

찰옥수수 교잡종의 식미관련 주요 특성

정태욱 · 김선림 · 문현귀 · 손범영 · 김시주 · 김순권*†

작물과학원, *경북대학교

Major Characteristics Related to Eating Quality in Waxy Corn Hybrids

Tae wook Jung, Sun Lim Kim, Hyeon Gui Moon, Beom Young Son, Si Ju Kim, and Soon Kwon Kim*†

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

*Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea

ABSTRACT : This study was carried out to investigate selectable criteria in evaluating waxy corn F₁ hybrids for developing good eating quality waxy corn variety. The physicochemical property analysis of 6 waxy corn F₁ hybrids - Chalok1, Chalok2, Heugjeomchal, Yeonnong1, Chalok4, and Suwon45 - showed a range of 11.2~13.1% for crude protein, 5.1~6.0% for crude fat, 91.8~92.6% for amylopectin, and 4.5~6.6% for free sugar content. The pericarp thickness which is one of the most important characteristics related to tenderness in waxy corn was ranged 34~47 μ m in 4 waxy corn hybrids - Yeonnong1, Chalok4, Suwon45, and Heugjeomchal. On the other hand, it was ranged 64~81 μ m in Chalok1 and Chalok2. The amylogram analysis by rapid visco analyzer showed that in fresh waxy corn hybrid (DAP25), all amylogram properties except setback were higher in Yeonnong1, Chalok4, and Suwon45 compared to those of Chalok1, Chalok2, and Heugjeomchal. However, in matured waxy corn hybrids (DAP45), the result was the opposite - the amylogram properties were higher in Chalok1, Chalok2, and Heugjeomchal than those of Yeonnong1, Chalok4, and Suwon45. The texture analysis showed that gumminess, chewiness, and hardness increased dramatically with the time after the cooking in Chalok1 and Heugjeomchal. On the other hand, these above properties did not change as rapidly with the time in Yeonnong1, Chalok4, and Suwon45. Gumminess, chewiness, and hardness did not increase much within 6 hours after steaming, but increased significantly 22 hours after steaming. Therefore, we have reached a conclusion that texture analysis of cooked waxy corn should be carried out 6 hours after steaming. In the sensory evaluation, Yeonnong1, Chalok4, and Suwon45 revealed higher palatability - 6.8, 7.1, and 6.9 respectively - than that of Chalok1, Chalok2, and Heugjeomchal. The palatability analysis of 6 waxy corn hybrids showed palatability positively correlating with free sugar content, 100-kernel weight, kernel length, ker-

nel width, and consistency, but negatively correlating with pericarp thickness, hardness, gumminess, and chewiness.

Keywords: maize, waxy corn, hybrid, eating quality

국내의 식용 찰옥수수 재배면적은 15,300 ha('03)이며 시장규모는 물량으로 약 1,500억원 정도이다. 국내 식용 찰옥수수 종자보급 현황을 보면 종자 보급량은 평균 연간 60톤 규모이며 이 중 국산종자의 보급량은 48톤으로 약 80% 수준이다. 재배면적으로 환산해 보았을 때 국내의 식용 찰옥수수 종자 소요량은 238톤으로 아직도 약 180톤을 더 공급할 수 있는 시장여력을 지니고 있다. 해마다 옥수수 보급종자가 부족해 품귀현상이 나타나고 있지만 국내 옥수수 육종연구 및 종자산업 기반이 약한 탓에 부족한 종자량은 보급종자를 자가 채종한 F₂ 종자나 재래종을 이용하고 있는 실정이다. 품질이 낮고 값싼 중국산 옥수수의 수입물량이 증가 할 수밖에 없는 현실에서 국내 찰옥수수 시장을 방어하고 대외 경쟁력을 확보하기 위해서는 품질고급화 전략을 채택할 수밖에 없다. 홍 등(1994)은 국내에서의 찰옥수수 품질고급화를 위해서는 해외에서 많은 연구가 이루어지고 있는 단, 초당옥수수 보다는 전통적으로 재배되어온 찰옥수수를 대상으로 질감성(tenderness) 개선 등 식미개선과 영양가 증진을 위한 연구가 이루어져야 한다고 주장하였다.

이 등(2002)은 남부지역에 적합한 찰옥수수 품종육성을 위하여 한국, 중국, 미국의 교잡종들에 대한 생육비교시험을 한 결과 중국 교잡종들은 숙기가 느리고 도복에 매우 약하였으며 미국교잡종은 이삭길이가 길고 굵으며 이삭중이 무거웠고 한국의 교잡종들은 맛에 있어서 매우 우수한 특성을 보였다고 하였다. 국내에서의 찰옥수수 품질에 관련된 연구는 대부분 씹힘성(chewiness)과 관련된 과피에 대한 연구가 대부분인데 옥수수 과피두께(pericarp thickness)의 유전효과는 일반조합능력 효과가 크며 과피두께를 얇게 하는 유전자의 효과가 두꺼운 유전자보다 우성적으로 작용하며 모계효과가 크고(최 등, 1993;

†Corresponding author: (Phone) +82-53-950-6707 (E-mail) kimsk@knu.ac.kr

이 등, 1993) 과피두께는 생육후기로 갈수록 점차 얇아진다고 하였으며(Purdy & Crane, 1967) 과피두께가 두꺼울수록 식미 조사 대부분의 형질에 악영향을 끼친다고 하였다(박 등, 2004).

김 등(1994)은 숙기에 따른 찰옥수수 특성의 변화와 식미관련 요인들에 대한 검토를 하였고 검정 찰옥수수 종실에 함유된 주요 색소인 cyanidin-3-glucoside를 분리 동정하기도 하였다(김 등, 1999). 정 등(2001)은 흰색과 검정색 찰옥수수의 품질관련 특성을 비교하기도 하였으며 냉동 찰옥수수의 수요가 늘어남에 따라 장기 안전 저장 및 해동이 품질에 미치는 영향에 대한 분석도 이루어 졌다(송 등, 1997).

