

산 · 학 · 연 논문

유용한 식품영양 신소재 아마란스와 퀴노아

이 재 학

한국식물자원연구소

New Beneficial Crops Amaranth and Quinoa for Food Nutritional Source

Jae-Hak Lee

Korea Plant Resource Institute

아마란스(Amaranth)

아마란스(Amaranth)는 비름과(*Amaranthus spp. L.*)에 속하는 일년생 식물로 식물학적으로 옥수수, 귀리, 벼, 밀과 같은 단자엽 식물이 아니고 쌍자엽 식물이다. 지구상에 대략 60여종이 존재하는데, 단지 몇 종만이 종실용으로 재배되고 있고 나머지는 대부분 잡초종이다. Aztec과 Inca시대에 그들의 주식작물이었으며, 종실, 어린잎 모두가 이용이 가능하고 영양 생리학적으로 구성성분이 우수하여 최근 유망한 식품신소재작물로 관심을 끌고 있다.

아마란스는 분류학상 화곡류(cereal)로 분류되지 않으나 일반 곡류와 성질이 비슷하고 쓰이는 용도도 유사하여 pseudocereal(Amaranth, Quinoa, Buckwheat)로 불리워지며, 백립종은 약 0.55 g으로 매우 작으며 종자의 형태를 보면 배가 고리처럼 배유를 감싸고 있는 모양을 하고 있는데, 주로 고리 모양의 배에 단백질이나 지방이 축적되어 있고 배로 감싸져 있는 외배유에 전분이 축적되어 있다. 주로 종실을 이용하고 있는데 종실을 parching, roasting, popping시켜 후레이크(flakes), 곡류 가공제품(cereal-based food)의 첨가제와 잡곡 등의 다양한 형태로 중남미를 비롯한 미국이나 유럽 등지에서 활발히 이용되고 있다.

아마란스는 48~69%의 전분을 함유하며 전분 입자의 크기는 쌀 전분 입자보다 더 작은 1~4 μm로 전분 중 가장 작아 다양한 용도로 이용이 가능하다. 아마란스는 곡류에 비해 지방질의 함량이 높고 불포화도가 높은 양질의 지방산을 함유하며, lysine과 황 함유 아미노산이 풍부하고 아미노산 조성이 뛰어난 단백질을 15~16% 함유하는 우수한 곡류 단백질원으로 주목받고 있으며 식물성 단백질 신소재로 가공 및 활용하는 연구가 필요하다고 여겨진다.

아마란스는 Ca, Fe, Mg, Zn 등 무기질을 다량 함유하고 있으며(Table 1). Fe함량은 밀보다 4배 높으며 철분제제

와 함께 섭취시 체내 철분 흡수의 상승(vehicle 작용)효과도 보고되었다. 특히 스쿠알렌, 토코트리에놀, 비 발효성식이섬유, 인지질, 렉틴, 기타 항산화 성분 등 다수의 유용한 기능성 성분이 포함되어 있어 이런 기능성을 이용하기 위한 제품 개발에 대한 연구가 진행되어야 하며, 최근 원산지인 중남미를 비롯하여 미국, 유럽 등 많은 나라에서도 경쟁적으로 새로운 연구소재로 채택하고 있다.

특히 아마란스의 스쿠알렌은 종실의 0.34%, 총 지방의 4.6~8%의 높은 함량으로 존재하며 피부화장품, 컴퓨터디스크의 매탈제 등 공업적 용도와 함께 식품용도에서는 식물성 스쿠알렌으로서의 여러 장점이 보고되었다. 국내에서는 본 저자가 아마란스 종실에서 고순도 식물성 스쿠알렌을 대량으로 추출하는 방법을 처음으로 개발, 특허출원되었으며 추출된 아마란스 스쿠알렌과 동물성 스쿠알렌의 콜레스테롤 저하 효과에 대한 동물(rats) 비교 실험에서 동물성 스쿠알렌은 혈청 콜레스테롤 함량에 미치는 영향이 미미한 반면 아마란스 스쿠알렌은 유의하게 낮추어 주는 효과를 보였다. 고려대 생명공학원에서 실시한 실험에서는 고콜레스테롤 식이를 급여시킨 Sprague Dawley 계 수컷 흰쥐에서 아마란스종자, 아마란스유의 혈청, 간에서의 지질개선효과를 알아보기 위한 4주간 식이 실험을 한 결과에서 아마란스종자, 아마란스유 처리군이 대조군에 비해 혈청 총콜레스테롤, triglyceride를 낮추어주는 효과를 확인하였다. 한편 체내지질대사 효과가 섬유소에만 기인하지 않는 것으로 판단하여 아마란스 스쿠알렌과 동물성 스쿠알렌으로 7일 동안 1일 1회 복강투여 비교실험에서 아마란스 스쿠알렌이 혈청 총콜레스테롤, triglyceride, LDL-콜레스테롤을 간의 triglyceride와 총콜레스테롤을 낮추어 주어 동물성 스쿠알렌의 미미한 효과에 비해 월등한 효과를 보였다. 이 결과 아마란스는 높은 스쿠알렌 함량의 영향으로 혈청, 간에서의 지질 저하효과를

Table 1. Composition of grains (USDA & National Research Council)

Grain type	Protein (%)	Lysine (%)	Carbohydrate (g/100 g)	Calcium (mg/100 g)	Iron (mg/100 g)	Phosphorus (mg/100 g)
Amaranth	16	0.85	63	162	10.0	455
Corn	9	0.25	74	20	1.8	256
Rye	13	0.40	73	38	2.6	376
Buckwheat	12	0.58	72	33	2.8	282
Wheat	10	0.35	71	41	3.3	372
Rice	7	0.27	77	32	1.6	360
Milk, human	3.5	0.49	5	118	trace	93

가진 것으로 사료된다. 또한 이들 효과의 기전을 밝히는 실험에서 아마란스 스쿠알렌의 지질대사 개선효과는 배설 및 콜레스테롤 합성과 분해에 모두 영향을 받고, 합성보다는 분해과정에 더 큰 효과가 있는 것으로 추정되었다.

Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐를 스트렙토조토신을 이용한 당뇨를 유발시킨 후에 스쿠알렌이 다량 함유된 아마란스종실과 아마란스유의 혈당과 지질의 개선효과를 보는 실험(고려대 생명공학원)에서 또한 당뇨 대조군에 비해 혈당저해효과를 볼 수 있었으며 지단백농도는 당뇨 대조군에서 VLDL과 LDL-콜레스테롤이 유의적으로 증가되었으나 아마란스와 아마란스유에 의해 수치가 낮아졌으며, 당뇨에 의한 간기능 손상을 위해 GOT와 GPT의 활성도 측정에서 당뇨 대조군에서 모두 높게 나타난 반면 아마란스와 아마란스유 섭취에 의해 감소되는 양상을 보였다. 따라서 당뇨에 의한 체내지질 증가는 체내의 당과 지질대사 이상으로 인해 증가된 지질이 제대로 배설되지 못하고 체내에 축적되는 것으로 여겨지며, 아마란스와 아마란스유에 의해 체내의 지질이 분변으로 배출을 촉진시키는 효과를 보인다고 여겨진다. 또한 MTT법으로 실시한 아마란스 조 추출물의 항암효과 예비시험에서도 대상 식물 11종 중 가장 높은 효과가 확인되었다.

아마란스의 잎은 채소 형태(채소용 아마란스)로 소비되고 있으며 중남미를 중심으로 시금치대용으로 영양가가 풍부한 어린이 학교급식으로 이용되고 있다. 화수와 잎의 색소는 알콜성 음료 등에 착색제로 쓰이고 있으며 아마란스에 함유된 betacyanine 계의 적색소인 amaranthine은 비트의 적색소(betanine)와 함께 우수한 천연 색소자원으로 그 개발가치가 매우 크다고 여겨진다. FD&C Red No. 40 등 일부 식품색소의 위해성이 보고되면서 천연색소 자원을 선호하는 추세는 높아지고 있으므로 아마란스에 함유된 천연 적색색소 자원의 이용을 위한 기술 개발이 필요하다.

아마란스 잎(Dark green leaves)에는 어린이 성장에 필요하고 건강을 유지하는 필수 영양성분(protein, calcium, iron, carotene, riboflavin, folic acid, ascorbic acid etc.)이

풍부하며 India에 있는 Sri Avinashilingam Home Science College for Women의 학교어린이 대상으로 한 아마란스의 철분과 베타카로틴의 이용가능성 임상실험을 보면 (Fig. 1~3) 아주 뛰어난 소재로서 학교 어린이 급식원료

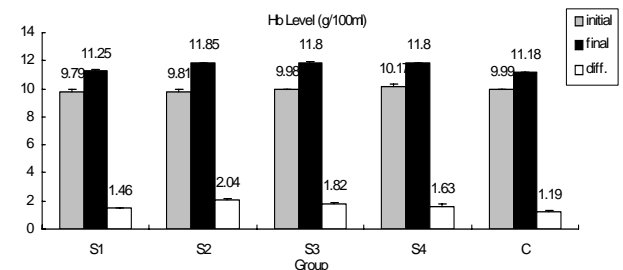


Fig. 1. Mean increase in hemoglobin values of children.

S1: School lunch (basal diet) control
S2: School lunch + amaranth supplement
S3: School lunch + iron tonic supplement
S4: School lunch + iron salt supplement

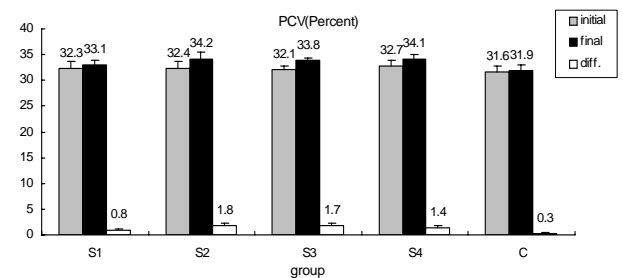
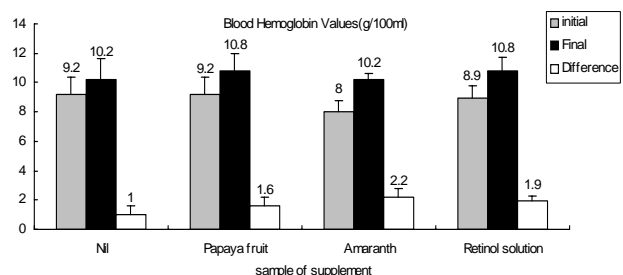


Fig. 2. Mean increase in packed cell volume (PCV) of children.

Fig. 3. Effect of β -carotene supplementation on blood hemoglobin.

