

옥수수 種實의 蛋白質含量 變異와 아미노酸 組成

朴根龍* · 孫永姬* · 鄭丞根** · 崔根鎔* · 朴勝義* · 崔鳳鎬***

Variation of Protein Content and Amino Acid Composition of Maize Germplasms

Keun Yong Park*, Young Hee Son*, Seung Keun Jeong**, Keun Jin Choi,
Seung Ue Park* and Bong Ho Choe***

ABSTRACT : Corn proteins have been known as nutritionally poor, being deficient in the essential amino acids, lysine and tryptophan. Improving the quality of protein in the corn grain would be a great benefit to the farmer. This study was conducted to evaluate the variation of the protein content and the protein constitution of the maize germplasms in the Crop Experiment Station in 1989.

The average protein content of 101 germplasms was 11.5% with range from 8.0% to 17.3%. Elite hybrid field corns and table corns possessed 9.1~13.9% protein for the dried whole kernel. Major amino acids were glutamic acid and leucine. Lysine and methionine were limited. Varietal differences were observed in the amino acid composition. Qpm, a modified opaque-2 mutant had 1.4~1.7 times higher lysine content than Suwon 19, a dent corn and Suwon SS-21, a sweet corn. Suwon SS-21 had high threonine content.

Maize seed protein gave three fractions, an alcohol-soluble fraction (zein), an alkali-soluble fraction (glutelin), and a salt-soluble fraction (globulin) by the Osborne method. The zein fraction accounted respectively for 50.7% and 41.7% of the total protein in Suwon 19 and Suwon SS-21. The nonzein fractions increased in percentage of total protein in Qpm kernels. The amino acid composition of zein fraction from three types maize endosperms of dent, sweet and opaque-2 was essentially identical. Zein contained the high contents of glutamic acid and leucine but low content of lysine. The glutelin fractions of three types maize endosperms were mainly similar in overall amino acid composition. The lysine content of glutelin was higher than that of zein. The amino acid composition of globulin fraction was some different from those of zein and glutelin. In Qpm it had higher levels of histidine and lysine than both of zein and glutelin. The increased lysine content in Qpm was resulted from changing the proportions of proteins which contained different levels of lysine.

우리나라의 연간 옥수수 消費量은 약 600萬M/T
으로¹⁾ 이중 75%가 飼料로 利用되어 옥수수는
食用으로서 뿐만 아니라 飼料穀物로서 제1의 位置
를 차지하고 있다. 經濟 및 社會의 發展에 따른 앞으
로의 국민 食生活의 多樣化와 高級化 趨勢로 미루
어 볼 때 畜産物의 消費增加에 의한 畜産業의 擴張
이 展望되며 短期間에 大面積의 草地組成이 어려운
우리의 現實에 비추어 보아 飼料原인 옥수수의 要
求度는 더욱 증대될 것으로 생각된다. 作物試驗場에

서는 1960年代 以後 옥수수의 品種 및 栽培法 改
良에 힘써 왔으며 그 結果 “黃玉1號”를 비롯한
“수원 19號”, “晉州玉”, “廣安玉” 등의 耐災害 多
收性 新交雜種을 育成·普及하였고 앞으로는 良質
交雜種의 育成에도 힘을 계획이다.

본 연구는 옥수수 良質 교잡종 育成을 위한 基礎
研究로서 作物試驗場이 保有하고 있는 主要 遺傳資
源들의 蛋白質 含量의 變異 및 주요 交雜種의 아미
노酸 組成을 分析 檢討하였으며 이에 그 結果를 보

* 作物試驗場 (Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea)

** 忠北大學校 農科大學 (College of Agri., Chungbuk National Univ., Chongju 360-763, Korea)

*** 忠南大學校 農科大學 (College of Agri., Chungnam National Univ., Daejeon 305-335, Korea)

고하는 바이다.

研究史

옥수수 蛋白質에 관한 研究는 1822년 Gorham이 옥수수의 알코올 溶解性 단백질인 zein의 함량은 種實의 3%, 전체 단백질 함량의 40%를 차지한다는 報告¹³⁾로 비롯되었다. 以後 分析方法의 發達과 더불어 蛋白質의 量的·質的 研究가 繼續하여 이루어졌다.

Osborne과 Clapp²⁹⁾이 1908년 zein을 13가지 아미노산으로 分離하여 zein 내의 leucine과 aspartic acid의 含量은 높으나 tryptophan과 lysine의 含量은 극히 낮다고 하였으며 Willcock와 Hopkins³⁸⁾는 실험용 쥐에게 옥수수 zein이나 tyrosin을 強化한 zein을 投與하였을 때에 비하여 tryptophan을 添加한 zein을 투여하였을 때 壽命이 延長됨을 보고하였다. zein에 lysine과 tryptophan을 添加하였을 때 實驗用 쥐의 成長이 正常임을 보여 주는 研究 結果들^{18,22,30)}이 잇달아 發表되어 옥수수 단백질중 zein은 營養의 價値가 매우 不良하며 zein의 制限 아미노산은 lysine과 tryptophan임이 밝혀졌다. Frey 등¹³⁾은 옥수수 總 단백질에 대한 zein의 비율과 tryptophan 比率를 改良하기 위한 育種 計劃을 遂行하였는데 그들에 의하면 tryptophan 含量은 選拔에 의해 增大되었으며 高 tryptophan을 含有하는 形質은 兩親에서 後代로 轉移된다고 하였다. 또한 種實의 總 단백질 함량과 zein의 함량은 高度의 正的 相關이 있어서 zein의 함량이 낮으면서 단백질 함량이 높은 系統을 選拔하기는 어려우므로 옥수수 단백질의 質的 向上을 위하여는 總 단백질 함량은 中間을 維持하면서 tryptophan 含量이 높은 것을 選拔하는 것이 高蛋白質 系統을 選拔하는 것보다 바람직하다고 提議하였다.

