[韓作誌(Korean J. Crop Sci.)39(1):73~78(1994)]

熟期에 따른 찰옥수수 및 超糖옥수수의 主要 品質特性 變化

金善林*·朴勝義*, 車善佑*·徐鍾許*·鄭泰旭*

Changes of Major Quality Characters during Grain Filling in Waxy Corn and Super Sweet Corn

Sun Lim Kim*·Seung Ue Park*·Seon Woo Cha*
Jong Heo Seo* and Tae Wook Jung**

ABSTRACT : This experiment was carried out to investigate the major characteristics associated with the flavor rate and their changes according to days after silking of super sweet corn(Cocktail 86) for vegetable and waxy corn(Chalok 1). Ear elongation finished around 22~24 days after silking. In kernel development, elongation was much more prominant in super sweet corn than that in waxy corn but thickness was vice versa.

Pericarp thickness and kernel hardness of super sweet corn were slightly increased but those of waxy corn were increased rapidly as the ears matured. Moisture and sucrose content of super sweet corn remained high but the waxy corn was not. The reducing sugars(glucose, fructose) were relatively high at the early maturity stage but they were decreased as the ears matured and negatively correlated with sucrose and flavor rate. Soluble solids (Brix %) were positively correlated with sucrose and total sugar(sucrose+ glucose+fructose) content in waxy corn but not in super sweet corn and was considered as inappropriate criate criterion to envaluate the sugar content and flavor rate.

Pericarp thickness and sucrose content were positively correlated with the flavor rate in both hybrids but total sugar content, and kernel hardness were positively correlated with flavor rate in super sweet corn and waxy corn respectively.

Key Word : Waxy corn, Super sweet corn, Grain filling, Total sugar, Pericarp thickness

예로부터 옥수수는 여름철의 주요 間食거리의 하나였다. 그러나 최근들어 옥수수에 대한 需要는 계절에 無關한 듯 하며, 특히 우리의 食生活이 漸次 西歐化 되어감에 따라 각종 健康食品들에 대한 새로운 關心도 옥수수의 수요를 增大시키고 있다. 따라서 우리나라의 食用옥수수 栽培面積도 해마다 증가되고 있는데 이러한 현상은 식생활의 변화와 더불어 農產物 輸入開放에 對應할 수 있는 주요 경제작물로서 식용옥수수가 評價되고 있기 때문이다.

국내에는 최근에 개발된 찰옥1호[7] 및 超糖玉 1號[6]

* 작물시험장(Crop Experiment Station, Suwon 441-100, Korea)

가 있는데 현재 普及中인 찰옥1호는 熟期도 빠르고 amylopectin의 含量이 99.8%로 뛰어나 Japonica 형의 쌀밥에 입맛을 맞춰온 우리의 嗜好에 아주 適合할 뿐만아니라 着粒長의 比率이 높고 이삭의 크기가 均一하기 때문에 商品性도 높아서 糖度가 높고 質感이 독특한 超糖옥수수와 더불어 앞으로 수요는 더욱 증대될 것으로 豫想된다.

미국에서는 이미 초당옥수수의 수요가 풋옥수수 시장의 약 40%를 占有하고 있다고[1]하는데, 아직까지 우리나라에서는 초당옥수수에 대한 認識度가 찰옥수수에 비해 低調할 뿐만 아니라 국내의 貯藏施設 및 각종 加工施設도 未洽한 狀態에 있다. 따라서 본 시험은 풋옥수수로 이용되는 찰옥수수 및 초당옥수수의 食味에 關聯된 각종 특성을 검토하고, 앞으로 우리의 입맛에 적합한 품종을 育成하는데 基礎資料로 활용하기위하여 主要 品質特性에 관한 資料를 分析하였다.

材料 및 方法

식용옥수수의 食味에 關聯된 要因을 檢討하고 熟期의 經過에 따른 각 特性들의 變化를 검토하고자 超糖옥수수인 cocktail 86과 국내 최초의 찰옥수수 育成品種인 찰옥1호를 供試하여 出絲後 18~34일까지 2일 間隔으로 이삭重, 穗長, 穗莖, 水分含量, 種實硬度, 種皮두께, 可溶性 固形物, 糖含量 및 食味의 反應을 검토하였다.

