

## 옥수수의 품질평가 현황과 전망

김선림<sup>†</sup> · 문현귀 · 유용환

농촌진흥청 작물시험장

## Current Status and Prospect of Quality Evaluation in Maize

Sun Lim Kim<sup>†</sup>, Hyun Guey Moon, and Yong Hwan Ryu

National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-857, Korea

**ABSTRACT :** This paper is intended to present a information of various aspects of quality related characteristics and standards for grades in maize. Maize is world's one of the three most popular cereal crops and a primary energy supplement and can contribute up to 30, 60, and 98% of the dairy diet's protein, net energy, and starch, respectively. Maize is also processed into industrial goods by wet or dry milling. Sweet corn is a leader among vegetable crops and its production for fresh or processing markets is a major industry in many countries. Over the years, the combined efforts of breeders and geneticists, biochemists, food scientists, and others have helped bring us to the point where we understand issues related to sweet corn quality. Traditional criteria for selecting corn hybrids have been based primarily on agronomic factors, including grain production, disease resistance, drought tolerance, and storage characteristics. Little emphasis has been placed on the quality and nutritional values of corn. Although there is widespread interest for value-enhanced corns have increased tremendously in the last five years, there is limited information available on the production and comparing the quality attributes of specialty grains with those of normal yellow dent corn. Most countries have developed national maize standards, aiming to provide a framework for trade, both internal and external. Where trading involves direct choice and price negotiation in front of the commodity, grading standards are rarely employed; quality is assessed visually and is influenced by end-use, and the price is determined more by local rather than national factors. The use of an agreed standard will provide an unambiguous description of the quality of the consignment and assist in the formation of a legally-binding contract. Standards can also be seen to protect consumers rights through setting limits to the amount of unsuitable or noxious material.

**Keywords :** maize, quality evaluation, sweet corn, value enhanced corn.

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6656

(E-mail) kimsl@rda.go.kr

<Received July 29, 2002>

옥수수는 가축의 사료로 이용하거나 습식제분 또는 건식제분을 하여 여러 가지 다양한 제품을 생산하는 원료로 사용되기 때문에 옥수수 등급을 사전에 결정하는 것은 옥수수 가격 뿐만 아니라 최종 사용목적에도 중요한 일이다. 따라서 옥수수를 재배하고 있는 대부분의 국가들은 자국의 소비는 물론 수출을 위한 품질규격 및 등급을 규정하고 있는데, 우리나라의 경우 일반 종실용 옥수수에 관한 등급은 없으나 찰옥수수 쌀과, 팝콘에 대한 품질등급을 특, 상, 보통의 3등급으로 규정하고 있다. 그러나 세계최대의 옥수수 생산국인 미국을 비롯한 캐나다 등지에서는 옥수수를 5등급으로 분류하고 있을 뿐만 아니라 풋옥수수, 가공용 옥수수, 통조림용 옥수수 등에 대한 구체적인 품질등급을 규정하고 있기 때문에 우리보다는 세분화된 품질등급을 가지고 있다고 할 수 있으며 종실용 옥수수를 white, yellow, mixed의 3종으로 분류를 하고 flint, flint와 dent, waxy 옥수수에 대한 별도의 규정을 두고 관리하고 있다. 또한 풋옥수수용과 통조림용 옥수수에 대한 품질평가 기준도 마련되어있으며 수출을 위한 품질기준도 제정하여 이를 지표로 용도와 목적에 맞게 옥수수를 생산, 공급하고 있으므로 옥수수 재배농가 뿐만 아니라 가공업자들에게도 가격을 차별화 할 수 있는 기준이 설정되어 있다고 할 수 있다.

옥수수는 세계 3대 식량작물의 하나로서 그 용도가 다양하고 이를 원료로 생산된 제품이 약 2,000여종에 달하기 때문에 우리의 일상생활과 밀접한 관련을 맺고 있다고 할 수 있다. 옥수수는 무엇보다 사료로서 가장 많이 사용되고 있는데 세계 최대의 옥수수생산국인 미국의 경우 총생산량의 60% 이상이 사료로 사용되고 있는 실정이다. 뿐만 아니라 옥수수는 전분을 원료로 하는 각종 산업분야에 있어 가장 중요한 작물로 각종 조미료, 의약품, 시약, 화장품, 주류, 과자류, 도료, 인쇄, 제지업 등 다양한 분야에 이용된다. 전통적으로 옥수수는 bulk 단위로 거래되어 왔기 때문에 옥수수의 품질보다는 수량이 관심의 대상이 되어왔으나 근래에는 옥수수 재배농가뿐만 아니라 축산업자 및 옥수수 가공업체에서 옥수수의 품질이 자신들의 소득에 밀접한 관계가 있다는 사실을 인식하기 시작하면서

고품질의 옥수수에 대한 관심이 고조되고 있다(Kim *et al.*, 1996; Park *et al.*, 1988). 최근 소비자들의 요구가 다양화됨에 따라 옥수수 육종가들은 옥수수의 특정 성분의 함량을 증대시키거나 강화시킨 다양한 종류의 옥수수를 개발하고자 노력하고 있다. 따라서 HLC(high lysine corn), HOC(high oil corn), HAC(high amylose corn), waxy corn, low phytate corn, high starch corn, blue corn 뿐만 아니라 분자생물학적 기술의 도입으로 해충저항성 Bt 옥수수를 비롯한 제초제저항성 옥수수인 IMI, liberty link, round-up ready 옥수수들이 개발되고 있다. 그러나 아직까지도 분자생물학적 기술에 의해 개발된 새로운 품종들은 아직도 잠재적 위험성이 논의되고 있는 실정이며 소비자들의 요구에 의해 특수목적으로 개발된 옥수수들에 대해서는 뚜렷한 품질평가의 기준이 마련되어 있지 않기 때문에 앞으로도 이들의 품질을 평가하고 등급화 할 수 있는 지속적인 노력이 있어야 할 것이다.

**옥수수의 표준등급(규격)**

일반적으로 옥수수 시장에서 옥수수의 품질은 순도, 색깔, 파쇄립 및 이물질의 혼입여부, 피해립(발아립, 충해립, 부패립, 병해립 등), 수분함량 및 test weight등에 의하여 결정되는 것으로 알려져 있으나 무엇보다 중요한 것은 목적하는 용도를 어느 정도 만족시킬 수 있는가 하는 것이기 때문에 특정 용도에 적합한 옥수수였을지라도 다른 용도로 사용될 경우 오히려 부적합할 수도 있으므로 품질은 용도에 의해 결정된다고 할 수 있다(Jackson, 1992).

옥수수가 재배되고 있는 대부분의 국가에서는 자국에서의 소비 또는 수출을 위한 등급을 별도로 제정하여 운영하고 있는데, 품질등급을 설정함으로써 얻을 수 있는 이점으로는 1) 등급화된 옥수수는 비등급화된 옥수수에 비하여 공정한 거래 가격이 형성되며 균일한 품질의 옥수수를 구매할 수 있으며 2) 등급화된 옥수수는 가공업자들의 가공처리공정의 최적화에 요구되는 consistency를 보장하고 3) 옥수수 등급간에 품질의 차이가 나게되는 원인을 확실하게 밝힐 수 있기 때문에 이와 같은 문제점을 개선하기 위한 해결방안을 제시하고 4) 각종 병해충 또는 비위생적 요소를 사전에 차단함으로써 궁극적으로 소비자를 보호할 수 있게된다. 그러나 옥수수를 등급화 함으로써 오히려 불리한 경우가 있는데 1) 자국의 소비실정에 적합하게 옥수수의 등급을 제정한 경우 자국의 소비자들에게는 고품질의 옥수수를 제공할 수 있는 반면 수출에는 오히려 불리하게 작용할 수 있으며 2) 높은 등급의 옥수수를 선별하기 위해 투여되는 비용이 등급화된 옥수수로부터 얻어지는 수익을 초과할 경우 생산자들에게 불이익을 초래할 뿐만 아니라 3) 옥수수 교역국간에 거래 기준 및 등급이 다양해질 경우 국제 옥수수거래시장에 혼란을 야기할 수 있다는 문제점도 지적되고 있다.

**우리나라의 옥수수 등급**

국립농산물품질관리원에서 인정하고 있는 우리나라의 옥수수 표준등급은 Table 1과 Table 2와 같다. 표에서 보는바와 같이 우리나라의 옥수수 등급에 대한 규격은 없고 다만 찰옥수수 쌀과 팝콘용옥수수에 대한 등급이 규정되어 있는데 찰옥수수의 쌀과 팝콘용 옥수수를 각각 특, 상, 보통의 세 등급으로 규정하고 있으며 비교적 상세한 포장규격도 정의하고 있다.

**미국의 옥수수 등급**

세계 최대의 옥수수 생산국인 미국은 옥수수에 대한 상세 규정을 두고 있는데, 종실용 옥수수의 경우 황색종(yellow), 백색종(white) 및 혼합종(mixed)으로 세 class로 구분하며, 각각에 대한 옥수수의 등급을 Table 3에서 보는바와 같이 U.S. No. 1, 2, 3, 4, 5의 다섯 가지로 규정하고 있다. 뿐만 아니라 flint, flint and dent, waxy corn은 일반 종실용 옥수수와 구

**Table 1. 찰옥수수쌀의 등급 및 규격**

항목	등급	특	상	보통
형태		강종이 완전히 제거된 것으로 낱알이 충실한 것	강종이 완전히 제거된 것으로 낱알이 충실한 것	“특·상”에 미달하는 것
냄새		목은 냄새와 곰팡이 냄새가 없는 것	목은 냄새와 곰팡이 냄새가 없는 것	
수분		15.0% 이하	15.0% 이하	15.0% 이하
정립		90.0% 이상	85.0% 이상	
피해립		0.1% 이하	0.5% 이하	
파쇄립		10.0% 이하	15.0% 이하	
메옥수수쌀 혼입률		10.0% 이하	20.0% 이하	“특·상”에 미달하는 것
이종곡립		0.0% 이하	0.3% 이하	
이물		0.1% 이하	0.3% 이하	
돌(500 g중)		없는 것	없는 것	없는 것

※조건 : 생산연도 다른 것이 혼합되었거나 수확연도로부터 1년 이상 경과되면 “특”이 될 수 없다

**<정의>**

- ① 백분율(%) : 전량에 대한 무게비율을 말한다.
- ② 찰옥수수쌀 : 찰옥수수를 도정한 것으로 파쇄되지 않은 것
- ③ 정립 : 4.0 mm 등근눈의 판체로 쳐서 체위에 남은 찰옥수수 쌀로서 그크기가 완전한 낱알 체적의 3/4이상인 건전한 낱알을 말한다
- ④ 피해립 : 손상된 낱알(병해립, 충해립, 변색립, 변질립) 및 미숙립을 말한다
- ⑤ 파쇄립 : 4.0 mm 등근눈의 판체로 쳐서 체위에 남은 찰옥수수 쌀로서 부러졌거나 깨진 낱알을 말한다
- ⑥ 메옥수수쌀 혼입률 : 찰옥수수쌀 중 메 옥수수쌀의 혼입비율을 말한다
- ⑦ 이종곡립 : 옥수수쌀 외의 다른 곡립을 말한다
- ⑧ 이물 : 4.0 mm 등근눈의 판체로 쳐서 체를 통과한 것과 기타 곡립 이외의 것을 말한다
- ⑨ 돌 : 돌, 콘크리트조각 등 광물성 고형물을 말한다

**Table 2.** 팝콘용 옥수수의 등급 및 규격

항목	등급	특	상	보통
형질		품종 고유의 모양과 색택을 갖춘 것으로 낱알이 충실하고 굵기가 고른 것	품종 고유의 모양과 색택을 갖춘 것으로 낱알이 충실하고 굵기가 대체로 고른 것	“상”에 미달한 것
수분	13.0% 이하		13.0% 이하	13.0% 이하
완전립	95.0% 이상		90.0% 이상	85.0% 이상
피해립	2.0% 이하		4.0% 이하	6.0% 이하
미숙립	2.0% 이하		4.0% 이하	6.0% 이하
이종곡립	0.5% 이하		1.0% 이하	2.0% 이하
이물	0.0% 이하		0.1% 이하	0.3% 이하
돌(500 g중)	없는 것		없는 것	없는 것

※조건: 생산년도가 다른 것끼리 혼합되었거나 미국년도로 과년산의 것은 “특”이 될 수 없다

<정의>

- ① 백분율(%): 공시량에 대한 무게 비율을 말한다.
- ② 수분: 105°C 건조법 또는 이와 동등한 결과를 얻을 수 있는 방법에 의하여 측정된 수분을 말한다.
- ③ 완전립: 피해립, 미숙립, 이종곡립, 이물을 제외한 건전한 낱알을 말한다.
- ④ 피해립: 손상된 낱알(병해립, 충해립, 변색립, 변질립, 파쇄립 등)을 말한다. 다만, 피해가 경미하여 품위에 영향을 미치지 아니할 정도의 것은 제외한다.
- ⑤ 미숙립: 성숙되지 아니한 낱알을 말한다.
- ⑥ 이종곡립: 팝콘용(폭염종) 옥수수 외의 다른 옥수수 및 곡립을 말한다.
- ⑦ 이물: 곡립 외의 것을 말한다.
- ⑧ 돌: 돌, 콘크리트조각 등 광물성 고형물을 말한다.

