

Quality Protein Maize 육성계통의 지방산 및 아미노산 특성

김선림[†] · 손범영 · 정태욱 · 문현귀 · 손종록

작물과학원

Characterization on Fatty Acids and Amino Acids of Quality Protein Maize Lines

Sun-Lim Kim[†], Beom-Young Son, Tae-Wook Jung, Hyun-Guey Moon, and Jong-Rok Son

National Institute of Crop Science, RDA Suwon 441-857, Korea

ABSTRACT This study was carried out to evaluate the nutritional properties of quality protein maize (QPM) and to select the elite lines for corn breeding. Two laboratory procedures for simultaneous identification of QPM and lysine content analysis were performed. The BC₁F₂ lines of KS5/QPM and KS135/QPM were analyzed with *opaque-2* (*o2*) specific SSR marker in order to differentiate the *opaque-2* carrying QPM lines from the *non-opaque* genotypes. Although no significant difference in protein content, significant differences in lipid, ash, and crude fiber contents were observed. The composition of unsaturated fatty acid of QPM lines was slightly lower than non-QPM lines, but there was no significant difference. Sulphur-containing amino acids such as methionine and cystine showed no difference between QPM and non-QPM lines. However, lysine content of QPM lines was 38% higher than that of non-QPM lines, and the essential amino acid content of QPM lines (28.1%) was higher compared to non-QPM lines (27.1%).

Keywords : QPM, protein, fatty acid, amino acid, lysine

옥수수는 세계 3대 식량작물의 하나로서 식품은 물론 에너지, 단백질 및 각종 영양소의 공급원이 되며 전분을 원료로 하는 각종 산업분야에 있어 가장 중요한 작물로 각종 조미료, 의약품, 시약, 화장품, 주류, 과자류, 도료, 인쇄, 제지업 등 다양한 분야에 이용 된다(Kim *et al.*, 2002; Constantinos *et al.*, 2000).

최근 부가가치 향상 옥수수(value enhanced corn : VEC)에 대한 관심과 교역량이 세계적으로 증가되고 있다(Boland *et*

al., 1999). 옥수수의 품질을 개량하고자하는 노력의 일환으로 옥수수의 아미노산 조성을 변화시켜 영양학적으로 품질을 향상시키고자 하는 노력에 관심이 집중되어 왔으며, 특히 옥수수 종실의 lysine, methionine, cystine 및 tryptophan 과 같은 아미노산의 함량을 증대시켜 식품은 물론, 가축의 사료 및 각종 공업의 원료로 사용하고자하는 노력이 지속되고 있다(Andrew *et al.*, 1979; U.S. Grains Council, 1998-1999; Vasal, 1999; CIMMYT, 1981; 1985; Villegas *et al.*, 1992; Gevers & Lake, 1992; Hallauer, 1999; Bryan & Larkins, 2005).

옥수수의 배유에는 zein이라는 알콜용해성 prolamine 저장단백질(alcohol soluble prolamins storage protein)을 풍부하게 함유하고 있다(Lee *et al.*, 1976; Lending & Larkins, 1989). 옥수수 종실 단백질은 약 90% 이상이 배유에 함유되어 있으며 이들 단백질의 60~70% 정도가 zein 단백질에 해당 된다(Constantinos *et al.*, 2000). Zein 단백질은 glutamine, proline, alanine, leucine과 같은 아미노산이 풍부하지만 lysine과 tryptophan을 함유하고 있지 않기 때문에(Coleman & Larkins, 1999) 옥수수의 영양학적 가치를 평가함에 있어 제한적 요인이 된다.

Zein 단백질의 가장 대표적인 돌연변이체인 high lysine corn(HLC)옥수수가 개발된 것은 1960년 초반이었고 이에 관련된 유전자는 *opaque-2(o2)*와 *floury-2(fl2)* (Mertz *et al.*, 1964; Nelson *et al.*, 1965)로서 이들 변이체에서는 zein의 합성이 감소되고 non-zein 단백질의 합성이 증가된다고 보고하였다(Coleman & Larkins, 1999).

그러나 HLC는 일반옥수수에 비하여 배유전분의 밀도가 낮기 때문에 연질배유(soft floury endosperm) 특성을 나타내며 이러한 특성은 저장 중 미생물의 번식을 용이하게 하는 물리적 구조를 갖는다(Reyes-Moreno *et al.*, 2003).

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6886
(E-mail) kimsl@rda.go.kr <Received September 4, 2006>

또한 *opaque-2* 옥수수는 낮은 수량성과 chalky-looking grain 뿐만 아니라 각종 병해충에 약한 특성 때문에 옥수수 재배농가에서는 높은 관심을 보이지 않았다(Huang *et al.*, 2004; Nelson *et al.*, 1965; Nelson, 1969).

