

Development of New Potato Cultivars for the Utilization of Healthy Food with High Biological Function

Lim, Hak-Tae . Kui-Hua Li . Kyung-Ah Yi . Yong-Sun Choi

Division of Biotechnology and Center for the Korea Potato Genetic Resources, Kangwon

National University, Korea 200-701

(e-mail:Limhakta@kangwon.ac.kr/www.potatokorea.com)

Abstract

Potatoes have been recognized for a long time as one of the major food crops as well as horticultural crops. Potato production as a table food has been decreased in developed countries, while it has been steadily increased in the third world countries for its importance as food source. It is a new trend to look for the food, not only as a feeding crop but also healthy food. It is also time for the potato producers to look for the potato having high economic value as found in medicinal plants. There are great diversities in potato species, indicating that valuable compounds can be found in different amounts, depending on potato species. We screened the cultivars, breeding clones, and germplasms based on the vitamin C, Vitamin E, antioxidant compounds, diverse sugar types, important amino acids, and other valuable compounds. We could select the breeding clones KC003, 98W117, 99J717, and Vally 8 (A group) due to their high levels of antioxidant compounds, and it can be said that most of the red and purple colored potato clones belong to the A group. In the contents of essential amino acids, 'Taebook Valley', 'Summer Valley' and other breeding clones were found to be high in amount. We also made crosses between breeding clones with high biological function and low agronomic traits and low biological function with high quality in agronomic characteristics. The patterns of genetic trends of these offsprings in comparison with their parents will be reported as well. And the potential of using potato as antibody production of anti-cancer will be discussed.

■ Conclusion식품으로서의 감자의 중요성

세계 주요 식량작물중의 하나인 감자는 전 세계 130여 개 국가에서 재배되며 생산

량은 279백만톤('98)으로 옥수수, 벼, 밀 다음으로 4위, 재배면적으로는 8위를 차지하고 있다. 주요 생산국은 중국이 15%, 러시아 12%, 폴란드 8%, 인도 7% 순이며 우리나라는 0.2%로 아주 적은 양이 생산되고 있다. 개발도상국의 감자생산은 1990년대에 들어서 급속히 증가되고 있다. 특히 중국, 인도, 북한의 재배면적은 1995년에 3,435,601 ha, 1,069,400 ha, 45,000 ha 이던 것이 1999년 재배면적은 중국 4,206,970 ha(22% 증가), 인도 1,300,000 ha (22% 증가), 북한 180,000 ha (400% 증가)로 폭발적인 증가 추세를 보이고 있다. 반면에 한국은 매년 큰 변화 없이 23-27,000 ha 의 재배 면적을 유지하고 있다. 북한의 감자재배 면적은 1998년까지는 40,000 ha 였다가 1999년에 갑자기 늘어나고 있는 것을 볼 수 있다. 1999년 기준으로 북한의 감자재배 면적은 캐나다 (155,600 ha)보다 많은 세계적 수준 (생산면적 8위) 이다.

60년대 초반에는 3천만 톤에 불과했으나 이제는 1억 톤에 이르고 있다. 지난 10년간 생산량의 년 평균 증가율은 4.5%이었고 재배면적의 경우는 2.4%였다. 더욱이 이러한 증가율은 더욱 가속도가 붙고 있다는 점이다 또한 개발도상국에서는 옥수수와 쌀의 증가율이 느려지고 밀의 경우에는 지난 10년간 심각한 수준으로 낮아지고 있는 반면 감자의 생산증가율이 엄청 높아져 심지어 다른 작물의 생산증가율을 앞지르기까지 하여 감자의 상대적 중요성이 증가하였다. 지난 35년 동안 개발도상국에서는 다른 어떤 주요 식량작물보다 감자의 생산량이 더 빨리 증가하고 있지만, 선진국의 경우 감자 소비는 식용보다는 가공용 위주로 바뀌고 있다. 가공 산업의 발달과 더불어 감자는 식량작물에서 원예작물로 자리를 잡아가고 있다. 주요한 일반 채소작물과 비교해도 주요 영양성분에서 전혀 뒤지지 않다 (표 1). 미국의 경우 식용감자의 소비가 줄어들고 있지만, 국민 1인당 감자소비량이 증가한 주된 요인은 가공용 감자의 증가인데, 특히 프렌치프라이용 냉동감자의 소비가 지난 10년 사이에 20 배나 증가했기 때문이다. 국내의 감자소비도 생감자 위주에서 전분과 프렌치프라이용으로 바뀌어 가고 있는 추세이다. 감자는 가장 다양하게 요리나 가공식품을 만들 수 있는 작물로 널리 인식되고 있기 때문에 음식문화가 바뀌어가고 소비자를 충족시킬 수 있는 무한한 잠재력을 지니고 있는 작물이다.