種實硬度의 測定은 硬度計(Kiya digital hardness tester)를 이용하였고, 種皮의 分離 및 두께의 측정은 Wolf 등[10]이 提示한 방법에 준하였으나 이 방법이 실제보다 다소 두껍게 측정되기 때문에 이를 補完하고자 분리된 종피에서 일정한 크기로 切片을 떼어낸후 micrometer로 측정하였다.

可溶性 固形物(Soluble solids)은 10g의 試料를 磨碎後 3000rpm으로 15분간 遠心分離하여 上腾液을 屈折糖度計(ABBE-3L Refractometer)로 Brix%를 측정하였는데 屈折率이 溫度에 따라 影響을 받기 때문에 誤差를 줄이고자 20℃로 補正後 사용하였다. 糖分析은 10g의 시료를 마쇄후 15,000rpm으로 15분간 원심분리하고 상등액을 취하여 Sep-Pak(NH_2)으로 filtering하여 脫色시킨후 0.45μm milipore filter로 2회 濾過하여 HPLC(Waters Model 510)에 10$\mu\ell$의 시료를 注入하였다. 標準糖은 Sigma社의 것을 사용하였고 Column은 Sugar-Pak(6.5×300mm)를 이용하였다.

食味의 檢定은 삶은 옥수수를 10명을 대상으로 하여 Spalding 등[9]의 방법에 따라 그 정도를 1에서 7까지 주었는데 1은 나쁨(poor) 3은 보통(fair) 5는 좋음(good) 7은 아주좋음(excellent)으로 나타냈다.

結果 및 考察

1. 이삭의 발달

出絲後 日數의 經過에 따른 超糖옥수수 및 찰옥수수의 이삭 發育은 表 1과 같다. 이삭의 伸長은 초당옥수수가 출사 22일, 찰옥수수가 출사 24일 前後에 거의 完了되는 것으로 나타났으나 이삭重은 계속 증가되었는데 초당옥수수가 찰옥수수보다 증가의 폭이 컸고, 苞葉除去 이삭重/생이삭重의 比率은 초당옥수수가 출사후 18~32일까지 무려 38.7%가 증가된 반면 찰옥수수는 출사후 20~34일까지 14.5%가 증가되어 포엽의 비율이 초당옥수수보다 큰 것으로 나타났다.

한편 종실의 發達樣相에 있어서는 초당옥수수 및 찰옥수수가 相異한 면을 보였는데 길이의 신장은 초당옥수수가 더 크고 두께의 신장은 찰옥수수가 더 크게 나타났다(그림 1). 따라서 종실의 길이와 밀접한 관계를 맺고 있는 穗莖의 증가는 초당옥수수가 顯著하였고 찰옥수수는 출사 22일 이후 그 변화가 적었다.

이와같이 종실의 발달양상은 그림 2에 나타난 바와 같이 종실의 형태에도 영향을 미치게 된다. 종실의 길이 신장이 종실의 넓이 및 두께의 신장에 비해 더 큰 초당옥수수의 종실형태는 馬齒種(dent corn)과 類似한 傾向을 보이는 반면에 찰옥수수는 두께의 신장이 더 크므로 종실의 형태가 球型으로 발달하게 되는 것으로 보였다.

種實 特有의 색깔은 食用옥수수의 商品性을 높이고 食味를 좋게 하는데 대체적으로 찰옥수수는 황색, 백색, 검정색 및 이들의 混合色을 띄고 있다. 찰옥 1호는 乳白色이고 Cocktail 86은 黃色과 白色의 比率이 3:1 程度인 Bi-color로서 그림 2(사진)에서 보는 바와 같이 Bi-color는 出絲後 22일부터 나타나기 시작한다.