로 잎이 유용하게 사용되며 과테말라를 중심으로 중남미에서도 쌈채소와 녹즙형태로 유용하게 사용되며 잎 이용 연구가 활발히 진행되고 있다

아마란스는 C4 식물에 속하는 유일한 쌍떡잎 식물로서 생육기간 중 타 작물보다 수분 요구량이 적어(옥수수의 1/2~1/3수준) 건조지역에 잘 자라며 타 작물에 비해 건물수량이 높다. 또한 forage에 영양가가 높아 silage 또는 부산물이용(pellet)에 대한 연구가 미국 및 유럽에서 시작되고 있으며 사료로 사용할 때 가축의 건강에 해가 없고 옥수수 silage보다 더 우수한 것으로 인정되고 있다.

한국식물자원연구소는 아마란스를 전문적으로 연구하고 재배하는 아마란스 전문 재배연구기관으로서 독일 호헨하임 대학에서 40여종의 종실이용 아마란스 종자를 국내에 소개하였고 전세계의 다양한 아마란스 유전자원을 확보하고 이용특성을 연구하고 있으며 이미 경기도지역의 재배여건을 파악하고 품종선택과 더불어 합리적인 재배방법을 연구하여 대량 생산할 수 있는 체계를 갖추고 있으며 동시에 아마란스 소재 이용 식품영양학적으로 뛰어난 다양한 식품을 개발하고 있다. 국내 재배여건이 아마란스 생육 및 수량형성에 좋은 여건을 갖고 있고 일부 품종은 적응성과 수량이 높으며, 현재 경기도 지역의 경우 10 a 당 250~350 kg정도의 생산량을 보이고 있어 식품영양학적으로 뛰어난 식품소재의 다양한 이용가능성을 지속적으로 연구 개발하고 있다.

아마란스는 종실수량이 10 a당 300~450 kg으로 나타나(독일 호헨하임대학, 미국 펜실바니아, 농진청 작물시험장, 한국식물자원연구소 자료) 단위면적당 생산성이 높은 작물이며 건조 및 병충해에 강해 매년 늘어나는 휴경지 및 경작지에 건물생산이 많은 아마란스를 재배한다면 밀 등 수입곡물의 의존도 감소, 고 영양 식품이나 고가 사료의 수입대체 등 그 효과가 클 것으로 기대된다.

현재 미국 Pennsylvania에 아마란스연구소, Guatemala에 아마란스 연구소가 설립되어 품종개발 및 재배기술의 향상, 그리고 가공체계 및 식품개발에 걸쳐 활발히 연구가 진행 중이며 미국 및 유럽지역의 영국, 독일, 네덜란드 등에서도 아마란스에 관한 연구보고서 및 다양한 제품이 나오고 있으며 재배면적이 점차 증가되고 건강식품으로 상품화되고 있는 추세이며, 원산지인 중남미에서는 국가 주력(안보)작물로 많은 투자가 진행되고 있는 실정이다.

아마란스를 이용한 제품으로는 제과제빵용 혼합분, noodle, 비스킷류가 많고 cereal 및 gruel(네팔의 *satto*[®]), 팽화시킨 아마란스를 이용한 캔디(멕시코의 *algrria*[®], 인도의 *laddoos*[®]), 시럽과 혼합한 드링크(*atole*[®]) 형태로도 이용되고 있으며 국내에서는 국내소비자의 식습관 및 기호도와 국내 실정에 맞는 제품 개발이 요구되고 있다. 소

비자들은 식품이나 천연물 유래의 기능성 성분을 선호하며 이들 기능성 성분에 대해 정제품, 캡슐제의 사용보다는 식사의 일부로 섭취할 수 있도록 식품형태의 가공품이나 음료 등을 선호하고 있으며 그 경향은 증가할 것이다. 따라서 한국식물자원연구소에서는 아마란스 소재 식사대용 영양바, 효소발효제품, 강정식과 잡곡용 등 한국인 건강과 기호에 맞는 제품을 개발했으며 지속적으로 영양생리학적으 우수한 아마란스를 이용하여 국내 기호도에 맞는 다양한 고품질 가공제품을 개발할 예정이며 국민 건강증진에 기여하는 연구를 지속할 예정이며 현재 지역특화작물로 공동연구를 진행 중이다.

농업신소재 개발기술은 최근 각국의 기술보호 정책에 따라 그 도입이나 활용이 매우 어려우므로 우리나라 환경에 알맞은 유망 작물의 발굴 및 신수요 창출이 시급하며 따라서 아마란스와 같은 식품신소재작물의 발굴, 한국지역 특성에 맞는 적응품종 선발과 재배기술의 선진화, 국내 토착화, 국민건강과 기호에 맞는 다양한 고품질 가공제품 개발 및 수출화에 대한 연구가 지속적으로 필요하며, 고급 식품원료와 기능성 소재를 위해 다량의 유용성분을 함유한 식품신소재작물 아마란스의 보급 및 가공산업 육성은 새로운 소득작목의 발굴 및 농업 신소재 개발을 위해 필요하다. 국내에서도 아마란스 보급 및 환경친화적 고품질 재배법 개발이 한국식물자원연구소에 의해 개발될 전망이다. 안전하고 영양가가 풍부한 독특한 가공제품의 개발로 기존의 곡류와 채소 소재와는 차별화 되는 식품가공 소재로 산업화 전망이 크다고 생각된다.