1964년 Mertz 등²⁰⁾은 옥수수 단백질의 zein 含量을 減少시키고 glutelin과 globuline을 增大시킴으로써 lysine 含量을 높이는 劣性 突然變異 opaque-2 因子를 보고하였는데 opaque-2 인자는 遺傳的 背景이 다른 自殖系에서도 同一하게 종실의 lysine 含量을 높일 뿐만 아니라 ae, fl₂, su², du, wx 등의 열성 돌연변이와의 double mutant를 作成하였을 때에도 lysine 含量을 증대시켰다.²⁰⁾ 옥수수 種實의 lysine 含量을 높이는 突

然變異 因子는 opaque-2 이외에도 fl₂ 및 O₇ 등이 보고되어 있다.^{25,27)} opaque-2를 이용한 高 lysine 系統의 育成은 여러 研究者들^{7,8,14,40)}에 의하여 이루어졌으나 이 因子를 가지는 종실은 不透明한 粉狀質이어서 收穫·製造時 부서지기 쉬우며 蟲害와 微生物의 侵入이 容易할 뿐만 아니라 收量이 減少하고 食味가 低下되는 短點을 나타내어¹⁵⁾ 一般적으로 널리 보급되지 않았다. opaque-2 遺傳子를 가지면서 lysine 含量이 높고 종실이 투명하며 硬質인 系統을 育成하고자 하는 努力이 계속되었는데^{7,28,34,36,37)} Wessel Beaver 등³⁷⁾은 opaque-2 系統에 대한 종실 경립성과 lysine 함량의 同時 選拔법으로 opaque-2의 短點이 改善될 수 있다고 하였다. 과테말라에서는 變更 opaque-2 因子를 利用한 Nuclirecta라는 放任受粉 品種이 既存의 優良普及種인 ICT B-1과 비슷한 수량을 나타내면서 高 lysine 品種으로 栽培되고 있다. Nuclirecta 이외에 opaque-2를 이용한 新品種의 栽培例는 현재로서는 없는 것으로 보인다.

Choe 등⁸⁾은 lysine 含量에 差異가 있는 系統間 및 이들과 opaque-2 系統과의 循環選拔 2世代에서의 lysine 含量 변이를 보고 하였는데 lysine 含量에는 opaque-2 因子에 의한 遺傳的 機作이외에 또 하나의 유전적 기작이 있으며 이들이 서로 補完的으로 作用하고 있다고 하여 opaque-2 인자를 이용하지 않는 高 lysine 系統의 育成 可能性을 提示하였다. 종실의 lysine 含量을 높이기 위하여는 胚乳에 대한 胚의 比率를 높이는 方案도 提起되어 있다.³⁾

옥수수 蛋白質의 量的 增加에 대한 育種的 研究는 1899년 미국 Illinois 農事試驗場에서 Burr's White를 基本集團으로 하여 每 世代 단백질 함량이 높은 종실과 낮은 종실을 選拔하여 1穗 1列法으로 育成한 것이 가장 대표적인 것이다. 選拔에 의하여 種實 蛋白質 含量은 直線的으로 增加 혹은 減少하는 傾向을 나타내었는데 Dudley¹¹⁾에 의하면 75世代에 걸친 選拔에도 불구하고 高蛋白質 또는 低蛋白質 含量의 遺傳的 變異는 消盡되지 않았으며 75世代 後의 高蛋白質 系統의 蛋白質 함량은 最初의 Burr's White의 10.9%에 비하여 139% 증가하였다고 하였다. 그는 또한 高蛋白質 選拔 集團과 低蛋白質 選拔 集團의 유전적 組成의 차이에는 적어도 122개의 遺傳子座가 涉及하고 있다고 하였으며 단백질 함량의 遺傳力은 초기 9세대 계가 0.20, 53~76

세대에서 0.15로써 비교적 높게 유지되었음을 보고하였다. Burr's White에 있어서의 선발 對象形質은 蛋白質 含量이었으나 世代가 進展된 後の 選拔系統은 初期에 比하여 단백질 含量 뿐만 아니라 種實의 모양도 변했음을 보고되었다.^{2, 39)} Illinois 低蛋白質 계통(ILP)과 高蛋白質 계통(IHP)의 體內 有機 窒素 含量을 비교한 실험에 의하면 花粉飛散 期에서의 ILP의 체내 有機 窒素 含量은 IHP의 체내 유기 질소 含量보다 35% 낮은 水準이지만 成熟 期에 있어서는 ILP의 체내 유기 질소 含量이 IHP에 比하여 11% 높은 水準을 보여 ILP 系統은 IHP 系統에 比하여 體內 有機 窒素의 종실로 的 移行 速度가 낮거나 分配 能力이 낮은 것으로 推定 되고 있다.¹⁵⁾ IHP 계통을 B73 과 交雜한 제 1 대 교잡 種의 종실 단백질 含量은 B73 × Mo 17 組合의 F1 종실 단백질 含量에 比하여 높았는데²⁾ IHP 와 ILP를 이용한 F1 조합에서의 形質 發現을 살펴 보았을 때 이들 계통은 代謝物質이나 光合成 産物 및 窒素代謝의 體內 分配時期 및 分配量을 變更 시킬 뿐만 아니라 이로 인한 잎의 老化時期 및 種實 收量에도 變化를 가져 오는 것으로 밝혀졌다.¹⁵⁾

Dudley 등¹²⁾은 옥수수에서의 蛋白質 含量과 種實 收量은 높은 負의 相關이 있었으며 이러한 負의 상관은 단백질 含量이 아주 높거나 아주 낮은 系統에서 더욱 顯著하다고 하였다. Gupta 등¹⁴⁾도 옥수수 種實內 단백질 含量과 수량과의 負의 상관을 보고 하였으며 그 경향은 opaque-2가 들어간 組合에서 더욱 顕著하다고 하였다. 한편 Kauffman 과 Dudley¹³⁾은 옥수수 종실 단백질 含量이 8~11% 인 조합에서의 단백질 含量과 수량성과는 相關關係가 認定되지 않았으며 옥수수의 수량 감소를 招來하지 않는 단백질 含量의 증가폭은 최대 11~12% 정도라고 하였다.

이상의 遺傳的 變異 이외에 栽培 環境에 의한 蛋白質 含量의 변이도 報告되어 있다.¹⁶⁾

材料 및 方法

본 實驗에 供試된 재료는 水原 19號外 100개 交雜種 및 自殖系統이었는데(表 3) 이들을 種實의 粒型別로 보면 馬齒種(dent)이 49 系統, 半馬齒種(semi-dent) 28 系統, 硬粒種(flint) 18 系統, 찰옥수수(waxy) 2 系統, 단옥수수(sugary) 3 系統 및 變更 opaque-2 1 系統이었다.