우리나라 1인당 연간 감자소비량은 13kg으로서 감자소비량이 상대적으로 많은 나라중의 하나이다. 소비량이 100kg 이상인 나라는 독일, 러시아, 아일랜드, 벨기에, 스페인, 폴란드, 체코슬로바키아 등이고, 50 kg 이상인 나라는 미국, 프랑스, 영국, 캐나다, 스웨덴, 호주, 스워드 등 20 여 개국이다. 감자가 이렇게 세계적으로 널리 보급된 것은 감자의 생육기간이 짧고 식품성으로 뛰어난 뿐 아니라 다른 식품이 대체할 수 없는 가능성을 가지고 있기 때문이다. 감자는 당질, 칼륨, 무기질이 풍부한 알칼리성

작물로 감자전분, 감자국수, 건조감자(감자칩), 냉동프렌치파이, 감자가루, 감자식초, 감자술, 감자음료, 감자빵 등이 현재 가공식품으로 개발되어 시판되고 있다.

표 1. 감자와 국제적으로 주요한 채소들의 바타민을 비롯한 영양분석 (per 100g raw)^a
a Paul & Southgate(1978). b See also values given in Table 2.10. c Estimated values.

Vegetable	Thiamin(mg)	Riboflavin(mg)	Niacin(mg)	Potential niacin (Tryptophan+60)(mg)	Ascorbic acid(mg)	Pyridoxine(mg)	Folic acid free Total(ug)	Pantothenic acid(mg)	Ca(mg)	P(mg)	Fe(mg)
Potato (freshly harvested)	0.11 ^b	0.04 ^b	1.2 ^b	0.5	30 ^b	0.25	10 14 ^b	0.30	8	40	0.5
Carrot	0.06	0.05	0.6	0.1	6	0.15	12 15	0.25	48	21	0.6
onion	0.03	0.05	0.2	0.2	10	0.10	15 16	0.14	31	30	0.3
Tomato	0.06	0.04	0.7	0.1	20	0.11	15 28	0.33	13	21	0.4
Pepper (green)	Trace	0.03	0.7	0.2	100	0.17	5 11	0.23	9	25	0.4
Pumpkin	0.04	0.04	0.4	0.1	5	0.06	(13) ^c	0.40	39	19	0.4
Okra	0.10	0.10	1.0	0.3	25	0.08	(13) ^c	0.26	70	60	1.0
Green-beans (runner)	0.05	0.10	0.9	0.4	20	0.07	25 57 100 60	0.05	27	47	0.8
Cauliflower	0.10	0.10	0.6	0.5	60	0.20	30 39	0.60	21	45	0.5

^a Paul & Southgate(1978).

^b See also values given in Table 2.10.

^c Estimated values.