퀴노아(Quinoa)

퀴노아(*Chenopodium quinoa* Willd.)는 명아주과에 속하며 *Chenopodium*속은 지구상에 대략 250여종이 존재하며 재배종인 *Chenopodium quinoa* 이외에 대부분 잡초종으로 전세계에 분포되어 있다. 재배종인 퀴노아는 allotetraploid($2n=4\times=36$)인 반면 다른 명아주종(*Chenopodium* species)은 diploid, tetraploid, hexaploid 또는 octoploid를 보이고 있다. 예를 들면 *Ch. nuttalliae*는 $2n=4\times=36$, *Ch. polidicaule*는 $2n=2\times=18$ 이다. 퀴노아는 잉카제국 전 이미 오랫동안 남아메리카의 안데스(Andes)지역에서 적어도 5000년 동안 재배되었으며 콜롬비아시대 이전에 이 지역 주요작물은 옥수수, 감자 그리고 퀴노아였다. C3 작물인 퀴노아는 다른 작물들이 잘 자라지 못하는 해발 3000 m 이상의 고지대의 건조한 조건하에서도 잘 자란다고 한다.

발아 최적온도는 5°C이며 퀴노아는 품종과 생육단계에 따라 다른 저온 저항성을 나타낸다. 즉 품종 Sajama는 페루지방에서 -5°C까지도 해가 없이 자라는 반면 품종

Kanccola는 같은 온도에서 서리의 피해를 받는다. 영국 Cambridge에서 칠레산 품종인 Baer, Faro, Lifu, Valdivia 그리고 Pichaman과 페루산 품종인 Blanca de Junin은 유묘기에 5°C이하의 온도에서도 서리의 해를 받지 않는다고 한다. 퀴노아는 종자의 발아와 포장출현 시기에 충분한 수분이 필요하나 그 이후에는 건조에 상당히 강하다. 예를 들면 Altiplano지역의 극심한 한발기간인 1982~1983년에 볼리비아에서 밀과 감자는 각각 44%, 66%의 수량감소를 보였으나 퀴노아는 거의 수량감소를 보이지 않았다. 퀴노아는 또 품종에 따라 산성토양(예: pH 4.5를 갖는 페루의 Cajamarca지방) 뿐만 아니라 알카리토양(예: pH 9.5를 갖는 볼리비아의 Uyuni지방)에서도 잘 자라며, 특히 가벼운 모래토양에도 재배가 적합하다고 한다.

퀴노아 종자에는 보리, 밀 등 일반 화곡류에 비해 많은 조단백, 조지방, 미네랄원소를 함유하고 있으며, 이와 더불어 특히 아미노산 및 지방산 구성이 매우 뛰어나 최근 들어 독특한 맛에 영양가치가 높은 식품개발(빵류, 면류, 죽류, 과자류, 스프류 등)에 많은 연구가 진행되고 있다. 일반적으로 퀴노아 종실이 함유하고 있는 일반성분을 보면 100 g당 수분은 9.6~10.5%, 탄수화물은 61.7~74.3%, 단백질은 12.8~15.7%, 지방은 6.2~9.3%, 섬유는 2.1~3.2%, 회분(미네랄)은 2.4~3.7%이다. 단백질함량은 지역, 품종, 특히 질소비료 시비수준에 따라 20%가 넘는다는 여러 보고가 있다.

퀴노아 단백질은 특히 화곡류에서 부족한 lysine 함량 예를 들면 단백질 100 g당 밀 3.2 g, 옥수수 3.4 g에 비해 6.6 g으로 높으며, 두과작물에서 부족한 methionine 함량도 단백질 100 g당 대두 1.7 g에 비해 2.4 g으로 높으며 균형있는 아미노산 구성과 함께 분유(우유)와 유사한 아미노산 구성을 갖고 있다. 퀴노아 지방은 90%가 불포화지방산이고 리놀레산이 주 지방산이다. 한편으로 퀴노아 기름의 99% 이상이 불포화지방산으로 구성되었다는 보고도 있다. 퀴노아 기름은 높은 불포화지방산을 갖고 있음에도 불구하고 산화에 높은 안정성을 갖고 있는데 화곡류에 비해 이 종자가 많이 함유하고 있는 α -tocopherol의 항산화 작용에 기인한 것으로 보고 있다.

퀴노아는 또한 화곡류에 비해 K, Ca, Mg, Na, Fe 그리고 Cu함량이 높아 식품 이용시 유용한 미네랄 공급원이다. 특히, 퀴노아에 함유된 Fe는 $FeSO_4$ 의 Fe와 매우 유사한 평가를 받아 인체에 있어 Fe의 좋은 공급원으로 이용된다. 또한 퀴노아는 아메리카 항공우주국(NASA)에서 CELSS (Controlled Ecological Life Support System: 장기간 우주특무비행의 승선원을 위한 공기 중의 이산화탄소를 제거하고 식량, 산소, 물을 만들어 내기 위해 식물을 이용하는 방법)에 적합한 작물후보로서 선택되어 신규식

품소재로서 주목받고 있다.

퀴노아 종실은 특히 과실의 외부(Perianth, Pericarp, 종피, 큐티쿨라와 비슷한 층)에 saponin을 함유하고 있지만 식품이용시 이 부위가 제거된다. Saponin함량은 품종에 따라 다르며 69품종을 조사한 결과를 보면 평균 0.65%(0.01~4.65%)를 나타내고 있으며 식품이용시 제거된 껍질부위를 이용하면 높은 함량의 saponin을 추출 이용할 수 있다. 옛 문헌에 퀴노아와 Canihua는 이노제, 구토제로 쓰였으며 또한 간에 생기는 병, 결핵, 콜레라, 맹장염 그리고 암의 치료에 효과적이었다고 하며 또한 현기증 그리고 고공병 치료에 사용되었다고 한다. 또한 Andes 지역의 학자들은 퀴노아는 고산병, 뼈에 생기는 병에 좋으며 일반적으로 퀴노아는 모유를 좋게 하고 임신과 산후조리에 좋은 영양원이라 한다. 특히, 검은 종자를 갖는 품종이 결핵과 소화기능에 좋다고 하였다.

