

# 옥수수 기능성 물질의 종류와 변이

김선림\* · 최병한\* · 박승의\*\* · 문현귀\*

## Functional Ingredients of Maize and Their Variation

Sun Lim Kim\*, Byung Han Choi\*, Seung Ue Park\*\* and Hyun Guey Moon\*

### 目 次

1. 옥수수의 항산화 물질	4. 맺는 말
2. 다불포화 지방산과 불검화 정량 추출물(ZML)	참고문헌
3. 옥수수의 flavonoids	

**ABSTRACT:** The objective of this report is to review the up to present papers including 79 references about functional ingredients in maize and their variations. Maize is a good source of such antioxidants as  $\alpha$ -,  $\gamma$ -tocopherols,  $\alpha$ -,  $\beta$ -carotene,  $\beta$ -cryptoxanthin, zeaxanthin, quercetin and chlorogenic acid. Unsaponifiable standard extracts of *Zea mays* L. (ZML) have a beneficial effect on various dental diseases. Flavonoids, flavonoid biosynthetic pathway and their controlling genes were also reviewed in this report. Flavonoids are required for successful fertilization in maize pollen, and maysin has a potent antibiotic activities to earworm and fall armyworm in maize silks. Maize silks have been used in traditional medicine for diuretic, vascular diseases and diabetes, etc. and boiling water extracts of maize silk have hemodynamic effects, but their ingredients still remain obscure.

**Key words:** Maize, Antioxidants, Carotenoids, ZML, Flavonoids, Maysin, Corn silk

옥수수는 세계 3대 식량작물의 하나일 뿐만 아니라 그 용도가 다양하여 이를 원료로 생산된 제품이 약 2,000 여종에 달하기 때문에 우리의 일상 생활과 밀접한 관련을 맺고 있다. 현재 우리나라의 연간 옥수수 소비량은 약 900만톤 규모이지만 매년 증가추세에 있고 2000년에 이르러서는 1,800만톤 이상의 소비규모가 될 것이라 전망되고 있다.

옥수수는 전분을 원료로 하는 각종 산업분야

에 있어 가장 중요한 작물로 옥수수 시럽, dextrose, 녹말, lactose, sucrose 등의 원료가 되며 각종 조미료, 의약품, 시약, 화장품, 주류, 과자류, 도료, 인쇄, 제지업 등 다양한 분야에 이용된다. 옥수수를 발효시켜 생산되는 항생물질은 2차 대전 이후 급속히 발전하여 페니실린, bacitracin, neomycin을 비롯한 각종 의약산업의 주요한 분야가 되었고, 옥수수의 침지수(corn steepwater)도 그 성분은 아직 정확히 규명되지 않았으나

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

\*\* 강원도 농촌진흥원 (Kangwon Provincial RDA, Chuncheon 200-150, Korea)

〈'96. 1. 15 接受〉

수용성 질소화합물과 미지의 항생물질을 풍부하게 함유하고 있기 때문에 각종 의약품 생산의 주요 유기물 공급원으로 이용된다. 또한 riboflavin(vitamin B<sub>2</sub>), cobalamin(vitamin B<sub>12</sub>) 등도 옥수수의 발효에서 얻어질 뿐만 아니라 citric acid, glutamic acid, lactic acid, lysine, acetone, n-butanol, ethanol 등도 대부분 옥수수를 원료로 생산된다.

최근 들어 식생활이 서구화 되어감에 따라 각종 기능성 식품에 대한 관심이 높아지고 있다. 소위 3백이라 일컫는 소금, 설탕, 화학조미료는 각종 성인병의 원인이 되는데, 특히 설탕의 과도한 섭취는 충치는 물론 심장병의 직접적인 원인이 되는 체내 지방의 축적에 영향을 미치며 당뇨병에도 금기 식품으로 알려져 있다. 그러나 옥수수 전분을 산 또는 효소로 가수분해하여 생산되는 전분당은 인슐린의 작용없이 체내에 흡수되기 때문에 그 기능이 주목되고 있다. 지금까지 전분당의 감미료는 물엿, 포도당이 주종이었으나 설탕에 비교하면 감미도가 낮아 불리하였다. 그러나 최근에 개발된 이성화 당은 감미도가 설탕과 같은 수준이며 일반 음료나 식품의 산도에서 비교적 안정적인 감미를 유지할 수 있기 때문에 그 용도가 급속히 증가되고 있다. 특히 이성화 당은 당뇨병 환자에게 설탕의 대체용으로 매우 유용할 뿐만 아니라 체내에 부담이 적고 쉽게 흡수되어 운동선수, 육체노동자, 임산부, 어린이 등 에너지 소모가 심한 사람에게 효과적인 식품이라 할 수 있다.

옥수수는 전분의 특성과 이와 관련된 각 분야에서의 연구는 상당히 진전되었으나 옥수수에 함유된 기능성 물질 및 생리활성 물질에 관해서는 소개된 바가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 보고에서는 옥수수 육종에 있어 앞으로 관심의 대상이 될 수 있는 몇 가지 항산화 물질, 옥수수의 불검화 정량 추출물(ZML) 및 의약품으로서의 개발 가능성이 있는 flavonoids의 변이와 분포에 대하여 논의하고자 한다.

## 1. 옥수수의 항산화 물질

### 1) Tocopherols

옥수수 기름은 습식 또는 건식 제분시 분리된 배에서 추출하는데 다른 식물성 기름에 비하여 가격이 다소 비싼 편이다. 옥수수 기름은 약 95%의 triglycerides와 기타 지방산, wax, 인지질, 각종 색소와 방향성 물질로 구성되어 있는데, triglycerides의 포화지방산은 palmitic(16:1) 11.1%, stearic(18:1) 2.0% 및 arachidic(20:0) 0.2%이고 불포화지방산은 linoleic(18:2) 61.9%, oleic(18:1) 24.1% 및 linolenic(18:3) 0.7%로 구성되어 있다. 옥수수 기름은 장기간 저장시 품질의 변화가 적고 안정적이며 부드러운 맛과 발연점(smoke point)이 높아 식용으로 선호된다. 이러한 안정성은 옥수수 기름에 함유된 천연항산화제인  $\alpha$  및  $\gamma$ -tocopherol에 기인한다<sup>64)</sup>.

Tocopherol은 8종의 동족체가 천연에 존재하지만 보통의 식물성 유지에는  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  동족체가 존재하고 동물 유지에는 거의 함유되어 있지 않다. Tocopherol의 항산화성은 6위의 phenol성 OH에 유래하는데 이것은 6위의 OH를 easter화하였을 때 항산화성이 소실되는 것으로 알 수 있다.

유지의 자동산화를 막는 방법은 free radical의 발생을 방지하는 방법, free radical의 연쇄반응을 정지시키는 방법, 과산화물을 비 radical 성으로 바꾸는 방법, 산화를 촉진하는 금속을 부활성화하는 방법 등이 있다. Free radical의 발생을 방지하는 방법은 산소 분압이 낮고 저온상태에서 빛에 노출시키지 않으면 가능하나 실제 이러한 조건을 갖추기가 쉽지 않다. Free radical의 연쇄반응을 정지시키는 물질은 모두 phenol성 화합물로 유지의 자동산화의 생성물인 peroxy radical R-OO·에 proton(H<sup>+</sup>)을 공급하여 free radical의 연쇄를 절단하고 안정한 화합물로 변화시킨다<sup>79)</sup>. 따라서 항산화제가 모두 소모되면 자동산화의 연쇄반응이 다시 시작되기 때문에 항산화제란 산화를 방지하는 것이 아니고 산화에 이르기까지의 기간을 연장하는 작용을 하는 것이다. 일반적으로 유지의 자동산화를 막기 위하여 합성 산화방지제가 사용되고 있으나, 합성 항산화제는 인체에 미칠 수도 있는 부작용이 지적되고 있기 때문에 천

Table 1. Tocopherols in maize kernels and products<sup>55)</sup>

Maize fraction	$\alpha$ -T	$\alpha$ -T-3	$\gamma$ -T	$\gamma$ -T-3	Total
.....(mg /100g).....					
Fresh maize	0.06	0.2	0.4	0.4	—
Dry maize	0.6~2.1	0.2~0.5	2.9~5.0	0.5~1.1	—
Fresh maize, lipid	5~30	1~15	44~95	6~25	—
Endosperm, dissected	0.05~0.07	4.5~8.7	1.0~1.9	3.8~18.9	11.2~30.2
Grits	1.43	0.59	2.94	1.05	6.0
Corn flour	0.13	0.26	0.33	0.35	1.65
Pericarp, dissected	0.5~0.75	trace	1.7~2.0	trace	2.55~3.2
Hulls	0.21	0.26	0.58	0.35	1.40
Germ, dissected	12.9~19.4	—	33.2~38.8	—	47~58.9
Germ, dry milled	5.7	—	13.9	—	19.6
Germ, wet milled	1.9	—	6.6	—	8.5
Germ oil †	27~32	10~16	89~95	21~27	149~168
Germ oil †	13~23	2~10	41~94	—	80~105
Refined oil	2.3	—	43.5	—	46.3 ‡

† two reports

‡ includes 0.5mg  $\delta$ -T.

연 항산화제가 선호되고 있다<sup>44,79)</sup>.

표 1은 옥수수 종실 및 각종 옥수수 제품에 함유된 tocopherol의 종류와 함량을 나타낸 것이다. 옥수수에 함유된 천연항산화제는 tocopherol 이외에도 flavonoids인 quercetin, polyphenols인 chlorogenic acid, caffeic acid 등이 알려져 있다.

## 2) Carotenoids

Carotenoid는 탄소 20개로 된 tetraterpenoid로서 yellow, orange, red의 빛깔을 가지며 단세포 박테리아로부터 모든 고등식물에 이르기까지 들어 있는 지용성 색소이다. 식물에서는 엽록체에 chlorophyll과 함께 존재하기도 하고 색소체(plastid)에 존재하기도 한다. Carotenoid는 isoprene( $\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$ ) 골격으로 이루어져 많은 이중결합이 있기 때문에 polyene 색소라고도 한다. Carotenoid와 같은 불포화 화합물에는 많은 cis-trans의 기하 이성체가 있으나 천연에 존재하는 carotenoid는 대부분 trans형이다. Carotenoid의 불포화탄화수소는 carotene(hydrocarbon carotenoids)이고 산화유도체를 xanthophyll (oxygenated carotenes)이라고 하는데 잘 알려진 carotene은 lycopene으로  $\gamma$ -caro-

tene은 lycopene의 한쪽 끝이 환으로 된 것이고 양쪽이 모두 환으로 된 것은  $\beta$ -carotene이라 한다.

인간을 포함한 동물에 있어 carotenoid, 특히  $\beta$ -carotene은 vitamin A의 선구물질이므로 음식에 필수적으로 들어 있어야 한다. 동물의 색깔은 음식을 통해 흡수한 carotenoid의 색에 기인하며 식물에 있어서는 꽃과 과일의 색이 주성분이 되는데 꽃의 노란색, 토마토, 고추 등의 적색은 모두 carotenoid에 기인한다. 현재 300종 이상의 carotenoid가 알려져 있으나 고등식물에 들어 있는 carotenoid는 몇 종 되지 않는다.

옥수수에 있어서 carotene에 대한 연구는 Kuhne 등<sup>41)</sup>이 종실의 carotene를 cryptoxanthin,  $\beta$ -carotene, zeaxanthin으로 분리하는데 성공한 이래 활발한 연구가 이루어졌다. Fraps 등<sup>20)</sup>은  $\alpha$ -carotene과 neo-cryptoxanthin을 분리하였고 White 등<sup>64,77)</sup>은 lutein과 neozeaxanthin을, Callison 등<sup>5)</sup>도 여러 종류의 neo- $\beta$ -carotene을 분리하였으며, Quackenbush 등<sup>56)</sup>은 종실색이 백색~진황색인 125종의 종실용 옥수수 자식계통에 함유된 carotenoid를 분석한 바 있다. 표 2는 여러 학자들에 의하여 보고된 옥수수 종실에 함유된 carotenoid의 함량을 나타낸 것이다.