供試 系統들은 모두 1989년 夏季에 作物試驗場 田作 圃場에서 標準 耕種法으로 栽培하여 收穫한 종실을 自然 乾燥한 후 cyclone mill 에서 100mesh 이상 粉碎하여 105℃에서 2시간 乾燥한 후 건조 관에 보관하여 分析에 사용하였다.

粗蛋白質 含量은 micro-kjeldahl 법에 의하여 全 窒素를 分析하고 옥수수의 蛋白係數 6.25를 곱한 값을 취하였다. 아미노산 含量 및 分割 단백질은 飼料用, 食用 단옥수수와 變更 opaque-2 系統인 “水原 19號”, “水原 SS-21號” 및 QPM의 3개 交雜種을 公시하였다. 公시품종들은 soxlet 추출기(tecator : soxtec system HT)에서 hexane 으로 脱脂한 후 105℃에서 乾燥하였다. 탈지 건조 시료 5g을 취하여 Osborne fraction 法으로 分割하였다. 分割 단백질 및 脱脂 試料은 각각 30mg을 취하여 6N-HCl을 가하고 110℃ 眞空상태에서 24時間 加水分解시킨 후 回轉 濃縮器에서 減壓 乾燥하여 sodium citrate buffer 로 溶解하여 아미노산 분석기(Hitachi model 835)로 定量하였다.

結果 및 考察

1. 옥수수 遺傳資源의 蛋白質含量的 分布

供試된 優良 自殖 系統들의 平均 단백질 含量은 11.5%이었고 그의 分布 範圍는 8.0~17.3%로서 옥수수의 종실 단백질 含量에 있어서는 品種間 變異가 크다는 것을 알 수 있었다(그림 1). 公시 계통들을 종실의 粒型에 따른 系統群으로 나누어 보았을 때, 馬齒種(dent)은 平均 10.4%(분포범위 8~13.8%), 半馬齒種(semi-dent)은 平均 12.5%(분포 범위 10.6~14.5%), 硬粒種(flint)은 平均 12.7%(분포 범위 11.2~17.3%)로서 硬粒種과 半馬齒種이 마치중에 比하여 단백질 含量이 높은 것으로 나타났다. Zuber 등⁴⁰⁾이 미국의 導入 白粒種 옥수수 264 系統의 단백질 含量을 調査한 결과에서 는 種實粒型에 따른 차이가 認定되지 않았다. 본 실험에서의 위와 같은 粒型別 系統群의 단백질 含量의 차이는 본 실험에 公시된 집단 의 特性인 것으로 보인다.

현재 우리나라에서 育成 普及된 사료용 옥수수 교 잡種의 단백질 含量은 9.1~11.4%로서(表 3) 導入 普及種인 P3160의 8.5%보다 높았다. 단옥수수와 찰옥수수의 단백질 含量은 각각 10.2~13.9% 및 12.2%로서 비교적 높았고 變更 opaque-2 인

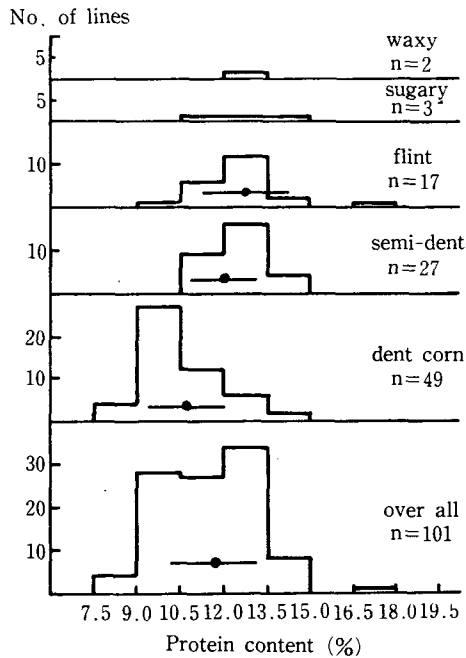


Fig. 1. Frequency distribution for seed protein content of maize germplasms. ('90 CES)

자가 들어간 Qpm의 단백질 함량은 11.0%이었다 (表 3).

Table 1. Amino acid composition of defatted maize endosperms, expressed as grams per 100 grams of protein

('90 CES)				
amino acid	Qpm ^b	Suwon 19 ^c	Suwon SS-21 ^d	PAAP ^e
Lysine ^a	3.11	2.05	1.75	4.2
Threonine ^a	4.48	3.28	29.60	2.8
Valine ^a	7.12	6.88	4.49	4.2
Methionine ^a	1.63	0.95	1.50	4.2
Leucine ^a	10.70	16.63	13.58	4.8
Isoleucine ^a	2.83	3.45	2.46	4.2
Phenylalanine ^a	4.96	4.99	4.65	2.8
Tyrosine	3.43	2.80	3.17	—
Histidine	3.31	1.66	1.92	—
Aspartic acid	8.14	6.88	5.47	—
Serine	3.98	3.98	3.58	—
Glutamic acid	19.22	22.48	9.43	—
Glycine	5.30	3.74	2.94	—
Alanine	5.21	5.52	5.17	—
Proline	9.77	10.20	7.29	—
Arginine	6.78	4.52	2.99	—
Protein (%)	11.3	10.5	13.9	—

^a: essential amino acid, ^b: modified opaque-2 mutant, ^c: dent corn, ^d: sweet corn, ^e: provisional amino acid protein

Alexander¹⁾가 제의한 바와 같이 多收 高蛋白 系統의 適正 단백질 함량을 11~12%라고 보았을 때 최근 육성된 水原 103號의 단백질 함량이 11.4%로서 우리나라에서의 育成 交雜種들의 단백질 함량 水準은 높은 편으로 생각된다. 다만 대부분의 高蛋白 遺傳資源이 硬粒種인 점으로 보아 앞으로 馬齒種의 遺傳資源들의 단백질 함량이 더욱 개선되어야 할 것으로 보인다. 단백질 함량이 17.3%로서 가장 높았던 계통은 Butan Local로서 이 계통은 도복 및 耐病蟲性에 弱한 短點이 있었다.

