

콩 종피의 이화학적 특성과 광택과의 관계

김선림*† · 지희연* · 손종록* · 박남규* · 류수노**

*작물과학원, **한국방송통신대학교 자연과학대학 농학과

Physicochemical Characteristics of Soybean Seed Coat and Their Relationship to Seed Lustre

Sun-Lim Kim*†, Hee-Youn Chi*, Jong-Rok Son*, Nam-Kyu Park*, and Su-Noh Ryu**

*National Institute of Crop Science, R.D.A., Suwon 441-857, Korea

**Department of Agricultural Science, KNOU, Seoul 110-791, Korea

ABSTRACT : Lipid and protein contents in whole soybean seeds have negative correlation ($r=-0.693^{**}$), however, these components in seed coat showed positive correlation ($r=0.746^{**}$). Fatty acids in whole soybean seeds were higher in the order of $C_{18:2}>C_{18:1}>C_{16:0}>C_{18:3}>C_{18:0}$, while those of seed coat were higher in the order of $C_{18:3}>C_{18:2}>C_{18:0}>C_{16:0}>C_{18:1}$. The average content of total amino acid in twenty Korean soybean varieties was 38,938.7 mg/100 g, while that of seed coat was 4,418.4 mg/100g. Glutamic acid showed the highest composition rate (16.4%) in whole soybean seeds, while glycine was the highest in seed coat and their composition rate was 23.8%. The surface of shiny-lustre seed coats was smooth and their pore size was observed smaller than dull-lustre ones. Significant quadratic regression was observed among seed coat lightness, seed coat thickness, protein, lipid, unsaturated fatty acid and crude fiber. Fucose, rhamnose, glucose, mannose, galactose, arabinose and xylose were detected as a neutral mono-saccharides in the seed coats. The arabinose and xylose showed significant correlation with seed coat lightness. The unsaturated fatty acid was significantly correlated with seed coat lightness ($r=0.726^{**}$). Water absorption rate was low in the thick seed coat varieties, but the rate was high in the shiny seed coat varieties. From the obtained results, it was considered that the thinner and brighter seed coat varieties were much favorable to increase the water absorption rate than thicker and darker seed coat ones.

Keywords: soybean, seed coat, lustre, physicochemical characteristics, amino acid, fatty acid, water uptake rate

최근 웰빙을 추구하는 사회적 현상으로 건강에 대한 관심뿐만 아니라 의식주 전반에 걸쳐 많은 변화가 일어나고 있다.

따라서 우리의 식생활은 안전무공해 식품과 전통식품에 대한 인식이 새롭게 재조명되고 있으며 특히 콩의 영양학적 가치뿐만 아니라 각종 생리활성에 대한 관심과 중요성은 이전보다 더욱 강조되고 있다. 과거에는 수량에 관련한 연구가 중점적으로 추진되어졌다면 최근에는 콩의 용도에 따른 맞춤형 신종 및 각종 기능성이 강화된 신종콩의 개발에 관심이 집중되고 있다.

일반적으로 콩의 품질은 주로 세가지 측면으로 평가되어지고 있는데, 첫째로는 콩의 시장성에 관련된 요인으로 종실의 크기, 모양 및 외관 등이 주로 고려되며, 둘째로는 가공적성으로 수분흡수율, 비린내 유무 및 종피율 등이 고려되고, 셋째로는 영양학적 특성으로 단백질, 지방, 탄수화물 및 각종 기능성 성분 등이 고려되고 있다.

콩의 외관상 품질은 콩의 등급을 결정하는 가장 중요한 요인으로 인식되고 있으며, 특히 종피의 이화학적 특성은 수분의 투과성뿐만 아니라 종실광택 등 외관상 품질 및 가공적성에도 영향을 미친다. 종피는 수종의 phenotype로 구분이 되며 종실의 광택은 종피표면의 특성에 따라 다양한 변이를 나타내며 재배기간 중 각종 환경에 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Pereira & Andrews, 1985).

콩의 외관상 품질은 시장가치를 결정하는 중요한 요인이 되는데, 국내 소비자들은 콩의 선택시 종실의 광택이 좋고 배꼽색이 없으며 대립종을 선호하는 경향이 있다. 우리나라를 비롯한 세계 여러 나라에서는 콩의 등급을 결정하기 위한 평가 기준을 설정하고 있는데 외관상 품질판단 기준으로 종자의 크기, 균일도, 피해 또는 손상률, 색택 등을 고려하고 있다. 그러나 콩의 가공적성 및 영양학적 가치에 관한 평가기준은 용도에 따라 다르기 때문에 이와 관련한 연구는 비교적 부진한 실정이다. 본 연구에서는 콩의 외관상 품질을 결정하는 콩의 광택과 밀접한 관계가 있는 콩 종피의 이화학적 특성을 검토하고 이들의 상호관계를 구명하고자 본 연구를 실시하였다.

†Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6886 (E-mail) kimsil@rda.go.kr

재료 및 방법

콩 품종 및 일반성분 분석

본시험에 사용된 신평달콩 2호 등 20품종은 2003년 경기도 수원시 소재 작물과학원 전작포장에서 재배 생산된 콩을 시료로 사용하였다.

콩 종피두께의 측정은 가정용 믹서로 시료를 수 초간 거칠게 분쇄하여 종피를 벗겨내고 micrometer로 두께를 측정을 하였다. 종실과 종피의 성분 분석은 시료를 test mill (Brabender, Germany)로 분쇄하여 단백질, 지방, 회분, 조섬유, 아미노산 함량 및 지방산의 조성을 검토하였다. 조단백질의 분석은 Kjeldahl 분석법에 따라 Kjeltec 2400 auto analyzer (Foss Tecator, Sweden)로, 조지방의 함량은 Soxtherm automatic system (Gerhardt, Germany), 조섬유의 함량은 Fibertec 2010 auto analyzer (Foss Tecator, Sweden)로 분석을 하였다. 수분 흡수율의 측정은 100g의 콩 종실을 500mL 비이커에 담고 증류수를 가해 2, 6 및 24시간 경과 후 종실무게의 변화로 수분흡수율을 나타내었다.

색차측정

색차(color & color difference)의 측정은 Minolta Chroma-meter CR-200 (Minolta Co., Japan)을 이용하여 L(명도), a(적색도), 및 b(황색도)를 각각 조사하였으며 표준 백색판의 값은 각각 L=97.38, a=0.02, b=1.66이었다.

종피표면 관찰

종피표면의 관찰을 위하여 수작업으로 콩의 종피를 벗겨낸 후 Sputter Coater(Model SC7610, Fisons Ins., England)를 이용해 종피를 금으로 코팅한 후 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscopy: Model LEO440, ZEISS, England)으로 종피의 표면은 1000배, 종피의 pore는 5000배의 배율로 각각 관찰하였다.

아미노산(amino acid) 분석

콩의 종실과 종피에 함유된 아미노산의 함량 및 조성비율을 검토하기 위하여 시료 0.3 g에 5 ml의 6N HCl을 가하고 N₂ gas로 치환시킨 후 110°C에서 24시간 HCl로 가수분해 후 No. 2 여지로 여과하여 100 mL volume flask에 옮겨 넣고 Milli-Q water로 정용하였다. 이들 중 분자량이 큰 화합물을 제거시키기 위하여 0.1% TFA (solution I), methanol (80:20, solution II), methanol (70:30, solution III)으로 Sep-pak C₁₈을 활성화시킨 후 시료용액을 통과시켜 분석시료로 사용하였고 아미노산의 정량분석은 Amino acid Auto-analyzer(Hitachi L-8800, Japan)을 이용하였다. 아미노산 함량의 계산을 위하여 아미노산의 표준용액은 Ajinomoto-Takara사 (Japan) 제품을 구입하여 사용하였다.

지방산(Fatty acids) 분석

지방산의 분석은 Rafael & Mancha (1993)의 방법에 따라 0.5 g의 분말시료에 methanol : heptane : benzene : 2,2-dimethoxypropane : H₂SO₄ (37:36:20:5:2, v/v)로 조제된 용액을 가하고 80°C로 가열하여 digestion 및 lipid trans-methylation이 동시에 이루어 질수 있도록 하였다. 가열이 끝난 single phase는 상온에서 냉각 후 fatty acid methyl esters (FAMES)를 함유하고 있는 상등액을 취하여 capillary GC에 주입하였다. 지방산 분석에 사용된 GC system은 HP 6890 system FID (HP Co., USA)이었고, HP-Innowax capillary (Cross-linked polyethylene glycol) column (0.25 μm × 30 m)을 사용하였다. 분석조건으로는 initial temperature 150°C, final temperature 280°C로서 분당 4°C씩 증가되도록 하였고, carrier gas로서 N₂를 분당 10 ml를 흘려주었다. 분석이 진행되는 동안 inlet과 detector의 온도는 각각 250°C 및 300°C가 유지되도록 하였다. 표준 FAME mix (C₁₄-C₂₂)는 Supelco (Bellefonte, USA)사 제품을 사용하였다.