■ 감자의 기능성

식품은 1차적인 영양기능, 2차적인 맛, 향, 색깔 등 훌륭한 맛의 기능과 3차적인 건강 유지 회복에 관한 생체 조절 기능 즉 면역력 강화, 질병의 예방 및 회복, 노화의 억제 등 기능을 포함하고 있다. 세계4대 식량작물 중의 하나인 감자는 3차적 기능을 가지고 있을 뿐 아니라 많은 영양물질을 포함하고 있어 많은 사람들로 부터 선호를 받고 있다. 그리고 감자는 저 칼로리 식품이며 또한 많은 비타민을 함유하고 있고 산성 식품인 육류, 유제품 생선 등과 함께 먹을 경우에는 영양의 균형을 유지시켜 주는 대표적인 알칼리성 식품이다. 또한 감자에 많이 함유되어 있는 칼륨은 고혈압을 예방하고 jerusalem감자의 주성분인 이누린은 당뇨예방과 치료에 유익하며 vitamin B5인 pantothenic

acid는 위궤양 치료에, 퀘르틴산은 관절염에 탁월한 효과를 나타낸다. 최근에는 감자에 많이 함유되어 있는 phenol류 성분이 제암효과를 나타낸다는 임상보고가 독일과 일본의 학자들에 의해 발표되기도 하였다. 감자가 새로운 건강 기능성 식품으로 될 수 있다는 이유중의 또 하나가 감자에 antioxidative 물질인 아세틴산(TCA)이 많이 함유되고 있다는 점이다. 특히 유색감자에는 일반적인 흰 감자에서 보다 더 높은 기능성 성분이 포함되어 있을 것으로 추측되어 있다. 특히 유색감자에 포함되어 있는 antioxidative 물질은 장염, 피부노화, 위염 등을 방지할 수 있다.

감자의 우리 나라에서의 감자소비량은 점점 늘어나는 추세이다. 특히 가공용 감자의 경우 소비량이 1985년의 3.6%로부터 1998년에는 29.2%로 증가되었다. 감자의 기능성을 강조한 연구는 거의 없다. 주요원인은 감자가 구황작물이라는 전통적인 관념에 의하여 많이 인식되어 있지 않을 뿐만 아니라 고 기능성 감자에 관하여서는 연구가 미비한 상태이며 기능성 감자에 대한 선전이 적을 뿐 만 아니라 기능성 감자가 사람들에게 많이 알려지지 못하고 있다. 현재 시판되고 있는 기능성 식품에는 마시는 식이 섬유(미에로화이버 등), 비피더스요구르트(네버다이칸 등), 올리고당 함유음료, 식이 섬유를 넣은 스넥류, 충치예방껌, 펩타이드 강화 식품(콩라면 등) 등이 있고 현재 많이 연구되고 있는 기능성 작물로서는 유색콩으로서 주요하게 콩의 색소를 이용하여 그의 기능성을 분석하고 있다. 최근 선진국에서도 감자의 기능성에 대해서 많은 관심을 가지고 있고 연구를 진행하고 있다. 이는 감자가 단순히 식량으로서의 역할에서 좀더 많은 소비자들에게 만족시켜줄 수 있는 기능적인 측면을 강조하고자 함이다. 감자는 사실 기능적인 면에서 많은 효과를 주고 있음이 실증되고 있지만 지금까지는 과학적인 데이터가 부족한 실정이다. 본 심포지움에서도 감자의 식품적인 기능과 더불어서 고부가 가치로서의 감자의 생리활성적인 기능에 대하여 논하고자 한다. 또한 항암 항체같은 고부가 가치 기능성 성분을 감자에서 대량생산하고자 본 연구진에서 하고 있는 연구에 대하여 언급하고자 한다.

■ 기능성 감자 육종의 필요성

감자는 저칼로리, 알칼리성 건강식품으로 기호도가 높은 식품이다. 그리고 가공산업의 급속한 발전으로 소비량이 증가될 것으로 예상되나 생감자(식용)을 제외하고는 주로 수입에 의존하여 소비량 증가의 대부분을 수입감자가 차지하여 국내의 총생산량은 많이 늘어나고 있지 않다. 국내에서 소비되는 수입된 가공용 감자는 1998년에 약 45만톤으로서 총 감자 소비량 100만톤의 절반에 가깝다. 현재 우리 나라에서 칩용으로 사용하고 있는 “대서” 품종이 중심공동, 내부갈색 등 병이 심각하게 발생하고 있어