사포닌의 기능과 퀴노아 사포닌의 성분인 triterpenoid glycoside의 수용액을 흔들면 거품이 나고 용혈작용, 소독작용 등이 있는 saponin의 성질이 나타난다. Saponin에는 거담, 진해, 항염증, 중추억제, 피로방지, cholesterol대사 촉진, 핵산과 단백질의 합성촉진, 감염방어, 항암, 항균작용 등 다양한 작용이 알려져 의약품 개발에 기대가 크다.

잠재적으로 상업적 가치가 높은 글리코사이드인 triterpene saponins는 하나 또는 두개의 당 측사슬(Sugar side chains)로써 대체된 tetra- 또는 pentacyclic triterpene aglycone(글리코사이드의 비탄수화물 부분)으로 구성되어 있으며 이 화합물은 항염증, 콜리스트테를 저하, 항균, 피임 및 거품을 내는 특성들이 있어 의약, 농업 및 상업적 이용에 유용하다. 여기에 대표적인 작물은 사탕무, 알팔파, 시금치, 대두 등이 있다. Triterpene saponins 중 oleanane형 triterpenes는 식물에 가장 널리 분포되어 있는 천연 화합물로서 다양한 약리적인 특성 즉 항염증, 항생제, 피임약, 콜레스테롤 저하효과 등이 있어 큰 흥미가 있다.

지금까지 알려진 바로 퀴노아는 구조적으로 다양한 사포닌을 함유하고 있는데 퀴노아 사포닌이 가지는 대표적인 triterpenes의 aglycones은 oleanolic acid와 hederagenin 그리고 phytolaccagenic acid이다. 지금까지 밝혀진 퀴노아 사포닌의 주 aglycones인 oleanolic acid, hederagenin 그리고 phytolaccagenic acid의 화학구조식에 따른 성분차이를 살펴보면 다양하다. 최근에 퀴노아종실을 도정하여 얻은 겨(Bran of quinoa)로부터 13가지의 oleanane계 사포닌을 분리하였는데 13가지 사포닌 중 3개는 이미 자연에 존재하는 화합물로서 즉 Hederagenin, panax spp.의 Rizomes에서 분리된 chikusetsusaponin Va와 이 식물종

자에서 얻어진 quinoside D인 oleanolic acid 사포닌이다. 나머지 10개의 화합물 퀴노아 사포닌은 지금까지 알려지지 않은 새로운 사포닌이다. 이들 화합물은 methyl spergulagenate, oleanolic acid, phytolaccagenic acid와 hederagenin의 aglycone을 가진 사포닌으로써 화학식을 보면 다음과 같다.

- 퀴노아사포닌 1: 28-O-β-gluco-pyranosyl esters of hederagenin 3-O-β-gluco-pyranosyl-(1->3)-α-arabinopyranoside
- 퀴노아사포닌 2: 28-O-β-gluco-pyranosyl esters of hederagenin 3-O-β-gluco-pyranosyl-(1->3)-β-galactopyranoside
- 퀴노아사포닌 3: 28-O-β-gluco-pyranosyl esters of phytolaccagenic acid 3-O-α-arabinopyranoside
- 퀴노아사포닌 4: 28-O-β-gluco-pyranosyl esters of phytolaccagenic acid 3-O-β-gluco-pyranosyl-(1->3)-α-arabinopyranoside
- 퀴노아사포닌 5: 28-O-β-gluco-pyranosyl esters of phytolaccagenic acid 3-O-β-gluco-pyranosyl-(1->3)-β-galactopyranoside
- 퀴노아사포닌 6: 3-O-(β-gluco-pyranosyl(1->2))-β-gluco-pyranosyl(1->3)-α-arabinopyranoside)-28-O-β-gluco-pyranoside of 30-O-methyl spergulagenate
- 퀴노아사포닌 7: 3-O-(β-gluco-pyranosyl(1->2))-β-gluco-pyranosyl(1->3)-α-arabinopyranoside)-28-O-β-gluco-pyranoside of oleanolic acid
- 퀴노아사포닌 8: 3-O-(β-gluco-pyranosyl(1->2))-β-gluco-pyranosyl(1->3)-α-arabinopyranoside)-28-O-β-gluco-pyranoside of phytolaccagenic acid
- 퀴노아사포닌 9: hederagenin 3-O-β-gluconide-28-O-β-gluco-pyranoside
- 퀴노아사포닌 10: hederagenin 3-O-β-xylopyranosyl(1->3)-β-gluconide-28-O-β-gluco-pyranoside

퀴노아 종실로부터 더운물 추출분리한 사포닌을 갖고 가재의 치사율로 검정한 유독성과 맛으로 검정한 쓴맛 실험에서 사포닌 1, 2, 3은 강한 독성과 쓴맛을 나타내었으나 사포닌 4는 이러한 활성을 나타내지 못하였는데 독성과 쓴맛의 원인은 사포닌 2와 3에 있는 glucuronic acid의 free-COOH 그룹 때문인 것으로 추정되어진다. 따라서 퀴노아종실을 물로 씻으므로 인해 제거되는 주요한 생물 활성물질은 oleanolic acid 사포닌 1, 2, 3과 퀴노아시드 A인 것으로 실험에서 추정되었다. 여기서 퀴노아시드 A는 olean-12-ene-28-oic acid, 3,23-bis(0-β-D-gluco-pyr-

anosyloxy)-0-β-D-gluco-pyranosyl-(1->3)-0-α-L-arabinopyranosyl ester(3β,4α)이고 사포닌 1~4는 oleanolic acid의 글리코사이드로서 사포닌 4의 경우는 3-O-[(β-D-xylopyranosyl(1->3))-β-D-gluconopyranosyl-6-O-methyl ester]-oleanolic acid로서 새로운 천연 화합물이다.