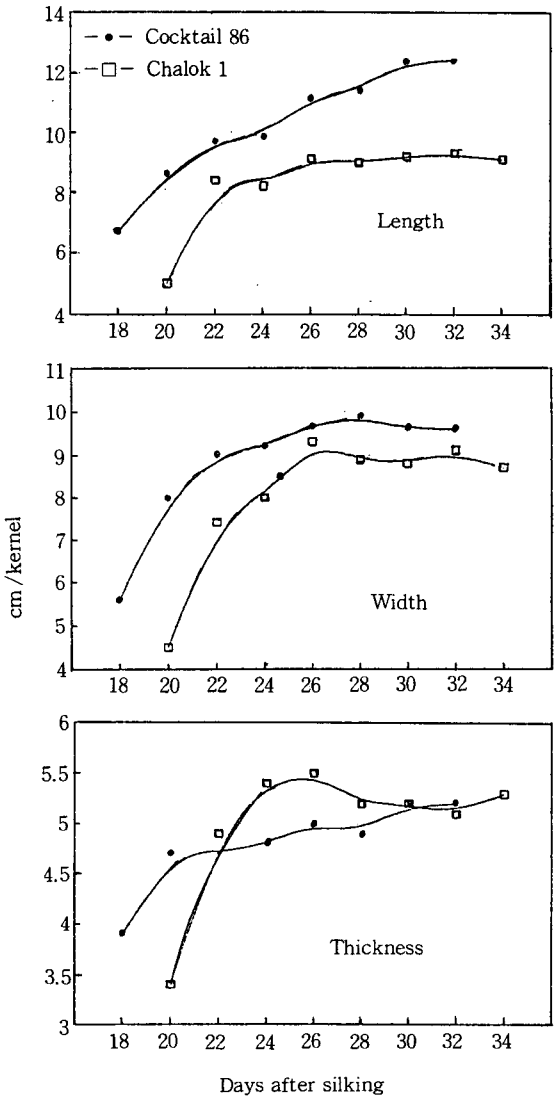

Fig 1. Changes in length, width and thickenss of kernel after silking of Chalok 1(Waxy corn) and Cockatail 86(Super sweet corn).

種皮는 種子學的 側面에서 볼 때 外部의 機械的 損傷이나 病蟲害의 侵害로부터 種子를 保護한다. 종피의 두께는 全生育期間을 통하여 變異를 보이며 생육 초기에는 비교적 두껍고 組織이 軟하며 그 構造도 뚜렷하지만 熟期가 進展됨에 따라 점차 얇고 단단해진고 한다[8]. 또한 종피는 식미의 중요 특성인 質感(tendernesss)과도 밀접한 관계를 맺고 있는데 너무 두꺼울 경우 食味의 障害 要因으로 作用하기도 한다[3,10] 출사후 일수에 따른 종피두께의 변화는 초당옥수수가 출사 24일 이후 安定的인 변화를 나타냈으나 찰옥수수는 急激한 증가를 보였다.

종피가 질감과 밀접한 관계를 맺고 있다면 硬度에도 영향을 미치리라 思料되고 초당옥수수는 종피의 두께와 종실 경도간에 有意性이 없었으나 찰옥수수는 正의 상관이 認定되었다. 종피의 두께 및 종실 경도는 식미와도 유의한 정의 상관을 보였으나 초당옥수수는 종피의 두께만이 정의 상관을 나타냈다(표 2).

胚乳의 炭水化物 合成과 관련된 突然變異는 sucrose로부터 澱粉合成에 필요한 물질인 ADP-

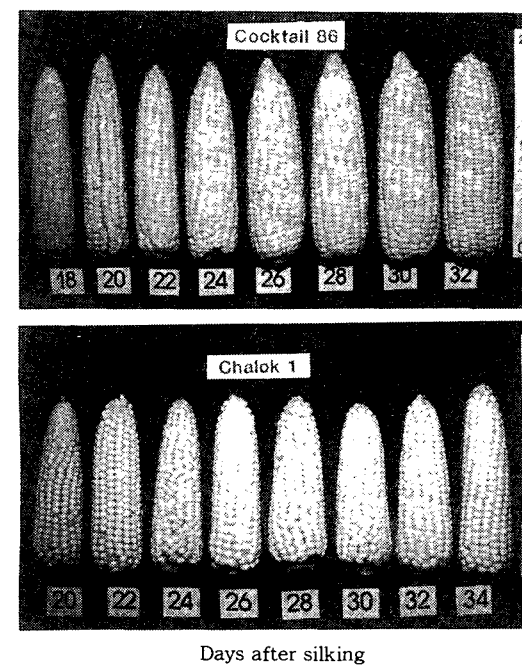

Fig 2. Development of ears after silking.