그러나 최근 CIMMYT에서는 종래의 교잡육종법인 여교잡과 순환선발법에 의하여 quality protein maize(QPM)라 명명된 새로운 종의 옥수수가 개발되었는데, 이 교잡종은 *opaque-2* gene이 관여하고 있으나 일반 옥수수에 비하여 protein 및 lysine의 함량이 높을 뿐만 아니라 종실수량도 약 10% 정도 증수된 것으로 알려져 있다(CIMMYT, 1981; 1985; Villegas *et al.*, 1992; Gevers & Lake, 1992; Hallauer, 1999; Bryan & Larkins, 2005). QPM 옥수수는 HLC의 연질배유의 비율이 높은 문제점을 해결하고자 lysine의 함량은 그대로 유지되면서 배유의 연질전분이 flint형으로 나타나는 계통을 선발하는 과정에서 얻어진 결과로서 QPM 옥수수의 개발은 1963년 필수 아미노산인 lysine과 tryptophan이 함량을 획기적으로 증가시킨 *opaque-2* 옥수수개발 이후 최대 연구성과로 평가된다(CIMMYT, 1981; 1985; Constantinos, 1997; Constantinos *et al.*, 2000; Gevers & Lake, 1992; Hallauer, 1999; Bryan & Brian, 2005).

QPM 옥수수는 일반옥수수 및 *opaque-2* 옥수수에 비하여 γ -zein의 함량이 높고 전분의 소화율은 HLC에 비하여 낮기는 하지만 미생물에 의한 lysine의 분해를 억제하기 때문에 상대적으로 lysine의 흡수율을 증가시킨다고 한다(Andrew *et al.*, 1979; Hung *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2002).

옥수수는 세계적으로 가장 많이 재배되고 있으며 특히 아프리카 아시아, 라틴아메리카 등 개발도상국의 주요 식량작물로서 이용되고 있지만 필수아미노산인 lysine과 tryptophan이 결핍되어 있기 때문에 이를 주식으로 할 경우 영양학적으로 불리한 문제점이 지적되고 있다(Constantinos, 1997; Constantinos *et al.*, 2000; Gevers & Lake, 1992; Hallauer, 1999; Bryan & Brian, 2005).

따라서 QPM 옥수수의 개발은 세계적으로 영양결핍에 시달리는 문제점을 해결할 수 있을 것으로 기대되고 있을 뿐만 아니라 필수아미노산인 lysine과 tryptophan이 보통옥수수에 비해 함량이 증가되기 때문에 최근 중국, 동남아, 남미 등에서 식량 및 가축의 사료로 재배 및 이용이 증대되고 있다.

뿐만 아니라 QPM 옥수수가 지니고 있는 영양학적 우수성과 산업화 가능성으로 인하여 앞으로 세계최대의 옥수수 생산국인 미국과 캐나다 등 세계 각국에서 재배면적이 더욱 증가될 것으로 전망 된다(Magnavaca *et al.*, 1993).

따라서 본 시험에서는 최근 세계적으로 쟁점화 되고 있는 QPM 옥수수의 품종개량을 위한 국내 옥수수 선발체계 확립이 요구되고 있는 시점에서 QPM 계통의 이화학적 특성과 지방산 및 아미노산 특성을 검정하여 고품질 옥수수 신 품종 육성을 위한 자료로 이용하고자 본 시험을 수행하여 얻어진 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본시험에 사용된 옥수수의 시료는 2005년 농촌진흥청 작물과학원 시험포장에서 육성중인 KS5/QPM 계통의 BC₁F₂ 및 KS135/QPM 계통의 BC₁F₂ 자식계통을 대상으로 *opaque-2* specific micro-satellite marker인 *umc1066*를 사용하여 QPM계통 26종과 non-QPM계통 34종을 구별·선발하고 이를 본 시험의 공시재료로 사용하였다.

