genetically modified crops into the environment II. Overview of ecological risk assessment. *Plant J* 33: 19-46, 2003
- 4) Beringer JE. Releasing genetically modified organisms: will any harm outweigh any advantage. *J Appl Ecol* 37: 207-214, 2000
- 5) Conner AJ. Genetically engineered crops. Environmental and food safety issues. The royal society of New Zealand. *Miscellaneous Series* 39: 1-34, 1997
- 6) Bullock D, Nitsi EI. GMO adoption and private cost savings: GR soybeans and Bt corn. In *genetically modified organisms in agriculture*, pp.47-58, Economics and Press, 2001
- 7) Josling T, Nelson GC. Looking into the future. In *genetically modified organisms in agriculture. Economics and politics*, pp. 143-148, Academic press, San Diego CA, 2001
- 8) Costanza R, d'Arge R, de Groot. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260, 1997
- 9) Dale PJ. The release of transgenic crops into agriculture. *J Agric Sci Camb* 120: 1-5, 1993
- 10) Dale PJ. The impact of hybrids between genetically modified cropplants and their related species: general consideration. *Mol Ecol* 3: 31-36, 1994
- 11) Korea Food & Drug Administration. Guides for safety evaluation of GMO · Food additives. in (<http://www.cjfoodsafety.co.kr/contents/library/gmo/gmosimsa.htm>), 1999
- 12) AOAC. Official methods of analysis. 15th ed. Association of official analytical chemists, p.788, Washington DC, 1990
- 13) Kim TY, Che JH, Cho SD, Kang KS, Lee YS. Safety evaluation of genetically modified organisms (GMO) for a 90 day exposure in rats. *J Toxicol Pub Health* 17 (1): 49-57, 2001
- 14) Padgett SR, Taylor NB, Nida DL, Balley MR, McDonald J, Holden LR, Fuchs RL. The composition of glyphosate tolerant soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. *J Nutr* 126 (3): 702-716, 1996
- 15) Vasconcelos IM, Mata AA, Siebra EA, Oliveira JT, Carvalho AF, Melo VM, Carlini CR, Castelar LI. Nutritional study of two brazilian soybean (*Glycine max*) cultivars differing in the contents of antinutritional and toxic proteins. *J Nutr Biochem* 12(1): 55-62, 2001
- 16) Mcmillan, Thmpson JC. An outbreak of suspected solanine poisoning in school boys: examinations of criteria of solanine poisoning. *E J Med* 48 (190): 227-243, 1979
- 17) Fraley RT, Rogers SG, Horsch RB, Sander PR, Rick JS, Adams SP, Bitter ML, Brand LA, Fink CL, Fry JS, Gallupi GR, Goldberg SB, Hoffman NL, Woo SC. Expression of bacterial genes in plant cells. *Proc Natl Acad Science USA* 80: 4803-4807, 1983
- 18) Bevan MW, Falvell RB, Chilton MD. A chimeric antibiotic resistant gene as a selectable marker for plant cell transformation. *Nature* 301: 184-187, 1983
- 19) Herrera-Estrella L, Van den BG, Maenhaut R, Van MM, Schell JM, Cashmore A. Light inducible and chloroplast associated expression of a chimaeric gene introduced into *Nicotiana tabacum* using a Ti plasma vector. *Nature* 310: 115-120, 1984
- 20) Clinton SK. Lycopene: Chemistry, biology and implications for human health and disease. *Nutr Rev* 56: 35-51, 1998
- 21) De Lumen BO, Galvez AF, Revillez MJ, Krenz DC. 1999. Molecular strategies to improve the nutritional quality of regume proteins. *Adv Exp Med Biol* 464: 117-126, 1999
- 22) Wilmut I, Schnieke AE, Mcwhir J, Kind AJ, Campbell KH. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells. *Nature* 385 (6619): 810-813, 1997
- 23) Ferber D. GM crops in the cross hairs. *Science* 286: 1662-1666, 1999
- 24) Hereberg SP, Galan P, Preziosi MJ, Alfarez, and Vazquez C. The potential role of antioxidant cancers. *Nutrition* 14(6): 513-520, 1998
- 25) Young AL, Lewis CG. Biotechnology and potential nutritional implications for children. *Pediatr Clin North Am* 42(4): 917-930, 1995
- 26) Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK. Identification of Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *N Engl J Med* 334(11): 688-692, 1996
- 27) Hoef AM, Kok EJ, Bouw E, Kuiper HA, Keijer J. Development and application of a selective detection method for genetically modified soy and soy derived products. *Food Addict Contam* 15(7): 767-774, 1998
- 28) Koenig R. European researchers grapple with animal rights. *Science* 284(5420): 1604-1606, 1999
- 29) Millstone E, Brunner E, Mayer S. Beyond 'substantial equivalence'. *Nature* 401 (6753): 525-526, 1999
- 30) Novak WK, Haslberger AG. Substantial equivalence of antinutrients and internet plant toxins in genetically modified novel foods. *Foods and Chemical Toxicology* 38: 473-483, 2000
- 31) Martens MA. Safety evaluation of genetically modified foods. *Int Arch Occup Health* 73: S14-S18