Table 1. Changes in major characteristics of super sweet corn and waxy corn after silking

Hybrids	DAS	Ear ①	Dehusked ear			②/①	Moisture content	Hardness	Pericarp thickness	Soluble solids	Flavor rate
		Weight	Weight②	Length	Diameter						
		(g/ear)		(cm)	(cm)	(cm)	(%)	(%)	(kg)	(μm)	(1-7)
Cocktail 86 (super sweet corn)	18	246.0	137.4	17.6	3.9	55.9	86.3	0.9	8.5	11.7	1.0
	20	250.8	150.0	17.9	4.0	60.0	81.5	1.2	14.1	16.3	2.0
	22	246.3	164.8	18.4	4.1	67.1	75.2	1.1	15.4	18.7	3.1
	24	271.5	196.2	18.3	4.6	72.2	74.8	1.1	22.2	15.4	4.4
	26	337.5	252.5	18.4	5.1	75.1	74.9	1.1	22.9	15.2	5.4
	28	339.7	263.8	18.4	5.2	77.7	73.9	1.1	24.8	15.0	6.1
	30	342.7	265.8	18.6	5.2	77.5	73.8	1.3	23.2	14.2	5.3
	32	337.7	285.7	18.6	5.2	84.6	73.5	1.3	23.3	14.1	4.6
Chalok 1 (Waxy corn)	20	208.0	111.0	15.4	3.8	53.5	81.4	1.0	18.4	10.3	1.8
	22	218.3	119.0	15.8	3.9	56.0	73.5	1.4	26.7	12.2	2.3
	24	230.5	129.3	16.1	4.1	56.6	69.0	1.3	27.0	12.7	3.1
	26	250.3	141.3	16.2	4.2	56.9	68.2	1.9	46.3	12.4	3.4
	28	228.8	145.7	16.1	4.3	63.5	68.6	1.9	49.0	12.2	5.3
	30	237.8	146.5	16.1	4.1	62.2	61.0	2.3	47.6	10.7	4.5
	32	238.0	149.2	16.0	4.2	63.3	57.3	2.5	51.7	9.6	4.0
	34	241.2	159.0	16.2	4.1	68.0	53.9	2.4	55.1	7.7	3.8

DAS:Days after silking

Glucose와 UDP-Glucose가 만들어지는데 필요한 酵素들이 缺乏된 경우와 전분합성에 관여하는 효소들의 機能障碍를 나타내는 경우로 分類되는데 배유의 sh2(shrunken-2)인자가 관련된 초당옥수수는 前者에 해당하며 正常옥수수에 비하여 ADP-Glucose의 수준이 감소됨으로 결과적으로 sucrose로 부터 전분의 합성이 방해를 받기 때문에 배유의 sucrose 함량이 높은 것으로 알려져 있고 찰옥수수의 경우는 後者에 해당하는 것으로 특히 澱粉 合成酵素와 結合된 澱粉粒子가 缺如되어 결과적으로 amylopectin만 生産된다고 하나 그 합성경로에 대해서는 아직 明確하지 않다[2,4].

그림 3에서 보는 바와 같이 초당옥수수는 찰옥수수에 비하여 總糖의 含量이 越等히 높으며 特히 Sucrose의 함량이 높기 때문에 매우 단맛을 낸다. 특히 還元糖인 fructose나 glucose는 生育初期에는 높으나 生育後期로 갈수록 그 함량이 점차 감소되었는데 이러한 結果는 熟期가 進展됨에 따라 還元糖의 含量이 漸次로 減少되는 반면 sucrose 함량은 점차 높아질 뿐만 아니라 생육 후기까지도 安定的인 變化를 보인다는 James 등[4]의 報告와 一致하였다.

또한 表 2에서 보는 바와 같이 Sucrose는 glucose 및 fructose와 負의 相關 關係가 있었는데, 이러한 결과는 糖合成 cycle에 있어 sucrose의 증가는 상대적으로 glucose 또는 fructose의 감소를 誘發하고 glucose, fructose의 증가는 sucrose의 감소를 가져오는 可逆的 또는 相補的 關係에 基因했기 때문인 것으로 推測되나, 이에 대해서는 보다 具體的인 檢討가 要望된다.