분하여 별도의 규정도 두고 있는데, flint corn은 95%이상의 flint corn인 것을 말하며, flint and dent corn은 5% 이상 95%이하의 flint corn에 해당하는 것이며, waxy corn은 95%이상의 찰옥수수 종실로 되어 있는 것으로 규정하고 있

**Table 3.** Grades and grade requirements for corn

Grade	Minimum test weight per bushel (lbs.)	Maximum limits of		
		Damaged kernels		Broken corn and foreign material (%)
		Total (%)	Heat-damaged kernels (%)	
U.S. No. 1	56.0	3.0	0.1	2.0
U.S. No. 2	54.0	5.0	0.2	3.0
U.S. No. 3	52.0	7.0	0.5	4.0
U.S. No. 4	49.0	10.0	1.0	5.0
U.S. No. 5	46.0	15.0	3.0	7.0

U.S. sample grade : U.S. sample grade shall be corn which a) Does not meet the requirements for the grades U.S. Nos 1,2,3,4, or 5, or b) In a 1,000 gram sample, contains 8 or more stones which have an aggregated weight in excess of 0.20 percent of the sample weight, 2 or more pieces of glass, 3 or more crotalaria seeds(*Crotalaria ssp.* 2 or more castor beans (*Ricinus communis*), 8 or more cockleburs, 4 or more particles of an unknown foreign substance(s), or a commonly recognized harmful of toxic substances(s), or animal filth in excess of 0.20 percent ; or c) Has a musty, sour, or commercially objectionable foreign odor ; or d) Is heating or otherwise of distinctly low quality.

**Table 4.** Examples of class determination for corn

Example	Correct class
1. 95% yellow corn = 5% white corn	yellow corn
2. 98% white corn = 2% yellow corn	white corn
3. 96% yellow corn = 4% white corn	yellow corn
4. 89% yellow corn = 11% white corn	white corn

다(Table 4)(Evans *et al.*, www.agcom.purdue.edu; USDA, 1997a).

기타

캐나다의 경우 미국과 마찬가지로 옥수수의 등급을 5종으로 구분하고 있는데(Table 5), 옥수수의 등급을 결정함에 있어 오차를 줄이고 공정한 등급을 결정하기 위하여 옥수수 시료의 채취(sampling), 혼합과 배분방법(sample mixing and dividing), 이물질 검사법(determining dockage), 수분함량 측정(determining moisture content), test weight 검사 및 이들을 검사하는 방법을 상세히 규정하고 있다(Lowe, www.ontariocorn.org/grading.html). Africa의 옥수수 거래시장에서도 생산된 옥수수를 효율적으로 관리하고 거래하기 위하여 Table 6에서 보는 바와 같이 옥수수의 등급을 1, 2등급으로 규정하고 있으며 (Semple & Kirenga, 2001), 각국의 해당등급별 옥수수의 주요 품질특성을 비교한 것은 Table 7과 같다.

단옥수수 규격

단옥수수와 초당옥수수는 주로 풋옥수수로 이용되거나 풋옥수수로 수확하여 가공처리를 거쳐 각종 수프나 통조림과 같은 간식용으로 이용되고 있기 때문에 이용목적에 따라 옥수수의 품질평가 기준도 다양하다. 일반적으로 단옥수수의 식미와 품질은 당도에 의하여 좌우되지만 지역 또는 소비자들의 기호도에 따라 종실의 색깔도 단옥수수의 외견상 품질을 좌우하기 때문에 중요한 품질평가요인이 아닐 수 없다. 우리나라 찰옥

**Table 5.** Canada eastern and Canada western-primary and export grade determinants

Grade Name	Standard of Quality		Maximum Limits			Stones
	Minimum test weigh (kg/hl)	Degree of soundness	Damaged corn		Cracked corn and other foreign material	
			Heated	Total		
No. 1 C.W./C.E.	68	Cool, Sweet, Uniform in size	About 0.10%	3.00%	2.00%	3K
No. 2 C.W./C.E.	66	Cool and sweet	About 0.20%	5.00%	3.00%	3K
No. 3 C.W./C.E.	64	Cool and sweet	About 0.50%	7.00%	5.00%	3K
No. 4 C.W./C.E.	62	Cool and sweet	1.00%	10.00%	7.00%	3K
No. 5 C.W./C.E.	58	May have a slight odour, but not sour or musty	3.00%	15.00%	12.00%	3K
If specs for No.5 C.W./C.E. are not met, grade :	Corn, sample C.W./C.E. colour or thpe, acc light weight		Corn, sample C.W./C.E. (colour or type), account heated)	Corn, sample C.W./C.E. (colour of thpe), account damage)	Up to 50% corn sample C.W./C.E.(colour or thpe) account ccfm over 50.0% sample cracked corn and foreign material	

**Table 6.** Grading standard for shelled maize (South Africa)

Gram	Maximum limites (%)			
	Grade			
	WM1	WM2	YM1	YM2
Moisture content	12.5	12.5	12.5	12.5
Foreign matter	0.5	1.0	1.0	1.5
Broken maize	3.0	5.0	5.0	8.0
Pest-damaged maize	4.0	7.0	4.0	7.0
Diseased maize	2.0	2.0	2.0	2.0
Defective maize	2.0	4.0	2.0	4.0
Other coloured maize	3.0	6.0	2.0	5.0

**Table 7.** Comparisons of corn quality

Quality facotr	U.S. No. 2	U.S. No. 3	South Africa	China
	Percent			
Moisture	14.1	14.4	13.1	13.8
Broken kernels	15.9	17.0	9.0	4.2
Damaged kernels	1.2	1.7	1.9	1.8
Germination	47.7	35.0	68.0	26.9
Starch (dry basis)	72.9	73.0	71.7	72.4
Wet milling yield : % starch (dry basis)	66.8	66.0	69.0	68.0

수수의 경우 종실의 색이 흰색인 경우가 대부분이지만 일부 검정찰옥수수, 노란색 찰옥수수 및 흰색과 검정색 찰옥수수가 혼합된 찰옥수수가 판매되거나 소비자들의 기호도가 다양한 것과 마찬가지로 단옥수수의 경우에 있어서도 노란색 단옥수수가 가장 많이 소비되고 있지만 노란색 또는 흰색과 노란색

이 혼합(bicolor)된 단옥수수도 소비가 증가되고 있다. 우리나라의 경우에도 단옥수수의 소비량이 해마다 증가하고 있지만 구체적인 품질평가기준 및 등급에 관한 규정이 제정되어있지 않기 때문에 단옥수수의 품질 및 등급은 생산자와 유통업자들 간의 거래가 이루어질 때 풋옥수수의 시세 또는 작황 등에 따라 임의적으로 가격이 결정되고있는 실정이라 할 수 있다. 그러나 미국을 비롯한 캐나다 및 일부국가에서는 단옥수수에 대한 등급을 용도별로 법으로 규정하고 있다. 따라서 생산자나 소비자가 법적으로 보호를 받을 수 있을 뿐만 아니라 유통업자는 최소한의 품질이 보장되고 균일한 풋옥수수를 안정적으로 확보할 수 있고 또한 원료구입에 따르는 노력과 경비를 줄일 수 있기 때문에 결과적으로 생산자와 소비자 모두에게 혜택을 부여 할 수 있는 것이다.

단옥수수의 식미는 향기, 조직감, 맛 등에 의하여 결정된다. 일반적으로 소비자들은 단옥수수의 품질을 조직감 보다는 맛에 그 비중을 더 많이 평가하는 경향이 있다. 향기성분도 식미를 결정하는 요인이 되기는 하지만 맛이나 조직감 보다는 그 품질에 영향을 미치는 비중은 그다지 크지 않은 것으로 평가된다. 그러나 옥수수의 향기(roma)는 풋옥수수의 경우에서와는 달리 옥수수를 가공하였을 때 중요한 품질좌우 요인으로 평가되고 있는데 그 이유로서는 옥수수를 가공시 각종 조미에 의하여 옥수수 고유의 향기성분을 손실하기 쉽기 때문에 가공 후에도 옥수수 특유의 향기가 남아 있는 것이 우수한 품종으로 평가되기 때문이다.

단옥수수의 품질을 좌우하는 가장 중요한 맛 성분은 당도로써 당도는 sucrose의 함량의 고저에 의하여 결정된다. 조직감은 주로 과피의 두께 또는 tenderness, WSP(water-soluble polysaccharides; phyto glycogen) 및 종실수분함량에 의하여 결정되지만 이들 함량은 유기적으로 관계를 맺고 있어 한쪽의

함량이 증가하면 다른 성분의 함량이나 물성이 변화되는 특징이 있기 때문에 최적의 조건을 유지하도록 한다는 것은 매우 어려운 일이다. 예를 들어 수분함량이 증대되면 종실의 전분 함량이 감소되며 향기성분은 황(S)함유 성분과 밀접한 관계가 있는 DMS(dimethyl sulfide)와 같은 성분들은 가열시 비로소 감지된다(Azanza *et al.*, 1996; Flora & R.C. Wiley 1974; Simmone *et al.*, 1999; Tracy, 2001; Wong *et al.*, 1994).

