

옥수수 가열가공처리에 의한 단백질 및 지질성분의 변화

조성환 · 윤주익

경상대학교 식품공학과

Changes of Corn Proteins and Lipids induced by Thermal Processing

Sung-Hwan Cho, Zoo-IK Yoon

Dept. of Food Science and Technology, Gyeongsang National University, Chinju, 660-701, Korea.

Abstract

This research was conducted in order to investigate thermal stability and nutritional value of corn lipids and proteins during thermal processing. The lipids of raw and popped corn were fractionated and analyzed by column and gas chromatography. The effect of thermal processing on corn proteins was examined by sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and amino acid analysis. There was no remarkable change in proximate compositions during thermal processing. The lipid fractions obtained by silicic acid column chromatography were composed of neutral lipid(93.5%), glycolipid(3.8%), and phospholipid(2.7%). Although the thermal processing showed the increase in the ratio of unsaturated/saturated fatty acid, there was no significant differences in the lipid composition between raw and popped corn. Most of each protein fractions had lower molecular weight than 25,000 dalton and albumin fractions were distributed in the molecular weight range 11,500-94,000 daltons. Popped corn proteins did not show marked differences in their electrophoretic migrations when compared with raw corn proteins.

서 론

옥수수는 사실로 corn starch, 포도당, 풀, 제유 등을 만들고, 사료나 의약품료로도 널리 이용되어 오고있다.^{1,2)} 옥수수의 주요성분중, 지질성분 조성에 관한 연구로는 Price,³⁾ Osagie⁴⁾ 등의 지방산 조성, Weber⁵⁾에 의한 성숙과정 중의 지질 및 지방산조성의 변화에 관한 보고등이 있고, 단백질에 대해서는 추출용매별 분리단백질에 관한 연구가 활발하며, Paulis⁶⁾ 등의 수용성 및 염용성, Mosse⁷⁾ 등의 알콜용해성 및 알카리용해성 단백질에 관한 연구가 있으며, 특히, 옥수수의 영양학적 가치를 저하시키는 Zein에

대해서는 Mertz,⁸⁾ 부족한 lysine과 tryptophane의 함량을 높인 품종인 high-lysine mutant에 대해서는 Tsai,⁹⁾ Jones¹⁰⁾ 등의 보고가 있다. 이들의 연구는 다른 곡물에 비해 lysine과 tryptophane의 함량이 훨씬 적다는 점에 초점을 두어, 이들 함량을 높인 품종들간의 유전형질의 특이성을 밝혀려고 하였다. 이러한 외국의 활발한 연구와는 달리, 국내에서는 옥수수의 영양학적 보문은 미흡한 실정이며, 특히, 열처리에 의한 옥수수의 주요성분 변화와 영양학적 고찰을 검토한 연구보고는 그리 많지 않다. 따라서, 본 실험에서는 옥수수를 가열 가공처리하여 pop corn을 제조하는 과정중에 일어나는 단백질 및 지

질의 열안정성을 검토하여 옥수수 가열 가공처리에 따른 영양학적 평가의 기초자료를 얻을 수 있었다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 시료는 1988년 1월 유일 식품공업사(경기도 양주군 회천읍 덕계리 441번지소재)에서 상업용으로 제조한 폭렐종 옥수수를 구입하여, 팝콘의 제조에는 전원공급(AC 120V) 후 가열판의 온도가 5분만에 130°C로 가열되는 corn popper(West band Company, U. S. A)를 이용했으며 조제한 시료는 50°C의 incubator에서 7일간 건조하고 Willey mill로 분쇄하여 40 mesh의 체를 통과시킨것을 0°C의

온도에서 저장하면서 분석용 시료로 사용하였다.

일반성분의 분석

각 시료중의 수분, 조단백질(N×6.25), 조지질, 회분등 일반성분은 AOAC법¹¹⁾에 의하여 분석하였다. 시료의 열량은 Automatic bomb calorimeter CA-3(Simadzu Co. Japan)를 사용하여 측정하였으며 표준품인 benjoic acid(6.318cal/g, Moline, U. S. A)로 열량을 보정하였다.

지방질의 분석

전지질은 마쇄한 시료에 chloroform-methanol(2 : 1, v/v)^{12,13)}의 혼합용매를 가하고 80°C이상의 water bath에서 magnetic stirrer로 교반하면서 3시간 동안