본 연구는 풋 찰옥수수의 식미와 관련된 품질개량 연구가 국, 내외를 막론하고 매우 미미하여 먼저 식미와 관련된 주요 특성들에 대하여 분석하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료 및 재배법

식미의 차이가 유의한 찰옥수수 F₁ 교잡종 찰옥1호, 찰옥2호, 흑점찰, 연농1호, 찰옥4호, 수원45호 등 6교잡종을 2004년 작물과학원 전작포장에서 4월 22일에 파종하여 작물과학원 옥수수 표준재배법에 준하여 재배하였고 옥수수 이삭의 수분(pollination)이 동시에 이루어 질 수 있도록 출사 직전 silk bag을 씌워 두었다가 전 개체의 출사가 완료된 출사 4~5일 후에 동시에 인공 교배하였다. 교배 후 25일과 45일에 시료를 수확하여 -80°C에 급속 냉동보관한 후 시험에 이용하였다.

종실특성 조사

과피두께는 종실 germ side 중간부위의 절편을 떼어내어 종피를 제거한 후 micrometer로 측정하였고(Purdy & Crane, 1967) 립형은 digimatic caliper (Mitutoyo Co. Japan)로 옥수수 낱알의 길이, 폭, 두께를 측정하였다.

일반성분 분석

시료의 조지방 함량은 A.O.A.C.법(A.O.A.C., 1995)으로 측정하였고, 조단백질 함량은 단백질 자동분석기(2400 Kjeltec,

FOSS)를 이용하였으며 옥수수 가루 500 mg을 평량하여 200 ml 분해관에 넣고 여기에 분해촉매제(K₂SO₄ 3.5 g + Se 3.5 mg) 1정과 황산 10 ml을 가하여 420°C 분해열판에서 40분간 분해하고 분해완료 후 냉각한 분해관을 자동증류, 적정장치로 옮겨 증류 및 적정을 하였다. 아밀로펙틴 함량은 Juliano법에(Juliano, 1985) 준하여 분석하였으며 옥수수 이삭의 가운데 부위에서 낱알을 채취하여 낱알 통째로 마쇄한 100 mg의 옥수수 가루에 95% ethanol 1 ml와 1N NaOH 9 ml를 가해 끓는 물 속에 8분간 호화 시킨 후 냉각시켜 그중 5 ml를 취해 1N acetic acid 1 ml와 2% I₂-KI solution 2 ml를 가해 증류수로 100 ml까지 채우고 620 nm의 파장에서 spectrophotometer를 이용하여 흡광도를 측정하였으며 아밀로스 함량을 구한 후 환산하였다. 유리당은 옥수수 가루 1 g을 증류수 20 ml로 희석 후 shaker에서 한 시간 동안 추출한 다음 활성탄을 첨가하여 15,000 rpm으로 30분간 원심분리를 하고 상등액 1 ml를 취하여 Sep pak을 이용하여 여과한 후 HPLC(Waters Model 510)로 분석하였다.

Rapid viscogram 분석

Amylogram 특성은 Rapid Visco Analyzer (RVA-3D, Newport Scientific)를 이용하여 25 ml의 증류수에 시료 3 g을 넣어 시료별 3회 반복하여 시험을 수행하였는데 50°C에서 가열을 시작하여 95°C까지 상승시킨 후에 다시 50°C까지 냉각시키면서 호화개시온도(Initial gelatinization temperature), 최고 점도(P.V.), 최저점도(M.V.), 최종점도(F.V.)를 구하였다. 그리고 이러한 특성들을 이용하여 강하점도(Breakdown, P.V.-M.V.), 치반점도(Setback, F.V.-P.V.), 응집점도(Consistency, F.V.-M.V.)를 계산하였다(임 등, 1995).

옥수수 낱알의 texture 분석

Texture 분석을 위하여 시료는 낱알상태로 시료별 50 g씩 용량 20 l 스텐레스 용기에 물 2 l를 넣고 98~100°C의 상압에서 45분간 열을 가한 후 Texture analyzer (TA-XT2)를 이용하여 물성을 측정하였다. Texture analyzer의 측정조건은 option : TPA(texture profile analysis), probe : 2 mm, graph type : force vs time, distance threshold : 0.5 mm, contact force :

Table 1. List and the parents of tested six waxy corn F₁ hybrids.

Materials	Seed parent		Pollen parent	
	Inbred line	Origin	Inbred line	Origin
Chalok1	KW1	Pyeongchang	KW2	Hongcheon
Chalok2	KW7	Pyeongchang	KW3	Gosung/Gansung
Heugieomchal	KL103	Unknown	KW7	Pyeongchang
Yeonngong1	Unknown	Bosung	Unknown	Jewon
Chalok4	KW33	China	KW35	Yeonngong1
Suwon45	KW51	Jilin China	KW35	Yeonngong1

5.0 g, pre test speed : 5 mm/s, post test speed : 5 mm/s, distance : 80%이었다. 종실의 노화도를 분석하기 위한 낱알의 texture분석은 증자 후에 보온은 하지 않고 보습만 유지한 채 2시간, 6시간, 22시간, 29시간 상온에 둔 후 각 시간대별로 시료별로 15립을 측정하여 최고, 최저값을 제외하고 평균값을 구하였다.

관능검사

관능검사는 교잡종 별로 5개의 이삭을 texture분석 시료와 동일한 방법으로 증자한 후 6시간 동안 상온에서 식힌 다음 작물과학원 옥수수연구실 연구원 10명을 대상으로 수행하였다. 본 관능검사는 대비 품종인 찰옥1호를 5점을 주어 비교평가법으로 조사하였으며(1, 3, 5, 7, 9점) 1은 아주 나쁨, 3은 나쁨, 5는 보통, 7은 좋음, 9는 아주 좋음으로 나타내어 3회 반복시험 한 후 평균하였다(김과 구, 2001).