대체하지 않으면 안 될 정도이다. 그리고 감자의 french fry용, 기능성 식용감자 품종의 개발도 시급한 상황이다. 중국의 WTO의 가입은 우리 나라의 농산물 산업에 아주 큰 영향을 미칠 것은 당연한 일이다. 우리가 육성한 품종이 기능성이 높고 품질에서 뛰어나야만 수입 감자를 대체할 수 있고 우리가 기능성, 및 품질, 등에서 우수하여야만 국제상으로 경쟁력이 있고 또한 가공용 감자를 수입하고 있는 상황을 근절할 수 있다.

현재 우리 나라의 감자는 육종은 전통적인 인공교잡 방법을 기초로 감자의 수량성과 저항성을 중점으로 제초제 저항성 감자, 병 저항성 감자 등 품종을 육성하고 있을 뿐 기능성 감자 품종의 개발에 관하여서는 거의 진행되고 있지 못한 상황이다. 외국의 경우에도 유전자 조작 기술을 이용한 감자의 기능적인 면에서 연구가 진행되고 있지만 감자의 기능성 성분에 관련된 연구는 미비한 상태이다.

■ 기능성 감자 육종 프로그램

기존의 감자품종들에서 기능성을 지닌 것을 찾아내는 것은 어렵다. 왜냐하면 기존의 품종은 병에 강하고 수량성이 뛰어난 특성을 위주로 선발이 되었기에 우리가 원하는 특이한 성분을 많이 지닌 생리활성이 높은 기능성을 지닌 품종이 선발되지 못했을 가능성이 매우 높다. 본 연구진에서 최근에 진행시키고 있는 기능성 감자품종 선발방법과 분석 체계 및 유전자 조작에 의한 방법들을 간단하게 소개하고자 한다.

1. 비타민C 함량이 높은 품종 선발

비타민C의 작용은 피부를 강하고 아름답게 하며 혈액을 맑게 하고 모세혈관까지 잘 순환시켜서 모든 병을 근절시키는데 지대한 역할을 한다. 최근 연구에 의하면 비타민 C는 고혈압과 암까지도 예방치료하고 감기를 예방치료 하는데도 지대한 효력이 있다고 한다. 그러나 비타민C는 열에 지극히 약하고 물에도 잘 녹고 공기에도 약해서 발에서 수확해 옮기는 동안에도 그 효능이 약화된다. 그러나 감자에서의 비타민 C는 풍부하고 안정적으로 존재하고 있을 뿐 아니라 열을 가해도 파괴가 되지 않는 특징을 가지고 있다. 왜냐하면 감자에 열을 가하면 감자에서의 전분이 보호막을 만들기 때문에 요리 후에도 비타민C가 소실되지 않기 때문에 감자가 만병을 예방치료에 효과가 크다. 본 연구진은 한국감자 육종소재은행에서 보유한 계통으로 재배한 감자계통을 감자수확 16일(3일간 30, C 일주일 4, C, 9일간 18, C에서 방치한 감자계통)로서 감자의 품종 및 계통에서 크기의 균일성이 가장 높은 괴경들 중에서도 size가 같은 세 개의 괴경을 샘플로 취하였다. 감자를 homogenizer로 마쇄하고 원심분리 및 0.45 membrane로 filtering하여 시료로 사용하였으며 HPLC방법으로 vitamin C의 값을 측정

하였다. 실험결과로부터 98예W135계통의 비타민C의 함량이 아주 높음으로서 수미의 2배, 대서의 3배로 나타났다. 물론 조사된 많은 계통중에서 기존의 수미나 대서 보다 낮은 함량을 지닌 품종이나 계통들도 많았다.