2. 主要 交雜種의 아미노산 組成

공시된 사료용 교잡종 水原 19號, 단옥수수 水原 SS-21號 및 高 lysine 系統인 Qpm의 아미노산 조성은 표 1과 같다. 含量別 아미노산 조성을 보면 Qpm은 glutamic acid가 전체 단백질의 19.2%로서 가장 많고 그 다음이 leucine이며 proline, aspartic acid, valine, arginine, glycine, alanine, phenylalanine, threonine, serine, tyrosine, histidine, lysine, isoleucine 그리고 methionine의 順이었다. 수원 19호의 경우에도 glutamic acid가 22.5%로 가장 높고 leucine, Proline, valine, aspartic acid, alanine, phenylalanine, arginine, serine, glycine, isoleucine,

threonine, tyrosine, lycine, histidine, methionine의 順이었다. 수원 SS-21號는 threonine이 29.6%로 越等히 많고 leucine, glutamic acid, proline, aspartic acid, alanine, phenylalanine, valine, serine, tyrosine, arginine, glycine, isoleucine, histidine, lysine, methionine의 順이었다. 따라서 옥수수 단백질을 이루는 아미노산 조성은 glutamic acid와 leucine의 함량이 비교적 높고 含黃 아미노산인 methionine이 낮은 것으로 나타났다.

아미노산 조성은 품종간 차이도 있는 것으로 나타났는데 단옥수수인 水原 SS-21號의 아미노산 함량별 조성은 사료용인 水原 19號나 Qpm과는 약간 달라서 threonine의 함량이 높았고 變更 opaque-2인 Qpm은 全體的 組成은 水原 19號와 비슷하였으나 옥수수 단백질 중의 制限 아미노산인 lysine의 함량이 3.1%로서 수원 19호의 2.1%나 수원 SS-21호의 1.75%에 비하여 1.5~1.8배 높아서 이미 보고^{24,25)}된 opaque-2 인자의 lysine 함량 倍加 效果가 再確認 되었다. lysine 이외에도 Qpm의 arginine, glycine 및 aspartic acid의 함량이 수원 19호나 수원 SS-21호에 비하여 높고 leucine 함량은 낮았는데 이는 Robutti 등³¹⁾이 보고한 변경 opaque-2 계통에서의 아미노산 조성 변이와 비슷한 경향이였다. 品種에 따른 아미노산 함량의 변이는 Bressani와 Mertz³⁾에 의해서도 보고되었는데 아미노산 함량별 序列은 glutamic acid와 leucine이 가장 높고 tryptophan이 가장 낮다고 하였다. Wolfe³⁵⁾는 東아프리카의 代表的인 7개 品種의 아미노산 조성에서 品種間 차이가 있으며 그의 함량도 달랐다고 하였는데 glutamic acid, arginine, leucine, threonine의 함량이 높은 반면 tryptophan 함량이 극히 낮았고 lysine은 7.5~4.2%라고 하였다.

전체 단백질에 대한 必需 아미노산 함량을 보면 Qpm이 25.2%, 수원 19호가 38%, 수원 SS-21호는 58%로서 단옥수수의 필수 아미노산 總量이 많았다. 營養學的인 면에서의 단백질의 優秀성은 필수 아미노산 중의 制限 아미노산의 標準 단백질의 아미노산 含量에 대한 百分率로서 나타내는 蛋白價로 決定되는데²⁰⁾ 본 시험에 공시된 품종들의 단백질은 lysine을 제한 아미노산으로 보았을 때 Qpm이 74, 수원 19호 49, 수원 SS-21호는 42로서 Qpm의 단백질이 높게 나타났다.

3. 主要 交雜種의 分割 단백질 및 그의 아미노산 조성

分割 단백질은 分割에 쓰이는 溶媒에 따라 區分되는데^{23,31)} 일반적으로 水溶性 단백질인 albumin, 알칼리 溶解性인 glutelin, 鹽 溶解性인 globulin, 그리고 알코올 溶解性 단백질로 나눈다. 이들 중 알코올 용해성 단백질의 명칭은 작물에 따라 다른데 옥수수의 경우 zein이라 한다.

사료용인 수원 19호와 단옥수수인 수원 SS-21호의 분획 단백질 구성은 비슷한 경향으로서(그림 2) 전체 단백질에 비하여 수원 19호의 알코올 용해성 단백질은 50.3%, glutelin은 26.8%이었고, globulin은 5.6%로 구성되어 있으며 수원 SS-21호는 zein이 41.7%, glutelin이 30.8%이며, globulin은 없는 것으로 나타났다. 高 lysine 계통인 Qpm의 分割 단백질 조성은 수원 19호와 수원 SS-21호와는 크게 달라서 zein이 12.7%, glutelin이 55.2%, 그리고 globulin이 11.4%로서 zein은 수원 19호나 수원 SS-21호에 비하여 1/3~1/4로 減少한 反面 glutelin이 1.8~2.0배 增加하였다. 공시 품종 모두 albumin은 분획되지 않았다. Bressani와 Mertz³⁾는 美國과 과테말라의 12개 품종의 단백질을 분획하여 zein이 전체의

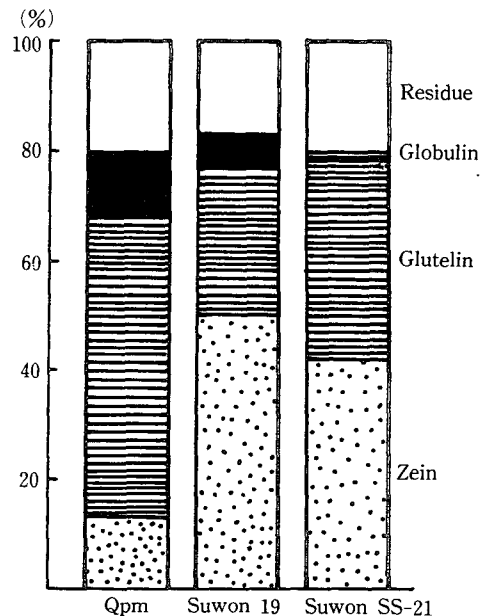


Fig. 2. Composition of protein in three types of maize endosperm, opaque-2, dent, and sugary.