찰옥수수 전분의 아밀로펙틴 분지 분포 분석

찰옥수수 전분의 아밀로펙틴 미세구조를 분석하기 위하여 HPAEC-PAD (High performance anion exchange chromatography-pulsed amperometric detector)를 이용하여 α -1,4-glucan chain fraction의 길이와 분포를 Nishi 등(2001)의 방법을 변형하여 측정하였다. 호화된 전분 1.0 ml을 1.8 μ l tube에 넣고 0.6 M, sodium acetate buffer(pH 4.4) 50 μ l를 넣은 다음 2%(w/v) Na₃ 10 μ l를 첨가하였다. 전분의 사슬을 끊어 주기 위하여 isoamylase(1400 unit) 10 μ l를 첨가한 후 37°C에서 24시간동안 incubation 시켜주었다. 반응을 끝내기 위해 6% ammonium 용액(pH 9.0)을 첨가하고 sodium borohydride 50 μ l를 넣은 다음 알카리 조건하에서 24시간동안 상온에 둔 후 0.45 ml 증류수로 희석하였다. 분석에 사용된 기기는 PAD가 장착된 BioLC(system model DX300, Dionex, Sunnyvale, CA)이며 Carpac PA1(Dionex 4 × 250 mm, P/N35391)칼럼을 사용하였다. Eluents는 A(150 mM NaOH), B(500 mM sodium acetate)를 이용하여 1 ml/min의 flow rate로 시료양 20 μ l를 주입한 후 분석하였다.

식미관련 형질들 간의 상관관계

통계프로그램 SAS(v.8.2)를 이용하여 일원배치 분산분석을 하였고 조사된 품질관련 특성들 간의 상관성은 Pearson의 방법에 의해 유의성을 검정하였다.

결 과

일반성분 및 주요 식미관련 특성분석

Table 2와 같이 찰옥1호와 찰옥2호는 과피두께가 각각 81 μ m, 64 μ m로 두꺼운 것으로 나타났으며 연농1호는 34 μ m로 가장 얇게 나타났다. 100립중의 경우 흑점찰이 27.8 g으로 가

장 가벼웠고 연농1호, 찰옥4호, 수원45호는 각각 38.6 g, 40.0 g, 41.9 g으로 100립중이 무거웠다. 낱알의 크기를 보면 립장의 경우 찰옥1호, 찰옥2호, 흑점찰, 연농1호가 8.8~9.0 mm로 유의적인 차이가 없었던 반면 찰옥4호와 수원45호는 각각 9.4 mm, 9.7 mm로 립장이 길게 나타나 다른 교잡종들과 유의적인 차이를 보였다. 립폭에 있어서도 흑점찰이 7.9 mm로 작은 반면 연농1호와 찰옥4호, 수원45호 등은 9.8~10.5 mm로 매우 큰 교잡종에 속하였다. 특히 연농1호가 립장과 립폭은 작은 교잡종에 속하지만 립두께는 5.7 mm로 가장 두꺼운 것으로 나타났다. 전반적으로 찰옥4호와 수원45호가 대립이면서 과피가 얇고 립중이 무거운 교잡계에 속하는 특징을 나타내었다.

식미와 관련이 있을 것으로 추정되는 이화학적 성분을 분석한 결과(Table 3) 단백질 함량은 찰옥1호가 가장 높았고 다음은 수원45호, 찰옥2호, 찰옥4호, 흑점찰, 연농1호의 순으로 높았다. 또한 지방함량은 수원45호가 6.0%로 가장 높았지만 나머지 교잡종들은 5.1~5.4%의 분포를 보여 차이가 없음을 알 수 있었다. 아밀로펙틴 함량의 경우 최고 92.6%, 최저 91.8%로 교잡종간 유의성이 없는 것으로 나타났다. 유리당 함량은 흑점찰과 찰옥1호가 각각 4.5%와 5.6%로 조금 낮았으며 찰옥2호, 연농1호, 찰옥4호, 수원45호들은 6.1~6.6%로 4교잡종 간에는 유의성이 없었지만 흑점찰, 찰옥1호보다는 높았고 특히 찰옥4호는 흑점찰, 찰옥1호와는 확실히 유리당 함량에서 유의적인 차이를 나타내었다.

온도변화에 따른 찰옥수수 가루의 호화특성을 나타내는 아밀로그래프 특성을 조사하기 위하여 교배 후 25일에 수확된 풋찰옥수수 상태의 시료(Table 4)와 교배 후 45일 이상 되어 생리적 성숙기가 지나 완전히 성숙되고 건조된 종실상태의 시료(Table 5)를 비교 분석하였다.

Table 4에서 풋 찰옥수수의 낱알을 동결 건조 시킨 분말로 아밀로그래프를 분석한 결과 연농1호, 찰옥4호, 수원45호 등은 찰옥1호, 찰옥2호, 흑점찰 등의 교잡종에 비해 최고점도, 최저

Table 2. Varietal variation of pericarp thickness, 100-kernel wt. and kernel size characteristics of six waxy corn hybrids.

Materials	Pericarp thickness (μ m)	100-kernel wt.(g)	Kernel size (mm)		
			Length	Width	Thickness
Chalok1	81	34.1	8.9	8.8	5.4
Chalok2	64	28.7	9.0	8.2	4.4
Heugjeomchal	47	27.8	9.0	7.9	4.8
Yeonong1	34	38.6	8.8	9.8	5.7
Chalok4	41	40.0	9.4	10.1	5.2
Suwon45	40	41.9	9.7	10.5	5.1
Mean	51.1	35.2	9.1	9.2	5.1
F-Value	223.6**	527.9**	4.2**	16.9**	7.9**
LSD (5%)	2.5	0.7	0.3	0.4	0.3
CV (%)	4.1	1.1	3.9	5.1	6.2

Table 3. Physico-chemical properties of six waxy corn hybrids.