단옥수수와 초당옥수수는 주로 간식용 풋옥수수로서 이용되거나 통조림, 크림 등의 제조에 이용되기도 하는데, 미국의 경우 단옥수수를 풋옥수수로 이용할 경우 포엽을 포함한 상

태의 이삭의 규격을 3등급(U.S. Fancy, 1, 2) 포엽을 제거한 이삭의 등급을 2등급(U.S. Fancy, 1, husked)으로 각각 규정하고 있다(Table 8). 여기서 Fancy 등급에 해당하는 것은 최상의 등급으로 풋옥수수 이삭이 기본적으로 구비하여야할 조건(basic requirements)은 이삭의 상태, 이삭의 크기뿐만 아니라 이삭간 변이에 대한 허용한계를 규정하고 있다(USDA, 1997b; 1997c; 1999). 그런데 여기서 가장 중요한 요인으로 평가되고 있는 것은 이삭의 길이로서 단옥수수의 등급을 결정하는데 있어 가장 결정적인 영향을 미친다. 캐나다의 경우 풋옥수수의 1등급에 해당하는 규격을 Table 9와 같이 정의하

**Table 8.** Unites states standard for grades of sweet corn

Ear	Grade		
	U.S. fancy	U.S. No. 1	U.S. No. 2
Basic requirements	a) Similar varietal characteristics b) Well trimmed c) Well developed	Same with U.S. Fancy	a) Similar varietal characteristics b) Fairly well trimmed c) Fairly well developed
Free from	a) Smut b) Worms c) Insect or worm injury d) Decay	a) Smuat b) Decay	Same with U.S. No. 2
Un-husked Free from injury caused by	a) Rust b) Discoloration c) Birds d) Mechanical e) Disease f) Other means	a) Rust	a) Birds b) Worms c) Other insects d) Disease e) Mechanical f) Other means
	Cobs Shall be fairly well fined with plump and milky kernels and well covered with fresh husked	Same with U.S. fancy	Cobs Shall be at least moderatly filled with plump and milky kernels and fairly well covered with fresh husks
	Ears shall not be clipped	Each ear may be clipped, but each clipped ear shall be properly clipped	Same with U.S. No. 2
	The length of each cob shall be not less than 6 inches (152.4 mm)	The length of each cob, clipped or unclipped, shall be not less than 5 inches (127.0 mm), unless otherwise specified	The length of each cob, clipped or unclipped, shall be not less than 4 inches (101.6 mm), unless otherwise specified
Tolerances			
Husked	a) Husked (any remaining husk mest be freshed) b) properly trimmed c) Each ear may be clipped but each clipped ear must be well clipped d) The length of each cob clipped or unclipped, shall be not less than 5 inches (127.0 mm), unless otherwise specified	a) Husked (any remaining husk mest be freshed) b) properly trimmed c) Each ear may be clipped but each clipped ear must be well clipped d) The length of each cob clipped or unclipped, shall be not less than 4 inches (101.6 mm), unless otherwise specified	
	Tolerances*	a) For defect : 10% in any lot for ears of corn which fail to meet the requirements of the grade, including therein not more than 2% for decay b) For off-size : 5% in any lot for ears of corn which fail to meet the requirements as to length of cob	

\*In order to allow for variations incident to proper grading and handling, the following tolerances, by count, are provide as specified

**Table 9.** The requirements of the Canada No. 1 grade for sweet corn

Grade factors	Canada No. 1
Properly packed	When packed, the sweet corn must not be slack, overpressed or otherwise in a condition likely to result in permanent damage during handling or in transit
Variety	Must be of similar varietal characteristics. White cannot be mixed with yellow or biocoloured.
Cob formation	Must be free from misshapen or stunted ears. Cobs need not be perfectly straight but cannot be crooked
Cob development	1. The undeveloped ends, poorly developed kernels likely to be small round, white and watery, or no kernels at all, must not exceed 1/4 of the length of the ear. 2. The appearance and quality of the edible portion must not be affected by 1 or part of 1 poorly developed row
Maturity	1. Ears must have kernels that are tender, plump and milky. This can be judged by using the thumb test which requires applying pressure with the thumbnail to kernels approximately 1/3 the distance from the tip of the cob. The kernels should emit a milky, creamy juice. 2. Starchy consistence indicates over maturity while a thin watery consistency indicates under maturity. 3. Small round whitish kernels would indicate immaturity while dark yellow or golden kernels with dimples would indicate over maturity. 4. Sweet corn must have rows that are at least fairly well developed. Rows may be wavy with spaces between, but rows or kernels must not be missing or kernels must not be placed every which way.
Husks	Husks must be fresh, dark green and moist to light greenish yellow and fairly moist and unbroken. Husk must not be removed to the extent that any of the cob is exposed
Decay	Must be free from decay on cob, silk husk or husk.
Worm damage	Must be free from any damage to the cob. Damage to the husk or silk must not exceed 25% of the surface.
Smut	Must free from any amount of smut.
Crushed, broken or bruised kernels	No more than 8 kernels per cob may be affected
Size	Must have at least 4 inches(102 mm) of edible kernels and not more than 25% of the cob may have under developed or undeveloped kernels.
Trimming	1. All loose leaves should be removed and shanks maintained within 4 inches(102 mm) in length from the buff of the cob. prepackaged denuded cobs must not show more than 1 inch(25 mm) 2. Cobs may be trimmed at the silk, provided at least 4 inches(102 mm) of edible kernels remain and that all evidence of tapering is not removed.

고 있다(Boncheff, www.gov.on.ca).

꽃옥수수의 규격을 정하여 생산자로부터 가공업자들에게 넘겨지는 유통과정을 표준화하여 얻어지는 이점은 두 가지로 볼 수 있는데 첫째 등급을 정하게 됨으로서 품질등급에 따른 공정한 거래가격이 형성될 수 있으며 둘째, 가공업자들은 품질이 균일한 원료를 확보할 수 있다는 것이다.

미국에서는 꽃옥수수로 사용되는 단옥수수의 규격에 관한 법령을 제정한 것은 비교적 최근에 해당하는 1992년의 일이지만 가공용 단옥수수의 규격을 법으로 규정한 것은 1962년도로서 가공용 단옥수수 3등급(U.S. No. 1, 2 및 Culls)으로 규정하고 있는데, 여기서 cull이란 U.S. No. 2 등급 이하의 것을 말한다. 뿐만 아니라 단옥수수의 성숙단계를 세분화하여 구분(blister→milk→cream→dough→hard stage) 하였을 뿐만 아니라 관련용어들을 각각 정의함으로써 목적으로 하는 생육단계의 단옥수수를 확보할 수 있게 하였는데 그 생육단계의 구분은 다음과 같다.

- a) A-1: 옥수수의 이삭이 milk stage 또는 그보다 어린 단계에 있는 것으로 모든 이삭의 종실들의 절반이상

이 milk stage의 초기단계에 있는 것으로서 cream stage로 전환시기에 도달한 종실이 하나도 없는 상태를 말한다.

- b) A-2: A-1에서와 마찬가지로 옥수수의 종실이 milk stage에 있거나 그보다 어린 상태에 도달한 것을 말하지만 옥수수의 종실중 cream stage로 전환시기에 도달한 종실이 5% 미만에 해당되는 시기를 말한다.
- c) A-3: 옥수수의 종실이 milk stage에 해당되지만 cream stage로 전환시기에 도달한 종실이 5% 이상이 된 상태를 말한다.
- d) A-B: 옥수수의 종실이 milk stage에 해당되지만 cream stage에 도달한 종실이 1-10% 정도에 달하는 상태를 말한다.
- e) B: 옥수수의 종실이 milk stage에 해당되지만 cream stage에 도달한 종실이 10% 이상에 달하는 상태를 말한다.
- f) B-C: 옥수수의 종실이 milk stage 또는 cream stage가 혼재된 상태에 도달한 시기로서 dough stage에 도달한 종실이 1-10% 정도에 달하는 상태를 말한다.

g) C : dough stage에 도달한 종실이 10% 이상에 달하는 상태를 말한다.

습식제분을 위한 침지시 과잉의 수분을 흡수하도록 할뿐만 아니라 건식제분시 grits의 수율을 저하시킨다.

**종실용 옥수수의 품질관련 요인**

**종실경도(Hardness)**

종실의 경도는 배유의 연질녹말과 경질녹말의 비율을 포함한 각종 이화학적 특성에 관련된 물리적 형질로서 종실경도는 종실의 밀도와 다른 개념이지만 일반적으로 동일한 용어로서 사용되고 있다. 종실경도와 종실의 밀도는 고도의 유의적 상관관계가 인정되고 있으며 건식제분업자들은 경립종 선호하는 반면 습식제분업자들은 종실경도가 다소 낮은 연립종을 선호하는 경향이 있다. 옥수수의 종실경도는 종실과 bulk 밀도, 알 카리수 침지시간, 건식제분 수율, 분쇄립 발생 및 제분시 투여되는 총 에너지량에 영향을 미칠 뿐만 아니라 수확 후 저장 유통기간에 겪게되는 각종 물리적 화학적 변화의 정도에 영향을 미친다. 따라서 옥수수 종실의 경우 경도(hardness)는 물론 breakage susceptibility를 검토하게 되는데 breakage susceptibility란 어떤 특정한 압력을 가하였을 때 옥수수 종실의 파열특성을 나타내는 것으로 건조정도가 높을수록 stress crack가 많이 발생되었을 경우에 증가되는 경향이 있으며 SBT(Stein breakage tester)로 breakage susceptibility를 측정할 경우 정상적인 옥수수의 경우 breakage value가 2%~10%에 해당하지만 heat damage를 받은 옥수수의 경우 breakage value가 50%이상을 초과한다. Breakage susceptibility는 시료의 수분함량과 밀접한 관계가 있기 때문에 옥수수가 건조할수록 정상적인 옥수수와 heat damage에 의한 균열립간의 차이는 더욱 커지게 된다. 그러나 수분함량이 16%이상이 될 경우 breakage susceptibility의 변별력이 감소되기 때문에 breakage value는 참고자료로 사용될 뿐이다.

**Floaters**

Floaters는 sodium nitrate 비중액(S.G. 1.275)에 뜨는 종실의 비율로서 조리시간, 식품의 밀도 및 품질뿐만 아니라 제분 후 얻어진 전분의 품질에도 영향을 미친다.

**균열립(Stress cracks)**

Stress crack이란 배유에 수분함량의 불균형에 의하여 발생하는 것으로 알려져 있다. 건조과정중 종실내부의 수분은 tipcap 또는 표면으로 수분의 구배에 의해 확산하게 되는데 종실표면의 건조속도가 수분의 확산속도보다 빠르게 진행될 경우 종실의 표면은 건조되었지만 종실의 내부는 수분함량이 높은 상태가 유지되면서 균열이 발생된다. 일반적으로 품질이 우수한 옥수수는 균열립의 비율이 0%~30%미만에 해당되지만 고온에서 급격하게 건조할 경우 균열립이 60%이상 발생하는 것으로 알려져 있다. 균열이 발생된 종실은 경도가 저하되고

**Test weight**

Test weight란 일정부피에 따른 종실의 bulk density를 나타내는 것으로 옥수수의 등급을 결정함에 있어 가장 중요한 역할을 한다. 일반적으로 U.S. No. 2등급을 위해서는 56 lb/bu이상이 되어야 하며 일반적으로 식품가공업계에서는 60 lb/bu의 옥수수를 선호한다.

**경질/연질 녹말 비율(Hard/soft starch ratio)**

경질/연질 녹말 비율은 옥수수 종실의 경도에 영향을 미칠 뿐만 아니라 습식제분 및 건식제분수율에도 영향을 미치는데 일반적으로 경질녹말의 비율이 높을수록 건식제분수율이 증가되는 것으로 알려져 있다.

**1000립중(1000 kernel weight)**

1000립중은 옥수수 종실의 크기와 밀접한 관계가 있으며 일반적으로 옥수수의 1000립중은 225-450 g 범위인데 대체로 대립종을 선호하는 경향이 있다.

**밀도(Density)**

종실밀도란 일정 부피당 종실중량을 나타내는 것으로 종실의 경도와 밀접한 관계가 있을 뿐만 아니라 식품가공의 적합성 여부를 나타낸다. 일반적으로 1.3 g/cc 이상에 해당할 경우 우수한 것으로 평가된다.