Table 2. Amino acid composition of three maize genotypes for each protein fractions

('90 CES)

Amino acid	Zein			Glutelin			Globulin		
	Qpm ^b	Suwon19 ^c	Suwon ^d SS-21	Qpm	Suwon19	Suwon ^d SS-21	Qpm	Suwon19	Suwon SS-21
Lysine ^a	0	0.1	0.4	4.0	2.5	3.8	10.2	2.8	—
Threonine ^a	2.4	2.4	2.4	3.5	1.3	3.2	1.4	2.8	—
Valine ^a	3.7	4.6	3.3	7.7	6.9	7.0	6.1	5.3	—
Methionine ^a	0.3	1.0	1.4	0.4	1.0	0.4	—	0.3	—
Leucine ^a	21.3	19.5	21.7	13.7	11.8	13.3	2.7	9.2	—
Isoleucine ^a	1.5	2.2	1.9	2.6	2.0	2.1	1.4	2.8	—
Phenylalanine ^a	6.4	7.4	7.1	5.5	4.2	4.9	1.4	4.2	—
Tyrosine	3.7	0.6	0.3	0.2	0.8	1.3	2.0	1.4	—
Histidine	5.0	3.0	1.9	4.9	4.9	3.8	30.6	14.8	—
Aspartic acid	5.8	6.8	4.7	8.8	9.1	10.6	10.2	12.0	—
Serine	4.7	4.4	5.2	4.2	1.2	4.2	4.1	4.6	—
Glutamic acid	24.9	24.2	26.4	21.6	39.6	22.0	10.2	20.1	—
Glycine	1.9	2.7	1.9	5.5	5.2	6.1	4.8	4.6	—
Alanine	9.7	8.5	10.4	4.6	5.1	6.1	2.7	6.0	—
Proline	5.8	10.0	9.9	14.8	8.7	0	0	0	—
Arginine	2.9	1.8	0.9	2.9	3.6	2.8	12.2	8.8	—

^a: essential amino acid, ^b: modified opaque-2 mutant, ^c: dent corn, ^d: sweet corn

41~60%를 차지하며 glutelin과 acid soluble 단백질이 각각 18~31%와 17~26%이고 不溶性 단백질도 2~11%이었다고 하였다. Robutti 등³¹⁾은 Kansas 州立大學과 CIMMYT의 일반 옥수수과 opaque-2系統 및 變異 opaque-2 13 품종의 단백질을 분획한 결과 일반 옥수수의 zein 함량은 40~43%, globulin은 5.0%인데 반하여 opaque-2계통의 zein은 8.2~15.9%, globulin과 albumin은 12.5~15.9%로서 opaque-2 인자를 가지는 계통의 zein 함량이 크게 낮았음을 보고하였다. Sodek와 Wilson³²⁾은 Osborne 법으로 옥수수 단백질을 분획하였을 때에는 glutelin과 zein이 明確하게 구분되지 않아서 glutelin 내에 zein이 포함되는 경우가 있다고 하였으며 mercapto-ethanol을 이용하여 zein을 zein I과 zein II로 細分하였다. 또한 Lloyd와 Mertz²¹⁾은 옥수수 단백질에서 glutelin만을 抽出하고 이것을 다시 glutelin과 gamma-glutelin으로 區分하여 각각의 아미노산 조성을 비교한 결과 glutelin은 gamma-glutelin에 비하여 alanine과 phenylalanin의 함량이 많다고 하였다.

分劃 단백질에 대한 본 시험의 結果는 다른 研究者^{3,7,31)}들에 비하여 不溶性 단백질의 量이 높고 또한 albumin의 분획이 이루어지지 않았는데 이에

대하여는 다시 檢討되어야 할 것으로 생각된다.

분획 단백질별 아미노산 조성에 있어서는 (표 2) zein의 경우 glutamic acid, leucine, alanine이 主要 아미노산이었고 lysine과 methionine의 함량은 매우 낮았다. glutelin은 glutamic acid, leucine 및 aspartic acid가 주요 아미노산인데 반하여 methionine과 tyrosine은 낮았는데 lysine 함량은 2.5~4.0%로서 zein에 비하여 높았다. 그리고 zein과 glutelin의 아미노산 組成은 品種間 뚜렷한 差異를 나타내지 않았다. 한편 鹽溶解性인 globulin의 아미노산 組成은 Qpm과 水原 19號간의 차이가 뚜렷하였는데 특히 옥수수의 制限 아미노산인 lysine이 Qpm의 globulin에는 10.2%로써 水原 19號의 globulin의 2.8%에 비하여 4배 이었고 histidine도 수원 19호에 비하여 높았다.

위와 같은 결과에서 볼 때 高 lysine인 Qpm의 높은 lysine含量은 lysine含量이 낮은 zein이 減少하고 lysine함량이 높은 globulin이 增加함에 基因한 것으로 생각되는데 이러한 사실은 이미 報告된 옥수수 分劃 蛋白質과 이의 아미노산 조성 및 變異 opaque-2 因子的 아미노산 조성의 特性^{7,31)}과 同一하였다.

옥수수 단백질 함량의 量的 遺傳 變異는 漸進的이고 持續的이어서 選拔을 繼續함에 따라 增加하지만 蛋白質 含量이 높아짐에 따른 다른 有用 形質 즉, 草長, 이삭크기 및 무게, 種實의 種實 收量性의 변화도 함께 일어난다. 특히 단백질 함량과 종실 수량성과는 負의 相關關係가 있어 옥수수의 高蛋白 系統育成에는 選拔 對象 형질인 단백질 함량 뿐만 아니라 종실 수량성 등의 有用 형질에 대한 선발도 並行되어야 하며 이러한 觀點에서 index 선발법¹⁹⁾도 提示되어 있다. Dudley 등¹²⁾은 종실 수량성을 고려한 高蛋白 系統의 育成에 있어서 단백질 함량의 選拔 水準은 中間을 維持하는 것이 바람직하다고 하였는데 이러한 觀點에서 作物試驗場에서 近來에 育成된 交雜種들의 蛋白質 含量은 適正水準에 이른 것으로 생각된다.