Table 2. Composition of carotenoids in maize<sup>55)</sup>

Carotenoid	Cabulea <sup>6)</sup>	Grogan & Blessin <sup>24)</sup>	Quackenbush <sup>56)</sup>
	..... mg /kg .....		
$\alpha$ -Carotene	0.08~0.58	1.5~4.8	—
$\beta$ -Carotene	0.4~1.7		0.1~5.4
$\beta$ -Zeaxanthene	<0.57		0.1~4.7
Fisoxanthin	0.5~2.0	—	—
Cryptoxanthin	0.9~2.3	0~6.9	0.3~5.1
Zeaxanthin	6.1~15.8	0.1~33.1	0.8~27.4
Zeaxanthin+lutein ester	—	—	0.3~4.1
Lutein	7.0~14.9	0.1~16.1	2.0~33.1
Zeinoxanthin	—	0.1~5.1	0~7.8
Polyoxy compounds	—	0.1~7.5	0.4~3.0
Total carotenoids	—	0.6~57.6	0.2~57.9

옥수수(carotene)에 대한 연구가 대부분 사료용 옥수수를 대상으로 이루어진 이유는 carotene이 가축의 사료에 있어 황색색소로서 중요한 위치를 차지하고 있기 때문이었다. 따라서 식용 옥수수에 함유된 carotene에 대한 관심과 연구는 상대적으로 부진하였는데 이는 식용 옥수수의 경우 식미와 질감에 관련된 형질들에 초점이 모아졌기 때문이었다. Chang<sup>8)</sup>은 표 3에서 보는 바와 같이 단옥수수 계통의 carotenoid를 종류별로 분리하여 본 결과, 주로 monohydroxy carotenoid인 zeinoxanthin과  $\beta$ -cryptoxanthin과 hydrocarbon carotenoid인  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene,  $\beta$ -zeaxanthene,  $\gamma$ -carotene과 소량의  $\xi$ -carotene, neurosporene, lycopene으로 구성되어 있다고 하였다. 그러나 대부분을 차지하고 있는 zeino-

xanthin은 생리적으로 불활성이며  $\beta$ -zeaxanthene은  $\beta$ -carotene에 비하여 provitamin A로서의 활성이 낮은 것이 문제점으로 지적되고 있다.

그러나 Chen등<sup>9)</sup>은 대만에서 채소로 널리 이용되고 있는 16종의 작물에 함유되어 있는 provitamin A의 물질을 HPLC로 분석하여본 결과  $\beta$ -cryptoxanthin은 단지 옥수수에서만 검출되었다고 하였다. 이  $\beta$ -cryptoxanthin은  $\alpha$ -carotene처럼  $\beta$ -carotene의 약 절반 정도의 생리활성도를 가지고 있는데 이들이 가지고 있는 생리활성작용으로 광민감반응(photosensitization) 방지효과 및 각종 면역성의 증가반응 등을 들 수 있다<sup>3)</sup>. 노란색 옥수수의  $\beta$ -carotene함량은 대략 g당 비타민 A의 2IU에 상당하는 양이 들어 있다. 노란색 옥수수의 선택은 대부분 더이상 pro-vitamin A

Table 3. Major carotenoids in four cultivars of sweet corn<sup>8)</sup>

Carotenoids	Jubilee	Iosweet	70-2499	Stylpak
	..... $\mu$ g /100g .....			
Hydrocarbon	89.0	41.4	45.0	45.6
Monohydroxy	98.5	92.7	101.6	89.5
Polyhydroxy	58.5	19.6	35.0	51.5
$\alpha$ -Carotene	24.6	5.0	8.4	8.1
$\beta$ -Carotene	9.8	5.3	14.0	8.4
$\beta$ -Zeaxanthene	15.7	16.8	14.5	17.0
$\gamma$ -Carotene	15.1	8.9	7.5	10.6
Zeinoxanthin	79.2	66.0	77.2	68.9
$\beta$ -Cryptoxanthin	18.9	18.3	15.1	18.4

의 효능이 없는 xanthophyll에서 기인하지만 이 물질은 동물의 지방에 축적되어 황색을 나타내어 각종 육류의 상품성을 증가시킨다<sup>64)</sup>. Hydrocarbon carotenoid인  $\beta$ -carotene과 lycopene은 체내에 흡수된 후 주로 저밀도의 lipoprotein으로 이동되는 반면 xanthophyll, lutein은 세포 원형질의 각 구성요소에 광범위하게 분포하는 것으로 알려져 있다. 인체에서 검출되는 주요 carotenoids는 주로 lycopene와  $\beta$ , $\beta$ 계열인  $\beta$ -zeaxanthin,  $\beta$ -cryptoxanthin 및  $\beta$ -carotene과  $\beta$ , $\epsilon$ 계열인 lutein, cryptoxanthin 및  $\alpha$ -carotene이다. Carotenoid는 인체에서 주로 singlet oxygen의 발생을 억제하고 소멸시키는 효과적인 항산화제로 작용한다<sup>16,22)</sup>. 지금까지는 hydrocarbon carotenoid계열인  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene과 lycopene외의 carotenoids들이 화학적, 생화학적으로 hydrocarbon계열의 carotenoids들과 비슷한 성질과 작용을 가지고 있음에도 불구하고 관심의 대상에서 제외되어 왔다.

최근 Terao<sup>65)</sup>는 radical-catalyzed system에 zeaxanthin이 지질의 산화방지 효과가  $\beta$ -carotene과 동일하다고 보고한 바 있다.

그림 1은 사람의 plasma와 옥수수 및 시금치에 함유된 carotenoid의 isomer를 비교한 것으로 옥수수에는 항산화성이  $\beta$ -carotene과 동일한 zeaxanthin이 다량 함유되어 있음을 알 수 있다<sup>66)</sup>.

육종학적 측면에서 볼 때 carotene은 su1-se 배유 유전자형(double mutant) 단옥수수의 육종에 유용한 maker로서 이용될 수 있다. 단옥수수(su1)는 phytylglycogen과 수용성 전분을 다량으로 함유하고 있어 그 종실은 크림상이지만 당 함량은 초당옥수수(sh2, bt, bt2)의 절반에도 미치지 못하는 단점을 가지고 있을 뿐만 아니라 수확 후 종실의 당이 전분으로 쉽게 전환되는 성질이 있기 때문에 문제점으로 지적되고 있다. 초당옥수수는 단옥수수에 비하여 당의 함량이 높고 종실의 수분 보유력도 높아 선도가 비교적 오래 유지된다는 장점이 있으나 phytylglycogen을 함유하지 않고 수용성 전분의 함량이 낮아 조직감은 물론 크림상을 갖지 못하는 단점이 있다.

Sugary enhancer(se) 유전자는 su1에서 유래

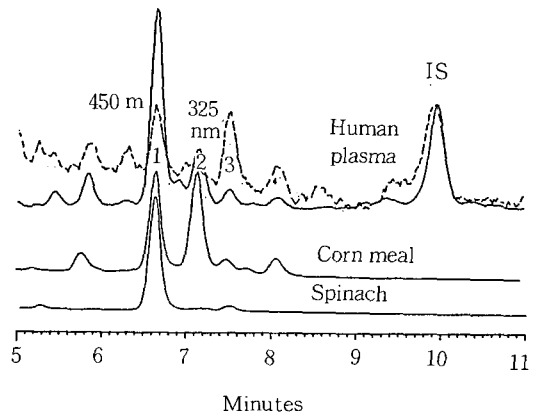


Fig. 1. A section(5~11 min.) of the HPLC chromatograms from a human plasma sample, freshly extracted corn meal and freshly extracted spinach. All-trans-lutein (1) and all-trans-zeaxanthin (2) elute at 6.6 and 7.1 min, respectively. The other pigments identified are 13-cis-lutein (3) and 13-cis-zeaxanthin (4). The chromatograms were monitored at either 450nm(-) or 325nm(-)<sup>40)</sup>.

된 변경유전자로서<sup>64)</sup> 배유의 유전자형이 su1-se일 경우 총당의 함량이 초당옥수수의 경우처럼 높고 수분의 보유력도 증가될 뿐만 아니라 phytylglycogen의 함량도 높아서 크림상의 조직을 갖는다. 그러나 su1-se 배유 유전자형의 종실은 연한 황색과 높은 수분 보유력을 가지고 있으나 su1-Se 유전자형의 식물체와 초형에 의한 식별이 어렵기 때문에 실제로 su1-se 형의 단옥수수 육종이 어려웠다. 그런데 Done 등<sup>17)</sup>은 일리노이에서 개발된 IL451b(su1-Se), IL678a(su1-Se)와 IL677a(su1-se)간의 교배조합에서 나온 F<sub>2</sub>의 종실을 색으로 나누어본 결과 약 3:1(3Se : 1se)로 분리하였고, 이들의 carotene함량을 분석하였더니 연황색 종실(se-se)은 진한 황색 종실의 약 63% 정도를 함유하고 있었으나 당 및 수분 함량이 증가되어 su1-se 배유유전자형의 단옥수수 육종에서 carotene함량에 의한 선발법을 제안한 바 있다(표 4).

뜻옥수수로 주로 이용되는 단옥수수, 초당옥수수는 통조림으로 가공을 하여도 종실의 낱알이

**Table 4.** Chemical variation in individual kernels visually classified as light(L) or dark (D) yellow from F<sub>2</sub> sul kernel populations segregation for the se gene<sup>17)</sup>

Kernel maturity	F <sub>2</sub> Pedigree	No. Kernels	Total carotene (mg/g)		Sucrose (mg/g dry wt)		Maltose (mg/g dry wt)		Kernel dry wt (g)		Moisture content (%)	
			L	D	L	D	L	D	L	D	L	D
			21 DAP <sup>y)</sup>	(IL677a×IL451b)self	95	0.177 <sup>*2)</sup>	0.281*	71*	46	3.7*	2.1	NA
35 DAP	(IL677a×IL678a)self	151	0.148*	0.246	37*	24	9.4*	5.7	NA	NA	62*	59
Mature dry seed	(IL451b×IL677) self	50	NA	NA	48*	33	0.71*	0.05	0.20*	0.25	NA	NA

<sup>y)</sup> DAP= Days after pollination.

<sup>2)</sup> Means with an asterisk represent paired comparisons between light and dark-yellow kernels significantly different at P<0.05.

원형에 가깝게 유지되는 장점을 가지고 있을 뿐만 아니라 생리활성 물질인 carotenoid가 함유된 자연건강식품이다. 우리 나라에서도 종실이 황색인 단옥1호, 단옥2호 및 초당옥1호가 개발된 바 있으며 앞으로는 황색의 찰옥수수도 개발될 예정에 있기 때문에 기능성 식품으로서 중요한 역할을 할 것으로 기대된다. 따라서 앞으로 식용 옥수수 및 사료용 옥수수의 품질육종의 일환으로 carotenoid중 생리적으로 활성도가 높은 β-carotene, zeaxanthin 등의 함량을 높이는 방향의 연구는 물론, 단옥수수에서 단점으로 지적되고 있는 수확 후 품질 변화에 대한 해결 방안으로 su1-Se 유전자형의 double mutant 품종육성을 위하여 carotenoid를 표지인자로 활용함도 바람직하다고 하겠다.

## 2. 다불포화 지방산과 불검화 정량 추출물(ZML)

### 1) 다불포화 지방산

최근 고단백, 고지방 및 저 섬유소를 특징으로 하는 식생활과 운동부족, 과음, 흡연, 스트레스 등의 원인으로 당뇨병, 비만, 고혈압, 동맥경화 등 각종 성인병이 문제시되고 있다<sup>29)</sup>. 동물성 포화지방은 혈청의 콜레스테롤 농도를 상승시키나 식물성 유지, 어유의 다불포화 지방산은 담즙산의 분비를 증가시켜 혈청 콜레스테롤 농도를 저하시키며 식물성 sterol, 식물섬유, 식물성 단백질, sap-

onin, 엽록소 a 및 다불포화지방산 등이 중성지질 및 콜레스테롤의 저하작용이 있는 것으로 알려져 있다<sup>14,31,35,37,54)</sup>.