**절단립 및 이물질(Broken corn and foreign materials; BCFM)**

BCFM은 옥수수의 청결도를 나타내기 때문에 옥수수의 품질뿐만 아니라 옥수수시장에서 가격결정에 영향을 미친다. BCFM이란 12/64의 round-hole sieve로 쳤을 경우 체를 통과하거나 남게되는 옥수수 종실이 아닌 물질을 말하는데 옥수수를 높은 온도에서 건조한 경우 유통 및 처리과정에서 절단립이 발생하기 쉬울 뿐만 아니라 품질에도 변화가 발생한다. 고온에 의한 피해립은 갈변 또는 검게 그을린 듯한 색을 띠게 될 뿐만 아니라 과피에 주름이 생긴다. 일반적으로 60°C이상의 고온에서 건조된 옥수수는 단백질에 변형이 발생하게 되며 70°C 이상에서 건조된 옥수수는 종실이 과건조 되거나 전분이 호화되어 품질의 변화를 초래한다.

**Mycotoxin 수준**

Mycotoxin은 fungi에 의해 대사부산물로 생성된 화학물질이기 때문에 fungi를 모두 제거하였다고 할지라도 mycotoxin은 그대로 잔존하기 마련이다. 옥수수에 있어서는 약 20종의 mycotoxin이 검출되는 것으로 알려져 있는데 이들의 함량은

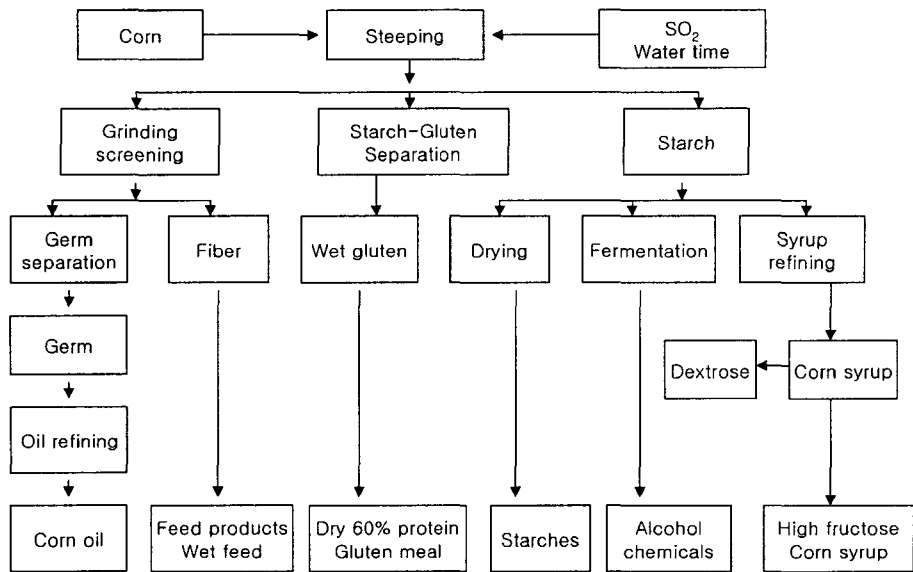
재배환경 뿐만 아니라 생산지역에 따라서도 mycotoxin의 종류와 함량의 변이가 다양하다. 일반적으로 mycotoxin은 옥수수에서 자연발생적으로 생성되는 것이지만 인위적인 것이 아니기 때문에 근본적으로 mycotoxin을 제거할 수는 없으므로 각종 미생물에 의해 생성되는 독성물질은 허용한계치가 규정되고 있는데, 그중 aflatoxin의 경우 20 ppb이상을 초과할 경우 부적합한 것으로 평가된다. 일반적으로 옥수수에서 흔히 발견되는 mycotoxin으로는 aflatoxin, fumonison, zearalenone 및 deoxynivalenol이 있다.

**습식제분과 건식제분**

**습식제분(Wet milling)**

옥수수는 습식제분(wet milling)이라는 다양하고 복잡한 공정을 거쳐 녹말, 단백질, 기름 및 식이섬유 등으로 가공처리된다(Fig. 1). 일반적으로 수분함량이 12-16%에 달하는 옥수수를 미생물의 번식을 방지하기 위하여 약 50°C의 0.1-0.2%의 SO<sub>2</sub>용액에 24-40시간정도 침지하여 습식제분에 유리하도록 단단한 종실을 부드럽게 연화시키고 목적으로 하는 화학성분의 분리에 유리한 조건이 되도록 화학적 생화학적 반응을 유도하는 공정을 거치게 된다. 일반적으로 옥수수의 침지시간은 생산되는 녹말의 등급에 따라 달라지게 되는데, 침지시간이 길어질수록 녹말의 등급은 높아지는 것으로 알려져 있다. 침지가 완료된 옥수수는 수분함량이 약 45-50%정도가 되는데 침지된 옥수수를 거칠게 부수면 옥수수 종실로부터 배괴피 및 배유를 일차적으로 분리해낼 수 있게 되며 습식제분 과정에서 분리된 옥수수의 배는 건조 후 착유하여 옥수수의 기름을 생산하는데 이용된다. 배가 제거된 원료는 곱게 분쇄 후 일련의

screen을 통과시키게 되는데, 이 과정을 통하여 옥수수 녹말-단백질 slurry와 세포벽, 과피를 분리해낼 수 있다. 옥수수전분-단백질 slurry는 그후 원심분리하여 순도 높은 전분과 단백질의 분말로 분획하고 얻어진 각각의 분획은 원심분리법을 이용한 탈수 공정을 거쳐 건조시키면 목적으로 하는 전분과 단백질을 얻을 수 있는데 이때 얻어진 단백질의 순도는 약 60%정도에 해당하며 옥수수 gluten meal이나 가축의 사료로서 이용된다. 원심분리하여 얻어진 전분은 그후 수 차례의 세척공정을 거쳐 최종적으로 전분의 순도가 99.7% 이상에 달하는 전분이 생산되는데, 이 전분은 건조시켜 원료상태 그대로 소비자들에게 제공되거나 변성전분으로 재차 가공처리되어 각종 식품의 원료, high-fructose syrup, glucose syrup 및 각종 발효제품의 원료로서 이용된다. 옥수수는 탄수화물 작물이라고 불릴 만큼 전분은 습식제분시 가장 많이 생산되는 물질이다. 따라서 어느 정도 순도가 높은 전분을 생산할 수 있는가 하는 것과 생산된 전분의 품질은 습식제분시 전분제조 공정의 관건이 아닐 수 없다. 일반적으로 옥수수의 전분함량이 높다고 해서 반드시 습식제분시 전분수율이 높은 것은 아니다. 전분수율은 옥수수 품종 고유의 유전적 특성으로 평가되고 있으며, 습식제분을 통하여 단백질, 옥수수기름 등과 전분을 더불어 동시에 부가적으로 얻고자 하는 물질(co-products)의 종류가 많아질수록 전분의 수율은 낮아진다. 습식제분시 전분수율은 옥수수의 각종 이화학적 특성이 직, 간접적으로 복잡하게 관여하고 있기 때문에 전분수율에 영향을 미치는 요인을 결정짓기란 결코 쉬운 일은 아니지만, 일반적으로 옥수수의 종실이 대립종이고 연질전분의 비율이 높을수록 전분수율이 높은 것으로 평가되고 있으나 전분수율에 영향을 미치는 요인은 다음과 같다(U.S. Feed Grains Council, 1996-1997; 1998-1999a;



**Fig. 1.** Corn wet milling process flow.



1998-1999b).

1) 건조(Severity of drying)

옥수수전분을 생산함에 있어 수율을 증가시키고, 고품질의 전분의 생산에 가장 중요한 요인은 옥수수의 건조온도를 최소화하는 것이다. 60°C 이상에서 옥수수의 종실을 건조할 경우 옥수수의 배는 부서지기 쉬울 뿐만 아니라 옥수수 종실의 전분이 부분적으로 호화(gelatinization)되며 단백질이 변성되기 쉽다. 따라서 고온에서 건조시킨 옥수수를 습식제분 할 경우 전분수율은 감소될 뿐만 아니라 단백질 함량이 증가되어 식품의 원료로서 리올리지(rheologe) 특성이 열화되고 부수적으로 얻어지는 옥수수 기름의 함량도 감소된다.

2) Test weight

Test weight란 단위 부피당 종실중을 나타내는 것으로 종실중량은 옥수수의 bulk-density를 나타내는데, 옥수수의 bulk-density에는 유전적, 환경적 요인뿐만 아니라 가공과정의 요인도 영향을 미친다. 일반적으로 high-amylose 옥수수는 일반옥수수에 비하여 bulk-density가 낮으며 각종 double mutant들은 high-amylose 옥수수들보다 test weight가 더욱 낮아진다. Test weight가 높다(>56 lbs/bu)는 것은 반드시 전분의 함량이 높다는 것을 의미하지는 않지만 종실의 배유가 단단한 경질배유종실임을 알 수 있게 한다. 일반적으로 옥수수의 경질배유종실은 연질배유종실에 비하여 단백질의 함량이 높으며 과피배유의 비율이 낮다. 옥수수의 낮은 test weight는 옥수수의 다양한 유전적 배경에서 비롯되며 옥수수 종실의 모양, 크기, 종실 표면의 거칠음 정도 등도 건조된 옥수수를 포장시 test weight에 영향을 미친다. 연질 배유종실은 경질배유종실에 비하여 밀도가 낮을 뿐만 아니라 과피배유의 비율이 높아 전분의 수율이 낮아지기는 하지만 연질배유의 비율이 높아 test weight가 낮은 옥수수 종실은 높은 전분 회수율을 보일 뿐만 아니라 상대적으로 침지시간도 단축되는 이점도 있는 것으로 알려져 있다. 옥수수 종실은 배유의 연질전분 부분이 충분히 발달하고 난 후 경질전분 부분이 발달하게 되기 때문에 낮은 test weight는 옥수수가 충분히 성숙되지 않은 채로 수확되었을 때 낮아지게 될 뿐만 아니라 재배과정중 옥수수의 식물체가 습해 또는 냉해를 받았을 때에도 test weight가 낮아지게 되며, 수확 후 고온에서 옥수수 종실을 건조할 경우 고온은 옥수수의 형태뿐만 아니라 옥수수 종실표면조직을 균열시켜 결과적으로 옥수수의 test weight를 낮춘다. 그러나 여기에서 흥미로운 사실은 습식제분시 종실의 낮은 test weight는 오히려 가공적성을 증진시키기 때문에 이와 관련된 연구와 육종적 노력이 함께 병행되어야 할 것이다.

3) Soft/hard endosperm ratio

전술한 바와 같이 연질전분의 비율이 높을수록 습식제분시 침지시간이 단축된다. 그러나 경질전분의 비율이 높은 옥수수 종실의 경우 단백질 함량이 연질전분의 옥수수 종실에 비하여 높을 뿐만 아니라 단백질이 전분의 입자와 단단하게 결합되어

있기 때문에 습식제분을 어렵게 한다. 연질전분의 비율이 높은 옥수수의 종실은 수확, 탈곡 및 운송과정에 부서지거나 절단되기 쉽다. 종실의 경도는 배유 단백질내 disulfide 결합의 정도와 밀접한 관계가 있는데 종실 경도가 증가할수록 disulfide 결합 정도가 증가한다. 종실경도가 증가할수록 제분시 roller mill이나 hammer mill을 작동하는데 요구되는 에너지의 총량이 증가하기 때문에 제분업자들은 경립종을 기피하는 경향이 있다. 유전적으로 경질전분의 비율이 높은 품종일지라도 재배과정중 불량환경에 놓이게 될 경우 연질 전분의 비율이 상대적으로 증가되기 때문에 종실의 경도(hardness)의 측정은 옥수수의 총실도 뿐만 아니라 옥수수의 품질을 평가하는 좋은 선별 기준이 될 수 있다.

4) High germination percentage

옥수수 종실의 발아율은 건조나 저장과정에서 옥수수종자가 처해있던 여건을 간접적으로 판단할 수 있는 지표가 된다. 발아력을 상실한 옥수수의 종실은 각종 이화학특성이 변하게 되고 결과적으로 습식제분에 불리하다. 따라서 발아율이 불량한 종실은 전분수율이 낮을 뿐만 아니라 배의 수율도 낮게 되고 배와 배유의 분리도 매우 어렵게 한다. 따라서, 습식제분에 만족할만한 결과를 얻기 위해서는 옥수수 종실의 발아율은 최소 80% 이상이 되어야 하는 것으로 알려져 있다.