변경 opaque-2 因자를 利用한 lysine 含量의 改良에 관하여는 國內의 研究者들에 의하여도 많은 연구가 이루어졌으나^{6,7,8,9,10)} opaque-2가 가지고 있는 種實의 特性和 낮은 收量性 때문에 高 lysine 交雜種의 育成은 현재까지 큰 成果가 없었다. 最近 食品의 嗜好性を 增進시키기 위한 食品加工學의 研究³²⁾도 시도되고 있어 育種上의 方法 이외에 opaque-2의 種實이 가지는 短點이 개선될 可能性도 기대된다. opaque-2 유전자 이외의 lysine 함량 改良 방법도 제시되어 있으며^{8,40)} 胚乳에 대한 胚의 比率를 增大시킴으로써 lysine 함량을 높이는 方案의 하나로서 최근 水稻에서 보고된¹⁷⁾ 바와 같은 mutagen 處理에 의한 巨大胚 突然變異 種實의 誘起라든가 組織 培養에 의한 高 lysine 合成 細胞株 選拔法^{4,5)}도 檢討되어야 할 것으로 생각된다.

現在까지 蛋白質의 營養의 價値가 단백질을 構成하는 아미노산의 種類와 成分量에 의하여 評價되어져 왔으나 近來 生理의 活性을 가지고 있는 技能性 peptide들이 分離됨으로써 단백질의 가치가 새로운 측면에서 연구³²⁾되고 있다. 따라서 앞으로의 단백질 연구 범위가 넓어질 것으로 전망되며 이를 위하여 옥수수 良質 蛋白質 育成의 재료가 되는 遺傳 資源의 幅의 擴大와 그의 保存 및 評價에 더욱 힘써야 할 것으로 생각된다.

옥수수 良質 品種을 育成하기 위한 基礎 研究로서 옥수수 遺傳 資源과 主要 交雜種 100여 系統에 대하여 蛋白質 含量과 아미노산 組成을 檢討하였다. 그 結果는 다음과 같다.

1. 옥수수 遺傳 資源의 平均 단백질 함량은 11.5%로서 그의 분포범위는 8.0~17.3%이었다. 品種別로는 飼料用 교잡종들의 단백질 함량이 9.1~11.4%이었고 찰옥수수 12.2%, 단옥수수 10.2~13.9%이었으며 변경 opaque-2인 Qpm의 단백질 함량은 11.0%이었다.

2. 사료용 교잡종 水原 19號와 단옥수수 水原 SS-21號 및 Qpm의 아미노산 조성은 대체로 glutamic acid와 leucine의 함량이 높았고 methionine은 낮았다. 品種에 따른 차이도 나타났는데 Qpm은 lysine 함량이 수원 19호나 수원 SS-21호에 비하여 1.4~1.7배 높았으며 蛋白質 72로서 수원 19호와 수원 SS-21호의 단백질에 비하여 높았다. 수원 SS-21호의 아미노산 조성은 수원 19호와 Qpm과는 달리 threonine의 함량이 높았으며, 必須 아미노산의 總量도 많았다.

3. 分割 단백질의 量은 수원 19호와 수원 SS-21호에서는 zein이 각각 50.7%와 41.7%, glutelin이 26.8%와 30.8%이었던 반면 Qpm은 zein이 12.7%, glutelin이 55.2%, globulin 11.4%로서 zein의 함량이 낮았다.

4. 분획 단백질별 아미노산 조성에 있어서는 zein과 glutelin의 아미노산 조성은 품종간 큰 차이가 없었으나 globulin의 아미노산 조성은 Qpm과 수원 19호간 차이가 컸으며 특히 Qpm의 globulin의 lysine 함량은 10.2%로서 수원 19호에 비하여 4배 이상이었다.

5. 분획 단백질별 아미노산 조성 및 품종간 분획 단백질량을 비교하였을 때 Qpm의 opaque-2 인자는 종실 단백질 중 zein 함량을 억제하고 glutelin과 globulin을 증대시킴으로써 종실의 lysine 함량을 증대시키는 것으로 나타났다.

引用 文 獻

1. Alexander D.E. 1988. Breeding special nutritional and industrial types. 869-875p. in G.F.

- Sprague and J.W. Dudley (ed). Corn and corn improvement. Third edition, 1988. 986p.
2. Below F.E. 1981. Nitrogen metabolism as related to productivity in 10 maize genotypes. M. S. Thesis Univ. of Illinois, Urbana.
 3. Bressani R. and E.T. Mertz. 1958. Studies on corn proteins. IV. Protein and amino acid content of different corn varieties. Cereal Chem. 35 : 227-235.
 4. Brotherton J.E., R.M. Hauptmann, and J.M. Widholm, 1986. Anthranilate synthase forms in plant and cultured cells of *Nicotiana tabacum* L. Planta 168 : 214-221.
 5. Carlson J.E. and J.M. Widholm. 1978. Separation of two forms of anthranilate synthetase from 5-methyl-tryptophan-susceptible and -resistant cultured *Solanum tuberosum* cells. Physiol. Plant. 44 : 251-255.
 6. Choe B.H. 1979. Observation of protein bodies for quality improvement of corn protein. Korean J. Breed. 11 : 47-51.
 7. _____, B.G. Cumbie, and M.S. Zuber. 1974. Association of zein body classification with lysine content of corn endosperm. Crop Sci. 14 : 187-189.
 8. _____, M.S. Zuber, C.F. Krause and E.S. Hilderbrand. 1976. Inheritance of high lysine in maize. Crop Sci. 16 : 34-38.
 9. _____ and K.Y. Park. 1977. Effects of opaque-2 corn in the body weight of rats. J. Korean Crop Sci. 22 : 16-19.
 10. _____ and J.S. Park. 1979. Modifier genes of opaque-2 gene in corn, *Zea mays* L. Korean J. Breed. 11 : 23-30.
 11. Dudley J.W. 1977. Seventy-six generations of selection for oil and protein percentage in maize. P459-473. IN E. Pollak et al (ed). Proc. Int. Conf. Quant. Genet. Iowa State Univ. Ames 16-21. Aug. 1976. Iowa State Univ. Press, Ames.
 12. _____, R.J. Lambert, and I.A. dela Roche. 1977. Genetic analysis of cross among corn strains divergently selected for percent oil and protein. Crop Sci. 17 : 111-117.
 13. Frey K.J., B. Brimhall, and G.F. Sprague. 1949. The effects of selection upon protein quality in the corn kernel. Agron J. 41 : 399-403.
 14. Gupta D., I. Kovács and L. Gáspár. 1975. Protein quality traits and their relationships with yield and yield components of opaque-2 and analogous normal maize hybrids and inbred lines. Theoretical and Applied Genetics 45 : 344-348.
 15. Hageman R.H. and R.J. Lambert. 1988. The use of physiological traits for corn improvement. 431-443p. in G.F. Sprague and J.W. Dudley (ed). Corn and corn improvement, Third Edition 1988. 986p.
 16. Hamilton T.S., B.C. Hamilton, B.C. Johnson, and H.H. Mitchell. 1951. The dependence of the physical and chemical composition of the corn kernel in soil fertility and cropping system. Cereal Chem. 28 : 163-176.
 17. 許文會·高熙宗·朴淳直. 1990. MNU 처리에 의한 米質관련 형질의 突然變異 誘起, 韓作誌 35 卷 別冊 2號 : 8-9.
 18. Hogan H.K. and R.J. Garber. 1919. Synthetic production of high protein corn in relation to breeding. J. Amer. Soc. Agron. 11 : 309-318.
 19. Kauffman K.D. and J.W. Dudley. 1979. Selection indices for corn grain yield, percent protein and kernel weight. Crop Sci. 19 : 583-588.
 20. 李惠秀. 1989. 贈訂營養學. 敎文社 서울 352p.
 21. Lloyd N.E. and E.T. Mertz. 1950. Studies on corn proteins. III The glutelins of corn. Cereal Chem. 35 : 156-168.
 22. Marais J.S.C. and D.B. Smuts. 1940. The biological value of the proteins of maize and maize supplemented with lysine and tryptophane. Onderstepoort J. Vet. Med., 15 : 197-205.
 23. Mertz E.T., N.E. Lloyd, and R. Bressani. 1958. Studies on corn proteins. II. Electrophoretic analysis of germ and endosperm extracts. Cereal Chem. 35 : 146-155.
 24. _____, L.S. Bates, and O.E. Nelson. 1964. Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content of maize endosperm. Science 145 : 279-280.
 25. Misra P.S., R. Jambunathan, E.T. Mertz, D. V. Glover, H.M. Barbosa, and K.S. McWhirter. 1972. Endosperm protein synthesis in maize