이상과 같이 퀴노아 종실, 특히 겨 부위에는 구조적으로 다양한 사포닌의 종류를 함유하고 있어 이들 다양한 사포닌 성분들에 대한 다양한 다른 생물 활성 특성이 존재하리라는 생각에 비추어 봤을 때 앞으로 더 많은 퀴노아 사포닌을 밝혀야 함과 동시에 이들에 대한 다양한 생물활성 특성을 조사하여 의학, 농업, 산업이용에 유용하게 쓰여져야 될 것이다. 식물에는 그들의 부위에 따라 서로 다른 다양한 사포닌을 함유하고 있으며 부위에 따라 사포닌이 없는 식물들도 있다. 비록 사포닌 함량이 식물에 따라, 부위에 따라 다양한 차이를 보이고 있지만 대략 0.1에서 5%의 범위 안에 존재한다. 하지만 예외적으로 많이 함유한 식물도 있다. 즉 quijalla(*Quijalla saponaria*)피부에는 10%의 사포닌 함량이 들어 있고 *Gypsophila paniculata*의 뿌리에는 20%의 사포닌 함량이 들어 있다. 사탕무우, 토마토, 시금치, 아스파라거스등과 같은 작물처럼 퀴노아도 높은 사포닌 함량을 지니며 사포닌 함량은 대략 0.01%에서 5.6%의 범위 안에 있으며 사포닌은 퀴노아 종실의 외층에 분포되었으며 이 종실의 외층은 perianth, pericarp, 종피층 그리고 큐티쿨라와 비슷한 층이 포함된다.

일반적으로 크로마토그래피 방법은 산이나 효소로 가수분해함으로 인해 사포닌으로부터 유도된 아글리콘(aglycones: sapogenols)분석에 적용시킬 수 있다. 그러나 점차적으로 사포닌함량의 측정에는 크로마토그래피법을 이용한 사포닌성분(Sapogenol)에 대한 양적인 수치와 질량분석법(mass-spectrophotometry)을 통한 사포닌의 분자무게를 측정한 질적인 수치를 혼합함으로써 구할 수 있는 방법이 보편화 되고 있다. 지금까지 조사된 내용은 미미하지만 퀴노아 사포닌 함량은 상당히 유전적인, 작물학적인 특성 그리고 가공방법에 영향을 받는다고 한다. 퀴노아 사포닌을 정리한 보고에 의하면 afrosimetry법(물에서 거품을 생산하는 능력)으로 조사한 8개 퀴노아 품종에 있어서 품종간 사포닌 함량변이가 0.4에서 5.6%(건물중 기준)에 달한다고 하며, 동일방법으로 퀴노아 69개 품종을 조사한 바 품종간 사포닌 함량 변이가 0.01에서 4.65%에 달함을 보고한바 있다. Gas chromatography방법으로 퀴노아의 사포닌을 분석한 근거에 의하면 영국에서 1987년과 1988년에 자란 퀴노아 종자의 사포닌함량은 각각 1.03%, 1.19%를 나타내었고 이 두 시료(1987, 1988년산)의 중요 사포닌 성분을 보면 oleanolic acid 사포닌이 각각 30%와

34%이고 hederagenin 사포닌은 각각 27%와 24%이고 phytolaccagenic acid 사포닌은 각각 43%와 42%를 기록하여 동일품종간의 사포닌과 사포게닌간의 함량 차이가 환경에 크게 영향을 받지 않았다. 이와 반대로 품종뿐만 아니라 사포닌 함량은 미국 Colorado지역안의 서로 다른 지역에서 재배된 퀴노아는 지역간 변이를 보이며, 또한 환경 중에서도 특히 고도에 따라 사포닌함량이 달라 따뜻하고 낮은 지대에서 자란 퀴노아가 사포닌함량이 높다는 보고가 있고 또한 hederagenin(1.4 mg/g)에 대한 oleonic acid(3.0 mg/g)의 비율은 2.3에서 8.6정도의 변이를 보이고 있으며 이 변이는 품종에 많은 영향을 받고 있으며, triterpene함량은 품종 Real de Puno의 6.3 mg/g에서부터 Sajama의 0.06 mg/g에 이르며 이 함량은 총사포닌 함량과 고도의 상관관계를 지니고 있다고 보고하였다.

앞장에서 설명한 퀴노아종실 거의 퀴노아 사포닌 1~5의 성분함량 비율은 각각 0.7, 0.02, 0.03, 0.3 그리고 0.03%로서 퀴노아 사포닌 1이 가장 많았고, 퀴노아 사포닌 6~10과 기존에 밝혀진 두개의 사포닌의 성분함량비율은 각각 0.08, 0.02, 0.16, 0.1, 0.02, 0.06 그리고 0.08%로서 퀴노아 종실 거의 퀴노아 사포닌 9의 성분이 가장 많은 것으로 나타났다. 대부분 퀴노아종실의 외층에 고립되어 있는 사포닌은 쓴맛 때문에 식품 이용시 이 사포닌을 반드시 제거하거나 아니면 사포닌 함량이 거의 없는 품종을 택하여야 한다. 식품 이용시 종실로부터 사포닌을 제거(추출)하여

제거된 사포닌은 사포닌 자체로 여러 기능에 이용하면서 사포닌이 제거된 종실은 식품으로 이용할 수 있는 큰 장점이 있다. Abrasive Dehulling을 사용한 Reichert 등의 실험에서 17개 품종의 용혈활성(Hemolytic Activity)에 따른 사포닌 함량을 보면 Table 2와 같다.