옥수수의 발아력을 검정하는 방법으로 세가지가 있는데 95%의 상대습도 및 25°C의 조건에서 3~5일간 발아력을 검정하는 warm germination법과 95%의 상대습도 및 10°C에서 약 7일간 발아력을 검정하는 cold test germination법과 tetrazolium (2,3,4-triphenyl tetrazolium chloride)에 의한 화학적 측정법이 이용된다.

5) 기타

습식제분시 전분의 수율 뿐만 아니라 품질을 열화시키는 요인으로 여러 가지가 있으나 옥수수의 종실이 절단되었거나 부서진 경우가 많을 경우 침지 또는 세척과정중 물의 흐름에 많은 저항의 요인이 되며 침지수(stEEP water)내에 가용성 고흡물의 용출량을 증가시키기 때문에 BCFM(low broken corn and foreign materials)은 매우 중요하다. 뿐만 아니라 각종 곰팡이에 의해 생성되는 mycotoxin류의 함량이 낮아야 식품의 원료로서 안정적이 고 고품질의 옥수수 습식제품을 생산할 수 있다. 찰옥수수의 경우 순도가 문제시되는데, 방입수분 되었거나 일반옥수수의 종실이 혼입되었을 경우 고순도의 amylopectin을 얻는데 불리하다. 일반적으로 5%이상의 non-waxy 종실이 혼입되어 있을 경우 부적합한 것으로 평가한다. 찰옥수수의 경우와 마찬가지로 high amylose 옥수수의 경우에도 순도가 문제시되는데 high amylose 옥수수의 경우는 찰옥수수의 경우와는 달리 amylose의 함량이 50-80% 이상이 되어야 하기 때문에 bulk로서 검정을 하게 되는데 일반적으로 찰옥수수 전분과 high amylose 전분의 검정은 Brabender Amylograph 측정치로 품질을 평가한다.

**건식제분(Dry-milling)**

옥수수의 건식제분을 통하여 배유( grits, meal and flour), 배 및 섬유소 fraction으로 분획되는데 다양한 입자의 크기로 입도 분획된 옥수수가루는 식품의 원료뿐만 아니라 biodegradable plastic의 원료를 비롯한 다양한 용도로 이용되고 있다(Fig. 2).

건식제분시 제분수율에 영향을 미치는 요인은 습식제분시에 비하면 비교적 쉽게 정의될 수 있는데 여러 가지 요인들중 대립종, 종실의 균일도가 높고, 경립종이며 단백질의 함량이 높을수록 제분수율이 증가되는 것으로 알려져 있다. 그 중에서도 경립종은 건식제분시 쉽게 부서지지 않기 때문에 연립종에 비하여 grits의 수율이 높아 유리한 것으로 평가된다. 입도분획에 의하여 얻어진 배유 grit들은 입자의 크기에 의하여 다음과 같이 분류된다(U.S. Feed Grains Council, 1996-1997; 1998-1999a; 1998-1999b).

**1) Flaking grits**

가장 입자가 큰 grits로서 3.5 wire sieve(inch 당 3.5 wire)를 통과하고 6 wire sieve를 통과하지 못하고 남게되는 (-3.5, +6) grits로서 corn flake를 제조하는 원료로 사용되기 때문에 flaking grits라고도 하며 -6, +10의 grits들은 roller

mill로 분쇄하여 각종용도로 사용된다.

**2) Coarse grits**

-10, +14의 grits들로서 breakfast cereal 및 snack의 원료로 이용된다.

**3) Regular grits**

-14, +28의 grits로서 breakfast cereal 및 snack의 원료뿐만 아니라 옥수수 스프, 포장지의 표면 도포제 등에 이용된다.

**4) Brewers grits**

이 옥수수 grits는 coarse와 regular grits를 혼합한 것으로 음료용 알콜생산에 이용된다.

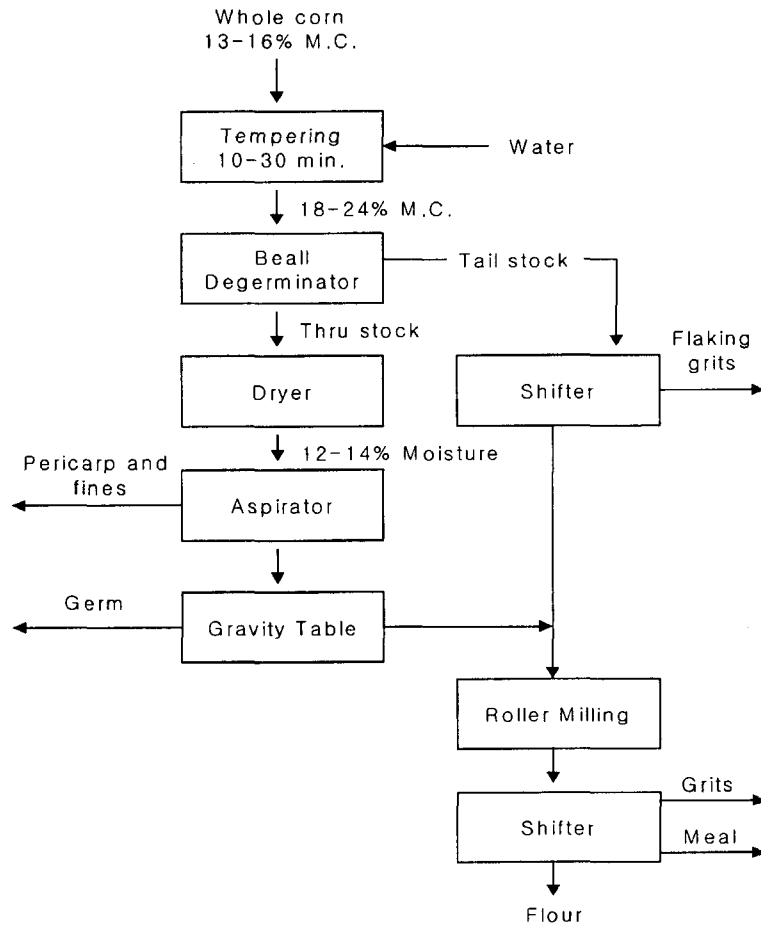
**5) Corn meal**

이 옥수수 grits는 -28, +75에 해당되는 grits로서 각종 식품의 원료가 될 뿐만 아니라 압출·팽화용으로 이용되며 공업용 wax, 비누, 알콜제조 등에 이용되는데 이를 보다 세분화하여 다시 coarse, regular, dusted등으로 구분하기도 한다.

**6) Flour**

가장 미세한 옥수수 grits로서 75 wire sieve를 통과한 (-75) 것을 말하며 식품 또는 공업용으로 사용된다.

**7) Hominy**



**Fig. 2.** Corn dry milling process flow.

건식제분을 하기 전 또는 건식제분 과정에 얻어지는 부산물로서 저가의 사료로서 제공되는데 절단된 옥수수의 종실, 각종 피해립을 비롯한 풍선 등에 의하여 1차적으로 선별된 옥수수로부터 얻어진다.

건식제분과정에 있어 가장 중요한 단계는 degermination으로서 수분함량이 12~15%에 달하는 옥수수에 steam, 열수(hot water) 또는 냉수(cold water)로 수분함량을 18~24%정도가 되도록 가습하는 tempering과정을 말한다. Tempering이 끝난 옥수수는 곧바로 degerminator로 넘겨져 기계적으로 연마공정을 거치거나 압축을 가한다. 이 공정에서 옥수수의 과피와 배를 절단되거나 부서지지 않은 상태로 배유에서 성공적으로 분리해 낼 수 있다. 따라서 degermination의 공정은 옥수수의 배유에서 옥수수의 과피와 배를 분리해내는 단계라 할 수 있다. Degerminator의 공정을 마친 옥수수는 건조하여 aspirator, roller mill, sieving 및 gravity table 등을 이용하여 입도분획하게 된다. 건식제분에 의하여 얻어진 옥수수의 배는 압착기를 이용하여 옥수수기름을 생산하는데 이때 얻어진 옥수수기름의 양은 습식제분에 의해 얻어진 배들에 비하여 수율이 낮다. 일반적으로 건식제분에 의한 옥수수전분수율은 품종 및 옥수수 종실의 경도에 따라 매우 다양한데, 우수한 옥수수의 원료로부터 약 65%를 수율을 얻을 수 있지만 일반적으로 황색마치종 옥수수로부터는 약 45%정도의 전분수율을 얻을 수 있다. 따라서 옥수수의 건식제분에서 얻어지는 hominy 사료는 옥수수의 품종 및 각종 재배조건, 수확후 관리 상태에 따라 약 20~35% 정도가 얻어진다.

건조제분시 옥수수 전분수율에 영향을 미치는 요인은 습식제분의 경우와 유사한데 1) endosperm hardness 2) test weight 3) size 4) low stress cracks 5) low BCFM 6) severity of drying 7) low toxin level 등이 영향을 미친다(U.S. Feed Grains Council, 1996-1997; 1998-1999a; 1998-1999b).

### 부가가치 향상 옥수수(Value-enhanced corn)

최근 5년간 부가가치 향상 옥수수(value-enhanced corn : VEC)에 대한 관심과 교역량이 증가되고 있다. 옥수수의 구매자 입장에서 고려한다면 고품질의 옥수수를 저렴한 가격에 구입하고자 하겠지만 생산자의 입장에서 본다면 수익과 밀접한 관계가 있기 때문에 VEC에 대한 전망은 아직도 많은 논란의 여지가 있다. 뿐만 아니라 VEC가 종래의 옥수수 생산, 유통, 가공 및 이용의 system을 바꿔 놓을 것인지 아니면 단순히 옥수수의 다양성에 그칠 것인가에 대해서는 지금단계로서는 예측하기 어렵다고 하겠지만 VEC를 취급하기 위해서는 종래의 시설을 변경해야할 뿐만 아니라 저장시설도 별도로 마련해야 하는 경비의 부담이 따르기도 한다. 그러나 VEC의 경우 생산자 및 소비자 모두에게 이익을 가져다 줄

수 있는 두 가지 방법이 있는데, 첫 번째는 목적하는 특정성분의 함량을 극대화하여 이윤을 남길 수 있는 잠재력을 증대시키거나 동등한 가치의 옥수수를 사용하기보다는 품질이 개량된 옥수수를 소량 사용하여 옥수수 원료의 구입비용을 줄여 이윤을 얻을 수 있는 방법이고, 둘째로는 가공적성을 향상시켜 가공에 투입되는 비용을 최소화하여 이윤을 얻는 것이다.

종실생산을 주요 목적으로 하는 재배농가에서는 고품질의 교잡종 생산을 기피하는 경향이 있었는데, 그 이유중의 하나는 고품질의 옥수수를 생산할지라도 이들에 대한 차별기준이 모호할 뿐만 아니라 교잡생산에 따른 경제적 혜택이 별로 없었기 때문이다. 따라서 일부농가에서는 가축사료를 직접 생산하기도 하지만 이와 같은 경우는 매우 드물다고 할 수 있다. 최근 영양학적으로 우수한 품종들이 개발되고 있으며 이들에 대한 인식이 달라지기 시작하면서 업계에서는 고품질 옥수수를 차별화하기 시작하여 이들에 대한 경제적 혜택을 부여하기 시작하면서 육종가들은 물론 옥수수재배농가에서 고품질의 옥수수를 생산하려는 노력이 지속적으로 증대되고 있는 실정이다. 따라서 머지않아 식품업계와 축산농가에서는 그들이 원하는 옥수수를 선택하여 이용할 수 있을 것으로 전망된다. 이와 같은 선택은 현재 상업적으로 구입이 가능한 수량이 높은 품종을 포함하여 다양한 특성을 나타내는 교잡종 옥수수들이 있다고 할 수 있으며 최근 이와 같은 특수 교잡종들은 일반 다수확 교잡종들과 수량에서의 차이를 극복하고자하는 노력이 지속적으로 이루어지고 있는 실정이다. 따라서 축산업자와 영양학자들이 어떻게 하면 보다 양질의 사료를 공급하여 궁극적으로 양질의 제품을 생산 할 수 있겠는가에 관심을 기울이고 있는 것이다.