- mutants with increased lysine content. *Science* 176 : 1425-1427.
26. _____, E.T. Mertz, and D.V. Glover. 1975. Studies on corn proteins. VIII Free amino acid content of opaque-2 double mutants. *Cereal Chem.* 52 : 844-848.
 27. Nelson O.E., E.T. Mertz, and L.S. Bates. 1965. Second mutant gene affecting the amino acid pattern of maize endosperm proteins. *Science* 150 : 1469-1470.
 28. Ortega E.I. and L.S. Bates. 1983. Biochemical and agronomic studies of two modified opaque-2 maize populations. *Cereal Chem.* 60 : 107-111.
 29. Osborne T. and S.H. Clapp. 1908. Hydrolysis of the proteins of maize. *Amer. J. Physiology* 20 : 477-493.
 30. _____ and L.B. Mendel. 1914. Nutritive properties of proteins of the maize kernel. *J. Biol. Chem.* 18 : 1-16.
 31. Robutti J.L., R.C. Hoseney, and C.W. Deyoe. 1974. Modified opaque-2 corn endosperms. I. Protein distribution and amino acid composition. *Cereal Chem.* 51 : 163-172.
 32. 신현경. 1990. 식품신소재의 개발. '90 농업 생물공학심포지엄 ; 158-185. 서울대 농대 농업생물 신소재 연구센터.
 33. Sodek L.V. and C.M. Wilson. 1971. Amino acid composition of proteins isolated from normal, opaque-2, and floury-2 corn endosperms by a modified Osborne procedure. *J. Agr. Food Chem.* 19(6) : 1144-1150.
 34. Sriwatanapongse S.E., E.C. Johnson, S.K. Vasal, and E. Villegas. 1974. Inheritance of kernel vitreosity in opaque-2 maize. *SABRAO J.* 6 : 1-7.
 35. Wolfe M. and L. Fowden. 1957. Composition of the protein of whole maize seeds. *Cereal Chem.* 34 : 286-295.
 36. Wessel-Beaver L. and R.J. Lambert. 1982. Genetic control of modified endosperm texture in opaque-2 maize. *Crop Sci.* 22 : 1095-1098.
 37. _____, _____, and J.W. Dudley. 1985. Genetic variability and correlations in a modified endosperm texture opaque-2 maize population. *Crop Sci.* 25 : 129-132.
 38. Willcock E.G. and F.G. Hopkins. 1913. Importance of amino acids in metabolism. *J. of Physiol.* 35 : 88-101.
 39. Wyss C.W. 1986. Characteristics of chemical composition and interacting in the grain and stover of the Illinois protein strains of maize. M. S. Thesis. Univ. of Illinois, Urbana.
 40. Zuber M.S., W.H. Skrdlea, and B.H. Choe. 1975. Survey of maize selections for endosperm lysine content. *Crop Sci.* 15 : 93-94.
 41. 農林水産部. 1990. 農水産主要統計.

Appendix 3. Protein content and major agronomic characteristics of maize germplasms.

(’90 CES)