옥수수의 배에는 혈중 콜레스테롤 농도를 저하시키는 불포화 지방산을 다량 함유하고 있다<sup>57)</sup>. 지질은 세포막의 구성성분으로 혈액중 지단백을 구성하는데 이중 다불포화지방산(polyunsaturated fatty acid)은 prostaglandin 등의 생리활성 물질로 전환되는 성분이다<sup>49)</sup>.

사람의 총콜레스테롤에 대한 콜레스테롤 에스테르의 비율은 약 64~72%가 정상이나 간장 기능에 이상이 있을 경우 그 비율이 감소된다고 한다<sup>4)</sup>. Shepherd 등은 사람에게 n-6계인 linoleic acid를 다량 함유하고 있는 옥수수유로 구성된 식이를 급여하였을 때 혈청 콜레스테롤 및 HDL (high density lipoprotein)-콜레스테롤 농도가 현저히 저하되었다고 하였다.

정 등<sup>34)</sup>은 n-3계 eicosapentaenoic acid와 docosahexaenoic acid를 함유하고 있는 어유, n-3계 α-linoleic acid의 함량이 많은 들깨유, n-6계 linoleic acid의 함량이 많은 옥수수유와 고추종자유, n-6계 linoleic acid의 함량이 많고 r-linoleic acid를 약 10% 함유한 달맞이꽃 종자유가 흰쥐의 혈청지질개선에 미치는 효과를 검토하였는데 표 5에서 보는 바와 같이 옥수수유를 급여한 흰쥐의 혈청중 비율은 다소 높게 나타나 대체로 간장 기능에는 장애가 없을 것이라 하였다. 서 등<sup>62)</sup>도 흰쥐에 들깨유, 옥수수유, 올리브유를 1개월 간 rat당 1,57mg을 매일 투여하고 혈액 중의

Table 5. Concentrations of total cholesterol and cholesteryl ester in serum of rats fed the experimental diets for 4 weeks<sup>34)</sup>

Group	Total cholesterol (mg /100ml)	Cholesteryl ester (mg /100ml)	Cholesteryl ester Total cholesterol ×100(%)
Olive oil	90.8±6.3 <sup>b*</sup>	56.5±2.4 <sup>ab*</sup>	62.2
Lard	84.9±5.5 <sup>ab</sup>	61.0±1.4 <sup>b</sup>	71.8
Fish oil	69.8±3.2 <sup>a</sup>	48.9±2.3 <sup>a</sup>	70.0
Perilla	77.1±3.8 <sup>a</sup>	55.0±2.6 <sup>ab</sup>	71.3
Corn oil	77.5±2.5 <sup>a</sup>	57.3±2.7 <sup>ab</sup>	73.9
Red papper seed oil	111.3±7.9 <sup>c</sup>	82.1±4.1 <sup>c</sup>	73.8
Evening primrose oil	97.7±6.5 <sup>bc</sup>	72.7±6.6 <sup>c</sup>	74.4

\* Values are given as mean ± SE (n=6)

Means in the same column not sharing common superscript letters are significantly different at p<0.05

Table 6. GOT (glutamic oxaloacetic transaminase) activity<sup>62)</sup> (kar. unit)

Week	Perilla oil	Corn oil	Olive oil	Control
1	181.17±22.78	162.75±25.75	150.67±12.03	154.25±14.25
2	130.33±11.57	158.75±20.25	158.00±39.99	155.50± 3.50
3	136.00±21.29	132.50± 6.50	153.83±23.13	159.00±56.75
4	252.00±40.70 <sup>b)</sup>	146.83±12.13	152.33± 8.38	166.75±14.50
M.±S.E.	174.87±18.67	148.10± 7.24	153.71±10.37	158.8 ±18.07

<sup>b)</sup> p<0.01

Table 7. GPT (glutamic pyruvic transaminase) activity<sup>62)</sup> (kar. unit)

Week	Perilla oil	Corn oil	Olive oil	Control
1	63.17 ± 3.09	59.50 ± 2.50	69.67 ± 6.00	62.25 ± 3.75
2	76.00±16.447	96.25±28.25	106.67±35.22	86.50±22.00
3	103.00±21.36	68.33± 3.28	80.50± 6.56	73.25±31.75
4	131.67±30.83 <sup>b)</sup>	69.50± 7.57	78.50± 5.03	90.75±10.25
M.±S.E.	93.46±11.82	72.50± 6.29	83.58± 8.80	78.18±25

GOT와 GPT활성도를 측정한 결과 GOT는 옥수수유와 올리브유 투여군은 대조군과 큰 차이가 없으나 들깨유 투여군은 다소 증가하는 경향을 보였고, GPT 활성도는 들깨유 투여군에서 증가되는 경향을 보인 반면 옥수수유나 올리브유 투여군은 4주간 균일한 변화를 보이는 결과를 얻어 이들은 간 대사에 거의 영향이 없는 것으로 보이나 들깨유는 간에 다소 영향을 준 것으로 보인다고 하였다 (표 6, 7).

## 2) 불검화 정량 추출물(ZML)

튀김옥수수(pop corn)는 탄수화물 및 단백질, 인, 철분이 풍부하고 별다른 가공처리를 하지 않고도 즐길 수 있는 알칼리성 식품이며 쾌적한 몸 건강(fitness)의 유지를 위해 가장 적합한 간식으로 평가<sup>21,36)</sup>된다. 치과의사들은 튀김옥수수를 권장하고 있는데 이는 풍부한 섬유질과 적절한 지방과 당의 함량이 낮아 다이어트, 암의 방지효과 및

치아의 건강에 유리하기 때문이라 한다.

그런데 옥수수의 습식, 건식 제분에서 분리되는 배는 옥수수 식용유의 생산에 이용될 뿐만 아니라 부산물로 남게 되는 잔여물은 치주질환 치료제인 ZML의 주요원료가 된다.

치주질환의 치료에는 일반적으로 국소적인 치주치료제가 사용되어 왔고 치주질환의 치료를 위한 전신적 약제는 없었다<sup>10,35,47,52</sup>. 그러나 1958년 Thier 등<sup>70</sup>이 여러 염증성 질환을 치료하는데 실험적으로 이용한 옥수수의 불검화 정량 추출물(ZML)이 치주농루 및 치주염에 뜻밖의 효과가 있다는 사실을 우연히 발견하면서부터 ZML에 관한 연구가 이루어졌다. Migozzi 등<sup>51</sup>은 발치후 ZML을 투여하여 빠른 創傷의 치유효과가 있음을 보고한 바 있고 Ackermann 등<sup>11</sup>도 ZML이 치아동요도수 감소에도 효과가 있다고 하였으며 치조골 흡수 및 치주인대 파괴를 억제한다고 하였다. ZML의 구성성분은 불포화성 탄화수소, squalene(1~2%) 및 소량의 포화성 탄화수소, carotene(0~1%),  $\alpha$ ,  $\beta$ 와  $\gamma$ -tocopherol(1%), 60~70%의 phytosterol(이중 sistosterol 80%, stigmasterol 10~20%, ergosterol 5% 이하), estrogenic, androgenic과 gonadotropic activity를 가지는 물질이다<sup>11</sup>. 그러나 ZML의 임상적 실험의 결과는 국외는 물론 국내에서도 그 효능은 인정되고 있으나 결정적으로 작용하는 약효 성분에 관하여는 아직 규명되고 있지는 않고 있는

실정이다. Fourel<sup>231</sup>은 ZML의 치료작용은 이것의 성분에 의해 설명되기는 어렵다고 하였으며 Thiers 등<sup>70</sup>도 어느 한 성분이 유용한 것이 아니고 여러 성분이 복합적인 작용의 결과인 것 같다고 하였다.

표 8은 옥수수에 함유되어 있는 triterpene alcohols 과 sterols를 나타낸 것이다. 주요 성분인 sistosterol은 식물성 steriod의 일종으로 steriod란 cyclopentanoperhydro- phenanthrene (steriod 핵)의 골격을 가진 화합물의 총칭으로 이는 천연에 광범위하게 존재하는데 강심, 이뇨, 담즙분비촉진, 혈압강하, 항암 등 여러 작용이 알려져 있어 의약품으로서의 가치가 크다. 식물에 존재하는 phytosterol은  $\beta$ -sitosterol, stigmasterol, campesterol 등이 대부분이며 주로 유리상태로 존재하기도 하고 glucoside로서도 존재한다<sup>44,79</sup>. 특히 sistosterol은 소화기관으로부터 cholesterol의 흡수를 억제하는 효과가 있고 간에서 cholesterol농도를 감소시키며 hypercholesterolemia방지에 효과가 있다고 한다<sup>56,57</sup>.

### 3. 옥수수의 flavonoids

#### 1) Flavonoids와 생합성에 관련된 효소

넓은 의미의 flavonoid는 anthoxanthin, anthocyanine, catechin, leucoanthocyanin 등이 포

Table 8. Composition of triterpene alcohols and sterols in maize lipids<sup>55)</sup>

Triterpene alcohols		4-Methyl sterols		4-Desmethyl sterols		
Germ oil		Germ oil		Whole kernel	Total sterols	
	...%...		...%...	SE	S	germ oil
				.....%.....		
Cycloartanol	2	Obtusifoliol	30	$\beta$ -Sitosterol	84.6	66~75.5
$\beta$ -Amyrin	4~5	Gramisterol	34	Campesterol	9.4	16.4~23
Cycloartanol	38~41.7	Citrostadienol	30	Stigmasterol	6.0	6.2~7.6
$\alpha$ -Amyrin	0	6 others	6	$\Delta^5$ -Avenasterol	—	1.0~4
24-Methylene						
cycloartanol	42.5~53	—	—	$\Delta^7$ -Stigmastenol	—	1~5.1
Cycloartanol	2	—	—	Others	—	0.9
Others	2~10.7	—	—	—	—	—



함되어 있는데 이중 일반적으로 flavonoid라 함은 anthoxanthin (common flavonoids, flavones)을 말한다<sup>26,44)</sup>. Anthoxanthin도 옥수수의 각 부위에 널리 분포되는 담황색~황색의 색소로서 그 기본구조는 isoflavone을 제외하고는 모두 benzopyrone의 2의 위치에 phenyl기를 가진 flavone(2-phenyl benzopyrone)으로 C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>의 부분이 benzene ring의 하나와 결합하여 산소원자를 갖는 복소환을 이루고 있다. 그런데 anthoxanthin은 기본구조인 flavone의 3위의 H가 OH로 치환된 flavonol(황색), 2와 3 사이의 이중결합이 포화된 flavanone(무색), flavanone의 3위의 H가 OH로 치환된 flavanoneol(무색), 3위에 phenyl기를 가진 isoflavone(황색) 등이 있고 flavone 화합물과 그 유도체들은 자연에서 유리상태(free state)로 존재하기도 하나, 대부분 당류(rhamnose, glucose, utinose 등)와 결합된 glycoside의 형태로 존재한다. 특히 사람의 생체 반응에 중요한 구실을 하는 어떤 종류의 anthoxanthin을 bio-flavonoid 라고 한다. 일반적으로 색소 및 기능성 물질로서 관심이 되고 있는 anthoxanthin은 다음과 같이 분류된다<sup>15,44)</sup>.

a) Flavone 계

- apigenin(5,7,4'-trihydroxyflavone): 옥수수의 담황색 성분
- apiin(apigenin-7-apioglucoside): parsley의 잎, 무색

b) Isoflavone 계

- daizein(7,4'-dihydroxy-isoflavone): 콩, 황색
- daizin(daizein-7-glucoside): 콩, 무색 (alkali에서 황색)

c) Flavonol 계

- quercetin(5,7,3',4'-tetrahydroxyflavonol): 옥수수의 화분, 양파 외피, 황갈색
- rutin(quercetin-3-rhamnoglucoside 또는 quercetin-3-rutinoside): 메밀, 토마

토, 무색 (alkali에서 황색)

d) Flavanone 계

- hesperitin(4'-methoxy-5,7,3'-trihydroxy-flavanone): 감귤류의 과피, 무색
- hesperidin(hesperitin-7-rhamnoglucoside): 감귤류의 과피, vitamin P의 작용, 무색
- eriodictyol(5,7,3',4'-tetrahydroxyflavanone): 감귤류의 과피
- eriodictin(eriodictyol-7-rhamnoside): vitamin P의 작용
- naringenin(5,7,4'-trihydroxyflavanone): 수용성이며 쓴맛을 가진다.
- narinin(naringenin-7-rhamnoglucoside): 포도, 감귤류, 무색

이들의 대부분은 이뇨작용이 있으며 유지나 ascorbic acid의 항산화제로서 작용을 하는데, 항산화성은 quercetin처럼 2, 3위가 이중결합, 3'와 4'에 2개의 OH기를 가지는 것이 가장 세다. 이들 물질은 유지의 산화를 촉진하는 금속을 봉쇄할 뿐 아니라 산화의 주요 요인인 free radical의 수용체로서 작용한다<sup>15,65)</sup>.