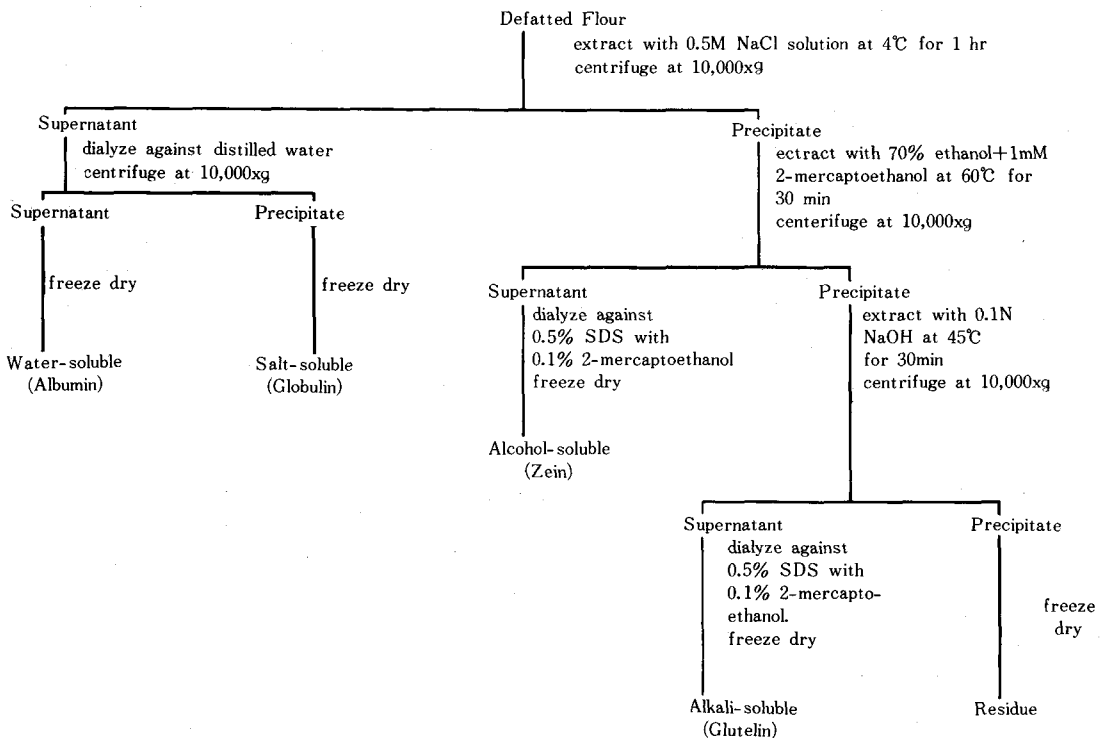


Fig. 1. Procedure for extraction and seperation of raw and popped corn protein fractions.

환류추출한 후 흡입여과하고 다시 그 잔사를 같은 방법으로 2회 더 반복추출하여 앞서 추출한 용액과 합친 후 감압농축하여 용매를 제거하고 Folch법¹⁴⁾에 의하여 정제하였다.

시료로부터 추출·정제한 전지질을 silicic acid column chromatography(SCC)^{15, 16, 17)}에 의하여 chloroform, acetone, methanol을 용매로 하여 중성 지질, 인지질 및 당지질을 각각 획분하였다. 이와 같은 조작을 통해 얻어진 각 추출획분의 용매는 rotary vacuum evaporator (Rotavapor RE-120, Swiss Buchi사)로 제거하고 각각의 지질함량을 중량법으로 산출하였다. 시료에서 추출·정제한 전지질과 SCC에 의하여 획분한 중성지질·당지질 및 인지질의 지방산조성은 상법¹⁸⁾에 의하여 검화시켜 불검화 물을 제거한 후 회수한 혼성지방산을 BF₃-methanol을 이용한 Metcalfe등의 방법¹⁹⁾에 따라 ester 화하여 gas liquid chromatography(GLC)에 의하여 분석하였다.

단백질의 획분

각 시료 단백질의 획분은 Weber²⁰⁾등의 방법을 변형시킨 Tsai⁹⁾의 방법을 사용하였으며 Fig.1과 같다. 즉, 분쇄한 시료분말을 Soxhlet장치에서 n-hexane으로 48시간 탈지시킨 다음, 탈지시료20g에 0.5 M NaCl 200ml을 가하여 magnetic stirrer로 교반하면서 1시간 추출하고 10,000xg에서 30분 동안 원심분리하였다. 위 조작을 3회 반복한 상정액을 모아 48시간 동안 증류수를 투석시킨 후 원심분리하여 상정액을 albumin획분, 잔사를 globulin획분으로

하고, 동결건조하여 0°C에서 보관하면서 분석에 사용하였다. 한편, 열가용성단백질을 추출하고 남은 잔사의 염농도를 낮추기 위하여 1ℓ의 증류수에 현탁시켜 원심분리하여 그 상정액은 버리고, 남은 잔사에 1mM 2-mercaptoethanol(2-ME)을 함유하는 95% ethanol(최종 ethanol농도 약 70%) 200ml을 가하여 60°C에서 magnetic stirrer로 교반하면서 1시간 추출하고, 10,000xg에서 30분동안 원심분리한 상정액과 1mM 2-ME를 함유한 70% ethanol로 같은 조건에서 2회 더 추출한 상정액을 합하여 zein획분으로 하고, 0.5% sodium dodecyl sulfate(SDS)와 0.1% 2-ME를 함유하는 증류수로 48시간 투석한 후 동결건조하여 0°C에서 보관하면서 분석에 사용하였다. 알콜 가용성 단백질을 추출하고 남은 잔사를 상기와 같은 조작으로 2회 수세한 잔사에 0.1 N NaOH 200ml을 가하여 45°C에서 1시간씩 3회 추출·원심분리한 상정액을 glutelin획분으로 하고 알콜가용성 단백질과 같은 투석액으로 투석하고 동결건조하여 0°C에서 보관하면서 분석에 사용하였다.

전기영동(SDS-PAGE)

Weber²⁰⁾등의 방법을 변형시킨 Laemmli²¹⁾방법에 의한 10% SDS-tris-disc-gel(0.6mm × 100mm)을 조제하여 사용하였는데, 이때 upper gel의 최종 polyacrylamide농도는 3.5%였고, 전개용매는 1% SDS를 함유한 tris-glycine buffer(pH8.3)을 사용하였다. 분리단백질의 분자량을 비교, 측정하기 위하여는 Bradford²²⁾의 방법으로 표준곡선을 작성하였다. 한편, sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis(SDS-PAGE)용 표준단백질로

Table 1. Instrument and operating conditions for scanning densitogram

Instrument	Chromoscan 3 (Joyce-Loeble LTD. England)
Scan length	80mm
Aperture width	0.05mm
Mode	Absorbance
Max, Absorbance	0.5
Graphic output	Normal
Peak/Trough thresholds	Height : 5 Width : 4 Noise : 1

는 Sigma Chemical Co.제 : lysozyme(M. W. 14,300) : β -lactoglobulin(M. W. 18,400) : trypsinogen(M. W. 24,000) : pepsin(M. W. 34,700) : ovalbumin(M. W. 45,000) : albumin(M.W.66,000)을 사용하여 상기와 같은 방법으로 전기영동하였다.