Materials	Starch content(%)		Crude protein(%)	Crude fat(%)	Free sugar (%)				
	Amylose	Amylopectin			Total	Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose
Chalok1	7.4	92.6	13.1	5.1	5.6	1.9	2.2	1.1	0.4
Chalok2	7.4	92.6	12.2	5.2	6.1	1.9	2.3	1.2	0.7
Heugjeomchal	7.4	92.6	11.5	5.4	4.5	0.8	1.4	1.7	0.6
Yeonngong1	7.6	92.4	11.2	5.1	6.3	2.0	2.6	1.3	0.4
Chalok4	8.1	91.9	11.8	5.3	6.6	2.2	2.5	1.6	0.3
Suwon45	8.2	91.8	12.4	6.0	6.2	2.2	2.3	1.3	0.5
Mean	7.7	92.3	12.1	5.4	5.9				
F-Value	ns	ns	24.4**	7.2*	8.3**				
LSD (5%)	1.1	1.1	0.4	0.4	0.7				
CV (%)	5.7	0.5	1.7	2.9	6.3				

Table 4. Amylogram properties of the fresh waxy corn hybrids analyzed by rapid visco analyzer.

Materials	Amylogram properties (RVU)					
	P.V. ⁽¹⁾ (P)	M.V. ⁽²⁾ (H)	F.V. ⁽³⁾ (C)	Breakdown (P-H)	Consistency (C-H)	Setback (C-P)
Chalok1	106.7	62.8	85.8	43.9	23.0	-20.8
Chalok2	105.0	65.0	86.8	40.0	21.8	-18.2
Heugjeomchal	114.4	73.4	94.2	41.0	20.8	-20.2
Yeonngong1	170.1	95.2	125.8	75.0	30.6	-44.3
Chalok4	155.3	80.6	108.8	74.7	28.2	-46.5
Suwon45	160.5	86.5	115.8	74.0	29.3	-44.7
Mean	135.4	77.3	102.9	58.1	25.6	-32.5
F-Value	233.2**	171.3**	360.5**	212.4**	140.4**	116.3**
LSD (5%)	6.5	3.2	2.9	4.1	1.2	4.3
CV (%)	1.9	1.6	1.1	2.8	1.8	5.2

(1) Peak Viscosity, (2) Minimum Viscosity, (3) Final Viscosity

점도, 최종점도 모두 유의하게 높았다. 최종점도의 경우 연농 1호가 170.1 RVU로 가장 높았고 찰옥4호, 수원45호가 각각 155.3 RVU, 160.5 RVU로 높은 반면 흑점찰, 찰옥1호, 찰옥2호는 105.0~114.4 RVU로 매우 낮았다. 최저점도, 최종점도의 경우에도 연농1호, 찰옥4호, 수원45호가 높은 반면 찰옥1호, 찰옥2호, 흑점찰 등은 낮게 나타났다. 강하점도(breakdown)와 응집점도(consistency)는 연농1호, 찰옥4호, 수원45호 등의 교잡종들이 74.0~75.0, 28.2~30.6 RVU로 높게 나타난 반면 찰옥1호, 찰옥2호, 흑점찰 등은 낮은 것으로 나타났다. 치반점도(setback)는 부의 값을 나타내어 연농1호, 찰옥4호, 수원45호 등이 찰옥1호, 찰옥2호, 흑점찰 보다 오히려 낮게 측정이 되었다. 본 시험의 결과를 찰옥수수 품질육종의 선발기준으로 이용하고자 할 때는 무엇보다도 다량의 육종재료를 간편한 방법으로 준비할 수 있어야 하며 신속한 분석방법을 취하는 것이 유리하다. 따라서 본 시험은 교배 후 동일시점에서 수확하는 번거로움을 피하고자 생리적 성숙기가 끝난 교배 후 45일 이후에 수확된 종실상태의 시료를 가지고 아밀로그래를 분석한

결과를 Table 5에 나타내었는데 찰옥수수를 이용하여 분석한 시료의 값들과는 정반대의 양상을 나타내었다. 즉 최고점도, 최저점도, 최종점도, 강하점도 및 응집점도의 값에 있어서 연농1호, 찰옥4호, 수원45호는 찰옥1호, 찰옥2호, 흑점찰 보다 높게 나타난 반면 종실상태로 분석한 결과는 낮게 나타나는 상이한 결과를 보였다. 또한 치반점도(setback)의 경우에는 최종점도에서 최고점도를 뺀 값으로 환산한 것인데 찰옥수수 상태에서는 최종점도가 최고점도보다 낮게 나와서 부의 값을 가지게 된 반면 종실상태의 옥수수 시료들은 오히려 최종점도의 값이 최고점도보다 높게 나타나서 양의 값을 가지게 된 것이다. 품종별 쌀의 아밀로그래 특성 변이를 분석한 보고의 경우(임 등, 1995) 동진벼 등 24개 품종의 치반점도가 모두 양의 값으로 나온 반면 이 등(1996)이 보고한 결과에 따르면 같은 동진벼라도 치반점도의 값이 양으로 나타났는데 이에 대한 자세한 보고는 이루어지지 않았다.

Texturimeter를 이용하여 증자 후 배유조직의 굳어짐이나 노화도의 정도를 비교하기 위하여 찰옥수수 시료를 증자한 후에

Table 5. Amylogram properties of matured waxy corn hybrids analyzed by rapid visco analyzer.