옥수수의 품질을 개량하고자하는 하는 노력은 옥수수의 아미노산 조성을 변화시켜 영양학적 품질을 개선하고자 하는 노력에 관심이 집중되어 왔다. 또 다른 분야의 하나는 어떻게 하면 목적하는 배유돌연변이를 효과적으로 이용할 수 있겠느냐 하는 것인데, 이와 같은 목적을 위해서 분자생물학적, 유전학적 생명공학 기술을 이용하여 목적을 달성할 수 있다. 특수 용도로 개발된 옥수수들은 소비처가 확대되고 최종적으로 사용량이 증가하여야 하기 때문에 이들에 대한 부가가치를 논의한다는 것은 그리 간단한 일은 아니며, 소비자들은 특수용도용 옥수수들에 대한 품질특성은 물론, 이를 선택할 경우 그들에게 어느 정도의 경제적 수익을 얻을 수 있을 것인가에 대해 매우 민감하기 때문에 구체적인 정보의 제시가 없이 소비자들의 관심을 집중시킬 수는 없다. 일반적으로 VEC는 1) compositional traits 2) management and handling traits에 의해 생산, 유통 및 가공되고 있는데, 이와 같은 목적으로 현재 연구가 진행중에 있거나 또는 상업적으로 유통되고 있는 VEC들의 종류와 그 특징들은 다음과 같다(Andrew *et al.*, 1979; Araba, 1997; Beek & Dado, 1998; Boland *et al.*,

1999; Bjarnason & Vasal, 1992; Richard, 1999; Thomison *et al.*, 2001; U.S. Feed Grains Council, 1996-1997; 1998-1999a; 1998-1999b; Vasal, 1999).

**High lysine corn**

옥수수에 있어 lysine, methionine, cystine 및 tryptophan과 같은 아미노산의 함량을 증대시켜 식품은 물론, 가축의 사료 및 각종 공업의 원료로 사용하고자하는 육종가들의 노력이 지속되어 왔다. High lysine 옥수수가 개발된 것은 1960년 초반의 일이었다. High lysine corn(HLC)에 관련된 유전자는 opaque-2와 floury-2라는 유전자가 관여를 하고 있는데, high lysine 옥수수는 일반옥수수에 비하여 배유전분의 밀도가 낮기 때문에 연질의 배유 특성을 나타내며 이러한 특성은 저장기간 동안 미생물의 번식을 용이하게 하는 물리적 구조를 갖게 된다. 그러나 opaque-2 옥수수가 개발된 이래 opaque-2 옥수수의 낮은 수량성, chalky-looking grain 뿐만 아니라 각종 병해충에 약한 특성 때문에 옥수수 재배농가에서는 높은 관심을 보이지 않았었다.

Table 4는 옥수수 교잡종간의 아미노산 함량을 비교한 것이다.

표에서 보는 바와 같이 lysine 함량은 high lysine 옥수수가 0.33-0.37% 정도로 가장 함량이 높고, high oil 옥수수가 0.31-0.34%를 나타내고 있으며, 황(S) 함유 아미노산인 methionine 함량은 high oil 옥수수가 0.18-0.21%로 가장 많이 함유되어 있으며 그 다음이 찰옥수수로서 약 0.18-0.2% 정도의 함량을 나타내고 있는 반면 high lysine 옥수수에 있어서는 오히려 그 함량이 0.13-0.15%로 가장 낮게 함유되어 있을 뿐만 아니라 taurine, serine, alanine 및 phenalanine의 함량도 high oil 옥수수가 high lysine 옥수수보다 높다는 사실이 주목된다. 일반적으로 특정한 성분을 개량하고자 육종을 진행시 문제점으로 지적되고 있는 것은 특정 성분의 증대는 다른 성분의 함량을 감소시키는 경우가 많은데, 실제 단백질 함량은 탄수화물(전분)의 함량과 부의 상관관계( $r = -0.52$ )가 있으며 지방의 함량은 탄수화물의 함량과  $r = -0.44$ 의 상관관계가 있기 때문에 이들의 성분을 증대시키고자 하는 육종적인 노력에는

많은 문제점이 노출되고 있다. 그러나 최근 CIMMYT에서는 종래의 교잡육종법에 의하여 QPM(quality protein maize)이라고 불리는 새로운 종의 옥수수가 개발되었는데, 이교잡종은 다른 옥수수에 비하여 약 2배정도의 protein 함량이 높을 뿐만 아니라 종실수량도 약 10%정도 증가된 것으로 알려져 있다. QPM 옥수수는 HLC의 연질배유의 비율이 높은 문제점을 해결하고자 lysine의 함량은 그대로 유지되면서 배유의 연질전분이 flint형으로 나타나는 계통을 선발하는 과정에서 얻어진 결과로 알려져 있으나 QPM 옥수수의 개발은 1963년 필수 아미노산인 lysine과 tryptophan이 함량을 획기적으로 증가시킨 opaque-2의 옥수수개발 이후 약 40년만의 연구성과로 평가되고 있다. QPM 옥수수는 일반옥수수 및 opaque-2 옥수수에 비하여 gamma-zein의 함량이 높은 것으로 보고되고 있으며 전분의 소화율은 HLC에 비하여 저하되기도 하지만 미생물에 의한 lysine의 분해를 억제하기 때문에 상대적으로 lysine의 흡수율을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 옥수수는 세계적으로 가장 많이 재배되고 있는 식량작물의 하나로서 특히 기근에 시달리고 있는 후진국들의 주요 식량작물이라 할 수 있으며 특히 아프리카 아시아, 라틴아메리카 등지의 주용 식량작물로서 이용되고 있지만 필수아미노산인 lysine과 tryptophan이 결핍되어 있기 때문에 이를 주식으로 할 경우 영양학적으로 불리한 문제점이 지적되고 있다. 따라서 QPM 옥수수의 개발은 전세계적으로 영양 결핍에 시달리는 문제점을 해결할 수 있을 것으로 기대되고 있으며 2000년 현재 중국, 멕시코, 가나 등을 비롯한 세계 11개국에서 약 100만 ha 정도가 재배되고 있으나 2003년에는 약 350만 ha가 재배될 것으로 예상되고 있다.

**Table 10.** Agronomic performance of normal, high oil, high lysine, and waxy corns

Type	Yield (bu/A)	% Moisture	% Lodging
Normal	125-167	24.1-29.1	0-4
High oil	133-156	28.3-30.8	0-4
High lysine	112-147	22.0-29.2	19-25
Waxy	113-141	23.6-24.4	3-4

**Table 11.** Comparison of normal, TopCross high oil, high lysine, and waxy corn grain for amino acids

Type	Amino acid composition (%)																		
	Tau	Asp	Thr	Ser	Glu	Pro	Gly	Ala	Cys	Val	Met	Iso	Leu	Try	Phe	His	Lys	Arg	Try
Normal	0.14-0.15	0.62-0.63	0.31-0.32	0.40	1.77-1.79	0.84-0.85	0.34	0.68-0.69	0.22	0.44-0.45	0.17-0.18	0.32	1.17-1.46	0.28	0.46-0.47	0.26	0.29	0.40-0.41	0.07
High oil	0.15-0.16	0.61-0.72	0.35-0.41	0.40	1.78-1.79	0.84-0.86	0.30-0.37	0.60-0.76	0.20-0.24	0.51-0.52	0.18-0.21	0.32	1.11-1.80	0.27	0.46-0.48	0.25-0.27	0.31-0.34	0.39-0.46	0.05-0.07
High lysine	0.09	0.59-0.75	0.27-0.34	0.30-0.37	1.22-1.56	0.62-0.83	0.30-0.42	0.48-0.60	0.20-0.25	0.41-0.51	0.13-0.15	0.26-0.33	0.72-0.93	0.20-0.28	0.32-0.42	0.28-0.34	0.33-0.37	0.45-0.51	0.07-0.08
Waxy	0.10	0.42-0.70	0.31-0.33	0.30-0.40	1.62-1.86	0.77-0.88	0.35	0.65-0.73	0.20-0.23	0.44-0.47	0.18-0.21	0.33-0.35	1.07-1.22	0.26-0.28	0.45-0.48	0.26-0.28	0.29-0.30	0.41-0.42	0.07

High Oil corn(HOC)

Oil 함량이 높은 옥수수를 육성하고자하는 노력은 1896년 미국의 Illinois 대학의 "Illinois High Oil" 옥수수를 육성하고자 하는 노력에서부터 시작되었다고 할 수 있으나, 고지방옥수수가 주목을 받기 시작한 것은 비교적 최근의 일이다.

옥수수의 기름은 주로 옥수수의 배에 함유되어 있기 때문에 옥수수의 배와 배유의 비율에 의하여 옥수수 기름의 함량이 결정되지만 단순히 종실의 크기가 크다고 옥수수 기름의 함량이 증대되는 것은 아니다.

그 동안 수많은 육종가들에 의하여 기름의 함량이 높은 옥수수 교잡종을 육성하려는 노력이 지속되어 왔으나 옥수수 기름의 함량과 옥수수 종실수량은 부의 상관관계가 인정되기 때문에 옥수수 기름의 함량이 증가된 교잡종을 성공적으로 육성 하더라도 수량이 낮아지기 때문에 재배농가에서 이를 기피하여 실효를 거두지 못하였다. Table 12는 약 300여종의 옥수수 유전자형에서 13,800종의 시료를 취하여 옥수수 종실의 주요 영양성분인 단백질, 전분, 지방함량을 검토한 결과를 나타낸 것이다. 일반옥수수의 지방함량은 약 4~5%에 달하지만 HOC는 6~9%의 기름을 함유하고 있다. 옥수수가 기름은 식용유, 마가린 등에 사용되며 가축의 사료로 이용될 경우 가축의 중요한 energy원이 되기도 한다. HOC는 옥수수의 배가 증대되기 때문에 단백질 및 펠루아미노산의 함량이 높고 영양학적으로 균형이 잡힌 옥수수품종을 요구하며 HOC는 미국의 corn belt 전역에 재배되고 있다.

일반적으로 HOC의 경우 Oil 함량이 6~7.5%일 경우를 기준으로 할 때 bushel당 일반옥수수보다 약 \$0.1의 부가가치가 있는 것으로 평가된다. 현재 상업화되어 있는 HOC 옥수수 교잡종은 미국의 DuPont사에서 개발한 TOPCROSS<sup>®</sup>라는 품종이 있으며 미국에서는 약 1백만 에이커 정도가 재배되고 있는 것으로 알려져 있다. 그런데 여기서 흥미로운 사실은 TOPCROSS<sup>®</sup> 종실을 생산하는데 있어 웅성불임을 적극적으로 이용한다는 것이다. 즉, 두 가지 형태의 종자를 동시에 파종하게 되는데 그중 하나는 "Grain parent"로서 웅성불임 종자를 총 파종량의 90~95%를 파종하고 나머지 종자는 화분친으로 파종하여 목표로 하는 교잡종을 얻는다.