즉 품종에 따라 Hemolytic Activity는 2.6에서부터 22.3 HA/3g 변이를 보이고 사포닌함량은 0.14에서 0.73%의 변이를 보이고 있다. 특히 1000립중은 사포닌 함량과 높은 정의 상관($r=0.72, p<0.01$)을 나타내어 종실이 큰 품종이 일반적으로 더 많은 사포닌을 함유하는 것으로 나타났다. 또한 1000립중은 abrasive hardness index와 높은 정의 상관($r=0.79, p<0.01$)을 나타내어 커다란 종자를 갖은 품종이 더 단단한 경향을 갖고 있는 것으로 나타났으며 여기서 abrasive hardness index는 정확하게 종실의 1%를 제거하는데 소요되는 시간(초)을 나타내고 있다.

WTO체제 출범에 따른 국내외 기술 패권주의에 의한 무한경쟁시대에 대응하여 경쟁력 확보, 지속농업발전을 위한 고부가가치 창출과 생물산업 육성대책이 시급한 바 수요가 계속 증가되고 있는 전분, 기름, 섬유 등 공업원료와 신기능성 물질이 많이 함유되어 있는 새로운 작물을 국내환경에 알맞은 새로운 품종개발 및 재배기술체계를 확립하고, 기존식량자원과는 전혀 구성성분이 다른 새로운 작물을 고급식품, 가공산업 및 사료분야에 활용한다면 식품 및 사료분야의 수입대체효과가 상당히 있을 것으로

Table 2. Hemolytic activity, saponin content, 1,000-seed weight, and abrasive hardness index of 17 quinoa cultivars¹⁾

Cultivar	Hemolytic activity ²⁾ (HA/3 g)	Saponin ³⁾ content (%)	1,000-seed weight (%)	Abrasive hardness index (sec)
Oca Suca	2.6±0.0	0.14	2.42	51.4
Blanca de Juli	2.8±0.4	0.15	2.60	50.8
Blanca de Junin	2.9±0.0	0.16	1.99	46.7
Puno 8-80	3.2±0.0	0.17	2.46	60.2
Puno-15	3.7±0.5	0.19	2.08	48.1
Kancolla	4.4±0.5	0.23	2.31	45.9
Cheweca	4.8±0.3	0.26	2.39	40.3
Kancolla Rosanna	9.9±0.5	0.46	2.55	55.9
Real	11.7±0.6	0.50	4.04	56.9
Kaslala	12.7±0.3	0.53	4.71	65.2
Wila Coymini	13.0±0.7	0.54	4.50	66.7
Janku	14.1±0.4	0.57	4.82	60.6
Kellu	14.2±1.9	0.57	5.08	80.0
Puca	14.5±0.8	0.58	3.45	46.2
Pasancalla	15.3±1.6	0.60	2.65	43.6
Chullpi	16.5±0.4	0.63	3.19	54.5
Amarilla de Junin	22.3±3.5	0.73	3.87	55.4

¹⁾Hemolytic activity and saponin content are based on duplicate determinations, whereas 1,000-seed weight is based on quadruplicate analyses. Abrasive hardness index is based on the slope of a line with 5 or 6 points. All analyses are on a dry weight basis.

²⁾Mean and standard error.

³⁾Calculated from hemolytic activity on the basis of a saponin standard obtained from the Fisher Scientific Co.

사료된다. 따라서 수량이 높고 건조에 강하며 또한 이들이 가지는 식품영양학적 가치뿐만 아니라 생리활성기능을 나타내는 스쿠알렌, 토코페롤, 토코트리에놀, 사포닌 및 필수아미노산을 대량 함유하고 있는 아마란스와 퀴노아를 한국 지역성에 알맞은 적응품종을 선발함과 동시에 국민기호에 알맞은 식품, 상업적 이용가능성을 위해 많은 연구가 필요하다.