Flavonoid의 합성은 primary metabolites로서 phenyl alanine과 tyrosine과 같은 phenyl propanoid aromatic acid로부터 시작된다. 고등 식물에서는 이러한 아미노산이 단백질 합성에 이용됨과 동시에 cinnamic acid로 바뀌어 2차 대사 물질로 flavonoid와 lignin과 같은 화합물로 전환되는 다른 대사 과정이 존재한다. Phenyl alanine으로부터 cinnamic acid 유도체로 변화되는 3단계 대사 과정은 모든 phenylpropanoid 경로에 공통적이며 일반 phenylpropanoid 대사라 한다<sup>15,28)</sup>.

그림 2에서 ①번 효소는 phenylalanine ammonia lyase(PAL), ②번 효소는 cinnamic acid hydroxylase, ③번 효소는 p-coumaroyl CoA ligase이다. Flavonoid의 합성에 매개되는 중요한 다른 2효소는 Chalcone Synthase (CS 또는 CHS)와 UDP-glucose:flavonoid 3-O-glucos-

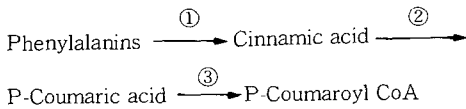


Fig. 2. The scheme of general phenylpropanoid metabolism<sup>27)</sup>

yltransferase (UFGT)이다<sup>15,20)</sup> (그림 3). CS는 초기에는 FS로 알려진 효소로서 활성 전구체 p-coumaroyl CoA와 malonyl CoA로부터 C-15의 flavonoid 골격의 합성을 촉매하는 유일한 효소이다<sup>15,20,38)</sup>. 초기에는 생성물이 flavone으로 생각되었으나<sup>15,33,39)</sup> 최근에는 효소 반응의 주요 생성물은 isomeric chalcone으로 알려졌다<sup>27)</sup>.

CS의 구조 유전자는 여러 가지 돌연변이 연구와 생화학적 연구를 거쳐 c2임이 밝혀진 바 있다<sup>20)</sup>.

UFGT는 flavonoid합성의 마지막 단계에 관여하며 3-OH 위치에 flavonoid의 glucosylation에 관여한다. Anthocyanin합성 효소 UFGT의 유전적 조절에 대해 Larson과 Coe<sup>6)</sup>이 bz 화분으로부터 UFGT활성이 없는 것으로 보고하였고 호분층에서 이 효소는 Bz, Vp, C와 R의 유전자에 의해 조절되는데 Bz가 UFGT의 구조 유전자임이 밝혀졌으며<sup>18,43)</sup> Vp, C, R은 종실의 발달 단계에 있어 호분층의 UGGT의 생성을 조절하는 유전자로 밝혀졌다.

Anthocyanin은 식물학적인 면에서 볼 때 각종 곤충, 조류 등을 유인하여 화분의 수분 및 종자의 확산에 기여하고 있으므로 식물-동물의 상호진화 관계에 상당히 중요한 역할을 담당하고 있다고 할 수 있다. Anthocyanin은 생리적 기

작, 생생 및 소멸 등이 아직도 완전히 규명되지는 않았으나 유묘기 또는 幼葉 색소의 일시적 생성과 불량환경하에서 색소의 침적, 빛에 대한 감응과 광여과(light filtration)의 기능을 가지고 있다<sup>15,71)</sup>. 식품업계에서도 anthocyanin은 인체에 무해한 천연색소로서 각광을 받고 있으나 실제적으로 이용면에 있어서는 저조한 실정이다. 이는 anthocyanin이 광과 pH에 민감하고 순수한 색소의 분리 및 정제가 힘들고 식품의 보존제로 이용되고 있는 sulphur dioxide(SO<sub>2</sub>)와 반응하고, 단백질이 anthocyanin과 결합되어 침전물을 형성하는 문제점 등이 있기 때문이다<sup>15,71)</sup>. 그러나 최근 들어 발견된 acylated anthocyanin은 상당히 안정성을 나타내고 있으며 그 구조뿐만 아니라 보조 색소로서의 기작도 밝혀지고 있어 anthocyanin의 색소가 가지고 있는 문제점을 다소 해결하고 있다<sup>15)</sup>.

## 2) Flavonoids의 생합성에 관련된 유전자

옥수수에서는 적어도 20개의 다른 loci가 관여되어 색소의 합성 및 색소의 분포를 조절하는 것으로 알려져 있다<sup>12)</sup> 그 중 P와 R locus는 이러한 색소 pattern의 조절기능에 관여하는 조절유전자이다<sup>66,67,68)</sup>. P locus는 과피, 이삭속의 색소를 조절함과 동시에 수염의 flavonoid의 생산을 조절하며, R은 식물체와 종자의 anthocyanin색소 발현을 조절하는 대표적인 유전자이다. 옥수수의 flavonoid의 생합성에 관련된 주요 유전자들의 종류와 이들의 작용을 간략하게 설명하면 다음과 같다.

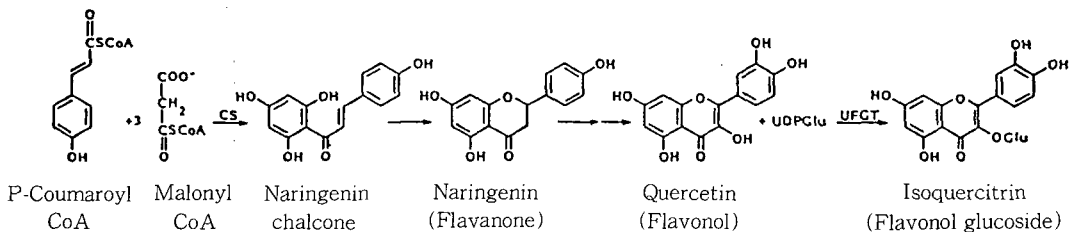


Fig. 3. Reaction catalyzed by synthase(CHS) and UDPglucose 3-O-glucosyltransferase (UFGT)<sup>20)</sup>

### (1) A(3L)

A는 모든 조직의 anthocyanin 형성 및 이삭속과 과피의 phlobaphenes의 형성에 관여하며 flavanonol dihydroquercetin(3-hydroxy, 4-keto)의 4-의 carbonyl group의 환원을 매개하는 효소를 생산한다<sup>64)</sup>. aa의 식물체에서는 anthocyanin이나 phlobaphenes를 생성하지 않지만 특성을 알 수 없는 갈색 색소를 형성한다. C-glycosylflavone의 합성을 차단하지 않으며 flavonol이나 flavonol glycoside인 quercetin이 호분층 또는 포엽에 증가된다<sup>37,58)</sup>. 그러나 ac와 ar은 flavonol이나 flavonol glycoside가 결핍되어 있기 때문에 우성의 C와 R은 이들의 합성을 조절하는 유전자임을 알 수 있다<sup>58)</sup>.

### (2) A2(5S)

식물체 및 종실 호분층의 anthocyanin색소 형성에 관여하고 A유전자의 보족유전자로서 작용한다. 이삭속과 과피의 phlobaphene형성에는 관여하지 않는다. a2a2는 anthocyanin을 합성하지 못한다. 그러나 종실이 성숙됨에 따라 phenolic compound의 산화에 의하여 갈색 색소가 집적되며 호분층에 flavonol과 leucoanthocyanidin을 집적한다<sup>11,58)</sup>. 그러나 a2는 flavenold로부터 3-hydroxyanthocyanidin의 생성을 차단하고 있는 것으로 추측된다<sup>39)</sup>. a2 B PI식물은 포엽 및 엽초에 흑반증을 유발하나 B 또는 PI이 없는 경우에는 흑반증이 발생하지 않는다.

### (3) B

B 유전자형의 식물조직은 purple, sun-red, brown의 색소가 강하게 발현되며 이런 현상은 호분층 또는 옹수가 무색일 경우에도 발현된다. 특히 PI 유전자형(A1, A2, Bz1, Bz2, C2에 우성으로 작용하고 있음)의 식물체에서는 이와 같은 현상이 더욱 두드러진다. B는 R의 대립유전자와 기능적으로 중복 유전자로서 작용하고 있어 R 유전자좌에 기능적으로 零(null)인 대립유전자 r-g를 가지고 있는 식물체에서도 anthocyanin을 생성하며, R 대립유전자는 B 유전자좌에 기능적으로

零인 대립유전자 b를 가지고 있는 식물체에서도 flavonoid의 3-hydroxylation을 조절하여 anthocyanin이나 flavonol을 형성한다. bb는 R 유전자좌의 기능적 대립유전자가 없는 상태에서는 anthocyanin 색소를 형성하지 못한다.

### (4) Bz(9S)

옥수수에서 검출되는 여러 종류의 flavonoid 3-O-glucoside들은 Bz에 의해 조절되는 UFGT의 작용에 의해 생성된 것으로 추측되며, 이러한 glucoside는 Bz의 화분과 포엽에 존재하는 flavonol인 quercetin의 glucoside인 isoquercitrin(quercetin-3-glycoside)과 호분층에서 검출되는 cyanidin-3-glucoside 등을 들 수 있다. 또한 Bz는 식물체 조직의 anthocyanin 발현에도 요구된다. 동형접합의 bz는 식물체의 모든 부위(호분층, 초엽, 엽신, 엽초, 수염,穎 등)에 purple대신 bronze색소를 축적한다. 비록 bzbz가 anthocyanin과 유사한 색소를 형성하여도 안정한 bronze색소에 의해 대체되거나 B 및 PI의 유전자를 포함하는 bzbz형의 식물체는 생육초기에 anthocyanin이 강하게 나타나지만 생육이 진전됨에 따라 이러한 anthocyanin은 dark-brown에 의해 대치되거나 피복된다. Styles 등<sup>66,67)</sup>은 bzbz의 식물체는 cyanidine 대신에 luteoforol이 축적됨을 보고하였다. Dooner<sup>18)</sup>는 표 9에서와 같이 옥수수 종자의 배와 배유의 UFGT의 활력을 isoquercitrin 형성으로 측정하여 본 결과 대부분의 bz mutant 배유는 isoquercitrin을 형성하지 못하였고, 배에서는 Bz의 1.2~2.9% 수준인 낮은 flavonol glucosyltransferase 활력을 보였으나 이는 Bz의 영향에 의한 것은 아니고 bz의 배에서만 제한적으로 작용하여 3', 7- 및 3-glucosides를 생성한다고 하였다.

### (5) C(9S)

A, A2, C2 및 R유전자와 더불어 호분층의 anthocyanin형성에 관여한다. 그러나 식물체 각 조직의 anthocyanin 형성에는 요구되지 않는다.