일반성분 분석은 시료를 test mill(Brabender, Germany)로 분쇄하여 단백질, 지방, 회분, 조섬유, 아미노산 함량 및 지방산 조성을 검토하였다. 조단백질의 분석은 Kjeldahl 분석법에 따라 Kjeltec 2400 auto analyzer(Foss Tecator, Huddinge, Sweden)로, 조지방의 함량은 Soxtherm automatic system(Gerhardt, Hoffmannstre, Germany), 조섬유의 함량은 Van Soest *et al.*(1991)의 방법에 따라 Fibertec 2010 auto analyzer(Foss Tecator, Huddinge, Sweden)로 분석을 하였다. 탄질율(carbon to nitrogen ratio : C/N)의 측정에는 CN-analyzer(Elementar Vario MAX, Hanan, Germany)를 이용하였는데 100 mg의 옥수수 분말을 tin-vessel에 담고 combustion tube에 자동적으로 주입되도록 하였으며, thermoconductivity detector(TCD)를 이용하여 C와 N의 양을 각각 검출후 C/N율을 산출하였다. 지방산의 분석은 Rafael & Mancha(1993)의 방법에 따라 0.5 g의 분말시료에 methanol : heptane : benzene : 2,2-dimethoxypropane : H₂SO₄ (37:36:20:5:2, v/v/v/v)로 조제된 용액을 가하고 80°C로 가열하여 digestion 및 lipid transmethylation이 동시에 이루어질 수 있도록 하였다. 가열이 끝난 single phase는 상온에서 냉각 후 fatty acid methyl esters(FAMEs)를 함유하고 있는 상등액을 취하여 capillary GC에 주입하였다. 지방산 분석에 사용된 GC system은 HP 6890 system FID(HP Co., USA)이었고, HP-Innowax capillary column(Cross-linked polyethylene glycol, 0.25 μ m \times 30 m)을 사용하였다. 분석 조건으로는 initial temperature 150°C, final temperature 280°C로서 분당 4°C씩 증가되도록 하였고, carrier gas로서

N₂를 분당 1.0 ml을 흘려주었다. 분석이 진행되는 동안 inlet과 detector의 온도는 각각 250°C 및 300°C가 유지되도록 하였다. 표준 FAME mix(C₁₄-C₂₂)는 Supelco사(Bellefonte, USA) 제품을 사용하였다.

아미노산의 함량을 검토하기 위하여 시료 0.3 g에 5 ml의 6N HCl을 가하고 N₂ gas로 치환시킨 후 110°C에서 24시간 HCl로 가수분해 후 No. 2 여지로 여과하여 100 mL volume flask에 옮겨 넣고 Milli-Q water로 정용하였다. 이들 중 분자량이 큰 화합물을 제거시키기 위하여 0.1% TFA (solution I), methanol(80:20, solution II), methanol(70:30, solution III)으로 Sep-pak C₁₈을 활성화시킨 후 시료용액을 통과시켜 분석시료로 사용하였고 아미노산의 정량분석은 Amino acid Auto-analyzer(Hitachi L-8800, Japan)을 이용하였다. 아미노산 함량의 계산을 위하여 아미노산의 표준용액은 Ajnomoto-Takara사(Japan) 제품을 구입하여 사용하였다.

결과 및 고찰

일반성분 및 C/N율

Table 1은 QPM 26계통과 non-QPM 34계통의 조지방, 회분, 조섬유, 단백질 및 C/N율을 나타낸 것이다.

QPM 계통은 non-QPM 계통에 비하여 조지방, 조회분 및 조섬유의 함량이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 단백질 함량은 non-QPM 계통이 다소 높은 경향을 보였고 C/N율에 있어서는 QPM 계통이 non-QPM 계통에 비하여 C/N율이 다소 높은 경향을 보였으나 이들 모두는 통계적인 유의차를 보이지 않았다.

C/N율이 QPM 계통에서 다소 높은 것으로 나타난 원인은 QPM 계통의 옥수수 단백질 함량이 non-QPM 계통에 비하여 단백질 함량이 다소 낮았기 때문인 것으로 판단되었다.

일반적으로 특정한 성분을 개량하고자 하는 육종과정에서 문제점으로 지적되고 있는 것은 특정 성분의 증대는 다른 성분의 함량을 감소시키는 경우가 많은 실정이다. 실제

단백질 함량은 탄수화물(전분)의 함량과 부의 상관관계가 있으며 지방의 함량은 단백질 및 탄수화물 함량과 부의 상관관계가 있기 때문에 이들의 성분을 증대시키고자 하는 육종적인 노력에 어려운 과제로 남아 있다.

특히 옥수수의 종실생산을 주요 목적으로 하는 재배농가에서는 고품질의 교잡종 생산을 기피하는 경향이 있었는데, 그 이유 중의 하나는 고품질의 옥수수를 생산할지라도 이들에 대한 차별기준이 모호할 뿐만 아니라 교잡생산에 따른 경제적 혜택이 별로 없었기 때문이다. 최근 특정한 특성을 가지고 있는 교잡종들은 다수확종들과 수량면에서 차이를 극복하고자하는 노력이 이루어지고 있으며 축산업자와 영양학자들이 어떻게 하면 보다 양질의 사료를 공급하고 다수확 교잡종들에 비하여 수량이 낮은 단점을 보완하고 이에 따르는 농가소득의 차이를 최소화 하면서 가축들에 고품질의 사료를 제공하여 궁극적으로 양질의 제품을 생산할 수 있었는가에 관심을 기울이고 있다(Kim *et al.*, 2002).