염색이 끝난 직후의 gel을 ethanol-glacial acetic acid-증류수(1 : 1 : 8, v/v)에 담구어 실온에서 48시간 탈색시켜 나타나는 band를 densitometer(Chromoscan 3, Joyce-Loeble LTD, England)로 scanning하였는데, 그때의 사용기기 및 조건은 Table 1.과 같다.

아미노산의 정량

분획하여 동결건조한 추출용매별 단백질 시료를 6N-HCl로 가수분해하여 증발·건조한 다음 Citrate buffer(pH 2.2)로 용해하고 membrane filter(pore size 0.2 μ m)로써 여과하여 얻은 여액 일정량을 아미노산 자동분석기(LKB-4150, England)에 주입하여 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분의 변화

본 실험에 사용한 가열 처리 전후의 옥수수에 대한 일반성분을 분석하여 건물량으로 표시한 결과는 Table 2. 와 같다.

수분함량은 폭렬중 옥수수에서 1.35%를 함유하였는데, 이는 수분함량이 13-15%일때 가장 잘 폭렬한다고 하는 기존의 보고결과²⁾에 준하여 본 실험에 사용한 시료는 적당한 수분함량을 가지고 있는 것으로 사료되며 가열처리 후의 수분함량은 5.0%로 급격히 감소하였는데, 이는 가열된 수분이 일시에 대기압에 노출되면 순간적으로 조직이 파괴되어 증발함으로써 급격한 수분감소를 보인다고 하는 결과²³⁾와 일치하였다.

조단백질 함량은 9.5%에서 9.3%로 약간 감소하였는데, 이 결과는 Paulis⁶⁾등의 실험결과와 Lasztity 등이^{24,25,26)} whole corn을 가열처리 하였을때 일어나는 변화와 유사하였다. 조지방은 4.0%를 함유하며, 小原¹³⁾등과 안²⁷⁾의 조지방 함량(3.7%, 3.9%)과 비교하여 대체로 일치하였으며, 가열처리후에도 거의 변화가 없었다. 한편, 시료 100g당 열량은 원시료의 경우 244Kcal로서 쌀 340Kcal²⁸⁾, 보리 332Kcal²⁸⁾보다 우수하지 못하나 popped corn의 경우 306Kcal로서 가열처리에 의해 열량이 증가했다는 보고와 유사한 경향성을 보였다.

지방질의 함량변화

가열처리 전후의 옥수수의 전지질을 silicic acid column chromatography법에 의해 중성지질·당지질 및 인지질로 분리, 정량한 결과는 Table 3. 과

Table 2. Proximate compositions of raw and popped corn as dry weight basis (%)

	Moisture	Crude Protein	Crude fat	Crude ash	Calorie (Kcal/100g)
Raw corn	13.5	9.5	4.0	1.3	244
Popped corn	5.0	9.3	4.3	1.4	306

Table 3. Content of neutral lipid, glycolipid and phospholipid in raw and popped corns as dry weight basis (%)

	Neutral lipid	Glycolipid	Phospholipid
Raw corn	93.5	3.8	2.7
Popped corn	95.5	3.3	2.2

같다.

즉, 중성지질·당지질 및 인지질의 함량을 전지질에 대한 백분율로 계산하면, 폭발종 옥수수의 경우, 중성지질·당지질·인지질이 각각 93.5%, 3.8%, 2.7%로 田中²⁹⁾ 등이 옥수수유의 전지질에는 중성지질 95.0%, 당지질 2.0% 그리고 인지질 3.0%를 함유한다는 보고와 비교하여 대체로 일치하였으나, 보리 및 밀과는 다소 상이한 함량 분포를 나타내었다. 이와 같은 결과는 류³¹⁾ 등이 땅콩을 볶았을 때 당지질 및 인지질이 감소했다는 결과와 같은 경향을 보여 주었다.

지방산의 조성변화

각 시료를 chloroform-methanol(2:1, v/v)로 추출한 전지질을 BF₃-methanol로 methylation시켜 얻은 지방산의 methyl ester의 gas chromatogram을 토대로 하여 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 4. 와 같았다.

전지질의 구성지방산은 폭발종옥수수의 경우에는 margaric acid 23.3%, linoleic acid 22.0%, palmitic acid 18.7%의 순으로 주요 구성지방산을 이루고 있었다. 이러한 결과는 안²⁷⁾ Price³⁰⁾ 등의 보고와 대체로 일치하였으나, oleic acid의 함량이 적은 차이를 보였으며, 특히 margaric acid는 마치종 옥수

Table 4. Fatty acid compositions of total lipids in raw and popped corns(peak area %)

Fatty acids	Raw corn	Popped corn
12:0	0.2	—
14:0	0.2	—
15:0	0.3	—
16:0	18.7	12.7
17:0	23.3	1.3
18:0	3.1	—
20:0	2.8	0.8
24:0	4.6	—
17:1	0.2	—
18:1	1.6	31.6
17:2	0.3	—
18:2	22.0	52.8
20:2	2.8	0.7
18:3	13.3	—
20:4	1.1	—
Sat.	53.2	14.8
Unsat.	46.3	85.1
Unsat./Sat.	0.9	5.8

Table 5. Fatty acid compositions of neutral lipids in raw and popped corns(peak area %)

Fatty acids	Raw corn	Popped corn
12:0	0.02	—
14:0	0.5	—
15:0	0.06	0.1
16:0	35.1	13.1
17:0	7.8	0.1
18:0	6.3	1.4
20:0	0.2	0.9
14:1	0.4	—
17:1	0.7	—
18:1	35.7	28.8
19:1	0.6	—
20:1	0.9	0.8
22:1	0.6	—
17:2	0.1	—
18:2	7.8	54.9
20:3	2.5	—
Sat.	50.0	15.6
Unsat.	49.3	84.5
Unsat./Sat.	1.0	5.4

수를 시료로 한 연구에서 평균 0.4%라고 보고한 안의 보고와는 달리 상당한 차이를 나타내었는데, 본 실험에 사용한 시료가 폭렬종이었으므로 품종간의 차이에서 연유한 것으로 사료된다. 한편, 가열처리에 의해 margaric acid는 급격히 감소하였으며, linoleic acid와 oleic acid의 함량이 급격히 증가하여 불포화 지방산의 포화지방산에 대한 비율은 0.9, 5.8을 나타내었다.