Table 9. UFGT activity (isoquercitrin formation) in endosperms and embryos of *Bz* and *bz* matured kernels<sup>19)</sup>

Genotype	Endosperm			Embryo		
	m units*	m units		m units*	m units	
	mg protein	endosperm	% <i>Bz</i>	mg protein	embryo	% <i>Bz</i>
<i>Bz</i>	945.0	150.0	100.0	71.0	20.00	100.0
<i>bz-R</i>	0.0	0.0	0.0	1.3	0.33	1.7
<i>bz-m2(DII)</i>	0.0	0.0	0.0	1.2	0.23	1.2
<i>bz-m4</i>	5.3	1.2	0.8	3.1	0.58	2.9
<i>Bz-wm</i>	0.0	0.0	0.0	2.7	0.51	2.6

\* nmol isoquercitrin /hr.

(6) *C2(4L)*

활성 전구체 p-coimaroyl CoA와 malonyl Co-A로부터 C-15의 flavonoid 골격의 합성을 촉매하는 chalcone synthase를 encode하며 *A*, *A2*, *C*, *R*과 더불어 호분층의 anthocyanin형성에 요구된다.

(7) *C2-Idf*

색소형성을 차단하는데 우성적으로 작용한다. anthocyanin과 phlobaphenes의 형성은 이 유전자에 의해 완전히 차단된다.

(8) *P*

이삭속, 과피 및 기타 조직의 phlobaphenes색소 형성에 요구된다. 또한 salmon silk(sm)의 형성에 요구되며 3-dehydroxyanthocyanin과 phlobaphene의 전구물질로 알려진 flavan-4-ols의 형성 및 C-glycosyl flavone의 형성에 관여한다.

(9) *PI*

Anthocyanin을 생성하는 다른 유전자들과 공존할 경우 *PI*은 식물체가 빛에 노출되지 않은 경우일지라도 purple색소를 띄게 한다. *p1p1*은 식물체가 빛에 노출된 경우에만 anthocyanin을 생성한다.

(10) *Pr*

3-hydroxy- 및 3-hydroxy-flavonoid의 B-ring hydroxylation을 조절한다. Uteoforol과 apiforol의 존재 여부에 따라 *Pr*유전자형 이삭속의

phlobaphenes는 red이다. *A Pr* 유전자형의 식물은 호분층과 수염에 cyanidin glycoside를 갖는다. *a pr*유전자형의 호분층은 flavonol인 quercetin 및 kaempferol의 glycoside를 집적하며 *A P Pr*유전자형의 식물체의 이삭속과 수염은 luteolinidnglycoside(3-deoxyanthocyanin), luteoforol(aflavan-4-ol), orien-entin형의 C-glycosylflavones를 갖는다. *A pr* 유전자형의 식물은 호분층에 주로 4'hydroxylated anthocyanin(pelargonidin glycoside)을 형성한다. *pr*형의 식물체는 주로 오렌지색의 색소형성을 조절한다. 표 10에서 보는 바와 같이 3-deoxyflavonoids는 *R*유전자(3-hydroxyflavonois 형성을 조절)에 영향을 받지 않으나 *P<sup>mw</sup>*의 이삭속에서는 3-deoxyflavonoids가 검출되지 않는 것으로 보아 이들은 *P*에 의해 영향을 받고 있으며 이삭속 및 수염의 주요 flavonoids들은 *Pr*에 의하여 조절됨을 알 수 있다. Bata-Smith<sup>2)</sup>는 수수의 과피에서 luteoforol이 전환되어 생성되는 물질이 phlobaphenes라 하였는데, 옥수수에 있어 phlobaphenes의 조성 및 이들이 나타내는 색택은 *Pr*에 의하여 조절된다.

(11) *R(10L)*

10번 염색체의 long arm의 말단 부분의 1/3위치에 존재하며 적어도 12개 조직 부위의 색소발현에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. Emerson<sup>64)</sup>에 의하면 이 유전자는 적색과 자색의 결정에 관여하며 호분층의 착색과 동시에 식물체의 착색에도 관여하고 있다.

이들의 표현형은 일반적으로 *R-r*(有色種實, 有

Table 10. Predominant flavonoids in genetic strains of maize that show strong concentrations of *P* locus dependent 3-deoxyflavonoids in cobs and silks. Note that the *Pr* gene controls the B-ring hydroxylation pattern in all predominant flavonoids<sup>66)</sup>

Flavonoid class	Tissue	Plant genotype							
		<i>P<sup>wr</sup> +</i>				<i>P<sup>ww</sup></i>			
		<i>P<sup>r</sup></i>		<i>P<sup>r</sup></i>		<i>P<sup>r</sup></i>		<i>P<sup>r</sup></i>	
	<i>R<sup>r</sup></i>	<i>r<sup>r</sup></i>	<i>R<sup>r</sup></i>	<i>r<sup>r</sup></i>	<i>R<sup>r</sup></i>	<i>r<sup>r</sup></i>	<i>R<sup>r</sup></i>	<i>r<sup>r</sup></i>	
Anthocyanidins*	Cob	—	—	—	—	—	—	—	—
	Silks	Cyanidin	—	Pelargonidin	—	Cyanidin	—	Pelargonidin	—
Anthocyanidins* (3-deoxy)	Cob and Silks	Luteolinidin	Luteolinidin	Apigeninidin	Apigeninidin	—	—	—	—
Flavan-4-ols	Cob and Silks	Luteoforol	Luteoforol	Apiforol	Apiforol	—	—	—	—
C-glycosyl flavones	Cob and Silks	Orientin type	Orientin type	Vitexin type	Vitexin type	—	—	—	—
Phlobaphenes	Cob and Silks	Red	Red	Orange	Orange	—	—	—	—

\* Mainly glycosidically bound.

+ : *P<sup>rr</sup>*: red pericarp, red cob

*P<sup>rw</sup>* : red pericarp, white(colorless) cob

*P<sup>wr</sup>* : white(colorless) pericarp, red cob

*P<sup>ww</sup>* : red pericarp, white(colorless) cob

色植物體), *r-g*(有色種實, 無色植物體), *r-r*(無色種實, 有色植物體), *r-g*(無色種實, 無色植物體)로 구분할 수 있다. 이밖에도 *R-ch*의 과피는 강한 cherry색, *R-mb*(marbled)은 명확한 경계와 함께 큰 얼룩, *R-st*(stippled)는 작고 날카로운 색, *R-nj*(navajo)은 잎의 crown영역에 한정되어 경계면이 명확치 않은 색을 띠며 *R-st*와 *R-mb*의 돌연변이로 발생된 *R-sc*(self color)도 있다. *R*유전자는 식물체의 생육단계에 따라 각 조직의 특이적 색소 발현을 조절할 뿐만 아니라 다른 색소발현 구조 유전자(*C2*와 *bronze* 유전자)의 활성화에도 관여한다.

### (12) *Sm*

*R* 대립유전자의 존재하에 적색 또는 녹색의 옥수수 수염의 색소발현에 관여한다. *P*를 동반한 *smsm*식물체의 수염은 salmon색이며 이유전자형의 수염에서는 luteolinidin (3-deoxyanthocyanidine)을 골격으로한 물질들이 분리된다. 표 11

는 이들 유전자들의 특성이 발현되는 식물체 조직 및 관련된 flavonoids를 나타낸 것이며, 그림 4는 이상에서 논의된 유전자들에 의해 조절되는 flavonoid들의 생합성 경로를 나타낸 것이다.

### 3) 옥수수 화분의 flavonoids

옥수수의 화분에 함유된 flavonoids에 관하여 알려진 바가 별로 없다<sup>7)</sup>. Redeman 등<sup>59)</sup>이 옥수수 화분의 ether추출물에서 노란색을 띠는 색소가 quercetin이라는 사실을 확인한 이래 Larson과 Coe<sup>43)</sup>는 모든 유전자형의 옥수수 화분은 quercetin과 isoquercetin(quercetin 3-glucoside)를 함유하고 있음을 보고하였으며, Wiemann<sup>75)</sup>도 옥수수 화분을 가수분해하여 quercetin, kaempferol, isorhamnetin을 분리하였다. Oldriska 등<sup>53)</sup>은 옥수수 화분을 70% MeOH로 추출하여 flavonol glycoside인 quercetin, ka-

Table 11. Relative amounts of different flavonoid compounds in selected tissues of different genetic stocks of maize<sup>67)</sup>

Stock	Auro- nes	Chalc- ones	Flava- nones	Flavan- onols	Flavo- nols	3-OH Antho- cyanins	Flavan-3, 4-diols	C-glyc- osyl flavones	3-deOH Antho- cyanins	Flavan- 4-ols	Phlob -aphe- nes	Brown pig- ments
Stan- dard	(-)	(-)	(-)	(-)	+	++	(-)	++	+	++	++	(-)
					sd	sd, pl, al		sd, si, pc	sd, si, pc	pl, si, pc	pc	
<i>r-g b</i>	(-)	(-)	(-)	-	-	-	-	++	+	++	++	(-)
								sd, si, pc	sd, si, pc	pl, si, pc	pc	
<i>p</i>	(-)	(-)	(-)	(-)	+	++	(-)	-	-	-	-	(-)
					sd	sd, pl, al						
<i>r-g b p</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>a</i>	+	+	+	(-)	++	-	-	++	-	-	-	++
	pc	pc	pc		sd, pl			sd, si, pc				pl, pc
<i>a r-g b</i>	+	+	+	-	-	-	-	++	-	-	-	++
	pc	pc	pc					sd, si, pc				pc
<i>a p</i>	(-)	(-)	(-)	(-)	++	-	-	-	-	-	-	++
					sd, pl							pl
<i>a2</i>	(-)	(-)	(-)	(-)	+	++	(-)	++	++	++	(-)	(-)
					sd	sd, pl, al		sd, si, pc	pl, si, pc	pc		
<i>ldf</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>sm</i>	(-)	(-)	(-)	(-)	+	++	(-)	++	++	++	(-)	(-)
					sd	sd, pl, al		sd, si, pc	pl, si, pc	pc		
<i>bz</i>	(-)	(-)	(-)	(-)	-	*+	+	++	+	++	++	++
						al	sd, al	sd, si, pc	sd, si, pc	pl, si, pc	pc	pl, al

Standard stock alleles : *A A2 C C2 R-r B P Sm Bz Pr pl*.

Symbol ++ = predominant ; + = detectable amounts ; (-) = not detectable ; - = probably blocked ; sd = seedling(2 leaf stage) ; pl = mature plant tissues, esp. husks and leaf sheaths ; si = silks ; pericarp and cob ; al = aleurone.

\* Atypical.

empferol 및 isorhamnetin을 분리하였는데 이중 대부분의 flavonol은 quercetin과 isorhamnetin의 diglucoside이고 quercetin, kaempferol, isorhamnetin의 flavonol 3-O-glucoside 및 quercetin, isorhamnetin의 triglucoside가 소량 존재하고 있으며, 옥수수 화분에는 flavonoid인 quercetin과 isorhamnetin의 diglucoside가 집적되나 기타조직에서는 검출되지 않는다고 하였다 (표 12). 특히 quercetin은 anthoxanthin색소의 flavonol계에 속하는 rutin의 aglycone으로 메밀과 양파의 외피나 차 등에 주로 함유된 물질로서 쓴맛이 있으며 천연 항산화제로서 알려져 있

다.

그런데 flavonol은 옥수수 및 petunia(*petunia* × *hybrida* Vilm)의 성공적인 受粉에 필요한 물질로 알려져 있다. Flavonol이 결핍된 화분은 화분관을 형성하지 못하나 적절한 시기에 kaempferol 및 flavonol aglycone을 공급하면 수정이 성공적으로 이루어진다고 한다<sup>13,46)</sup>.