QPM옥수수를 포함한 부가가치 향상 옥수수(VEC)의 개발 및 생산자의 입장에서 본다면 수익과 밀접한 관계가 있기 때문에 QPM옥수수 및 VEC에 대한 전망은 아직도 많은 논란의 여지가 있다.

그러나 목적하는 특정성분의 함량을 극대화하여 이윤을 남길 수 있는 잠재력을 증대시키거나 품질이 개량된 옥수수를 소량 사용하여 옥수수 원료의 구입비용을 줄여 이윤을 얻거나 가공적성을 향상시켜 가공에 투입되는 비용을 최소화하여 이윤을 창출함으로써 VEC가 생산자 및 소비자 모두에게 이익을 가져다 줄 수 있는 방법이 모색되고 있다.

QPM과 non-QPM 계통의 지방산조성

Table 2는 QPM 26계통과 non-QPM 34 계통의 지방산 조성을 나타낸 것이다.

일반적으로 옥수수의 지방산 함량은 linoleic acid(C18:2)와 oleic acid(C18:1)가 주종을 이루고 palmitic acid(C16:0), stearic acid(C18:0) 또는 linolenic acid(C18:3)의 순으로 함

Table 1. Comparison of chemical compositions and C/N ratio between QPM lines and non-QPM lines.

Classification	Moisture	Lipid	Ash	Fiber	Protein	C/N ratio
	(%)					
QPM lines (n=26)	11.6±0.67	4.2±0.71	1.6±0.29	2.5±0.24	10.6±1.02	23.7±2.40
non-QPM lines (n=34)	11.7±0.45	3.3±0.52	1.3±0.27	2.3±0.23	10.9±0.89	22.9±1.89
LSD (0.05)	ns [†]	0.32	0.14	0.12	ns	ns

[†]not significant

Table 2. Comparison of fatty acid composition between QPM lines and non-QPM lines.

Classification	Fatty acid composition (%)						SFA [†]	USFA [‡]
	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3			
QPM lines (n=26)								
Mean±S.D.	18.3±2.7	0.8±0.4	27.7±6.3	51.6±7.2	1.7±0.4	19.1±2.7	80.9±2.7	
Range	16.1~28.4	0.3~1.8	9.1~45.4	24.4~63.9	1.2~2.4	16.5~28.8	71.2~83.5	
non-QPM lines (n=34)								
Mean±S.D.	17.7±2.2	0.7±0.2	29.0±7.8	51.0±7.5	1.6±0.5	18.4±2.1	81.6±2.1	
Range	14.0~25.9	0.3~1.5	12.6~51.0	31.1~61.7	1.0~2.9	15.4~26.3	73.7~84.6	
LSD (0.05)	ns [§]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	

[†]Saturated fatty acids, [‡]Unsaturated fatty acid, [§]not significant

량이 높은 것으로 알려져 있다. QPM 계통과 non-QPM 계통의 지방산 조성은 linoleic acid의 조성비가 가장 높고 oleic acid, palmitic acid, linolenic acid, stearic acid의 순으로 지방산 조성비가 높은 것으로 나타나 QPM 계통의 경우 지방산 조성비에는 변화가 없음을 알 수 있었다. 그러나 QPM 계통의 경우에는 non-QPM 계통에 비하여 포화지방산의 비율이 19.1%로 다소 높고 불포화지방산 비율은 80.9%로 non-QPM 옥수수 81.6%에 비하여 조성비가 낮은 경향이었으나 통계적 유의성은 없었다. 이와 같은 결과는 시험재료로 사용된 옥수수 종실의 지방산 변이의 폭이 컸기 때문인 것으로 판단이 되었다.

Linoleic acid(18:2), linolenic acid(18:3) 및 arachidonic acid(20:4)와 같은 다가불포화 지방산(polyunsaturated fatty acid)은 인체에서 합성되지 않는 필수지방산(essential fatty acids)으로 이들 중 linolenic acid는 피부의 전이성과 투과성을 증진시키는 bioactive한 물질이며 호르몬 유사작용을 하는 것으로 알려진 arachidonic acid로 전환되는 물질이기도 하다(Wassef, 1985).

이와 같은 관점에서 볼 때 QPM 계통은 다불포화 지방산 계열인 linoleic acid(18:2)와 linolenic acid(18:3)의 조성 비율이 non-QPM 계통에 비하여 다소 높은 경향을 보였다. 그러나 Table 1의 결과에서 보는 바와 같이 조지방의 함량은 QPM 계통에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났으나 지방의 구성성분인 지방산 조성의 경우 QPM과 non-QPM 계통간의 통계적 유의성을 보이지 않아 이들의 차이는 주로 지방의 양적변이에 의한 것으로 판단되었다.