SCC에 의하여 분리·정제한 중성지질을 BF_3 -methanol로 methylation시켜 얻은 methylester의 gas chromatogram을 토대로 하여 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 5. 와 같았다.

중성지질의 구성지방산은 폭렬종 옥수수수의 경우에는 oleic>palmitic>linoleic>margaric순서로 함량이

감소하였으나, 가열처리후 linoleic>oleic>palmitic>margaric의 순으로 linoleic acid의 함량이 크게 증대하는 반면 margaric acid의 함량은 감소하였다.

일반적으로 곡류의 중성지질에는 linoleic acid함량이 33-55%로서 가장 높은 함량을 보이고 있으나,^{3, 4, 27, 30, 32)} 본 실험에 사용한 폭렬종 옥수수수의 경우, oleic acid가 35.7%로 가장 높았고 palmitic acid가 35.1%로서 두번째 높은 함량을 보였다. 가열처리에 의해 oleic acid와 palmitic acid는 각각 28.8%, 13.1%로 감소하는 반면, linoleic acid는 7.8%에서 54.9%로 크게 증가하였다. 즉, 가열처리 과정에서 지방산의 불포화도가 크게 높아짐을 알 수 있었다. SCC에 의하여 분리·정제한 당지질을 BF_3 -methanol로 methylation시켜 얻은 methyl ester의

Table 6. Fatty acid compositions of glycolipid in raw and popped corns(peak area)

Fatty acids	Raw corn	Popped corn
14 : 0	0.6	-
15 : 0	0.1	-
16 : 0	39.8	28.8
17 : 0	1.0	10.9
18 : 0	5.4	4.3
20 : 0	0.5	0.5
22 : 0	-	0.6
17 : 1	0.03	-
18 : 1	19.4	15.7
19 : 1	0.8	-
20 : 1	0.4	-
14 : 2	0.06	-
17 : 2	0.2	6.2
18 : 2	21.3	24.7
20 : 2	-	0.9
18 : 3	1.6	1.0
20 : 3	2.5	1.5
20 : 4	6.6	5.0
Sat.	47.4	45.1
Unsat.	52.9	55.0
Unsat./Sat.	1.1	0.8

gas chromatogram을 토대로 하여 지방산조성을 분석한 결과는 Table 6. 과 같다.

당지질의 지방산은 폭렬종 옥수수의 경우, palmitic acid 38.8%, linoleic acid 21.3%, oleic acid 19.4%의 순으로 함유되어 있었고, linoleic acid는 보리³¹⁾ 60.4%, 기장³²⁾ 39.5% 등과 비교하여 훨씬 적은 함량을 보였다. 가열처리에 의하여 palmitic acid, oleic acid의 함량은 다소 감소하였으나, linoleic acid의 함량은 다소 증가하여 전체적으로 불포화도가 증가하였다.

SCC에 의하여 분리, 정제한 인지질을 BF_3 -methanol로 methylation시켜 얻은 methylester의 gas chromatogram을 토대로 하여 지방산조성을 분석한 결과는 Table 7. 과 같다. 인지질의 구성지방산은 폭렬종 옥수수의 경우, palmitic acid 47.0%, oleic acid 31.2%로 가장 많은 함량을 나타내며, stearic acid와 oleic acid등도 소량 함유하고 있으나, 이러한

구성지방산 비율은 안²⁷⁾ 등의 시료중의 조성비율과 유사하였다.

Alyward³³⁾는 보리의 인지질은 포화지방산을 많이 함유한다고 보고하였는데, 본 실험에서 사용한 폭렬종 옥수수의 경우, 인지질의 구성지방산 중 palmitic acid함량이 47.0%, stearic acid가 7.6%로서 증성지질 및 당지질에 비해 포화지방산 함량이 높게 나타났다. 인지질의 구성지방산 조성은 가열처리 공정을 거치는 과정에서 palmitic acid와 oleic acid가 각각 47.0%와 31.2%에서 26.0% 및 18.1%로 감소하는 반면, linoleic acid가 7.8%에서 31.5%로 크게 증가하여 전체적으로 불포화 지방산의 포화지방산에 대한 비율이 0.7%에서 1.0%으로 증가하였다.

추출용매별 분리단백질의 SDS-PAGE pattern변화

Tsai의 방법³⁾으로 분리하여 얻어진 albumin 및 globulin획분의 전기영동 pattern및 densitogram은

Table 7. Fatty acid compositions of phospholipid in raw and popped corns(peak area %)

Fatty acids	Raw corn	Popped corn
12 : 0	0.1	4.2
14 : 0	0.4	-
15 : 0	0.7	-
16 : 0	47.0	26.0
17 : 0	2.7	1.8
18 : 0	7.6	18.4
14 : 1	0.2	-
16 : 1	0.3	-
18 : 1	31.2	18.1
19 : 1	0.5	-
17 : 2	0.3	-
18 : 2	7.3	31.5
18 : 3	0.6	-
20 : 3	0.5	-
Sat.	58.5	50.4
Unsat.	41.6	49.6
Unsat./Sat.	0.7	1.0