Materials	Amylogram properties (RVU)					
	P.V. ⁽¹⁾ (P)	M.V. ⁽²⁾ (H)	F.V. ⁽³⁾ (C)	Breakdown (P-H)	Consistency (C-H)	Setback (C-P)
Chalok1	152.2	136.6	174.1	15.6	37.5	21.9
Chalok2	144.8	132.5	168.6	12.3	36.2	23.8
Heugjeomchal	135.5	123.4	162.7	12.1	39.3	27.2
Yeonmong1	129.4	117.1	153.4	12.3	36.3	24.0
Chalok4	71.4	66.3	98.1	5.1	31.8	26.7
Suwon45	102.8	100.4	130.5	2.5	30.1	27.7
Mean	122.7	112.7	147.9	10.0	35.2	25.2
F-Value	332.0**	266.6**	413.0**	31.9**	7.4*	8.5*
LSD (5%)	5.5	5.3	4.7	3.0	4.3	2.6
CV (%)	1.8	1.8	1.2	11.6	4.8	4.1

(1) Peak Viscosity, (2) Minimum Viscosity, (3) Final Viscosity

상온에서 식히면서 2시간, 6시간, 22시간 및 29시간 등 시간대별로 4회에 걸쳐 낱알의 texture를 측정하였다(Table 6). Texture분석에 있어서 껌성(gumminess), 경도(hardness), 씹힘성(chewiness)은 연농1호, 찰옥4호, 수원45호 등은 시간대별 변화의 폭이 작았던 반면 찰옥1호와 흑점찰은 그 변화의 폭이 매우 큰 것으로 나타났다.

연농1호의 껌성은 최초 2시간대가 114이며 최종 29시간대가 145로 그 차이가 31로 나타난 반면 흑점찰의 경우 2시간대의 측정값이 137, 29시간대가 278이어서 그 차이가 141로 시간대별 변화의 폭이 매우 크게 나타남을 알 수 있었다. 경도의 경우에는 증자 후 시간대별 변화의 폭이 껌성보다 더 크게 나타났는데 찰옥1호가 754(2시간), 1,068(29시간)을 보여 그 차이가 314로 큰 반면 찰옥4호는 494(2시간), 513(29시간)으로 겨우 19밖에 차이가 나지 않았다. 전체적으로 보았을 때 연농1호, 찰옥4호, 수원45호가 시간대별 경도의 변화가 적었던 것과 비교해 보면 찰옥1호, 찰옥2호, 흑점찰의 변화의 폭은 매우 크다는 것을 알 수 있었다.

씹힘성의 경우에도 찰옥1호, 찰옥2호, 흑점찰등의 시간대별 변화의 폭이 연농1호, 찰옥4호, 수원45호에 비해 크게 나타나 껌성, 경도와 비슷한 경향치를 나타내었다. 특히 찰옥4호의 경우 껌성, 경도, 및 씹힘성의 시간대별 차이가 각각 9, 19, 9 정도로 매우 낮아 노화도가 매우 느리게 진행됨을 알 수 있었다. 시간대별로는 껌성, 경도 및 씹힘성 모두 초기 2시간에서 6시간대까지는 찰옥1호를 제외하고 품종간 비슷한 결과를 보이다가 6시간 이후부터 품종간에 유의적인 차이를 관찰할 수 있었으며 22시간 이후 29시간까지 급격한 증가추세를 보였다. 따라서 texture분석을 이용하여 품종간 식미의 차이를 구별하고자 할 경우 최소한 증자 후 6시간이 지난 후부터 측정하는 것이 품종간의 유의성 있는 분석치를 얻을 수 있는 방법이 되는 것으로 사료되었다.

관능검사는 시료를 증자 후 6시간동안 상온에서 식힌 다음 조사하였으며 관능검사의 조사형질은 우선 외관을 먼저 평가한 후 찹기, 단맛, 고소한 맛 등 복합적인 식미(taste)를 측정하고 다음은 과피두께, 씹힘성 및 먹고 난 후 입안에 남는 잔

Table 6. Compare of texture properties according to the time at room temperature after steaming in six waxy corn hybrids.

Materials	Gumminess					Hardness					Chewiness				
	2 hr (A)	6 hr	22 hr	29 hr (B)	B-A	2 hr (A)	6 hr	22 hr	29 hr (B)	B-A	2 hr (A)	6 hr	22 hr	29 hr (B)	B-A
Chalok1	173	165	196	263	90	754	646	748	1068	314	160	158	187	246	86
Chalok2	103	130	142	168	65	460	531	566	702	242	95	119	136	167	72
Heugjeomchal	137	165	206	278	141	564	624	734	937	373	127	164	178	263	136
Yeonmong1	114	102	149	145	31	407	393	526	479	72	112	89	144	139	27
Chalok4	139	132	129	148	9	494	470	514	513	19	128	124	118	137	9
Suwon45	94	116	111	130	36	423	480	375	460	37	84	103	104	125	41
LSD (5%)	42	33	40	92	-	160	99	116	186	-	45	31	41	96	-
CV (%)	26.0	18.3	19.6	36.8	-	23.5	14.7	15.2	20.4	-	29.7	18.3	21.2	40.5	-

Table 7. Sensory evaluation of six waxy corn hybrids.