참고문헌

1. Amaranth. 1994. Neue Aussichten fuer eine alte Wunderpflanze. Walter Lang. Imkerhof, D-49457 Mariendrebber.
2. The availability of iron in Quinoa. Nutrition Reports International. USA. 1978. 14: 575-579.
3. Preparation, Composition and Nutritional Implication of Amaranth Seed Oil. Cereal foods world 1989. 34(11) : 950-953
4. A Compositional Study of Amaranth Grain. *J Food Sci.* 1981. 46: 1175-1180
5. Cultivos Marginados, otra perspectiva de 1492. Coleccion FAO, Produccion y proteccion vegetal No 26. Organizacion de las naciones unidas para la agricultura y la alimentacion, (Hrsg.), Roma. 1992.
6. Quinoa(Chenopodium quinoa Willd.): A potential new crop. In: Biotechnologie in Agriculture and forestry 6: Crops II,(ed.gy Y.P.S.Bajaj.) Springer Verlag, Berlin Heidelberg,1988. 386-404
7. Gas chromatography-Mass spectrometry of oleanane- and ursane-type triterpenes-Application to chenopodium quinoa triterpenes. *Phytochemistry* 1985. 24(9) : 2063-2066
8. Investigation of the food value of Quinoa and Canihua seed. *Journal of Food Science.* 1964. 29: 389-397
9. Ein Plaedoyer fur die Pseudocerealien - Buchweizen, Quinoa und Amaranth - Entwicklung und landlicher Raum. 1989. 6: 6-9.
10. Digestility and Nutritional Value of Crude Oil from Three Amaranth Species. *JAOCS* 1987. 64(3) :371-375.
11. Additional toxic, bitter saponins from the seeds of Chenopodium quinoa. *J. Natural Products* 1989. 52(5) : 1132-1135.
12. Quinoa - Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *Eur. J. Agron.* 1993. 2 (1): 19-29.
13. Quinoa. Second Nat. Symposium New Crops, 222-227 Indianapolis, IND. (ed. by J. J. Janick, J. E. Simon). John Wiley and Sons Inc. New York. 1990.
14. Afrosimetric Estimation of Threshold Saponin Concentration for Bitterness in Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) . *J.Sci.Food Agric* 1991. 54 : 211-219.
15. Chemical composition and nutritional evaluation of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis* 1992. 5: 35-68.
16. Schriftliche Mitteilung. Skript zum Grosspraktikum (Quinoa). Getreidetechnologie, Universitaet Hohenheim. 1992.
17. Ertrag und Qualitat von Reismelde (Chenopodium quinoa) und Amaranth (Amaranthus ssp.) in Abhangigkeit von pflanzenbaulichen Massnahmen. *Mitt. Ges. pflanzenbauwiss.* 1994. 7: 327-328.
18. Yield potential and grain quality of alternative grain crops (oats, buckwheat, quinoa and amaranth). Proc. 3rd ESA congress. Abano-Padova, Italy, 1994. 716-717.
19. Ertrag und Kornqualitat der Pseudogetreidearten Buchweizen (Fagopyrum esculentum Moench), Reismelde (Chenopodium quinoa Willd.) und Amaranth(Amaranthus hypochondriacus L. x A. hybridus L.) im Vergleich zur Getreideart Hafer(Avena sativa L.) in Abhangigkeit vom Anbauverfahren. Dissertation, Universitat Hohenheim. 1995
20. The Potential of Grain Amaranths in the 1990's and Beyond. Proceedings of the 4th National Amaranth Symposium: Perspectives on Production, Proceeding and Marketing. Minnespolis, Minnesota, 1990. 1-8.
21. Rosa Marla Ginner, Salvador Manez and Jose Luis Rios.Structural Requirements for the Anti-Inflammatory Activity of Natural Triterpenoids.Planta Med. 1995. 61 : 182-185.
22. Bioactivity-Directed Isolation and Characterization of Quinoside a: One of the Toxic/Bitter Principles of Quinoa Seeds (Chenopodium quinoa Willd.) *J.Agric.Food Chem.* 1990. 38 : 205-208.
23. Saponins from Brans of Quinoa, Chenopodium quinoa WILLD. I. *Chem. Pharm.Bull.* 1988. 36(4) :1415- 1418.
24. Saponins from Brans of Quinoa, Chenopodium quinoa WILLD. II *Chem. Pharm.Bull.* 1990. 38(2):375-377.
25. National Research Council. Amaranth: Modern prospects for an ancient crop. National Academy Press, Washington, D.C. USA. 1984.
26. Abrasive Dehulling of Quinoa (Chenopodium quinoa) : Effect on Saponin Content as Determined by an Adapted Hemolytic Assay. *CEREAL CHEMISTRY* 1986. 63(6) : 471-475.
27. Quinoa Saponins-Analysis and Preliminary Investigations into the Effects of Reduction by Processing *J. Sci. Food Agric* 1991. 54 : 165-176.
28. The Chenopodium grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. *Adv. in Appl. Biol.* 1984. 10: 145-195.
29. Chenopodium grains of the Andes: A crop for temperate latitudes. In: New Crops for Food and Industry, Wickens, G.E., Hag, N., Day, P. (Hrsg) Chapman and Hall, London, 1989. 222-234.
30. Rodale Research Center. Amaranth: Grain Production Guide. Rodale Research Center (Kutztown, PA 19530) and American Amaranth Institute (Bricelyn, MN 56014). 1990

31. Squalene epoxidase as a target for the allylamines. Biochemical Society Transactions 1991. 19 : 774-777.
32. The Research and Development of Grain Amaranth in China. Proceedings of the 4th National Amaranth Symposium: Perspectives on Production, Processing and Marketing, Minneapolis, Minnesota, 1990. 171-177.
33. Review : Amaranths-an underutilized resource. International Journal of Food Science and Technology. 1988. 23: 125-139.
34. Reismelde (*Chenopodium quinoa* Willdeow) - Bedeutung, Verbreitung, Anbau, Anbauwürdigkeit - Diplomarbeit, Universität Hohenheim.1992
35. Quinoa -the supergrain-. Japan Publications (Kodansha international), New York.1989)
36. 아마란스 전분과 곡류 찰전분의 특성비교(한국식품과학회지. 1999. 31(3):612-618)
37. 국내산 아마란스로부터 분리한 전분의 특성비교(한국식품과학회지. 2000. 32(2): 252-258)
38. 다양한 방법으로 가공처리한 아마란스 가루의 특성(한국식품과학회지.2004. 36(2) 262-268).