옥수수의 식물체 또는 종실의 flavonoid의 합성에 관여된 대부분의 유전자들은 화분의 gluco-side의 형성에 영향을 미치지 못한다고 한다<sup>7,48)</sup>. 그러나 *bz*유전자는 옥수수화분의 3-O-glycosylated flavonol을 현저히 감소시키는 반면 3-hy-

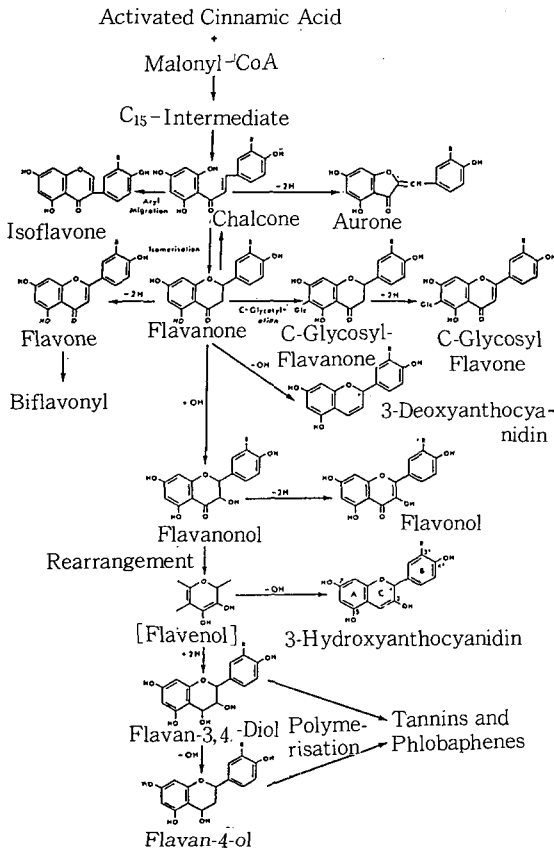


Fig. 4. Outline of the biosynthetic pathway to the flavonoids<sup>67)</sup>

droxyl 계열의 물질을 집적하는 특징을 가지는 유전자로 알려져 있다<sup>13)</sup>.

#### 4) 옥수수 수염의 flavonoids

옥수수는 타식성 작물로 교잡종을 주로 이용하는데, 포장에서 흔히 관찰할 수 있는 현상으로 교배작업을 원활히 하기 위하여 옥수수의 수염을 절단하였을 때 옥수수 수염의 절단부위가 갈색 또는 흑갈색으로 변하는 현상을 종종 발견하게 된다. 이러한 현상은 단일 우성유전자에 의해 합성이 조절되는 polyphenol성 물질인 dihydroxy flavone가 효소적 산화에 의하여 O-quinone를 생성하고 이 물질이 단백질과 결합되어 갈색의 색소를 형성하기 때문이다. 그러나 옥수수의 수염이 손상을 입어도 그 색이 변하지 않고 황녹색이 그대로 남아 있는 계통(nonbrowning type)들도 종종 발견이 된다. Leving 등<sup>45)</sup>은 그림 5에서 보는 바와 같이 수염이 손상을 입었을 때 갈색으로 변하는데 주요작용을 하는데 관련된 물질을 2차원 TLC로 확인한 결과 적어도 12종류의 물질이 관여되어 있음을 확인할 수 있었다. 또한 이 물질을 가시선/자외선 분광광도계로 측정하여 본 결과 4개의 물질(I, II, III, XII)은 luteolin의 유도체인 5,7,3',4'-tetrahydroxyflavone임을 알 수 있었는데 이들 중 I, II, III은 다량으로 존재하지만 XII은 소량으

Table 12. R<sub>f</sub> values for flavonol glycosides of *Zea mays* pollen<sup>53)</sup>

Compounds*	Relative J amounts	R <sub>f</sub> (×1000) J			
		(1)	(2)	(3)	(4)
Km 3-O-glucoside	trace		73		38
Qu 3-O-glucoside	+	53	55	06	27
Qu 3,7-O-diglucoside	+++	14	19	28	62
Qu 3,3'-O-diglucoside	+++++	25	24	19	59
Qu 3-O-neohesperidoside	++	51	49	41	75
Qu 3-O-glucoside-3'-O-diglucoside	trace	12	10	32	68
Ir 3-O-glucoside	trace	62	70	05	31
Ir 3,4'-O-diglucoside	++	27	28	26	65
Ir 3-O-neohesperidoside	+	57	56	44	78
Ir 3-O-glucoside-4'-O-diglucoside	trace	12	16	47	75

\* Km = Kaempferol, Qu = Quercetin, Ir = Isorhamnetin

J Estimated by visual examination of TLC plates

J Solvent systems : (1) TBA; (2) EtOAc-HCOOH-H<sub>2</sub>O(10:2:3); (3) H<sub>2</sub>O; (4) 15% HOAc.

Avicel microcrystallin cellulose was used in all cases.

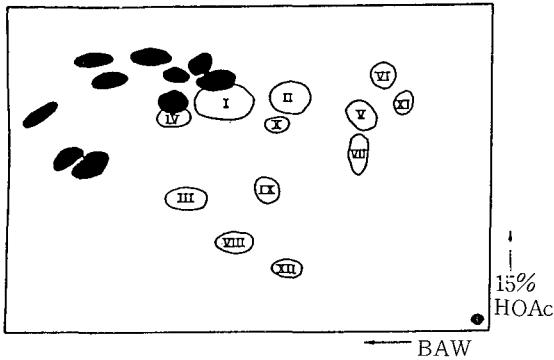


Fig. 5. Two-dimensional chromatographic pattern from silks of the inbred T61, a browning type. Shaded spots are compounds found in both browning and nonbrowning types. Unshaded spots with Roman numeral designations are unique to the browning phenotype. Roman numerals indicate color intensity (I, most intense and XII, least)<sup>45)</sup>

로 존재하고 있다. 이들중 II를 가수분해 하여본 결과 orientin 또는 isorientin의 유도체인 C-glycosylflavone을 얻을 수 있었고 XII는 luteolin 7-O-glycoside로 밝혀졌다. 따라서 이러한 polyphenol성 물질들을 함유하고 있지 않은 옥수수 수염은 물리적으로 손상되어도 수염이 갈변하지 않는다. 특히 nonbrowning 계통들은 luteolin이 부족한 것으로 알려져 있는데 열성 유전자에 의하여 그 합성이 조절되는 옥수수 수염의 luteolin은 잎 및 기타 조직의 luteolin합성과는 독립적이다. 즉 flavonoid glycoside들은 endoplasmic reticulum에서 합성되어 세포의 액포내에 축적되는 것으로 잎이나 기타 조직에서 합성되어 전이되는 것이 아니라는 사실은 각종 실험을 통하여 입증된 바 있다. 그러나 수염에 함유된 orthodihydroxyl 물질을 산화하여 갈색의 물질로 변화시킬 수 있는 또 다른 물질인 chlorogenic acid를 browning type와 nonbrowning type 모두에서 검출할 수 있었지만 이 물질의 작용에 의한 갈변 정도는 옥안으로 감지하기 어려운 정도로 이들은 소량이다.

페놀성 물질은 하나 또는 둘 이상의 수산기로 치환된 방향족환을 가지고 있는 식물체에 널리 분포되어 있는 2차 대사 산물의 하나로 다양한 구조와 분자량을 가진다. 일반적으로 페놀성 물질은 phenolic acid 및 coumarin류( $C_6-C_1, C_6-C_3$ ), flavonoid류( $C_6-C_3-C_6$ ) 그리고 탄닌류(hydrolyzable 및 condensed tannins)의 세 그룹으로 나누며 그 구조에 따라 이화학적 성질 및 생리적 기능이 다르다<sup>15)</sup>. 페놀성 물질은 식물체에 특수한 색깔을 부여하고 산화-환원 반응시 기질로 작용하며 미생물의 공격을 막아 식물 자체를 보호하는 동시에, 떫은 맛, 쓴맛과 같이 식물성 식품의 고유한 맛에 관계한다. Phenol성 물질 중 세포벽의 구성 물질로서의 lignin, 개화억제작용 물질로서의 gallic acid, 각종 기관의 색소발현 물질로서의 anthocyanin등에 대해서는 그 작용이 잘 알려져 있으나 대부분은 그 역할이 불분명하다<sup>15,22)</sup>. 그러나 phenol성 물질 중에는 항균작용이 있는 물질이 많으므로 각종 병원균(진균, 세균, 바이러스 등)에 대한 방어작용을 하고 있으리라 믿고 있다. 또한 phenol성 물질은 항암작용, 혈압강화작용, 피임작용 및 진경작용 등이 있는 것으로 알려져 있기 때문에 의약품의 개발에 밝은 전망을 보여주고 있는 물질이기도 하다<sup>15,26)</sup>. Phenol성 물질 중에서 우리들에게 관심을 끄는 물질은 flavonoid로서 이는 곡물, 채소, 과일 등의 식품에 널리 분포되어 있으며 생리활성 물질로서 작용할 뿐만 아니라 색이외에 항산화성(flavanol), 감미물질(chalcone), vitamin(flavanone) 등에 관련된 경우가 많다<sup>15,26,69)</sup>. Phenolic hydroxyl그룹 때문에 단백질, 효소단백질 및 여러 종류의 거대분자들과 결합하는 성질과 항산화효과, 2가 금속이온과 결합되는 성질을 가지고 있다. 특히 단백질과 결합하는 성질은 미생물의 세포에 작용하여 성장을 억제하기 때문에 항미생물 효과를 보여주고 항산화 작용에 의한 항암효과가 제안되고 있으며, Pb 및 Cd와 같은 유해 중금속을 제거시키는 효과, 특정한 호르몬과 모세혈관의 유연성에 관계하는 등 다양한 약리효과도 있는 것으로 알려져 있다<sup>61,69)</sup>.

표 13은 옥수수의 수염에서 TLC로 검출된 maysin과 flavonoid C-glycoside 및 luteolin ag-



Table 13. Color and adjusted  $R_f$  ( $\times 100$ ) of apigenins and luteolines with boric acid (BA)<sup>60)</sup>

Compound	$R_f$			Color <sup>b</sup>
	no BA	with BA	$\Delta R_f^a$	
EM1(luteolin)	33	27	-6	lemon yellow
Rutin	44	35	-9	rust
EM10(luteolin)	55	39	-16	light yellow
Teo apigenin	66	53	-13	light brown
Post apigenin	63	53	-10	blue-green
Maysin(luteolin)	55	52	-3	yellow
Premaysin(luteolin)	65	55	-10	lemon yellow
Chlorogenic acid	53	21	-32	blue-violet

<sup>a</sup> $\Delta R_f$  = no  $BAR_f$  minus with  $BAR_f$ .

<sup>b</sup> at 360nm, with boric acid sprayed and dried on plate prior to development.

lycorn등을 나타낸 것이다<sup>60)</sup>. 그런데 여기서 우리의 주목을 끄는 것은 옥수수의 수염에 함유되어 있는 항생물질인 maysin이다. 옥수수의 earworm과 fall armyworm은 미국의 남동지역에서 옥수수에 가장 큰 피해를 입히는 해충으로 알려져 있다. Earworm은 주로 옥수수의 수염 및 이삭부위를 가해하는 반면, fall armyworm은 옥수수의 수염, 이삭을 포함한 잎 등 모든 부위를 가해하는 것으로 알려져 있다<sup>64,76)</sup>. Walter<sup>74)</sup>가 옥수수 수염에서 earworm 유충의 치사적 성분을 보고한 이래 이들 항생물질에 관한 많은 연구가 이루어졌다. Wiseman 등<sup>78)</sup>은 옥수수 수염이 fall armyworm에 대한 저항성은 주로 수염에 함유되어 있는 maysin, chlorogenic acid, luteoline 때문이라 하였다. Maysin은 자연상태에서 산화에 안정적인 물질로서<sup>72)</sup> Zapalote Chico라는 멕시코 옥수수에 처음 그 존재가 밝혀진 바 있다. Weiss 등<sup>73)</sup>은 maysine의 구조 및 추출, 정제방법을 보고하였고, Widstorm<sup>76)</sup>에 의해 개발된 자외선 분광광도계(UV spectrophotometer)를 이용한 정량 방법은 주로 유전자형에 따른 maysine 함량의 변이를 검토하는데 주로 이용되었다. 그러나 분광광도계를 이용한 방법은 maysine 이외의 anthocyanine 및 각종 flavonid의 간섭에 의하여 실제보다 높게 측정되는 문제점이 노출되어 maysine의 함량이 earworm의 생육을 억제하는데 결정적으로 작용하고 있는지의 여부를 정확히 밝히지는 못했기 때문에 maysine은 단지 earworm의 생육을 억제하는데 관여된 물질의 하나

로 인식되어왔다. 그러나 HPLC를 이용한 보다 정확한 maysine의 정량 방법이 Snook 등<sup>63)</sup>에 의하여 개발되어 maysine의 항생물질로서의 효과가 보다 구체적으로 검토되고 있다. 표 14는 Weiss 등<sup>73)</sup>이 옥수수 수염을 여러 가지 용매로 추출한 후 옥수수의 이삭을 주로 가해하는 유충인 *Heliothis zea*의 유충에 공급하였을 때 이들의 생육을 나타낸 것으로 hexane 및 acetone 추출물은 유충의 생육에 억제효과를 나타내지 않았으나, methanol 및 수용액 추출물과 그 잔여물은 유충의 생육에 현저한 억제효과를 나타냈다고 하였다. 그러나 maysin의 항생작용에 관하여는 아직 논란의 대상이 되고 있기 때문에 앞으로 보다 구체적인 검토가 요구된다.