그런데 지금까지 당함량에 대한 簡易 測定 方法으로 屈折糖度計를 이용한 가용성 고형물의 함량(Brix %)을 주로 사용하여 왔는데 가용성 고형물과 總糖과의 관계를 볼 때 찰옥수수는 正의 相關이 있었으나, 초당옥수수는 상관이 낮고 glucose 및 fructose와는 오히려 負의 상관이 있었을 뿐만 아니라 찰옥수수와 더불어 食味에 관련이 적은 것으로 나타났으므로 가용성 고형물의 측정으로 당함량의 정도를 나타내는 것은 부적합한 것으로 판단되로 나타났으므로 가용성 고형물의 측정으로 당함량의 정도를 나타내는 것은 부적합한 것으로 판단되었다[5].

Table 2. Correlation coefficients between investigated characteristics of super sweet corn and waxy corn

• Cocktail 86(Super sweet corn)

	Moisture content 1)	Pericarp thickness 2)	Hardness 3)	Soluble solids 4)	Sucrose 5)	Glucose 6)	Fructose 7)	Total sugar 8)	Flavor rate 9)
1)	–	−0.833**	−0.436*	−0.402*	−0.638**	0.789**	0.819**	−0.075	−0.886**
2)			0.318	−0.053	0.703**	−0.652**	−0.685**	0.243	0.897**
3)				0.171	0.137	−0.665**	−0.656**	−0.367*	0.329
4)					0.139	−0.379*	−0.394*	−0.081	0.106
5)						−0.449**	−0.499**	0.678**	0.861**
6)							0.997**	0.331	−0.662**
7)								0.269	−0.704**
8)									0.392*

• Chalok 1(Waxy corn)

	Moisture content 1)	Pericarp thickness 2)	Hardness 3)	Soluble solids 4)	Sucrose 5)	Glucose 6)	Fructose 7)	Total sugar 8)	Flavor rate 9)
1)	–	−0.834**	−0.901**	0.521**	−0.233	0.769**	0.756**	0.799**	−0.513**
2)			0.810**	−0.347	0.280	−0.609**	−0.583**	−0.578**	0.789**
3)				−0.685**	−0.053	−0.589**	−0.579**	−0.725**	0.452**
4)					0.462**	0.253	0.263	0.534**	0.198
5)						−0.569**	−0.572**	−0.915**	−0.505**
6)							0.996**	0.905**	−0.513**
7)								0.913**	−0.483**
8)									−0.286

以上의 各種 調査特性들과 食味 反應과의 관계를 살펴볼 때 초당옥수수 및 찰옥수수 모두 水分의 含量 및 glucose, fructose는 식미와 부의 상관관계가 있었고 種皮의 두께 및 sucrose 함량은 정의 상관이 있었으나 總糖의 含量은 초당옥수수에서만 正의 相關이 認定되었고, 種實의 硬度는 찰옥수수에서만 認定되었으므로 熟期의 進展에 따른 食味를 左右하는 重要要因으로서는 초당옥수수의 경우, 종피의 두께 및 sucrose 함량 및 총당의 함량이 品質을 좌우하고 찰옥수수는 종피의 두께 및 종실의 경도와 sucrose 함량이 品質을 좌우하는 要因으로 思料되었다.

摘 要

풋옥수수로 이용되는 찰옥수수 및 超糖옥수수의 品質에 關聯된 各種 特性을 檢討하고 이를 新品種 育成의 基礎資料로 活用하고자 本試驗을 遂行하여 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 이삭의 發達은 出絲 22−24일을 前後로 그 길이가 決定되는 것으로 나타났으며 種實의 발달에 있어 超糖옥수수는 길이가 찰옥수수는 두께의 발달이 顯著하였다.

2. 출사후 종실의 水分含量은 찰옥수수가 초당옥수수에 비해 急激히 減少되었고 種實의 硬度 및 食味와 負의 相關을 나타냈다.

3. 種皮의 두께는 出絲 24일 이후 초당옥수수의 變化는 작았으나 찰옥수수는 持續的인 증가를 나타냈으며 種實의 硬度에 影響을 미치는 要因이었다.

4. 可溶性 固形物은 찰옥수수의 總糖含量과의 正의 相關을 나타냈으나 超糖옥수수는 有意性이 없었고 食味와도 關聯이 적어 맛의 評價基準에 不適合한 것으로 判斷되었다.