옥수수기름은 식용유를 비롯한 각종 가공용 유지로서 사용되고 있는데, margarine의 제조에는 화학처리를 최소화할 수 있는 palmitic acid의 함량이 높은 옥수수의 육종이

유리할 것으로 평가되는 반면 식용유로 이용할 때에는 oleic acid의 함량이 높은 것이 건강에 유리한 것으로 평가되고 있으며, 가축의 사료로 사용될 경우 옥수수기름의 지방산조성은 도축 후 육질뿐만 아니라 저장성, 품미에도 영향을 미치기 때문에 중요한 요인으로 평가된다.

최근 부가가치 향상옥수수(VEC)의 일종인 high oil corn (HOC)이 개발되고 있는데 HOC는 stearic acid와 oleic acid의 함량이 다른 옥수수 교잡종들에 비하여 증가하고 linoleic acid와 linolenic acid의 함량이 감소되는(Vieira *et al.*, 1997; Thomison & Geyer, 1998) 것으로 보고되고 있어 금후 QPM 계통과 더불어 국내에서도 많은 연구가 수행되어져야 할 것으로 판단된다.

QPM과 non-QPM의 아미노산

Table 3과 Fig. 1은 QPM 계통과 non-QPM 계통의 아미노산 조성을 비교한 것이다.

Table 3에서 보는 바와 같이 아미노산자동분석기에 의해 검출된 17종의(NH₃ 제외) 아미노산 중 QPM 옥수수는 arginine(9.29%), aspartic acid(8.30%), glycine(8.26%)의 순으로 조성비가 높은 것으로 나타난 반면 non-QPM 옥수수의 아미노산 조성은 glutamic acid(9.90%), aspartic acid(8.83%), alanine(8.42%)의 순으로 조성비가 높은 것으로 나타나 QPM 옥수수와 non-QPM 옥수수 아미노산 조성비에 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 glutamic acid를 비롯한 6종의 아미노산 glycine, alanine, leucine, lysine, histidine 및 proline에서 통계적으로 유의한 조성비의 차이를 보였다. 이들 아미노산 중 5종의 아미노산 즉, glycine, lysine, histidine, arginine 및 proline은 QPM 계통이 non-QPM 계통에 비하여 유의하게 조성비가 높았으며 glutamic acid와

Table 3. Comparison of amino acid composition between quality protein maize (QPM) lines and non-QPM lines.

Amino acids	Amino acid composition (%)	
	QPM lines (n=26)	non-QPM lines (n=34)
Aspartic acid	8.30 a	8.83 a
Threonine	6.49 a	4.77 a
Serine	4.81 a	5.27 a
Glutamic acid	7.21 b	9.90 a
Glycine	8.26 a	6.56 b
Alanine	6.08 b	8.42 a
Cystine	2.99 a	2.69 a
Valine	5.34 a	5.18 a
Methionine	2.19 a	2.08 a
Isoleucine	3.81 a	3.57 a
Leucine	4.49 b	7.46 a
Tyrosine	3.16 a	2.57 a
Phenylalanine	4.67 a	3.38 a
Lysine	1.02 a	0.74 b
NH ₃	7.59 b	10.61 a
Histidine	6.34 a	4.70 b
Arginine	9.29 a	5.79 b
Proline	7.96 a	7.47 a

†Numbers with the same letter in a row are not significantly different according to DMR test (p<0.05).

alanine은 non-QPM 계통의 조성비가 높은 것으로 나타났다.

Lysine은 옥수수를 비롯한 각종 화곡류에 제한아미노산으로 알려져 있는데, QPM 계통의 경우에는 그 조성비가 1.02%로 non-QPM 계통 0.74%에 비하여 함량이 높았으며 non-QPM 대비 약 38% 정도가 증가되었다(Table 3, Fig. 2).

Constantinos *et al.*(2000)은 QPM과 non-QPM 계통의 아미노산 조성을 검토하여본 결과 non-QPM 계통의 경우 산성아미노산의 조성비율이 높고 lysine, arginine, histidine을 포함하는 염기성 아미노산의 조성 비율이 낮았다. QPM 자식계통(inbred line)에서는 lysine의 함량이 non-QPM 계통에 비하여 약 2배정도 함량이 증가되었음을 보고한 바 있고, Zarkadas *et al.*(1995)도 QPM 계통의 lysin 함량은 flint형 옥수수와 dent형 옥수수에 비하여 증가되었음을 보고한 바 있는데 본 시험의 결과도 이들의 보고와 일치하였다. 뿐만 아니라 QPM 계통은 황(S) 함유 아미노산인 methionine과 cystine의 함량비율에 있어서도 non-QPM 계통에 비하여 그 조성 비율이 높은 것으로 나타났는데, QPM 계통의 cystine과 methionine의 비율은 각각 2.99%와 2.19%였던 반면 non-QPM 계통의 경우 cystine과 methionine의 비율은 각각 2.69%와 2.08%로 나타나 QPM 계통이 non-QPM 계통에 비하여 주요 아미노산의 조성비율이 다소 우수한 방향