2. 당도 (sucrose, glucose, fructose) 및 항지질 분석에 의한 선발

감자는 식량작물로서는 당도가 높은 편이다. 가공용이 아닌 식용으로 이용될 경우 당의 함량이 식미성에 큰 영향을 줄 수 있다. 당도의 분석도 HPLC를 이용하여 당, 환원당 함량은 측정하여 대조품종인 대서, 수미보다 당도가 높은 계통 혹은 품종을 선발한다. 감자 수확후 46일(3일간 30. C, 일주일 4. C, 36일간 18. C에서 방치한 감자계통)후에 조사를 하였다. 감자의 품종 및 계통에서 크기의 균일성이 가장 높은 괴경들 중에서도 size가 같은 세 개의 괴경을 샘플로 취하였고 선발된 감자 샘플을 마쇄하고 원심분리 및 0.45 membrane로 filtering하여 시료로 사용하였으며 HPLC방법으로 sucrose, reduced sugar(glucose, fructose)의 함량을 측정하였다. Sucrose의 함량은 KC001이 94.1mg/100g으로서 대서의 3배로 아주 높은 sucrose함량을 나타냈으며 KCF03은 85.7mg/100g으로서 대조 품종인 대서보다 3배 가까이로 나타내어 비교적 높은 함량을 나타냈다. glucose의 함량은 99예J555의 계통이 70mg/100g로서 대조품종인 대서 65.9mg/100g보다 약간 더 높았다. 그리고 fructose의 함량도 99예J555가 59.7mg/100g으로서 대조품종인 대서보다 5배 높은 것으로 나타났다. A178, KCF03계통도 fructose의 함량이 비교적 높은 계통으로 나타났다.

3. 항산화 물질 분석을 통한 감자 계통 선발

항산화물질은 사람들이 빨리 늙게 만들고 암을 일으키는 활성산소로부터 인체를 보호하고 암 발생을 억제하는 물질로서 carotenoide류, polyphenol류, lycopene, 황화합물 및 대표적13종 비타민 중에는 Vitamin C, Vitamin E군 등에 생리활성이 높은 항산화물질이 많다. 감자의 품종 및 계통에서 크기의 균일성이 가장 높은 괴경들 중에서도 size가 같은 세 개의 괴경을 샘플로 취하였다. 선발된 감자 시료는 마쇄하여 원심분리 후 상등액을 취해 DPPH시료로 사용하였다. DPPH방법으로 517nm에서 50%에서의 Inhibition concentration(IC50)의 값을 측정하였다. 본 실험에 쓰인 감자품종은 모두 수확 후 1주 내에 실험한 data이다. 수미품종의 항산화활성이 아주 높았는데 우리가 선발된 계통 가운데서도 수미처럼 항산화활성이 높은 계통 KC003 그리고 98예W117, 99예J717, 벨리 8호 등의 항산화활성도 비교적 높은 것으로 나타났다. 실험에서 대조품종인 대서와 99예J708, 98예W073, 98예W229등 계통은 항산화 활성이 낮은 것으로 판단할 수 있다.

감자는 다른 곡류 등에 비하여 탄수화물이 절반 정도밖에 들어 있지 않아 포만감은 있어도 당으로 변하는 에너지원이 반절이기 때문에 다이어트식품, 당뇨병환자 식품 또는 소식주의자들에게 알맞은 식품이다.

4. Flavonoids 화합물 및 항돌연변이 분석을 통한 계통 선발

Flavonoids는 식품에 널리 분포하고 있는 황색계통으로서 또한 Vitamim P 또는 Vitamim C2이라고 하며 고등식물의 잎, 꽃등에 들어 있다. 넓은 의미의 Flavonoids는 Anthoxanthins, Anthocyanins과 Catechins를 포함하지만 좁은 의미에서의 Flavonoids는 Anthoxanthins만을 의미한다. 감자를 썰었을 때 칼에 닿은 자리가 청록색 또는 흑갈색으로 변색되는 것을 볼 수 있다. 이는 감자에 있는 Flavonoids가 칼의 주성분인 Fe와 결합하여 복합체를 형성하였기 때문이다. 그리고 감자에는 Flavonoids가 다량 함유되어 있으며 독성은 거의 나타나지 않았으며 항돌연변이 활성이 있기 때문에 항암효과가 있다. 감자의 페놀류등 발암물질의 체외배설촉진, 비타민등이 풍부 위산 과잉분비에 따른 궤양개선에 효과가 있다. 최근의 연구에 의하면 감자의 추출물(Solanum tuberosum Extract)이 Mammary Carcinoma cells를 억제 한다고 보고되었다.