Table 14. Comparative antibiotic activity of successive solvent extracts of Zapalote Chico silks on *Heliothis zea* larvae<sup>73)</sup>

Solvents	% extractable in dry corn silk	Mean larval* wt in mg $\pm$ SD
Skelly B	1.4	515 $\pm$ 93
Acetone	0.6	468 $\pm$ 77
Methanol	27.0	98 $\pm$ 32
Hot water	9.7	65 $\pm$ 19
Residue	61.0	45 $\pm$ 28
Control diet		564 $\pm$ 49

\* Avg. of 10 larvae grown(12 days) with extracts from 5g equivalent of dry corn silk incorporated in 30g of diet.

5) 옥수수 수염의 약리작용

옛날부터 옥수수의 수염은 당뇨병, 심장병, 혈압강하, 황달, 신장염, 식욕증진, 동맥경화, 변비에 이르기까지 약효가 있는 것으로 알려져 있다. 건조한 옥수수의 수염은 황색~담갈색을 띄며, 단

맛이 날 뿐만 아니라, 특유의 냄새가 있다. 중국에서는 옥수수 수염이 당뇨병에 효과를 발휘한다고 해서 많은 사람들이 치료제로 사용해 왔다. 우리나라에서도 胃, 腎臟, 陽氣에 좋다고 알려져 있으며 특히 이뇨작용, 혈압강하작용이 있어 당뇨병, 간염, 요도결석, 고혈압, 吐血, 각혈 및 코피 예방

Table 15. 옥수수 수염에 함유된 성분과 약리작용<sup>30,31,32,33)</sup>

함유된 성분	약리작용
phytosterol(sitosterol, stigmasterol) guaiacol, 카테콜, cresol, pantothenic acid, inositol, glucose, xylan, galacton saponin (3.18%), 고미 배당체 (1.15%), cryptoxantin, ascorbic acid, vitamin K(1g에 1,600단위 있음) peroxidase, oil 2.5%, 정유 0.12%, 고무질(다당류) 3.8% 수지 2.7%, alkaloid 0.05%, 수분 12.7%, KNO <sub>3</sub> , ash 5.6% SiO <sub>2</sub> 0.2%, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.3% CaO 0.6%, MgO 0.6%, K <sub>2</sub> O 1.7% , Na <sub>2</sub> O 0.2%, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 0.6%, Cl 0.3%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이뇨작용 혈압강하작용</li> <li>- 이담작용 (각성분의 종합적 작용으로 본다)</li> <li>- 수리성 담약(땀의분비량이 늘어나고 그의 점성과 비중이 낮아지며 빌리루빈의 함량도 낮아진다)</li> <li>- 피의 응고성을 높인다 (달임약과 유동엑스는 간에서 프로트롬빈의 형성을 빠르게 하고 피속의 프로트롬빈과 트롬보제드의 양을 늘린다)</li> <li>- 탄산결석, 인산결석, 뇨산결석을 풀리게 한다. 그러나 상아산 결석에는 효과가 없다.</li> <li>- 담낭염, 담도염, 황달성 간염에 쓰면 간과 담낭부위의 아픔이 적어지고 황달이 빠지며 밥맛이 좋아진다</li> <li>- 콩팥염 환자는 소변량이 늘어나고 붓기와 허리 아픔이 없어지고 뇨단백이 줄어들거나 없어진다</li> <li>- 만성방광염, 심장성 붓기, 어린이 급성콩팥염에 효과가 있다</li> <li>- 신석증환자에서도 렌트겐 검사로 신석이 없어진 예가 있음 (부작용 없음)</li> </ul>

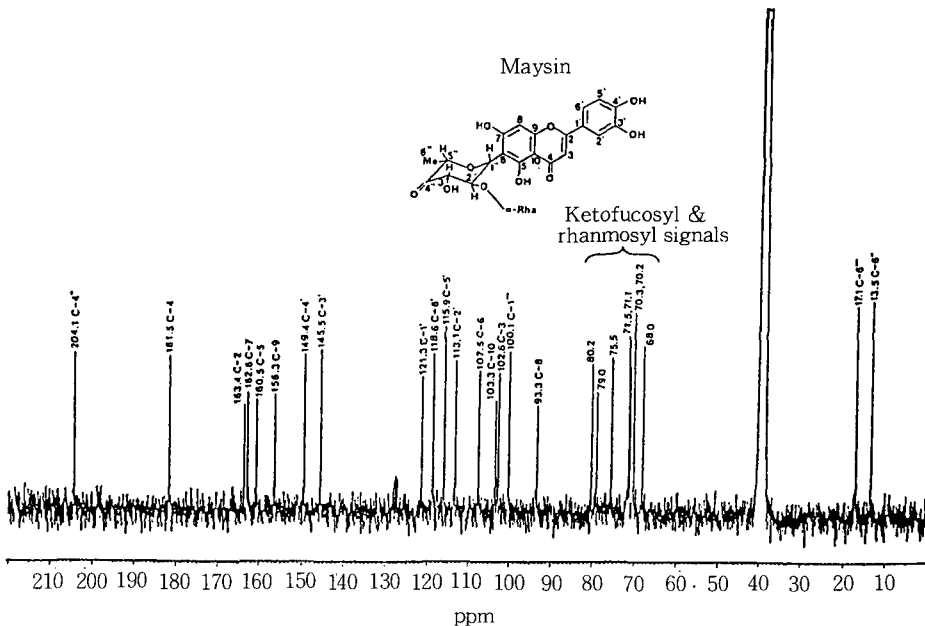


Fig. 6. <sup>13</sup>C NMR spectrum of isolated maysin([<sup>2</sup>H<sub>6</sub>]dimethyl sulfoxide)<sup>63)</sup>

등에 민간요법 약제로 널리 사용되어 왔기 때문에 지금도 한약방이나 한약재료상에서 쉽게 구할 수 있다. 남미에서도 옥수수의 수염은 전통적인 이뇨제로 사용되고 있는데 Martin 등<sup>50)</sup>에 의하면 옥수수 수염의 추출물을 마취된 개의 정맥에 투여하였을 때 개의 심장박동을 정상적으로 유지하는 효과가 있음을 보고하였다.

표 15는 여러 의학관련 서적에서 발췌한 옥수수 수염에 함유된 성분과 민간요법 등에서 구전되고 밝혀진 효능<sup>30,31,32,33)</sup>을 간략하게 정리하여 본 것이다. 그러나 지금까지 옥수수 수염의 약효에 관한 임상적 실험이나 관련된 성분의 구명이 거의 없는 실정이지만 이 약효는 여러 성분들의 종합적 작용에 비롯된다는 견해가 있다.

#### 4. 맺는 말

옥수수는 전분을 원료로 하는 각종 산업 분야에 있어 가장 중요한 작물로서 조미료, 의약품, 각종 시약, 화장품, 주류, 과자류, 도료, 인쇄, 제지업 등 산업 전반에 걸쳐 이용된다. 옥수수에 함유된 항산화 물질은 tocopherol, carotene, chlorogenic acid, quercetin 등이 있다.  $\beta$ -Cryptoxanthin과 zeaxanthin은 옥수수에 다량 함유되어 있는데 광민감반응(photosensitization) 방지 및 각종 면역성 증가에 효과가 있고, zeaxanthin은  $\beta$ -carotene과 거의 동등한 효과가 있을 뿐만 아니라 carotenoid는 su1se형의 이중 돌연변이(double mutant) 단옥수수 육종의 선발 표지 인자로 응용될 수 있다. 옥수수 기름을 추출시 얻어지는 부산물은 치주질환 치료제인 ZML의 원료로서 국내의 제약회사들도 이를 원료로 치주질환 치료제를 개발하여 시판하고 있다. 옥수수의 flavonoid 생합성 기작과 관련된 유전자들의 작용에 대해서는 비교적 많은 연구가 이루어졌으나 flavonoids의 종류 및 기능성에 대해서는 알려진 바가 별로 없는 실정이다. 옥수수 수염은 전통적으로 민간 요법의 약제로 사용되고 있으나 이에 관련된 성분은 아직 구명되지 못하고 있다. 최근에 밝혀진 옥수수 수염의 maysin은 flavonoid의 일종으로 옥수

수 이삭을 가해하는 유충들의 생장을 억제하는 작용이 있으므로 앞으로 이에 관해 보다 구체적인 검토가 이루어진다면 내충성 품종 육성의 전망을 밝게 할 수 있다. 현재 우리 나라의 종실용 옥수수 소비량은 약 700만톤 규모에 달하며 앞으로 더욱 소비가 증가될 것으로 전망될 뿐만 아니라 식용 옥수수의 재배 면적도 증가하고 있는 실정이기 때문에 옥수수에 함유된 기능성 물질을 보다 적극적으로 탐색하고 이를 소재로한 신품종을 육성한다면 옥수수 이용의 확대는 물론 국민의 건강에도 커다란 공헌을 할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. Ackermann, R. and M. Predine 1968. Hospital testing the unsaponifiable part of maize oil. L'Infomation Dentaire. 8:751-758.
2. Bata-Smith, E. C. 1969. Luteoforol(3',4,4',5,7,-Pentahydroxyflavan)in sorghum vulgare L. Phytochemistry. 8:1803.
3. Bendich, A. 1989. Carotenoids and the immune response. J. Nutr. 119:112-115.
4. Branen, A. L. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. J. Am. Oil Chem. 52:59-63
5. Callison, E. C., L. F. Hallman, W. F. Martin and E. Orent-Keiles. 1953. J. Nutr. 50:85-100.
6. Cabulea, I. 1971. Contribution to the study of carotenoid metabolism in the maize grain. Proc. Meet. Maize Sogram Sect. EUCARPIA(Eur. Ass. Res. Plant Breed.) 5:85-91.
7. Ceska, O. and E. Styles Derek. 1984. Flavonoids from Zea mays pollen. Phytochemistry. 23:1822-1823.
8. Lee, Chang Y. 1981. Vitamin A value of sweet corn. J. Agri. Food Chem. 29:1294-