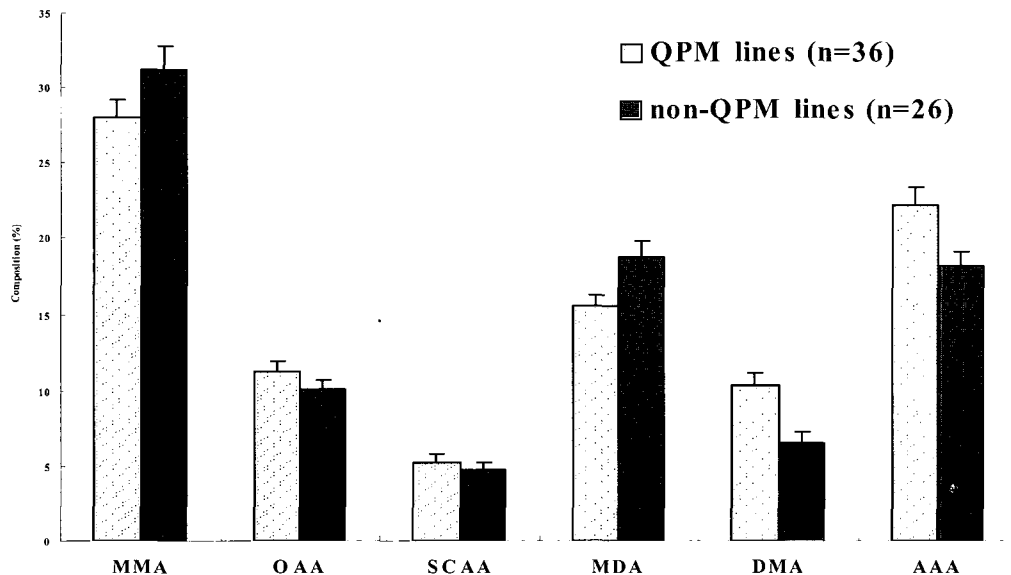


Fig. 1. Comparison of amino acid composition between quality protein maize (QPM) lines and non-QPM lines. MMA (monoamino monocarboxylic acid) : alanine, glycine, isoleucine, leucine, valine; OAA (oxy amino acid) : serine, threonine; SCAA (sulfur containing amino acid) : cystine, methionine; MDA (monoamino dicarboxylic acid) : glutamic acid, aspartic acid; DMA (diamino monocarboxylic acid) : lysine, arginine; AAA (Aromatic amino acid) : histidine, phenylalanine, proline, tyrosine.

으로 개선되는 경향임을 알 수 있었다.

Fig. 2는 아미노산을 작용기에 따라 분류한 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 산성아미노산인 MMA(monoamino monocarboxylic acid)가 QPM과 non-QPM 계통에서 그 조성 비율이 가장 높은 것으로 나타났으며 방향족 아미노산인 AAA(Aromatic amino acid)와 산성 아미노산인 DMA(di-amino monocarboxylic acid)순으로 조성비가 높았다. 아미노산의 작용기에 따른 QPM계통과 non-QPM계통의 변이를 볼 때 MMA와 MDA는 non-QPM계통에서 조성비가 높게 나타났던 반면 OAA, SCAA, DMA 및 AAA에서는 QPM 계통에서 조성비가 높은 경향을 보였다.

필수아미노산(essential amino acid : EAA)인 8종의 아미노산 즉, threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, lysine 및 tryptophan 중 본 시험에서는 7종의 아미노산이 검출 되었는데 QPM 계통의 경우 EAA의 조성

비가 28.1%였고 non-QPM 계통은 27.1%로 나타나 QPM 계통의 옥수수가 영양학적인 면에서 다소 우수한 경향임을 알 수 있었다.

적 요

Quality protein maize(QPM) 육성계통의 화학적 특성과 지방산 및 아미노산 조성을 검토하기 위하여 KS5/QPM 계통의 BC₁F₂ 및 KS135/QPM 계통의 BC₁F₂ 자식계통을 대상으로 *opaque-2* specific micro-satellite marker인 *umc1066*를 사용하여 QPM 26계통을 선발하고 non-QPM 34계통을 공시하여 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. QPM계통은 non-QPM계통에 비하여 지방함량이 유의하게($p < 0.05$) 증가되었으나 단백질함량은 통계적 유의차가 없었다.