Materials	Appearance	Taste	Texture	Preference
Chalok1	5.0 [↓]	5.0	5.0	5.0
Chalok2	7.0	6.1	5.9	5.6
Heugjeomchal	5.0	4.6	4.3	4.5
Yeonmong1	6.5	6.4	6.4	6.8
Chalok4	7.5	6.4	6.6	7.1
Suwon45	8.0	6.5	7.0	6.9
Mean	6.5	5.8	5.9	5.8
F-Value	4.8**	2.4**	2.9**	6.6**
LSD (5%)	1.2	1.1	1.3	0.8
CV (%)	18.2	19.3	21.3	13.4

[↓]: 1(poor)~9(excellent)

유물의 정도 등 씹을때의 물성을 측정하는 씹힘성(texture) 및 이 모든 기준을 통합적으로 평가하는 전체적 기호도(preference)를 조사하였다(Table 7). 그 결과 외관은 수원45호, 찰옥4호가 우수하였으며 복합적 식미는 연농1호, 찰옥4호, 수원45호 및 찰옥2호가 6.1~ 6.5의 값을 보였지만 교잡종간 유의성은 없었다. 씹힘성에 있어서는 수원45호가 가장 높은 값을 보였으며 연농1호와 찰옥4호도 각각 6.4, 6.6의 값을 나타내어 흑점찰, 찰옥1호보다 높았다. 전체적 기호도에 있어서 찰옥4호가 7.1로 가장 높은 값을 보였으며 흑점찰은 4.5로 가장 낮았다. 따라서 본 관능검사의 결과 연농1호, 찰옥4호, 수원45호의 3교잡종이 식미가 우수하고 찰옥1호, 찰옥2호, 흑점찰 등이 식미가 좋지 않은 교잡종으로 나타났다.

찰옥수수 전분의 아밀로펙틴 분지분포 분석

전분입자의 구조는 비결정형의 아밀로스와 결정형의 아밀로펙틴이 번갈아 교체되는 ring들 속에서 자라며(Calvert, 1997) 아밀로펙틴의 합성은 성숙한 반결정형 아밀로펙틴 분지속으로 전구체(pre-amylopectin)가 선택적 debranching에 의한 glucan trimming의 cycle에 의해 발생한다고 하였다(Ball et al., 1996). 이러한 찰옥수수 전분의 아밀로펙틴 미세구조를 분석하기 위하여 HPAEC-PAD를 이용하여 α-1,4-glucan chain

fraction의 길이와 분포를 측정하였다. 탄수화물은 약산의 상태 이므로 10~200 mM의 NaOH와 같이 높은 pH의 용리액에서 부분적이거나 또는 완전히 음이온화 되면서 이온교환컬럼에 의한 분리가 가능해 진다. 또한 금과 같은 금속전극의 표면에 서는 전기화학적 산화반응이 쉽게 일어나므로 amperometric detector로 아밀로펙틴의 분지분포를 검출해 낼 수 있다.

찰옥수수의 아밀로펙틴 분지 분포는 전체적으로 DP값에 있어서 b1 fraction(12<DP≤24)의 분포가 가장 높았고 a(DP≤12), b2(24<DP≤36), b3(DP>36)순으로 낮게 나타났는데 이 결과는 일품벼와 S-464를 대상으로 분석한 강 등(2003)의 결과와 일치하는 경향이었다. 각 fraction별로 교잡종간 차이를 비교해 보면 a fraction에서 찰옥1호가 가장 높았고 연농1호가 가장 낮았는데 b2 fraction에서는 정반대로 찰옥1호가 가장 낮았고 연농1호가 높게 나타났다. 그러나 a fraction과 b2 fraction의 아밀로펙틴 분지분포 값의 범위는 각각 25.06~26.47, 13.48~14.92로 큰 차이가 없었다. 또한 찰옥1호와 연농1호의 분지분포는 차이가 난다고 하더라도 흑점찰이 찰옥4호, 수원45호 등과 비슷한 분지분포 형태를 보이므로 교잡종간의 아밀로펙틴 분지분포의 차이는 일정한 경향치를 보여주지는 못하는 것으로 판단되었다. 벼의 경우 일품벼와 S-464간의 a fraction의 분포가 각각 33.75와 13.62이며 b1 fraction이 58.42와 75.82로 그 차이가 크다는 강 등(2003)의 보고와 비교해 보면 본 시험에서는 교잡종간 아밀로펙틴 분지분포의 값은 큰 차이가 없는 것으로 사료되었다.

식미관련 형질들간의 상관관계

단백질 함량 등 이화학적 특성과 아밀로그램 분석 및 관능 검사 등 25개 특성들간의 상관관계는 Table 9와 같다.

단백질 함량은 과피두께, 껍성, 경도, 씹힘성 등 씹을때의 물리적 특성들과 정의 상관을 보였다. 이것은 단백질 함량이 많 아질수록 경도나 씹힘성이 높아져 식미에는 좋지 않은 영향을 미친 것으로 사료된다.

지방함량은 각 형질들과 상관성이 없는 것으로 나타났는데 이것은 교잡종간 지방함량의 차이가 거의 없었기 때문인 것으로 판단된다. 아밀로펙틴 함량은 백립중, 립폭 등과는 부의 상

Table 8. Distribution of glucan-chain fraction in debranched waxy corn starch of six hybrids.

Materials	Debranched fraction [‡] (%)				Remark
	a(DP≤12)	b1(12<DP≤24)	b2(24<DP≤36)	b3(DP>36)	
Chalok1	26.47	58.14	13.48	1.91	hybrid
Chalok2	26.37	57.88	13.70	2.05	"
Heugjeomchal	26.06	57.52	14.28	2.14	"
Yeonmong1	25.06	57.90	14.92	2.12	"
Chalok4	26.41	57.30	14.28	2.02	"
Suwon45	26.30	57.26	14.44	1.99	"

[‡] Grouping of degree of polymerization(DP) numbers followed that of Hanashiro et al.(1996).

관을 보였으며 아밀로그램 분석의 강하점도, 응집점도와의 부의 상관, 치반점도와의 정의 상관 관계를 보였고 관능검사에 있어서 외관, 질감과는 부의 상관을 보였다.

유리당 함량은 관능검사의 전체적 기호도와는 고도로 유의한 정의 상관을 보여 식미와 관련된 중요한 특성으로 사료된다.