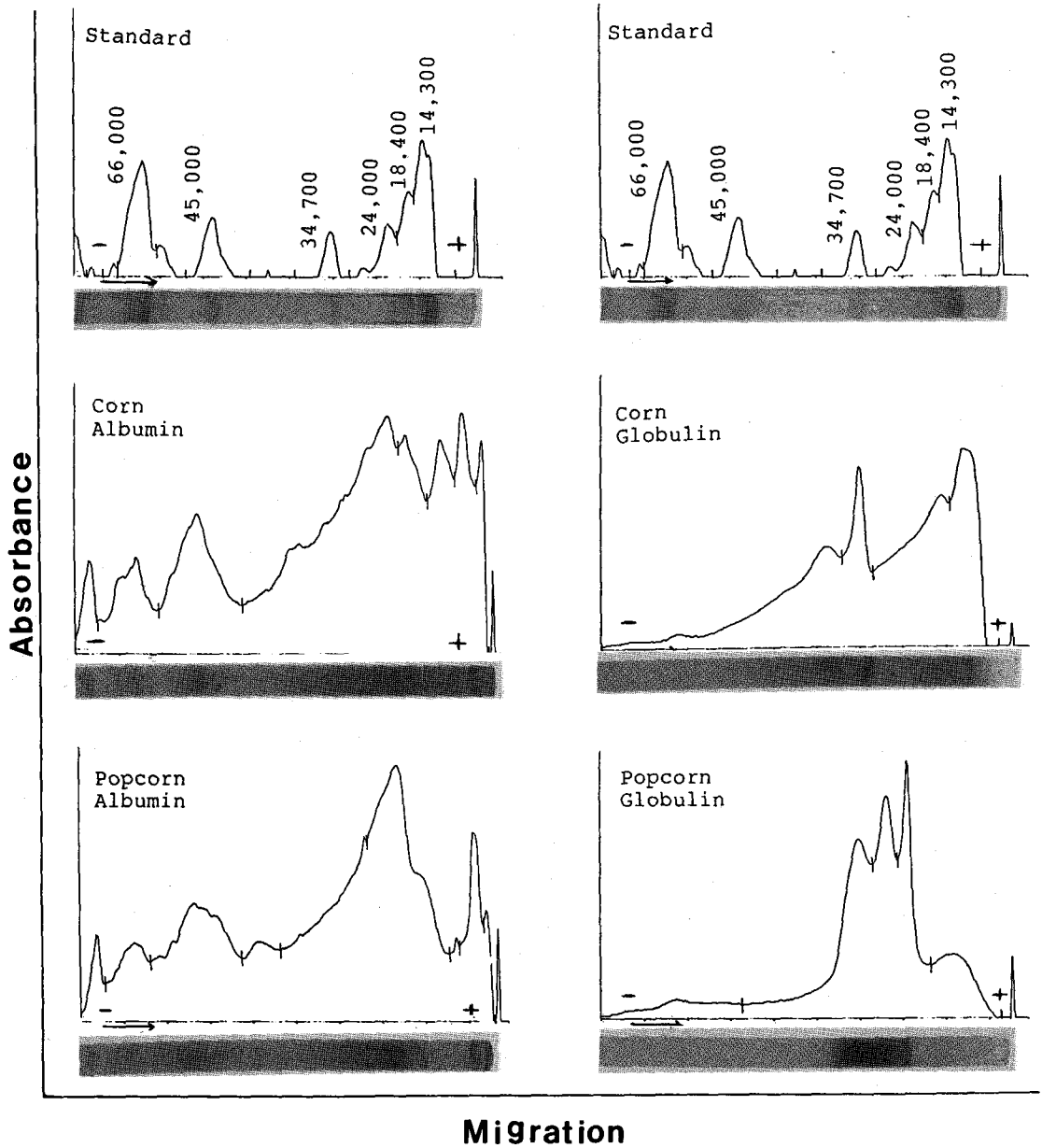


Fig. 2. Densitogram of the albumin and globulin fractions from raw and popped corns(after SDS-PAGE). Direction of electrophoresis : From left to right.

Fig.2와 같다. 표준물질의 이동도로부터 각 단백질 분획의 이동도를 비교하여 단백질의 분자량을 산출한 결과, albumin획분은 폭렬종 옥수수의 경우, 분자량이 11,500-94,000 dalton 사이의 polypeptide를 갖는 8개의 major band(11,500, 14,000, 14,500, 18,500, 20,000, 54,000, 74,000, 94,000 dalton)을 보였으며, 가열처리 후에는 분자량이 12,500, 13,200, 14,400, 40,000, 72,000 dalton을 갖는 5개의 major band와 4개의 minor band(23,000, 53,000, 94,000 dalton)를 갖는 polypeptide로 구성된 단백질임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 Hoyem³⁴⁾ 등이 meat protein을 110-120°C에서 5,15,30분간 가열하였을때 SDS-PAGE pattern상에서 protein band의 위치 즉, 이동도는 변하지 않고 용해도의 감소로 band의 강도가 달라진다고 한 보고와 대체로 일치하였다. Padhye³⁵⁾ 등은 쌀의 albumin을 two-dimensional slab gel electrophoresis에서 분자량이 7,400-135,000사이 15,400-32,000 dalton사이의 polypeptides를 갖는 4개의 major band(15,400, 17,000, 26,000, 32,000, dalton)을 보였으며, 가열처리 후에는 분자량이 15,800-26,000 dalton 정도의 비교적 적은 분자의 polypeptides를 갖는 4개의 major band(15,800, 20,000, 22,500, 26,000 dalton)를 보였다. 이러한 결과는 hoyem 등의³⁴⁾ 보고와 대체로 일치하였으며, 쌀 globulin은 분자량이 13,200-60,300 dalton사이의 7개의 band를 갖는다고 보고한 Padhye의³⁵⁾ 보고와는 상이하였다.