옥수수의 기름은 식용유를 비롯한 각종 가공용 유지로서 사용되고 있는데, margarine의 제조에는 화학처리를 최소화 할

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 옥수수 기름의 지방산조성은 도축 후 육질뿐만 아니라 저장성, 풍미에도 영향을 미치기 때문에 중요한 요인으로 평가된다.

HOC의 지방산함량의 특징은 Table 3에서와 같다. 일반적으로 옥수수의 지방산 함량은 linoleic과 oleic acid가 주종을 이루고 palmitic, stearic 또는 linolenic, arachidic acid의 순으로 그 함량이 높은 것으로 알려져 있는데, HOC 옥수수는 stearic과 oleic acid의 함량이 다른 옥수수 교잡종들에 비하여 증가되는데 비하여 linoleic과 linolenic acid의 함량은 감소되는 것으로 보고되고 있다.

Waxy corn

찰옥수수는 단일 열성유전자에 의하여 유도된 배유 돌연변이체로 찰옥수수의 전분은 거의 100%의 amylopectin으로 구성되어 있으나 다른 화학성분은 일반 옥수수와 비슷한 것으로 알려져 있다. 찰옥수수는 식품, 제지, 섬유, 합판, 접착제, 사료

Table 12. Nutrient variation with in regular corn hybrids<sup>1</sup>

Nutrient	DM (%)		
	X	SD	Range <sup>2</sup>
Protein	8.8	0.94	6.9~10.7
Starch	70.7	1.5	67.7~73.7
Oil	4.0	0.45	3.1~4.9

<sup>1</sup>represents 13,800 grain samples from about 300 genotypes, <sup>2</sup>X ± 2 × SD

Table 13. Select grain quality attributes of normal, high oil, high lysine, and waxy corns

Type	% Oil	% Protein	% Starch	M.E. (Kcal/lb)
Normal dent	4.2-4.8	7.7-8.2	71.3-73.4	1777-1795
High oil	7.2-8.2	8.0-9.0	66.2-67.9	1851-1869
High lysine	4.0-4.5	7.3-8.5	70.5-72.2	1770-1785
Waxy	3.2-3.6	8.9-10.1	73.1-73.3	1747-1758

Table 14. Comparison of normal, high oil, high lysine, and waxy corn grain for % fatty acids

Type	Fatty acid composition (%)					
	Palmitic (16:0)	Stearic (18:0)	Oleic (18:1)	Linoleic (18:2)	Linolenic (18:3)	Arachidic (20:0)
Normal	10.8-11.9	1.40-2.00	23.4-27.7	57.2-61.3	1.2-1.5	0.29-0.50
High oil	11.1-11.9	2.30-2.40	32.5-34.8	49.3-50.9	0.9-1.0	0.43-0.44
High lysine	11.4-12.4	1.23-1.37	25.7-27.5	57.8-58.6	1.1-1.3	0.30-0.40
Waxy	12.3-12.7	1.50-1.90	26.7-29.2	54.4-57.3	1.3-1.4	0.20-0.40

등에 걸쳐 다양하게 사용되고 있지만 식품 및 공업의 원료로서 잠재력은 무한한 것으로 평가되고 있다. 최근 식품의 원료로서 고순도의 amylopectin을 얻기 위한 찰옥수 교잡종의 개발이 증가되고 있으며 glucose가  $\alpha$ -1,4 결합을 되풀이하여 사슬모양을 이루고 있는 amylose와는 달리 amylose의 사슬 근데근데에 amylose의 사슬이  $\alpha$ -1,6 결합에 의하여 분지모양을 이루고 있는 amylopectin은 전분의 규칙적인 입자구조의 형성을 방해하기 때문에 각종 효소들의 침투를 용이하게 하여 소화율을 증가시키기 때문에 사료로서의 수요도 증대되고 있는 실정이다. 우리나라의 경우 찰옥수수는 풋옥수수로서 주로 이용되고 있는데, 과피두께를 최소화하여 조직감을 부드럽게 하고자 하는 육종적 노력이 지속되고 있을 뿐만 아니라 백색찰옥수수, 검정찰옥수수 및 황색찰옥수수와 같은 유색종의 찰옥수수의 개발도 이루어지고 있다. 일본의 경우 50,000만톤(1998년) 정도의 찰옥수수를 수입하여 식품 또는 공업용으로 이용하고 있는 것으로 알려져 있다.

#### White corn

백색옥수수는 단일 열성유전자에 의하여 형질이 발현되며 옥수수 종실이 백색이라는 것이 가장 뚜렷한 특징이라 할 수 있으나 황색옥수수와는 달리 vitamin A(carotene)가 결핍되어 있다. 백색옥수수는 주로 건식제분 또는 알카리 processed 하여 식용으로 고품질의 옥수수가루를 생산하는데 이용된다. 백색옥수수는 식품의 원료가 되는 전분 또는 제지 등에 이용되는데, 가공업자들은 순도가 매우 높은 백색옥수수, 대립종, 균일도, 비중이 높은 품종을 선호하지만 유전적으로 열성이기 때문에 재배에 유의하여야 한다.

#### Food grade yellow corn

Food grade yellow corn은 백색옥수수와 같이 단일 열성 유전자에 의하여 형질이 발현되며 일반옥수수보다 제분율을 향상시킨 여러 종류의 황색 옥수수가 있지만 이들 중 백색속(cob)을 가지고 있으며 종실이 함몰되지 않고(dentless), 과피의 제거가 손쉬울 뿐만 아니라 경립종의 특징을 가지고 있는 품종일수록 식품업계에서 선호하는 경향이 있고 일반 옥수수보다 bushel 당 \$0.05-\$0.15 정도 높은 가격에 거래되며 백색옥수수와 더불어 주로 건식제분에 이용된다.

#### High amylose corn(HAC)

High amylose 옥수수(amylo maize)는 50% 이상의 amylose를 함유하고 있는 옥수수로서 1950년 R.P. Bear에 의해 개발된 amylose-extender(ae)라는 배유돌연변이체로서 상업적으로 유용한 HAC는 세 가지 형태가 있는데, Class V형의 교잡종은 약 55~60%의 amylose를 함유하고 있으며 Class VII형의 교잡종은 약 70~80%, Class IX형의 교잡종은 90% 이상의 amylose가 함유되어 있다. High amylose 옥수수를 습식제분하

면 신속히 결정화되는 특징을 지닌 전분을 얻을 수 있는데 식품, 제지, 접착제 등에 이용하며 화학적으로 변형이 쉬운 amylose의 특징을 이용하여 다양한 용도로 활용이 가능한데 분해되는 포장재료(biodegradable plastic product)의 원료로 사용되기도 하지만 아직까지 그 용도가 다양한 것은 아니지만 공업적으로 활용도가 기대된다.

#### High available phosphorous/low-phytate(HAP) corn

저피틴산 옥수수는 phytic acid 함량을 낮춘 것으로 단일유전자에 의하여 특성이 발현되는데 이 옥수수의 가장 큰 특징은 일반옥수수에 비하여 인산의 이용도를 약 3배정도 증진시킨다. 따라서 저피틴산 옥수수는 high available phosphorus(HAP)라고도 불린다. 저피틴산 옥수수를 사료로 제공할 경우 환경오염의 주요 원인이 되는 가축의 배설물의 인산함량을 감소시킬 수 있다고 알려져 있으나 일반 옥수수에 비하여 수량이 10~20%정도 감소되기 때문에 실제로는 재배되고 있지는 않다.

#### Nutritionally dense corn

Nutritionally dense corn은 주요 영양성분중 하나 또는 그 이상의 성분을 강화한 것으로 단백질 또는 지방의 함량이 높거나 지방산 또는 아미노산의 구성비율 및 함량을 높인 것으로서 주로 사료로서 이용되지만 일부는 식용으로도 이용된다.

#### High starch corn

High starch corn은 가공시 많은 전분이 생산된다. 일반옥수수는 습식제분시 oil 함량이 약 4~5%에 달하며 약 66%의 전분이 생산된다. 일반교잡종들 중에는 제분시 전분의 함량이 다양한 변이를 보이는데 그 중에는 전분의 수율이 높은 교잡종들이 발견되기도 하지만 육종가들의 진정한 목표는 지방함량과 단백질 함량을 각각 3% 및 5% 미만으로 유지하며 전분의 함량을 3~4% 이상 증가시키며 전분의 수율을 증가시키고 동시에 제분에 투입되는 비용을 최소화하는 것을 목표로 한다. 최근 옥수수의 전분을 이용한 ethanol의 생산이 급증하고 있는데 1%의 옥수수 전분의 증가는 1%의 ethanol 생산량을 증가시킬 수 있다는 목표아래 고전분 옥수수 교잡종 육종에 노력하고 있다.

#### Blue corn

Blue corn은 우리들에게는 다소 생소한 옥수수종이나 명칭에서 나타나는 바와 같이 푸른색의 옥수수로서 제분시 푸른색의 전분을 얻을 수 있다. Blue corn의 주요 용도는 tortillas, pancake, 옥수수빵, chip등의 원료로 이용되고 있으며 일반옥수수에 비하여 단백질의 함량이 약 30%정도 높을 뿐만 아니라 연질의 배유를 가지고 있어 제분이 용이하기 때문에 각종 식품의 푸른색을 내는 원료로서 주로 이용된다. Blue corn은

멕시코인들에게는 건강기능성 식품으로 여겨지고 있는데 최근 수요가 증가되고 있는 것으로 보고되고 있으나 blue corn은 지금까지 품종으로 개발된 것은 없는 것으로 알려져 있을 뿐만 아니라 재래종 수준에 머물러 있는 실정이다.

Blue corn의 특징은 유전적으로 우성에 해당하며 등숙후기까지도 종실이 백색을 유지하고 있지만 건조가 진행되기 시작하면서 청색이 나타나기 시작하고 수분함량이 18% 정도에 달하면 청색이 짙어지는 경향을 보인다고 한다(Johnson & Croissant, 1990; Johnson & Jha, 1993).

### 유전자변형 옥수수

최근 분자생물학적 생명공학 기술을 응용하여 형질전환된 옥수수 교잡종들도 궁극적으로 재배농가에 경제적인 이익을 가져다주기 때문에 부가가치향상 옥수수(VEC)로 분류되기도 한다. 옥수수 교잡종은 그들의 개발목적에 따라 특성이 구분되고 있는데 수량을 비롯한 각종 특성을 일반 옥수수와 비교하려는 경향이 있다(Maier, 1999). 따라서 특수목적으로 개발된 옥수수들은 일반 옥수수들에 비하여 수량이 낮은 문제점이 지적되고 있기 때문에 재배농가에서 특수목적으로 개발된 옥수수 교잡종의 재배를 기피하는 주요 원인이 되기도 한다. 특수교잡종들의 수량이 저하되는 원인으로서는 여러 가지가 있지만 그 중에서도 특수 형질을 일반옥수수에 도입하기 위해 여교잡을 거듭하면서 계통 고유특성이 변형되었을 가능성이 매우 높고 도입하고자하는 특수 형질이 열악한 다른 유전자들과 강하게 연관되어 있는 경우가 있기 때문에 수량이 저하되는 경우가 많다(Lauer, 1999). 따라서 이와 같은 육종상의 어려움 때문에 육종가들은 많은 시간과 노력을 투자하고 있으며 분자생물학적 생명공학 기술을 응용한 목적형질의 도입이 적극 활용되고 있는 이유가 되기도 한다. 지금까지 개발된 유전자변형 옥수수는 다음과 같은 것들이 있으며 그 특징을 요약하면 다음과 같다.