아밀로그램 특성들은 각각의 아밀로그램 특성들과도 유기적인 상관관계를 나타냈고 전체적으로 낱알의 크기, 형태 등과 밀접한 상관을 보였으며 texture분석의 경도와 씹힘성과도 공통적인 상관관계를 나타내었다. Texture분석에 있어서 점탄성은 모든 형질과의 상관관계가 성립되지 않았으며 껍성은 단백질, 과피두께, 경도, 씹힘성 등과 정의 상관을 보였고 전체적 기호도와 부의 상관을 나타내어 식미와 밀접한 관련이 있는 특성이므로 사료된다. 경도의 경우 단백질 및 껍성, 씹힘성 등 물리성과 관련된 특성들 대부분과 정의 상관을 보였고 과피두께는 경도와 고도로 유의한 상관을 보였는데 비록 찫옥수수 상태의 과피에 대한 분석이지만 과피두께와 종실경도 간에는 유의성이 없다고 한 김 등(1994)의 보고와는 다른 경향이 있었다. 그리고 치반점도를 제외한 나머지 아밀로그램 특성들과는 모두 부의 상관을 나타내어 호화도와도 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 외관, 맛, 전체적 기호도 등 관능검사의 특성들과도 부의 상관을 나타내어 식미와 밀접하게 관련된 특성의 하나로 사료된다. 관능검사에 있어서 전체적인 기호도에 관여하는 형질들은 유리당, 립폭, 외관, 맛, 질감 등이 고도로 유의한 정의 상관을 보였으며 백립중, 립장, 응집점도와도 정의 상관을 나타내었다. 반면 과피두께, 경도, 껍성, 씹힘성과는 고도로 유의한 부의 상관을 나타내었다.

이상의 결과를 종합해 보면 식미와 관련된 특성들에 있어서 과피두께가 얇으면서 백립중이 무겁고 립장, 립폭 등이 큰 대립의 옥수수가 선호도가 높으며 texture분석에 있어서 껍성, 경도, 씹힘성이 낮은 품종들이 식미가 우수한 것으로 나타나 texture분석은 식미가 우수한 품종을 선발하는데 있어서 간편하면서도 유용한 선발기준이 될 수 있을 것으로 판단된다.

고 찰

첫째, 관능검사에서 저식미로 나타난 찻옥1호, 찻옥2호, 흑점찰 등은 찻옥수수로서 가장 중요한 이화학적 성분의 하나인 아밀로펙틴 함량에 있어서 찻옥수수 품종으로서의 기본적인 요건을 어느 정도 갖춘 상태이다. 따라서 관능검사에서 중요한 특성이 전체적 기호도와 정의 상관분석에 있어서 유리당을 제외하고 아밀로펙틴, 단백질, 지방 함량 등이 통계적으로는 식미와의 상관성이 없는 것으로 나타났다고 판단된다.

둘째, 열에 의한 찻옥수수 분말의 호화도를 비교하는 아밀로그램 분석은 찻옥수수와 종실용 상태의 두 종류의 시료를 비교한 결과 분석값이 정반대로 나타나 아밀로그램 분석은 시

료상태에 대한 명확한 설명을 덧붙인다면 다량의 분리세대를 포함한 찻옥수수 육종재료들에 대한 고품질 선발수단으로 유용하게 이용할 수 있을 것이다.

셋째, 찻옥수수를 증자 후 시간대별로 texture 분석을 한 결과 6시간 이후부터 품종간 차이가 유의하게 나타나기 시작하였고 22시간 이후에는 급격한 노화도의 차이를 볼 수 있었기에 품종간의 부드러움성, 씹힘성 및 관능검사를 정확히 분석하기 위해서는 시료를 증자한 후 최소 6시간 이후에 texture분석과 관능검사를 수행하여야 할 것으로 판단된다.

넷째, RVA를 이용한 아밀로그램 분석과 texture analyser를 이용한 texture 분석 등 기기값들과 유리당, 아밀로펙틴 함량 등 이화학적 특성들을 본 시험을 통해 밝혀진 저식미 교잡종인 찻옥1호와 고식미 교잡종인 연농1호, 찻옥4호 등을 대비하여 절대값이 아닌 상대적 지수를 이용하여 종합적으로 비교해 보면 객관적인 품종간 식미의 차이를 설명할 수 있으므로 유용한 기초자료로 이용할 수 있을 것이다.

적 요

찻찰옥수수 F₁ 교잡종들을 대상으로 식미관련 주요 특성분석 및 이들의 상관관계를 분석하여 고품질 찻옥수수 품종육성에 이용하기 위한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 찻옥1호 등 6개 F₁ 교잡종의 이화학적 특성을 분석한 결과 단백질 함량은 11.2~13.1%, 지방 5.1~6.0%, 아밀로펙틴 91.8~92.6%, 유리당 4.5~6.6% 범위에 속하였으며 단백질 함량은 찻옥1호가 가장 높았고 연농1호가 가장 낮았으며 지방은 찻옥1호, 연농1호가 낮았고 수원45호가 높았으며 아밀로펙틴 함량은 유의성이 없었다. 유리당 함량은 찻옥4호가 가장 높았다.
2. 과피두께는 연농1호, 찻옥4호, 수원45호, 흑점찰이 34~47 μm로 얇은 반면 찻옥1호, 찻옥2호 등은 64~81 μm로 두꺼웠으며 100립중은 수원45호가 가장 무거웠고(41.9 g), 흑점찰이 가장 가벼웠다(27.8 g).
3. 아밀로그램 분석은 찻옥수수 상태(DAP25)에서는 연농1호, 찻옥4호, 수원45호 등이 최고, 최저, 최종점도 및 강하점도, 응집점도의 값이 모두 찻옥1호, 찻옥2호, 흑점찰 보다 높게 나온 반면 종실용 상태(DAP45)의 시료는 반대로 연농1호, 찻옥4호, 수원45호 등이 낮게 나타났다.
4. 찻옥수수를 증자 후 시간대별 노화도를 분석하기 위하여 texture분석을 실시한 결과 노화도의 차이가 교잡종 별로 뚜렷이 나타나는 것을 알 수 있었으며 시간대별로는 증자 후 6시간까지는 품종 내에서는 유의한 결과를 보이지 않다가 6시간 이후 서서히 증가하면서 22시간 이후부터는 급격한 증가 추세를 보였다.
5. 전체적 기호도에 있어서 연농1호, 찻옥4호, 수원45호가 각각 6.8, 7.1, 6.9의 높은 값을 나타내어 고식미 교잡종들로 구분이 되었고 찻옥1호, 찻옥2호, 흑점찰 등은 5.0, 5.6, 4.5의

낮은 값을 보였다.