위에 언급된 다양한 분석을 통해서 많은 감자 소재중에서 유용한 성분을 많이 지니고 있는 계통을 찾는 것은 매우 중요하다. 아무리 우수한 성분을 지녔다고 하더라도 재배가 가능하며 다른 농업적 특성을 어느 정도 지녀야 하기 때문에 교배의 모본이나 부분으로 선택해서 다른 중요한 형질을 지닌 계통들과 교잡육종을 통해서 재배 가능한 품종으로 육성을 해야만 한다. 이러한 작업을 위해서 강원대학교 감자육종연구팀은 매년 30,000개의 실생묘에서 다양한 기능과 색을 지닌 계통을 선발하고 그러한 계통들의 수량성을 비롯한 농업적 형질이 어느 정도 만족되는 계통들 중에서 기능성 물질을 분석하여 고기능 품종 육성을 하고 있다. 또한 서로 다른 기능성 물질을 함유하고 있는 것 끼리의 교잡육종을 통해서 다양한 기능성을 지닌 고품질의 감자품종 육성을 동시에 시도하고 있다.

■ 분자육종기술을 이용한 고 기능성 감자 품종 육성

백신 생산을 위해 국내외에서는 흔히 감자를 선택한다. 이는 감자가 다른 작물에 비해 유전자 조작이 상대적으로 쉽고 전 세계적으로 많이 생산되는 주식 작물일 뿐만 아니라 재배하기 쉬운 특징이 있다. 감자 백신 연구는 아직 초보단계 이지만 국내

에서는 생명공학연구소 정혁 박사팀이 돼지 콜레라에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 외국의 경우 메릴랜드대학에서 연구된 “백신 바나나” 감자는 어린이들을 예방 주사의 공포에서 벗어나게 할 수 있으며 미국 코넬대학교 산하 보이스툼슨 식물연구소가 최근 B형 간염 감자 백신을 개발 및 동물실험에 성공하였다. 앞으로 “감자를 먹으면 면역이 생긴다.” 감자를 이용해 백신을 만들고 동물이나 사람 질병 예방에 적용하는 ‘감자 백신’ 시대가 열릴 전망이다. 본 연구팀에서도 항암항체를 감자에서 대량생산하는 연구를 수행하고 있다. 이에 대한 결과도 언급될 것이다.

참고문헌

1. Jennifer. Woolfe (1987) The potato in the human diet. Cambridge university press.
2. 초장환 (1995.8) 최신 식물육종학. 선진문화사
3. Nicholas smirnoff (1996) The function and Metabolism of Ascorbic Acid in Plants. Annals of Botany 78:661-669
4. Myong-Jo KIM, Yong-Hwa Choi et al., (1997) Antioxidative Activity of Urushiol Derivatives from the Sap of Lacquer Tree(*Rhus vernicifera* Stokes). KJPR Korean J Plant Res. 10(3)227-230
5. Timothy J.Gerrman, Stephen L.love et al., (1996) Chipping performance of three progressing potato cultivars during long- term storage at two temperature regimes. American potato journal (Vol.73) 411-425
6. Mariana s. DeLorenzo, Pablo Lorenziano Menna, et al., (2001) In Vitro Activity of a *Solanum tuberosum* Extract against Mammary Carcinoma Cells. Planta Med 67: 164-166
7. J.G.Kozub, D.R.Lynch, et al., (2000) A Relational Database System for Potato Breeding Programs. American Journal of potato research 77: 95-101
8. Seung-shi Ham, Deuk-sik Lee et al., (1997) Antigenotoxicity of Enzymatic Browning Reaction Products of Potatoes in the Micronucleus Test. Journal of Food Protection, 1.60.No.10. 1247-1250