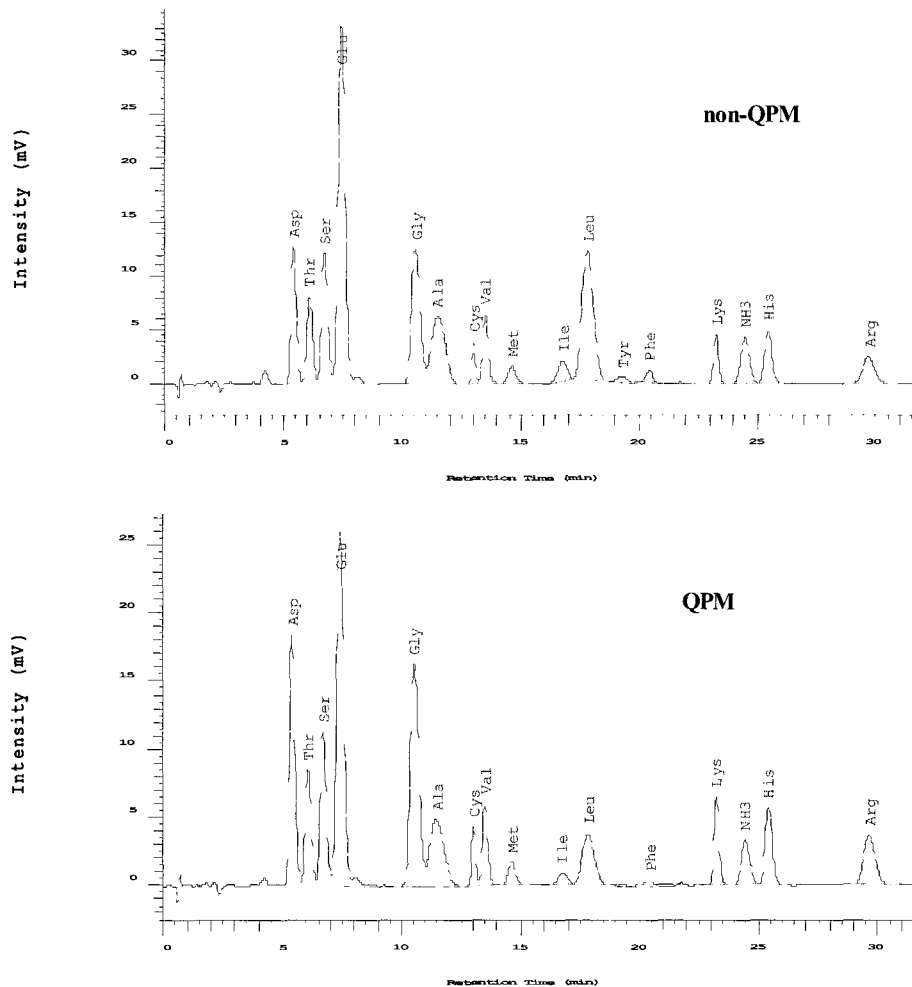


Fig. 2. Amino acid chromatogram of quality protein maize (QPM) and non-QPM line.

2. QPM 계통과 non-QPM 계통 모두 linoleic acid(C18:2)의 조성비가 가장 높고 oleic acid(C18:1), palmitic acid(C16:0), linolenic acid(C18:3), stearic acid(C18:0)의 순으로 지방산 조성비가 높았다.