6. 찰옥수수 전분의 아밀로펙틴 분지분포를 분석한 결과 DP 값에 있어서 b1 fraction(DP≤12)의 분포가 가장 높게 나타났으나 각 fraction별로 교잡종간의 유의성은 나타나지 않아 본 시험에서는 식미의 차이가 뚜렷함에도 불구하고 아밀로펙틴 분지분포의 차이는 없는 것으로 나타났다.

7. 관능검사의 전체적 기호도는 유리당, 백립중, 립장, 립폭, 응집점도 등과 정의 상관관계를 보였고 과피두께, 경도, 껍질, 씹힘성 등과는 부의 상관관계를 나타내었다.

이와 같은 결과를 바탕으로 품질기준을 설정해 보면 저식미 교잡종인 찰옥1호(100)를 표준으로 비교 하였을 때 고식미 교잡계인 연농1호, 찰옥4호, 수원45호의 유리당 함량은 6.2~6.6%(111~118), 립장 8.8~9.7(99~109), 립폭 9.8~10.5 mm (111~119), 백립중 38.6~41.9g(113~123), 아밀로그래프의 응집점도 28.2~30.6 RVU(123~133), 과피두께 34~41 μm(42~51), texture 분석의 경도 460~513(43~48), 씹힘성 125~139(51~57), 껍질 130~148(49~56)의 범위에 있었다.

인용문헌

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of analysis of A.O.A.C. International 16th Edition. Vol.II 32.1.13.
- Ball S., H.-P. Guan, M. James, A. Myers, P. Keeling, G. Mouille, A. Buleon, P. Colonna, and J. Preiss. 1996. From glycogen to amylopectin : a model explaining for the biogenesis of the plant starch granule. Cell 86 : 349-352.
- Calvert Paul. 1997. The structure of starch. Nature 389 : 338-339.
- 최봉호, 이원구, 백만기, 이희봉, 박승의. 1993. 식용 찰옥수수의 질 감성에 관한 연구. 농업논문집(농업산학협동) 35 : 33-44.
- Hanashiro, I., J. Abe, and S. Hizukuri. 1996. A periodic distribution of the chain length of amylopectin as revealed by high-performance anion-exchange chromatography. Carbohydr. Res. 283 : 151-159.
- 홍병희, 박문웅, 김석동, 최봉호, 홍은희, 하용웅. 1994. 전작물의 품질 고급화와 다양화 육종전략. 한육지 26(S) : 16-35.
- 정태욱, 문현귀, 차선우, 김선림, 김성국, 손범영. 2001. 흰색과 검정색 찰옥수수의 품질관련 특성비교. 한육지 33(1) : 40-44.
- Juliano B.O. 1985. Criteria and tests for rice grain quality, rice chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists p443-524.
- Kang Hee Jin, In Kyeong Hwang, Kyung Soo Kim, and Hae Chune Choi. 2003. Comparative structure and physicochemical properties of Ilpumbyeo, a high-quality japonica rice and its mutant, Suweon 464. J. Agric. Food Chem. 51 : 6598-6603.
- 김선림, 김이훈, 손영구, 송정춘, 황종진, 허한순. 1999. 검정 찰옥수수 종실에서 안토시아닌 색소 분리 및 동정. 한육지 31(4) : 408-415.
- 김선림, 박승의, 차선우, 서중호, 정태욱. 1994. 숙기에 따른 찰옥수수 및 초당옥수수의 주요 품질 특성 변화. 한작지 39(1) : 73-78.
- 김우정, 구경형. 2001. 식품 관능검사. 도서출판 효일.
- 이인섭, 최봉호, 이원구, 이희봉. 1993. 찰옥수수 과피 두께에 관한 유전. 한작지 38(6) : 489-494.
- 이미라, 김순권, 박혜숙, 김영환, 김형욱. 2002. Performance of waxy corn hybrids of Korea. China and US Origin. 한국작물학회, 한국육종학회, 한국약용작물학회 공동심포지엄(경주). p140.
- 이승엽, 이영태, 강현중, 김현순, 김영두, 신현탁. 1996. 벼 심백변이 계통의 주요형질과 배유의 이화학적 특성. 한육지 28(4) : 399-408.
- 임상중, 김달웅, 손재근, 이수관. 1995. 쌀 아밀로그래프 특성의 품종 변이와 식미관련 특성과의 상관. 한육지 27(3) : 268-275.
- Nishi, A., Y. Nakamura, N. Tanaka, and H. Satoh. 2001. Biochemical and genetic analysis of the effects of amylose-extender mutation in rice endosperm. Plant Physiol. 127 : 459-472.
- 박기진, 박종열, 류시환, 고병대, 서정식, 민황기. 2004. 찰옥수수 육성 자식계통의 주요 형질간 상관. 한국작물학회 추계학술발표회 요지(경북대, 대구). 한작지 49(별2) p288.
- Purdy, J.L. and P.L. Crane. 1967. Influence of pericarp on differential drying rate in mature corn. Crop Sci. 7 : 379-381.
- 송정춘, 이상양, 박남규, 정우경, 차선우. 1997. 냉동 찰옥수수의 해동시 품질변화에 관한 연구. 식량논문집 39(2) : 57-61.