zein 및 glutelin획분의 전기영동 pattern 및 densitogram은 Fig. 3. 과 같다. Zein획분은 폭렬종 옥수수의 경우, 분자량이 20,000-72,000 dalton 사이의 polypeptide를 갖는 6개의 band(20,000, 22,000, 24,000, 32,000, 40,000, 72,000 dalton)를 확인하였으며, M.W.20,000, 24,000 dalton인 band가 major band였다. 가열처리 후에는 분자량이 19,200~82,000 dalton 사이의 polypeptide를 갖는 6개의 band(19,200, 22,000, 24,000, 49,000, 54,000, 82,000 dalton)를 보였는데 M.W.가 22,000, 24,000 dalton의 band가 major band였다. 저분자단백질 즉, 19,000, 22,000, 24,000 dalton의 polypeptide를 갖는 단백질은 Misra³⁶⁾ 등이 옥수수내배유에서 추출한 zein은 분자량이 21,800, 25,000 dalton였다고

하는 보고와는 일치하나, 고분자 단백질 즉, 49,000, 54,000, 82,000 dalton의 polypeptide를 갖는 단백질은 단백질분획시에 가한 SDS,2-ME 그리고 60°C의 가열에 의해 disulfide band가 환원되어 glutelin획분이 용해되어 zein획분이 혼재되었기 때문이며, Tsai의 보고에 의하면 2-ME가 함유되지 않은 70% ethanol로 추출한 zein획분을 0.5% SDS+1mM 2-ME가 함유된 투석액으로 투석하였을 때 glutelin획분의 혼재가 나타나지 않고, 분자량이 22,000, 24,000 dalton인 두 개의 band만을 확인할 수 있었다는 보고와는 추출시에 reducing agent를 가하지 않더라도 투석시에 reducing agent가 함유되어 있으면 다른 성분들이 혼재되지 않았다는 점에서 상이함을 보였다. 가열처리에 의한 결과는 Hoyem³⁴⁾ 등의 결과와 대체로 유의하였다.

Brandt³⁷⁾는 보리의 high-lysine mutant에 관한 연구에서, 보리의 알콜용해성단백질인 hordein은 분자량이 20,000-80,000 dalton 사이의 6개의 band(20,000, 45,000, 55,000, 60,000, 68,000, 80,000 dalton)을 확인하였다.

Glutelin획분은 폭렬종 옥수수를 가열처리하기 전후에서 모두 분자량이 19,800, 24,000 dalton인 polypeptide를 갖는 두개의 major band를 보였다. 이러한 가열처리 전후의 단백질 polypeptide에 대한 결과는 Hoyem³⁴⁾ 등의 보고와 일치하였으나, Misra³⁶⁾ 등은 옥수수의 glutelin에 대한 보고에서 분자량이 10,000, 25,700, 58,000, 61,000 dalton을 갖는 polypeptide를 확인하였다고 보고하였다.

추출용매별 분리단백질의 아미노산 조성 변화

추출용매별로 분획하여 얻어진 옥수수 단백질의 아미노산 조성을 분석한 결과는 Table 8. 과 같다. 세포질 단백질인 albumin, globulin의 아미노산 조성은 저장단백질인 zein, glutelin과는 다르며, 많은 양의 필수아미노산을 함유하고, glutamic acid의 함량이 적은 것이 특징이다. albumin 및 globulin의 아미노산 조성은 비슷하거나, 조금의 차이를 보이고 있는데, 즉, albumin은 globulin보다 aspartic acid, glycine, alanine 등의 함량이 높은 반면, glutamic acid, leucine, arginine 등의 함량이 낮았으며, lysine은 거의 albumin과 globulin분획에 함유되어있