3. QPM 계통은 non-QPM 계통에 비하여 포화지방산의 비율이 다소 높고 불포화지방산의 비율은 non-QPM 계통에 비하여 조성비가 낮았으나 통계적 유의성은 없었다.

4. QPM 계통은 non-QPM 계통에 비하여 lysine의 조성비가 높고 황함유 아미노산(cystine, methionine)의 비율이 증가되었다.

5. QPM 계통의 필수아미노산의 조성비율은 28.1%였고 non-QPM 계통은 27.1%로 QPM 계통이 영양학적인 면에서 유리한 것으로 판단되었다.

인용문헌

- Andrew, S.M., J.H. Clark, and C. L. Davis. 1979. Feeding value of *opaque-2* corn grain and corn silage for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 62 : 1619-1625.
- Boland M., M. Domine, K. Dhuyvetter, and T. Herrman. 1999. Economic issues with value-enhanced corn. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. 13p.
- Bryan, C. G. and B. A. Larkins. 2005. Molecular genetic approaches to developing quality protein maize. *Trends in Genetics.* 21(4) : 227-233.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo). 1981. CIMMYT Report on Maize Improvement CIMMYT: Mexico City.
- CIMMYT. 1985. Boosting Protein Quality in Maize CIMMYT Research Highlights; CIMMYT : Mexico City.
- Coleman, C. E. and B. A. Larkins. 1999. The prolamins of maize. In *Seed Proteins* Shewry, P. R. and R. Casey. Eds.; Kluwer Academic Publishers : Dordrecht. The Netherlands. pp 109-139.
- Constantinos, G. Z. 1997. Assessment of the protein quality of native white flourey maize, designated IAPO-13, by amino acid analysis. *J. Agric. Food Chem.* 45 : 1062-1069.
- Constantinos, G. Z., I. H. Robert, Z. R. Yu, V. K. Choi, S. Khanizadeh, N. G. W. Rose, and P. L. Pattison. 2000. Assessment of the protein quality of 15 new northern adapted cultivars of quality protein maize using amino acid analysis. *J. Agric. Food Chem.* 48 : 5351-5361.
- Gevers, H. O. and J. K. Lake. 1992. *Development of modified opaque-2 maize in South Africa.* In *Quality Protein Maize* Mertz, E. T., Ed.; American Association of Cereal Chemists : St. Paul, MN. pp 49-78.
- Hallauer, A. R. 1999. Recurrent Selection in Maize Janick, J., Ed.; *Plant Breeding Rev.* 9; Wiley : New York. pp 115-179.
- Huang, S., W. R. Adams, Q. Zhou, K. P. Malloy, D. A. Voyles, J. Anthony, A. L. Kriz, and M. H. Luethy. 2004. Improving nutritional quality of maize proteins by expressing sense and antisense zein genes. *J. Agric. Food Chem.* 52 : 1958-1964.
- Kim, S. L., H. G. Moon, and Y. H. Ryu. 2002. Current status and prospect of quality evaluation in maize. *Korean J. Crop Sci.* 47(S) : 107-123.
- Magnavaca, R., B. A. Larkins, R. E. Schaffert, and M. A. Lopes. 1993. Improving Protein Quality of Maize and Sorghum. In *International Crop Science I* Buxton, D. R., Shibles, R., Forsberg, R. A., Blad, B. L., Asay, K. H., Paulsen, G. M., Wilson, R. F., Eds.; Crop Science Society of America : Madison, WI. Chapter 85.
- Mertz, E. T., L. S. Bates, and E. Z. Nelson. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. *Science* 145 : 279-280.
- Nelson, E. Z., E. T. Mertz, and L. S. Bates. 1965. Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. *Science* 150 : 1469-1470.
- Nelson, O. E. 1969. The Modification by Mutation of Protein Quality in Maize. In *New Approaches to Breeding for Improved Plant Protein Panel Proceedings Series; International Atomic Energy Agency* : Vienna, Austria. pp 41- 54.
- Rafael, G. and M. Mancha. 1993. One-step lipid extraction and fatty acid methyl ester preparation from fresh plant tissues. *Analytical Biochemistry* 211 : 139-143.
- Reyes-Moreno, C., J. Milan-Carrillo, R. Gutierrez-Doradoa, O. Paredes-Lopezc, E.O. Cuevas-Rodrigueza, and J.A. Garzon-Tiznado. 2003. Instant flour from quality protein maize (*Zea mays* L). Optimization of extrusion process. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 36 : 685-695.
- Thomison, P. and A. Geyer. 1998. Performance of TopCross high oil grain production systems for corn, 1995-1997. The Ohio State University Extension-Dept. of Horticulture and Crop Science, Extension Factsheet- AGF-133-98. pp 1-7.
- U.S. Grains Council. 1998-1999. Specifying and testing quality attributes in value-enhanced corn (VEC). U.S. Grains Council VEG Merchandiser Manual. Chapter 6. pp 127-148.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 : 3583-3597.
- Vasal, S.K. 1999. Quality protein maize story. Improving human nutrition through agriculture: the role of international agricultural research. October 5-7. CIMMYT. pp 1-16.
- Vieira, S. L., A. M. Penz, JR, A.M. Kessler, and J.V. Ludke. 1997. Broiler utilization of diets formulated with high oil corn and energy from fat." *J. Appli. Poultry Sci.* 6 : 404-

- 409.
- Villegas, E. M., S. K. Vasal, and M. Bjarnason. 1992. Quality protein maize-what is it and how was it developed. In Quality Protein Maize Mertz E. T., Ed.; American Association of Cereal Chemists: St. Paul, MN. pp 27-48.
- Wassef, W. N. 1985. Lipids. In Fennema (Eds.) Food chemistry, second edition. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel pp 140-244.
- Zarkadas, C. G., Z. Yu, R. I. Hamilton, P. L. Pattison, and N. G. W. Rose. 1995. Comparison between the protein quality of northern adapted cultivars of common maize and quality protein maize. J. Agric. Food Chem. 43 : 84-93.