- 1295.
9. Chen, B. H., J. R. Chuang, J. H. Lin and C. P. Chiu. 1993. Quantification of provitamin A compounds in chinese vegetables by high performance liquid chromatography. *J. Food protection*. 56 (January):51-54.
  10. 최상복, 한수부. 1989. Zea Mays L. 불검화 정량 추출물(Dentadol)이 외과적 치주치료 후의 치유에 미치는 효과에 관한 임상적 연구. *대한치주과학회지*. 19(1):63-69.
  11. Coe, E. H. 1955. Anthocyanin synthesis in maize, the interaction of *A2* and *Pr* in leucoanthocyanin accumulation. *Genetics*. 40:568.
  12. Coe, E. H. Jr. and M. G. Neuffer, 1977. The genetics of corn. In Sprague G. F. ed. *Corn and Corn Improvement*, Amer. Soc. Agr. Inc. Madison, Wisc. 111-223.
  13. Coe, E. H., S. M., McCormick and Modena. 1981. White pollen in maize. *J. Hered.* 72:318-320.
  14. Dan Bensky, Andrew Gamble and Ted Kaptchuk. 1986. Chinese herbal medicine materia medica. Eastland Press Seattle : 220-222.
  15. Dey, P. M. and J. B. Harborne. 1989. Methods in plant biochemistry Vol. 1(Plant phenolics). Academic Press : 325-356.
  16. Dimascio, P., S. Kaiser & H. Sies. 1989. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. *Arch. Biochem. Biophys.* 274: 532-538.
  17. Don, R. La Bonte and John A. Juvik. 1990. Characterization of sugary-1(su-1) sugary enhancer(se) kernels in segregating sweet corn populations. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115(1): 153-157
  18. Dooner, H. K. and O. E. Nelson. 1977. Genetic control of UDPGlucose flavonol 3-O-glucosyltransferase in the endosperm of maize. *Biochem. Genet.* 15:509-515.
  19. \_\_\_\_\_. 1979. Flavonoid glucosyltransferase activity in bronze embryos of zeamays. *Phytochemistry*. 18:749-751.
  20. \_\_\_\_\_. 1983. Coordinate genetic regulation of flavonoid biosynthetic enzyme in maize. *Mol. Gen. Genet.* 189:136-141.
  21. Eldredge, J. C. and W. I. Thomas. 1959. Popcorn-Its production, processing and Utilization. *Iowa Agric. Exp. Stn. Bull.* P 127: 1.
  22. Foot, C. S. & R. W. Denny. 1968. Chemistry of singlet oxygen. VII. Quenching by  $\beta$ -carotene. *J. Am. Chem. Soc.* 90: 6232-6235.
  23. Fourel, J., T. Siau and A. Barka 1967. Clinical trials of the unsaponifiable part of maize seed oil in periodontic practice. *L'Information Dentaire*. 8: 749-753.
  24. Fraps, G. S. and A. R. Kemmerer 1941. *Ind. Eng. Chem. Anal. Ed.* 13: 806-809.
  25. Gorgan, C. O. and C. W. Blessin 1973. Stability of carotenoids in the kernels of maize. *Can. J. Plant Sci.* 53: 507-511.
  26. Havsteen, B. 1983. Flavonoids, a class of natural products of high pharmacological potency. *Biochemical Pharmacology*. 32 (7): 1141-1148.
  27. Heller, W. and K. Hahlbrock. 1980. Highly purified flavanone synthase from parsley catalyzed the formation of naringenin chalcone. *Arch. Biochem. Biophys.* 200:617-619.
  28. Herbert, V. Marsh, Jr., Evelyn A. Haver and Kenneth R. Hanson. 1968. L-Phenylalanine ammonia-lyase. III. Properties of the enzyme from maize seedlings. *Biochemistry*. 7(5):1915-1918.
  29. Inkeles, S. and D. Eisenberg. 1981. Hyperlipidemia and coronary atherosclerosis : a review. *Medicine*. 60:110.

30. 지형준, 이상인. 1988. 대한약전의 한약(생약)규격집 주해서. 한국메디칼 인덱스사:270.
31. 지만호. 1990. 옥수수의 약용술. 한방과 건강 12월호:111-114.
32. 진존인. 1992. 도식 한방의학대사전(중국약학대전)-한국어판 IV:377.
33. 정보섭, 신민교. 1990. 도해 향약(생약) 대사전. 영림사:233-235.
34. 정효숙, 김성희, 김한수, 김갑순, 정승용. 1991. 어유 및 종자유의 급이가 흰쥐의 혈청 지질 성분에 미치는 영향. 한국영양식량학회지. 20(4):312-319.
35. 김현영, 조규성, 채중규, 김종관. 1992. *Zea mays* L. 불검화 정량 추출물의 초기 치주염 치료효 과에 대한 임상적 연구. 대한치주과학회지. 22(1):59-66.
36. 김호근. 1988. 팝콘의 세계. 2000년 12월호:130-135.
37. Kirby, L. T. and E. D. Styles. 1970. Flavonoid associated with specific gene action in maize aleurone and the role of light in substituting for the action of A gene. Can. J. genet. Cytol. 12:934-940.
38. Kreuzaler, F. and K. Hahlbrock. 1975. Enzymic synthesis of an aromatic ring from acetate units. Eur. J. Biochem. 56:205-213.
39. \_\_\_\_\_, H. Ragg, W. Heller, R. Tesch, I. Witt, D. Hammer and K. Hahlbrock. 1979. Flavonoid synthase from *petroselinum hortense*. Eur. J. Biochem. 99:89-96.
40. Krinsky, N. I., M. D. Russet, G. J. Handelman and D. M. Snodderly. 1990. Structural and geometrical isomers of carotenoids in human plasma. J. Nutr. :1654-1662.
41. Kuhn, R. and C. B. Grundmann. 1934. Dtsch. Chem. Ges. A. 67:593-595.
42. Larson, R. and E. H. Coe. 1968. Enzymatic action of the Bz anthocyanin factor on maize. 1968. Proc. · Int. Congr. Genet. 1:131.
43. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1977. Gene-dependent flavonid glucosyltransferase in maize. Biochem. Genet. 15:153-156.
44. 이성우, 김광수, 김순동 공저. 1993. 食品化學 (三稿). 修學社.
45. Levings III C. S. and C. W. Stuber. 1971. A maize gene controlling silk browning in response to wounding. Genetics. 69 (December):49-498.
46. Loverine P. Taylor. 1995. Flavonols: Effects on fertility and fecunndity. Crop Sci. 6(November-December) :1512-1526.
47. 임완규, 조규성, 채중규, 김종관. 1991. *Zea mays* L. 불검화 정량 추출물의 중등도 치주염 치료 효과에 관한 임상적 연구. 연세치대 논문집. 6:162-172.
48. Loverine P. Taylor. 1995. Symposium on male sterility - Flavonols : Effects on fertility and fecunndity. Crop Sci. 35 (November-December):1521-1525.
49. Martin, D. W. Jr., P. A. Mayes, V. W. Rodwell and D. K. Granner. 1985. Harper's review of biochemistry. 20nd Edition. Lange.
50. Martin, N., C. Pantoja, L. Ching, L. Bardisa, C. Araya and R. Roman. 1991. Hemodynamic effect of a boiling water dialysate of maize silk in normotensive anaesthetized dogs. J. Ethno. Pharmacol. 31(2): 259-262.
51. Migozzi, M. 1973. Study of therapeutic effect of standard extract of unsaponifiable *Zea mays* L. during the placement of removal prosthesis. Chir. Dent. Fr. 43(188):35-39.
52. 민원기, 이만섭. 1988. Ascorbic acid와 *Zea Mays* L. 불검화 정량 추출물이 치주염 치료에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 대한치

- 주과학회지. 18(2):6-16.
53. Oldriska ceska and E. Derek Styles. 1984. Flavonoid form *Zea mays* pollen. Phytochemistry. 23(3):1822-1823.
  54. Oh, S. Y. and P. A. Monaco. 1985. Effect of dietary cholesterol and degree of fat unsaturated on plasma lipids levels, lipoprotein composition and fecal steroid excretion in normal young adult men. Am. J. Clin. Nutr. 42:399-402.
  55. Pomeranz, Y. 1983. Cereal lipids. Advances in Cereal Science and Technology. Vol. ( II ):221~348.
  56. Quackenbush, F. W., J. G. Firch, A. M. Brunson and L. R. House. 1963. Carotenoids, oil and tocol of corn inbreds. Cereal Chem. 40:250-259.
  57. Rathmann, D. M., J. R. Stockton and D. Melnick. 1970. Dynamic utilization of recent nutritional findings; diet and cardiovascular disease. CRC Critical Rev. Food Technol. 1:331-378.
  58. Reddy, A. R. and G. M. Reddy. 1975. Genetic control of quercetin formation in the aleurone tissue of maize. Genetics. 81(October):287-292.
  59. Redeman, C. T., S. H. Wittwer, C. D. Ball and H. M. Sell. 1950. Arch. Biochem. Biophys. 25:277.
  60. Richard C. Gueldner, Maurice E. Snook, Neil W. Widstorm and Billy R. Wiseman. 1992. TLC screen for maysin, chlorogenic acid, and other possible resistance factors to the fall armyworm and the corn earworm in *Zea mays*. J. Agric. Food Chem. 40:1211-1213.
  61. Salunkhe, D. K., J. K. Chavan and S. S. Kadam. 1990. Dietary tannins : Consequences and remedies. CRC Press, Inc., Boca Raton.
  62. 서화중, 김선희, 정두례. 1991. 불포화도가 다른 식물성 유지를 섭취시킨 흰쥐에서 정상적인 및 지질대사변화의 고찰. 한국영양식량학회지. 20(5):426-432.
  63. Snook, M. E., N. W. Widstorm and R. C. Gueldner. 1989. Reverse-phase high-performance liquid chromatographic procedure for the determination of maysin in corn silks. J. Chromatography. 477: 439-447.
  64. Sprague, G. E. and J. W. Dudley. 1988. Corn & corn improvement Third Edition. Madison, Wisconsin, USA.
  65. Stapleton, Ann E. and Virginia Walbot. 1994. Flavonoids can protect maize DNA from the induction of ultraviolet radiation damage. Plant Physiol. 105:881-889.
  66. Styles, E. Derek and Oldriska Ceska. 1975. Genetic control of 3-hydroxy-and 3-deoxy flavonoids in *Zea mays*. Phytochemistry. 14:413-415.
  67. \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1977. The genetic control of flavonoid synthesis in maize. Can. J. Genet. Cytol. 19:289-302.
  68. \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ and Kim-Tek Seah. 1973. Development differences in action of R and B alleles in maize. Can. J. Genet. Cytol. 15:59-72.
  69. Terao, J. 1989. Antioxidant activity of  $\beta$ -carotene-related carotenoids in solution. Lipids. 24 : 659-661.
  70. Thiers, J. and Zwingelstein. 1958. The maize germ oil insaponifiable its therapeutical indications. Presse Medicale. 26 (July):1293-1294.
  71. Timberlack, C. F. and B. S. Henry. 1986. Endeavour. New series. 10:31-36.
  72. Waiss, A. C., B. G. Chan, C. A. Elliger, B. R. Wiseman, W. W. Mcmillian, N. W. Widstorm, M. S. Zuber and A. J. Keaster. 1979. Maysin, a flavone glycoside from corn silk with antibiotic ac-

- tivity toward corn earworm. J. Econ. Entomol. 72:256-258.
73. \_\_\_\_\_, B. G. Chan, B. R. Wiseman, W. W. McMillian, N. W. Widstorm, M. S. Zuber and A. J. Keaster. 1979. Maysin, a flavone glycoside from corn silks with antibiotic activity toward corn earworm. J. Econ. Entomol. 72:256-258.
74. Walter, E. V. 1957. Corn earworm lethal factor of sweet corn J. Econ. Entomol. 50:105-106.
75. Wiermann, R. 1968. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 81:3.
76. Widstorm, N. W., M. E. Snook, W. W. McMillian, A. C. Jr. Waiss and C. A. Elliger. 1991. Maize-silk maysine data: Comparison of interpretation of quantifications by spectrophotometry and HPLC. J. Agric. Food Chem. 39:182-184.
77. William, R. Morrison. 1978. Cereal lipids. Advances in cereal Sci. and Technology. Vol. II. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul Minnesota. : 221-348.
78. Wiseman, B. R., R. C. Gueldner, R. E. Lynch and R. F. Severson 1990. Biochemical activity of centipedegrass against fall armyworm larvae. J. Chem. Ecol. 16(9): 2677-2690.
79. 우원식. 1984. 천연물 화학 연구법. 대우학술총서, 자연과학 14.