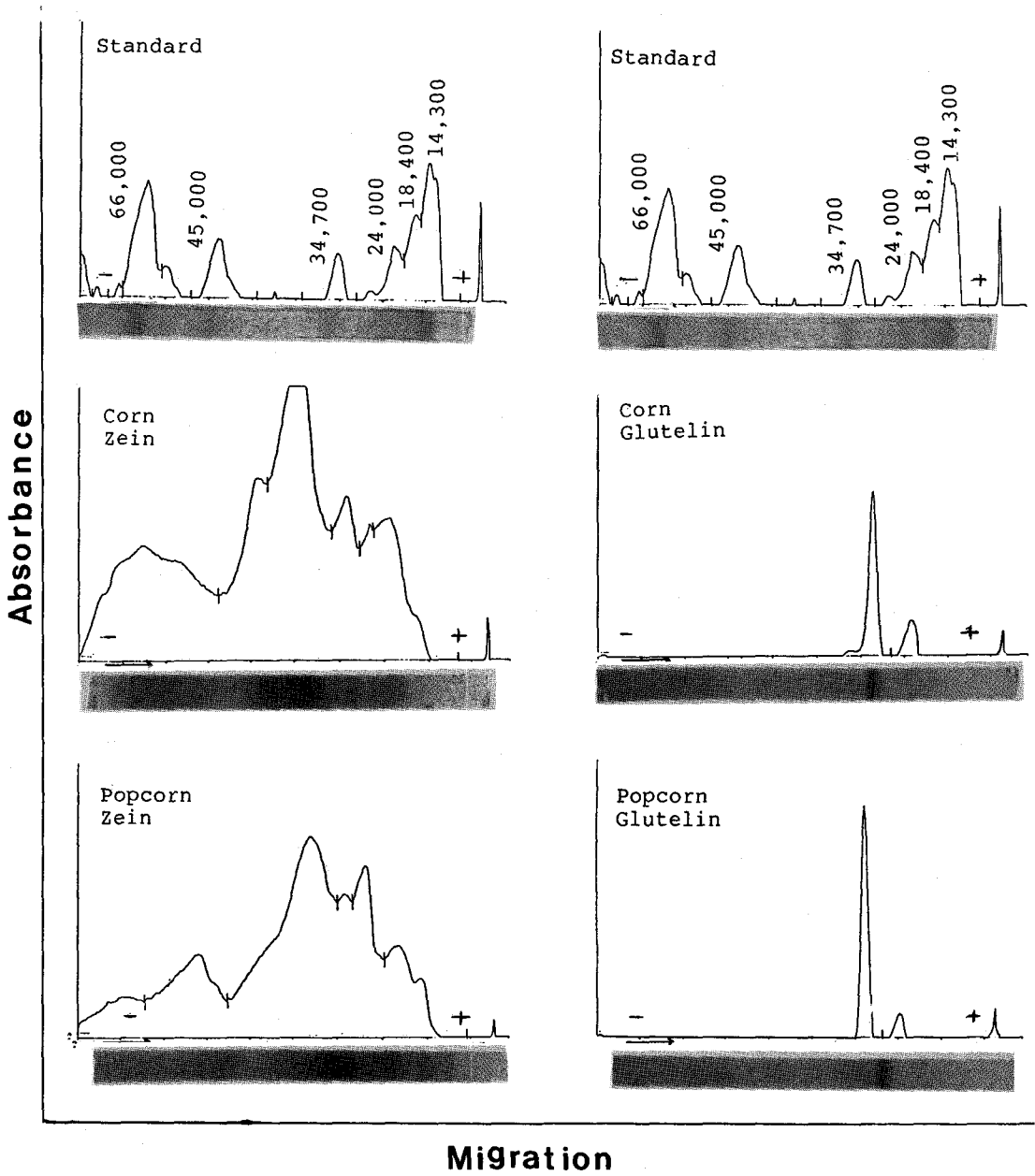


Fig. 3. Densitogram of the zein and glutelin fractions in raw and popped corn(after SDS-PAGE) Direction of electrophoresis : From left to right.

고, zein분획에는 거의 함유되어 있지 않았다. 이러한 결과는 Lasztity²⁶⁾와 Paulis⁶⁾의 보고와 일치하였다. 한편, cystine은 모든 분획들에서 검출되지 않았는데, Mosse⁷⁾등이 옥수수의 품종에 따라 zein분획에서 0-2%의 함량을 보인다는 보고와 유사하였다.

가열처리 후의 albumin분획은 lysine이 다소 증가하고, aspartic acid, arginine등은 급격히 감소하였으며, globulin분획은 가열처리에 의하여 threonine, serine, glycine등은 다소 증가하였으며, arginine은 급격히 감소하였다. 저분자 저장단백질인 zein분획의 아미노산 조성은 glutamic acid, proline, methionine등을 적게 함유하였는데, 옥수수내배유에서 추출한 zein의 disulfide구조를 연구한 Paulis의 보고⁶⁾와 일치하였고, 가열처리에 의하여 함량변화가 없는 것으로 보아 열에 안정한 단백질임을 알 수

있었다. 한편, 고분자 저장 단백질인 glutelin분획의 아미노산 조성은 zein분획과 비교하여 lysine, histidine등을 많이 함유하는 반면, glutamic acid는 적었고, 가열처리에 의한 함량의 변화도 거의 없음을 알 수 있었다.

이상의 결과로 미루어 볼때, 옥수수를 가열가공 처리하는 경우 지방질 중 당지질의 감소가 다소 일어나기는 하였으나, 중성지질, 당지질, 인지질 모두 가열처리후 구성지방산중 불포화지방산의 비율이 증대되었으며 단백질은 albumin, globulin등 수용성 및 염용해성 단백질의 경우, 구성아미노산 패턴의 변화가 있었으나, hordein 및 glitelin의 경우에는 거의 변화가 없었다. 따라서, 옥수수가열가공처리에서는 특이할 만한 성분 변화를 초래하지 않으나, 지방질의 구성지방산은 불포화도가 증가되는 방향으로 변화가 일어났다.

Table 8. Amino acid composition of raw and popped corn proteins classified according to side chain properties(g. amino acid/100g, protein)

Amino acid	Water-soluble Albumins		Salt-soluble Globulins		Alcohol-soluble Zeins		Alkali-soluble Glutelins	
	Raw corn	Popped corn	Raw corn	Popped corn	Raw corn	Popped corn	Raw corn	Popped corn
Aspartic acid	14.1	6.0	6.4	6.4	5.4	5.5	3.5	2.2
Threonine	4.3	2.5	0.5	4.7	3.7	3.6	2.2	1.5
Serine	5.9	4.7	6.4	7.3	6.5	6.6	3.3	2.5
Glutamic acid	13.5	12.4	16.0	15.7	17.3	17.8	7.9	6.8
Proline	7.3	5.8	12.3	13.4	12.8	11.6	3.7	3.8
Glycine	9.5	4.0	8.9	10.2	3.7	3.9	3.5	2.5
Alanine	10.0	8.2	8.3	7.9	12.6	12.9	5.5	4.4
Cystine	-	-	-	-	-	-	-	-
Valine	5.2	5.3	6.9	7.3	4.6	4.6	3.2	2.3
Methionine	0.3	2.5	0.8	0.6	1.5	0.8	0.4	0.1
Isoleucine	2.7	6.8	3.4	3.5	4.2	4.3	2.1	1.5
Leucine	6.2	20.5	8.8	8.8	13.6	15.0	6.9	5.4
Tyrosine	1.1	-	1.0	-	3.0	3.6	0.9	0.6
Phenylalanine	2.4	5.6	2.7	1.8	5.8	5.7	2.1	1.5
Histidine	7.3	9.1	7.6	8.8	3.1	2.7	2.4	2.1
Lysine	5.2	6.6	3.9	3.8	0.3	0.3	2.0	0.8
Arginine	4.9	-	6.2	-	1.9	1.9	2.0	1.8