Hybrid/ Inbred	Days to silking	Stalk length (cm)	Ear height	Pro- tein (%)	Lodging (1-9)	H maydis (0-9)	MDMV* (0-9)	Corn borer (0-9)	Grain type
1. Suwon 104	83	257	113	9.2	1	2	1	3.5	dent
2. Suwon 103	86	280	145	11.4	1	2	1	4	''
3. Suwon 105	83	248	128	9.5	1	2	1	3.5	''
4. Jinjuok	87	276	144	10.2	1	2	1	3.3	''
5. Suwon 19	85	275	147	10.5	1	2	1	3	''
6. Suwon 102	95	279	141	9.1	1	1.8	1	3.5	''
7. Suwon 99	89	272	153	9.6	1	1.8	1	3	''
8. P 3160	89	285	147	8.5	1	2	1	3	''
9. Suwon SS-21	76	122	32	13.9	2	2	—	4	sugary
10. Qpm	78	210	—	11.3	—	—	—	—	opaque
11. Ga209/S1121	93	310	180	10.5	1	3	1	3	dent
12. Ga209/S1112	105	280	170	10.2	1	3	5	4	''
13. Ga209/S1124	95	280	170	11.4	1	2	1	3	''
14. Ga209/S1154	90	280	185	10.5	1	3	1	3	''
15. Ga209/S1180	90	310	140	9.7	1	3	1	4	''
16. Ga209/S1185	91	285	155	9.3	1	3	1	4	''
17. Ga209/S1200	94	315	190	9.4	1	3	1	2	''
18. Ga209/S1205	95	290	150	10.5	1	3	1	2	''
19. DB544/Ga209	88	287	155	9.0	1	1	1	3.5	''
20. KS15/KS61	87	286	155	10.9	1	1	1	3.3	''
21. KS51/KS48	86	263	135	10.8	1	1	1	3.8	''
22. KI1141/KI16A	80	269	143	9.2	1	1	1	5	''
23. KS62/KS56	89	285	157	9.6	1	1	1	3	''
24. KS48/KS15A	85	256	134	10.6	1	1	1	4	''
25. KS62/KS57	91	288	154	9.5	1	1	1	3	''
26. AR270/KS61	90	305	183	10.4	4	1	1	3	''
27. KI16A/H111	80	245	117	11.0	1	1	1	4	''
28. H114/KS7rhm	82	226	100	9.9	1	1	1	4	''
29. Kwangok/B64	84	284	143	10.7	1	1	1	4	''
30. Hi39/AR270	91	300	172	9.9	1	1	1	3	''
31. FR809W/KS54	86	265	133	9.2	1	1	1	3.5	''
32. KS16Lf/KS15	78	278	135	9.6	1	2	4	—	''
33. HI39/KS75	91	306	180	10.6	1	1	1	3	''
34. Hix4263/KS53	86	299	156	9.8	1	1	1	4	''
35. KS42/ICAL36	89	301	159	8.0	1	1	1	3	''
36. Hi39/KS62	91	293	163	8.9	2	1	1	3	''
37. KS42/KS64	82	259	111	9.3	1	1	1	4	''
38. Hix4263/KS15A	87	292	143	9.5	1	1	1	4	''
39. KS42/KS75	88	272	149	9.9	1	1	1	4	''
40. FR809W	101	165	92	11.4	1	3	0	2	''
41. H111	89	135	72	12.7	1	2	0	2	''
42. H114	89	148	85	10.5	1	4	0	2	''
43. KL37	87	127	47	13.8	1	2	0	3	''
44. KL41	87	140	51	12.1	1	2	0	2	''
45. KL14	87	174	74	12.3	1	3	0	1	''
46. K64	98	139	83	9.6	1	3	0	1	''
47. KS5	88	205	100	12.6	—	1	1	—	''
48. KS6	89	220	110	12.6	—	2	1	—	''
49. KS8	87	220	120	11.8	—	3	1	—	''
50. KS15	91	160	75	12.5	—	3	1	—	''
51. KS60	88	124	58	11.3	1	5	1	3	''
52. B88	90	135	61	12.3	1	6	0	1	semi-dent
53. CI49	96	181	136	12.5	1	—	0	—	''
54. CI127	98	175	118	13.3	1	3	0	1	''

*maize dwarf mosaic virus

Hybrid/ Inbred	Days to silking	Stalk length (cm)	Ear height	Pro- tein (%)	Lodging (1-9)	H maydis (0-9)	MDMV* (0-9)	Corn borer (0-9)	Grain type
55. Fla2B106	95	161	80	11.2	1	2	1	0	semi-dent
56. FlaT113	94	180	85	11.2	1	4	2	0	"
57. Hi39	80	181	88	12.3	1	1	1	-	"
58. Hix4263	76	163	65	10.8	1	2	1	-	"
59. K303	90	174	90	10.6	1	2	0	1	"
60. KS7rhm	94	125	54	12.4	1	3	4	0	"
61. KS53	88	156	82	12.7	1	6	2	3	"
62. KS54	88	145	65	13.0	1	7	0	5	"
63. KS55	102	160	75	11.7	1	4	2	3	"
64. KS57	98	-	-	12.4	1	2	0	2	"
65. KS61	90	127	78	12.4	1	2	0	0	"
66. NC250A	94	151	75	14.0	1	1	2	1	"
67. Oh570	98	176	117	11.7	1	1	0	1	"
68. A619	79	125	28	12.1	1	3	0	2	"
69. A670	84	161	50	14.4	1	3	0	1	"
70. A632	83	163	63	13.3	1	3	0	3	"
71. H109	89	130	75	13.0	1	3	0	2	"
72. H112	89	127	55	11.2	1	3	0	1	"
73. KL4	87	100	27	13.5	1	4	0	1	"
74. K304	89	155	77	13.5	1	3	0	2	"
75. K305	91	141	94	13.0	1	4	0	5	"
76. K306	89	160	80	11.9	1	3	0	2	"
77. DE811	89	184	90	14.5	1	3	0	2	"
78. Oh1EP	91	180	102	11.7	1	2	0	2	"
79. Oh572	97	184	123	13.3	1	1	0	2	"
80. EP42	84	142	65	11.9	2	9	0	2	flint
81. ICAL29	84	193	118	11.5	1	2	1	-	"
82. ICAL36	84	225	128	12.8	1	3	1	-	"
83. ICAL221	87	224	102	12.6	1	1	1	-	"
84. KI16A	87	98	42	12.6	1	3	2	0	"
85. KL52	88	166	85	11.4	1	3	0	1	"
86. KS51	91	134	70	11.2	1	2	0	1	"
87. Tzi3	86	162	65	11.2	-	2	1	-	"
88. KL47	87	107	40	13.1	1	3	1	2	"
89. KL48	87	111	42	12.6	1	3	0	3	"
90. KS50	91	128	63	12.1	1	3	3	1	"
91. KS52	91	125	63	12.4	1	3	0	1	"
92. EP31	72	140	40	14.0	1	9	0	2	"
93. EP32	75	104	30	11.9	1	8	0	2	"
94. EP38	79	188	74	14.9	1	1	0	3	"
95. Butan Local	89	236	172	17.3	5	3	0	4	"
96. KL18	87	105	43	12.1	1	4	0	2	"
97. KL10	93	155	81	12.6	-	-	-	-	simi-flint
98. Fla2BT114	96	155	84	12.1	1	2	3	0	sugary
99. KL44	89	165	80	10.2	1	3	0	2	"
100. CI61	98	175	70	12.2	1	3	0	2	waxy
101. CWF	89	154	75	12.1	1	2	0	1	"

*maize dwarf mosaie virus