#### 유전자 재조합 옥수수의 종류

##### 1) BT Corn

BT는 토양에서 발견되는 bacteria인 *Bacillus thuringiensis*를 의미하는 것으로서 Bt는 caterpillars(lepidopterans), beetles (corn ear worm & Colorado potato beetle)와 aquatic flies 등에 유독한 결정형의 단백질을 생성한다. 해충이 Bt옥수수를 먹으면 결정형의 단백질이 용해되면서 해충의 소화관을 24시간 이내에 손상을 입히는 유독물질로 작용하는 것으로 알려져 있다. Bt의 결정형 단백질로부터는 약 70여종의 독성물질이 생성되는 것으로 알려져 있는데, 이 독성물질의 활성은 해충 소화기관의 pH, 환원성 물질의 존재여부 및 세포막의 binding site의 존재여부에 따라 달라지게 된다. Bt옥수수로부터 결정형 단백질은 생육초기부터 왕성하게 생성되다가 등숙이 시작

되면서 점차 감소하기 시작한다.

##### 2) IMI Corn(IT/IR)

IMI 옥수수는 단일 반우성유전자에 의하여 비롯되는 Imdazolinone 계열의 제초제에 저항성을 갖는 옥수수를 말한다. IMI옥수수는 IT와 IR의 두가지 교잡종 형태로 개발되어 있는데, IT형 교잡종은 제초제 저항성이 교배부분 또는 모본 중 어느 한편에서 기인된 것을 말하며 IR형 교잡종은 교배 부분과 모본 모두에 제초제 저항성이 있는 것을 말한다. 현재 IMI 옥수수는 다양한 속기를 갖는 옥수수교잡종들이 개발되어 있으며 일반 옥수수에 비하여 약 33%정도 증수되는 것으로 알려져 있다.

##### 3) SR Corn

SR 옥수수는 IMI옥수수의 경우와 비슷한 제초제 저항성 유전자를 도입한 옥수수로서 Poast(sethoxydim)와 같은 제초제에 뚜렷한 저항성을 나타내지만 일반옥수수에 비하여 수량이 낮은 단점이 지적되고 있다.

##### 4) Liberty Link Corn

Liberty link 옥수수는 Liberty(glufosinate ammonium)와 같은 제초제에 저항성을 나타내는 유전자 변형 옥수수로써 glufosinate에 대한 저항성은 토양미생물인 *Streptomyces hygroscopicus*에서 유래한다. Glufosinate는 광범위 잡초방제에 사용되는 속효성 엽면살포용 제초제로서 잡초에 비선택적으로 작용할 뿐만 아니라 식물체에서는 비이행성이며 뿌리에서는 흡수되지 않는 특징을 가지고 있다.

##### 5) Round-up Ready Corn

Round-up Ready 옥수수는 glyphosate와 같은 제초제에 저항성을 나타내는 옥수수로써 1998년 상업적으로 재배되기 시작하였다. Glyphosate는 glufosinate와 작용이 거의 비슷한 광범위 잡초방제에 사용되는 속효성 엽면살포용 제초제로서 잡초에 비선택적으로 작용하는 것으로 알려져 있다.

##### 6) Gene Stacked Corn

Gene stacked corn은 여러가지 유전특성을 복합적으로 나타낼 수 있도록 개발된 유전자 재조합 옥수수로써 지금까지 개발된 옥수수로는 Bt와 Liberty-Link의 특성을 동시에 보유한 옥수수가 있으나 이들의 수량 및 각종 특성은 앞으로도 지속적인 검토가 요구되고 있다.

#### 유전자 재조합 옥수수의 안전성

유전자 재조합 기술이 개발되기 시작한 초기부터 기술 그 자체에 대한 안정성문제가 지속적으로 대두되어 왔으며 OECD 및 WHO/FAO는 유전자 재조합 농작물의 식품으로서의 안전성을 평가하기 위하여 '실질적 동등성(substantial equivalence)'이라는 개념을 정립하였다. 여기서 실질적 동등성이란 유전자 재조합 농산물이 기존의 농산물과 동등하다는 것을 의미하기 때문에 각종 작물학적 특성, 영양성분, 독소 및 알레르겐 등에 차이가 없다는 것을 의미한다(IFBCILSCI, 1996; 김 등,

2001; 박, 2001). 따라서 유전자 삽입에 의해 부과되는 특성에 대한 안전성은 (1) 유전물질의 공여체 또는 숙주의 유전적 유래에 관한 정보 (2) 사용된 벡터나 표식유전자 및 전이기술 (3) 변형에 의한 제2의 영향이 있을 가능성 (4) 새로운 식품에서 발현되는 성분이나 특수물질의 존재여부를 파악하고 평가하게 된다. 유전자 재조합 농산물은 새로운 유전자를 도입하는 것이기 때문에 식물체는 한가지 이상의 새로운 단백질을 생성하게 되며 이와 같이 새롭게 생성된 단백질들이 알레르기를 유발하고 있는지에 대한 것들이 관심의 초점이 된다.

따라서 삽입된 유전자가 알레르기 유발성인지, 삽입된 유전자에 의해 생성된 단백질이 기존에 알려져 있는 알레르기 유발단백질과 유사성이 있는지, 외래유전자의 삽입에 의해 작물에서 새롭게 발현되는 단백질이 알레르겐으로 작용하고 있는지를 검토하여야 한다. 유전자 재조합 옥수수의 경우 일부가 상업적으로 재배, 유통되고 있는데 이들에 대한 안전성 여부는 아직도 논란이 지속되고 있으며 잠재적 위험성에 대한 우려가 잔존하고 있는 실정이다. 우리나라의 경우 2000년 8월 식품의약품안전청장에 의한 식품위생법 제10조제1항 단서의 규정에 의하여 유전자재조합식품등의표시기준을 제정, 고시(식품의약품안전청 고시 제2000-43호)하고 있으며 2001년 7월부터는 유전자재조합된 콩 및 옥수수를 원료로 제조된 식품은 “유전자재조합식품”이라는 표시를 하도록 하고 있으며, 2002년 1월부터는 유전자재조합식품 표시제를 위반하는 경우 행정처분을 받도록 제도화하고 있다. 지금까지 GMO 표시제는 우리나라를 비롯한 유럽연합, 일본, 호주, 뉴질랜드에서 시행중에 있다(김 등, 2001; 박, 2001).

## 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.
- Araba, M. 1997. Value-added identity preserved ingredients: impact of new grain varieties on feed manufacturing. *Feed manage.* 48 : 11-15.
- Azanza, F., A. Bar-Zur and J. A. Juvik. 1996. Variation in sweet corn kernel characteristics associated with stand establishment and eating quality. *Euphytica.* 87 : 7-18.
- International Food Biotechnology Council and International Life Sciences Institute - Allergy and Immunology Institute. 1996. Allergenicity of foods produced by genetic modification, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Supplement to vol. 36., CRC Press, Florida, USA.
- Beek, S. D. and R. G. Dado. 1998. Nutritional value of high lysine corn or regular corn as grain or corn silage for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 71 : 1202. (Abstr.)
- Bjarnason, M. and S. K. Vasal. 1992. Breeding of quality protein maize(QPM), in *Plant Breeding Rev.*, Janick, J., Ed., 1992, p181.
- Boncheff, B. Sweet corn grading and packing manual. Ministry of Agriculture and Food Contact. www.gov.on.ca/OMAFRA/english/food/inspection/fruitveg/manuals/sweetcorn.htm.
- 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.
- Flora, L. F. and R. C. Wiley. 1974. Sweet corn aroma, chemical components and relative importance in the overall flavour response. *J. Food Sci.* 39 : 770-773.
- Evans, M. G., R. L. Nielsen and C. B. Southard. USDA grading standards and moisture conversion table for corn. *Purdue University Cooperative Extension Service.* www.agcom.purdue.edu/AgCom/Pubs/AY/AY-225.pdf.
- Grades and grade requirements. www.kswheat.com/international/exports/Grades.htm.
- Jackson, D. S. 1992. Corn quality for industrial uses. *Field Crops.* www.ianr.unl.edu/pubs/fieldcrops/g1115.htm.
- Johnson, D. L. and R. L. Croissant. 1990. Alternate crop production and marketing in Colorado. *Colorado Expt. Sta. Coop. Ext. Serv. and Dept. of Agron. Tech. Bul. LBT 90-3.*
- Johnson, D. L. and M. N. Jha. 1993. Blue corn. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New crops.* Wiley, New York. p228-230.
- Keeneth, Terry L. Southwest Indiana Food Corn Production and Resource Guide.
- Kim, S. L., B. H. Choi, S. U. Park and H. G. Moon. 1996. Functional ingredients and their variation. *Korean J. Crop Sci.* 41(S) : 46-68.
- 김영미, 김태산, 박용환. 2001. GMO 검정기술의 연구개발 동향. *Korean J. Crop Sci.* 46(S1) : 24-29.
- Lauer, J. 1998. Management need for specialty corn hybrids. *Field Crops.* 28 : 31-37.
- Lowe, J. Grading corn. www.ontariocorn.org/gradingc.html.
- Maier, D. E. 1999. Grain quality issues related to genetically modified crops. www.agcom.purdue.edu/AgCom/Pubs/GQ/GQ-42/GQ-42.html.
- Park, K. Y., B. H. Choi, S. K. Jong, S. S. Lee and S. U. Park. 1988. Current status of quality improvement in maize. *Korean J. Crop Sci.* (S1) : 49-63.
- 박선희. 2001. 유전자재조합 농산물의 식품 안전성. *Korean J. Crop Sci.* 46(S1) : 24-29.
- Ricard, G. D. 1999. Nutritional benefits of speciality corn grain hybrids in dairy diets. *J. Anim. Sci.* 77(2) : 197-206.
- Semple, R. L. and G. I. Kirenga. 2001. Developing standardized grades and quality standards for the regional trade of maize in eastern and southern Africa. In: *Facilitating regional trade of agricultural commodities in Eastern, Central and Southern Africa.* www.fao.org/inpho/vlibrary/new\_fao/x5417e/x5417e0q.htm.
- Simmons, E., A. Simmons and R. Boozer. 1999. Yield, ear characteristics, and consumer acceptance of selected white sweet corn varieties in the southeastern united states. *HortTechnol.* 9(2) : 289-293.
- Thomison, P. R., A. B. Geyer, T. Dobbels and H. Siegrist. 2001. Grain quality attributes of TopCross high oil, high lysine, waxy, and conventional yellow dent corns. *Horticulture and Crop Science.* www.oardc.ohio-state.edu/hocorn/agf137no.htm.
- Tracy, W. F. 2001. Sweet corn. In: *Speciality corns*, 2nd Edition, A.R. Hallauer, ed. CRC Press, Boca Raton. pp155-170.
- USDA. 1997. Grain inspection handbook. Book II. Corn. Chapter 4 : pp. 1-22.
- USAD, 1997a. United states standards for grades of sweet corn. Effective February 12, 1992 (*Reprinted-January 1997*).



- USAD, 1997b. United states standards for grades of sweet corn for processing. Effective May 15, 1962 (*Reprinted-January 1997*).
- USAD, 1999. United states standards for grades of canned whole kernel(whole grain) corn. Effective December 8, 1999.
- U.S. Feed Grains Council, 1996-1997. Value-Enhanced Corn Quality Report.
- U.S. Grains Council. 1998-1999a. Introduction to world feed grain markets and the role of value-enhanced grains. U.S. Grains Council VEG Merchandiser Manual. Chapter 1. pp. 142.
- U.S. Grains Council. 1998-1999b. Specifying and testing quality attributes in value-enhanced corn(VEC). U.S. Grains Council VEG Merchandiser Manual. Chapter 6. pp. 127148.
- Vasal, S. K. 1999. Quality protein maize story. Improving human nutrition through agriculture: the role of international agricultural research. October 5-7. CIMMYT: 1-16.
- Wong, A. D., J. A. Juvik, D. C. Breeden and J. M. Swiader. 1994. Shrunken2 sweet corn yield and the chemical components of quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sco.* 199(4) : 747-755.