적 요

폭렬종 옥수수를 가열가공 처리하여 가열 처리 과정에서 일어나는 단백질 및 지질의 열안정성을 검토한 결과 옥수수 가열 가공 처리에 따른 영양학적 평가의 기초자료를 얻을 수 있었다. 폭렬종 옥수수의 중성지질은 93.5%에서 95.5%로 가열 처리 후 당지질 및 인지질의 상대적 함량이 감소하는 반면, 중성지질은 증가하였다. 전지질과 중성지질의 구성 지방산은 가열처리 후 불포화 지방산이 상당히 증가하였고, 당지질과 인지질의 구성지방산은 가열처리 후 당지질의 경우 margaric acid가, 인지질의 경우 linoleic acid의 함량이 각각 증가하였다. 가열처리후 albumin분획은 lysine이 다소 증가하고, aspartic acid, arginine등은 급격히 감소하였으며, globuline분획도 이와 비슷하였다. zein분획은 glutamic acid, proline, leucine, alanine등을 적게 함유하였으며, 가열처리에 의해 함량변화가 거의 없었다. 한편, glutelin분획은 zein분획과 비교하여 lysine, histidine등을 많이 함유하는 반면, glutamic acid는 적었고, 가열처리에 의한 변화도 거의 없었다.

문 헌

1. 이창복 : 대한식물도감, 향문사, 서울, 127(1982)
2. 유준길 : 최신농업대사전, 농원, 서울, 454(1986)
3. Price, P. B. and Parsons, J. G. : Lipids of cultivated barley(*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Lipids*, **9**, 560(1974)
4. Osagie, A. U. : Total lipid of sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.*, **35**, 601(1987)
5. Weber, E. J. *Lipids*, **8**, 295(1973)
6. Paulis, J. W. and Wall, J. S. : Albumins and globulins in extracts of corn grain part. *Cereal Chem.*, **46**, 263(1969)
7. Mosse, J. and Landry, J. : Recent research on major maize proteins. Zeins and glutelin. in cereals for food and beverages, Academic Press, New York, 255
8. Mertz, E. T. , et al : Better protein quality in maize. *Adv. Chem.*, **57**, 228(1966)
9. Tsai, C. Y. : Note on the effect of reducing agent on zein preparation. *Cereal Chem.*, **57**, 288(1980)
10. Jones, R. A. , Larkins, B. A. and Tsai, C. Y. : Storage protein synthesis in maize. II. Reduced synthesis of a major zein component by the opaque-2-mutant maize. *Plant physical*, **59**, 525(1977)
11. Official Methods of the Association of official Analytical Chemists : 13th ed, Washington D. C., **14**, 602(1980)
12. Boggess, T. S. , et al : Changes in lipid composition of sweet potatoes as affected by controlled storage. *J. Food Sci.*, **32**, 554(1967)
13. 小原哲二郎, 鈴木隆, 岩屋裕之 : 식품분석 핸드북 제2판, 737(1973)
14. Folch, J. , Lees, M. and Sloane-Stanley, G. H. : A Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497(1957)
15. Hirsh, J. and Ahrens, E. H. : The separation of complex by mixture the use of silicic column chromatography. *J. Chromatography*, **18**, 589(1958)
16. Katz, K. A. and Dawson, L. E. : The separation of complex lipid mixtures by the use of silicic acid chromatography. *J. Biol. Chem.*, **233**, 311(1962)
17. Nelson, G. T. : Studies on human serum lipoprotein phospholipid and phospholipid fatty acid composition by silicic acid chromatography. *J. Lipid Research*, **3**, 71(1962)
18. 일본유화학협회 : 기존유지 분석법, 조창서점, 동경, 163(1966)
19. Metcalfe, L. D. , Schmitz, A. A. and Pelka, J. R. : Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.*, **38**, 514(1966)
20. Weber, K. and Osborne, M. : The reliability of molecular weight determination by SDS-PAGE. *J. Biol. Chem.*, **244**, 4406(1969)
21. Laemmli, U. K. : Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T. *Nature*, **227**, 680(1970)
22. Bradford, M. M. : A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *J. Biol. Chem.*, **250**, 248(1976)
23. 横島昭章 : Pectolase의 제법과 이용기술, 식품공학, **11**, 31(1980)
24. 한인규, 채례석, 류정열 : 영양학, 집현사, 서울, 289(1985)

25. Pennington, J. A. T and Church. H. N. : Bowes and Church's "Food value of portions commonly used", 13th ed, 9, 71 Harper & Row, Publisher, New York(1980)
26. Lasztity, R. : The chemistry of cereal proteins. CRC Press, Inc., 131(1984)
27. 안두희, 하봉석 : 마치종옥수수의 품종별 지질 조성의 비교, 한국영양학회지, 16, 350(1987)
28. Pennington, J. A. T. and Church, H. N. : Bowes and Church's Food values of portions commonly used. 13th ed. Harper & Row, Publisher, New York. 70(1980)
29. 田中宏辛, 大西正男, 藤野安彦 : 도우모로코시 종실중의 당지질에 관하여, 日本農藝化學會誌, 58, 17(1984)
30. Price, P. B. and Parsons, J. C. : Lipids of seven cereal grains. *JAACS*, 52, 490(1975)
31. 류충호, 김명찬 : Effects of thermal processing on peanut lipid and protein. 경상대학교 석사논문집.
32. Osagie, A. U. and Kates, M. : Lipid composition of millet(*Pennisetum americanvm*) seeds, *Lipids*, 19, 958(1984)
33. Alyward, F. : Phospholipid in barley. *Chem. Ind.* 75, 1360(1956)
34. Hoyem, T. and Kræle, O. : Physical, chemical and biological changes in food caused by thermal processing. 311(1977)
35. Padhye, V. W. : Characterization of rice proteine, *Cereal Chem.* , 56, 389(1979)
36. Misra, P. S. , Mertz, E. T. and Glover, D. V. : Studies of corn proteins. X, Polypeptide molecular weight distribution in Landry-Moureaux fractions of normal and mutant endosperms, *Cereal*(1976)
37. Brandt, A. : Endosperm protein formation during Kernel development of wild type and a high-lysine barley. *Cereal Chem.*, 55, 320(1976)

(Received May 26, 1989)