5. 種實의 硬度는 찰옥수수의 경우 食味와 가장

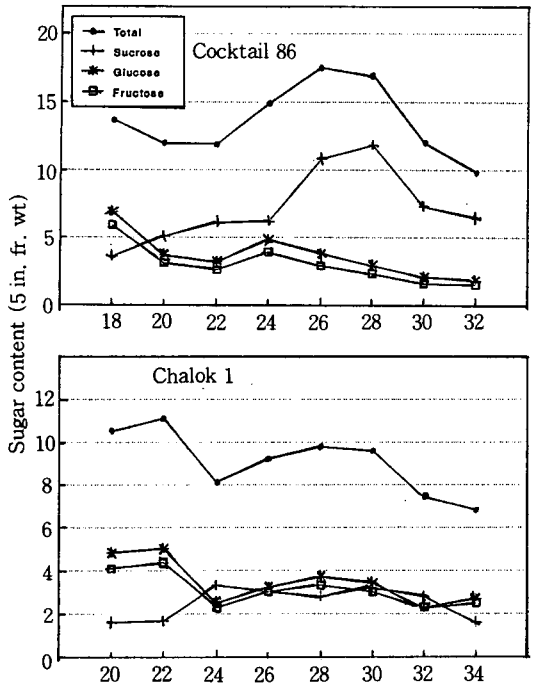

Fig 3. Changes in sugar content after silking of Chalok 1(Waxy corn) and Cocktail 86 (Super sweet corn)

密接한 關係를 맺고 있는 要因으로서 生育後期로 갈수록 急激한 增加를 보였던 반면 超糖옥수수는 變化가 微微하였으며 總糖 및 可溶性 固形物과 負의 相關을 나타냈다.

6. Glucose 및 Fructose는 超糖옥수수 및 찰옥수수 모두 生育初期에 높았고 食味 및 Sucrose 含量과 부의 상관을 나타냈으며 초당옥수수는 出絲 28日(11.8%) 以後 減少되었으나, 찰옥수수는 出絲 24日(3.3%) 以後 安定的인 變化를 보였다.

7. 찰옥수수는 種實의 硬度가 超糖옥수수는 糖의 含量이 左右하는 要因인 것으로 나타났으며 超糖옥수수는 出絲後 26~30日에, 찰옥수수는 出絲 28日 以後의 것이 높은 食味反應을 보였다.

引 用 文 獻

1. Dale O., Wilson. Jr. and Susan E. Trawatha. 1991. Physiological maturity and vigor in production of 'Florida Staysweet' shrunken-2 sweet corn seed. 1991. Crop Sci. 31:1640-1647.
2. D.P. Coine, J.M.Poehlman. 1983. Plant breeding reviews. AVI publish company: 103-161.
3. Glenn M.Ito and James L.Brewbaker. 1981. Genetic advance through mass selection for tenderness in sweet corn. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(4):496-499.
4. James F. Kientz, J.K.Greig and H.L. Mitchell. 1966. Sugar components of sweet corn cultivars as influenced by maturity. Amer. Soc. Hort. Sci. 87:313-317.
5. 이석순, 이상준, 김대연. 1987. 貯藏溫度와 期間에 따른 단옥수수의 品質變化. 韓作誌 32(2) 137-143
6. 朴勝義, 車善佑, 金翊鎬, 金善林, 趙在衍, 柳海榮, 李成烈, 柳仁模, 金七鉉, 許忠孝. 1993. 早熟 高糖度 超糖옥수수 新交雜種 "超糖玉 1號". 農業論文集 35(1):190-194.
7. _____, 朴根龍, 車善佑, 孫永姬, 朴來敬, 宋洙懋, 洪正基, 金義會. 1992. 早熟 良質 찰옥수수 交雜種 "찰옥 1호". 農試論文集 (田. 特作篇) 34(1):61-64.
8. Purdy, J.L. and P.L.Crane. 1967. Influence of pericarp on differtial drying rate in mature corn. Crop Sci. 7:379-381.
9. Spadlign, D. H., P.L.Davis and W.F. Reeder. 1978. Quality of sweet corn stored in controlled atomsphere or under low pressure. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(6) :592-595.
10. Wolf M.J., Irene M.Cull, J. L. Helm and M.S. Zuber. 1969. Measuring thickness of excised mature corn pericarp. Agron., J. 61:777-779.