중성 단당류(Neutral monosaccharide) 분석

콩 종피에 함유된 중성 단당류의 분석을 위하여 0.5 g의 종피 분말을 50 ml screw cap tube에 담고 5 ml의 1 M H₂SO₄을 가한 후 test tube를 100°C의 항온기에 넣고 5시간 동안 가열하여 산분해 하였다. 산분해가 완료된 시료는 냉각 후 5,000 g에서 약 15분간 원심분리 하여 상등액을 0.45 μm membrane filter로 여과 후 이를 Sep-Pak NH₂ solid-phase extraction cartridge (Waters, USA)로 여과하여 얻어진 1 mL의 용액을 3 ml의 Milli-Q water와 혼합하여 20 μl를 HPLC에 주입하였다. 중성 단당류의 분석에 사용된 컬럼은 7.8 × 300 mm IC-Pak Ion-Exclusion column (Waters, USA)를 사용하였다. 분석에 사용된 HPLC는 Waters 515 Pump, 410 RI 검출기 및 746 Integrator를 사용하였고 이동상으로는 0.01 M H₂SO₄ 용액을 분당 0.7 ml의 속도로 흘려주었다.

분석이 이루어지는 동안 컬럼의 온도는 35°C, 검출기의 온도는 39°C가 유지되도록 하였으며 표준시약인 fucose, rhamnose, glucose, mannose, galactose, arabinose, xylose는 Sigma사 (St. Louis, USA) 제품을 사용하였다.

통계분석

본시험에서 얻어진 결과의 통계분석은 SAS(Release ver. 8.01, Statistical Analysis Systems Institute Inc., Raleigh, NC, USA)을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

종피특성

본 시험에 공시된 20품종의 100립중, 종피율, 종피두께 및

Table 1. Seed characteristics of twenty Korean soybean varieties

Varieties	100 seed weight (g)	Seed coat /seed weight	Seed coat thickness (μm)	Lightness
Baegunkong	21.0	6.47	83.5	52.8
Daepoongkong	21.6	6.07	79.9	53.4
Daewonkong	26.5	5.74	81.4	53.5
Danbaegkong	14.3	7.07	100.4	52.6
Hwangkeumkong	25.0	5.96	100.2	51.8
Jangsukong	21.4	6.60	70.9	50.8
Jangwonkong	28.5	5.20	72.4	54.1
Jangyeobkong	25.6	5.75	92.1	52.8
Jinpumkong	22.6	6.24	81.4	53.0
Jinpumkong 2	23.1	6.42	80.2	53.4
Kwangankong	12.4	7.51	89.7	52.9
Mallikong	18.2	6.53	70.6	53.2
Muhankong	18.1	7.06	90.5	53.6
Myongjunamulkong	11.6	8.63	41.2	51.8
Pokwangkong	24.3	5.88	61.2	52.6
Sinpaldalkong 2	19.9	6.59	99.4	50.8
Sodamkong	28.3	6.30	70.8	52.1
Somyeongkong	7.5	9.66	90.2	50.2
Sowonkong	10.1	8.36	42.1	51.0
Taekwangkong	25.8	6.13	98.6	52.9
Mean	20.3	6.71	79.8	52.5
C.V. (%)	30.7	16.3	21.6	2.1

종실광택의 측정결과는 Table 1에 나타내었다. 일반적으로 100립중이 15 g 이하인 경우 소립종, 15-24 g을 중립종, 24 g 이상인 경우 대립종으로 분류를 하는데, 본시험에 사용된 콩 품종은 소립종이 5종, 중립종이 8종, 대립종이 7종에 각각 해당되었다. 종피율은 20품종의 평균이 6.71%이며 대원콩의 종피율이 5.74%로 가장 낮았고 소명콩이 9.66%로 가장 높았다. 그러나 콩나물콩인 명주나물콩 8.63%, 소원콩 8.36%으로 나타나 소립종의 종피율이 높은 경향이였다. 종피의 두께는 20품종의 평균이 79.8 μm 로서 명주나물콩과 소원콩이 각각 41.2, 42.1 μm 로 얇았고 단백질, 황금콩, 신탄달콩2호 및 태광콩이 각각 100.4, 100.2, 99.4, 98.6 μm 로 두꺼웠다. 종실의 광택은 20품종의 평균이 52.5였으며 50.2~54.1의 범위에 해당하는 변이를 보였다.

콩 종피 표면을 전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. Fig. 1의 A는 L값이 비교적 높은 콩의 종피를 나타낸 것으로 표면이 매끄럽고 pore의 크기가 작을 뿐만 아니라 뚜렷하게 드러나지 않았으며 pore의 주변이 다른 물질로 쌓여있음을 알 수 있었다. Fig. 1의 C의 경우 L값이 비교적 낮은 콩의 종피를 나타낸 것으로 표면이 매우 거칠고 pore가 비교적 클 뿐만 아니라 외형이 뚜렷함을 알 수 있었다. 따라서 얻어진 결과를 고려하여 볼 때 콩 종피의 L값이 높은

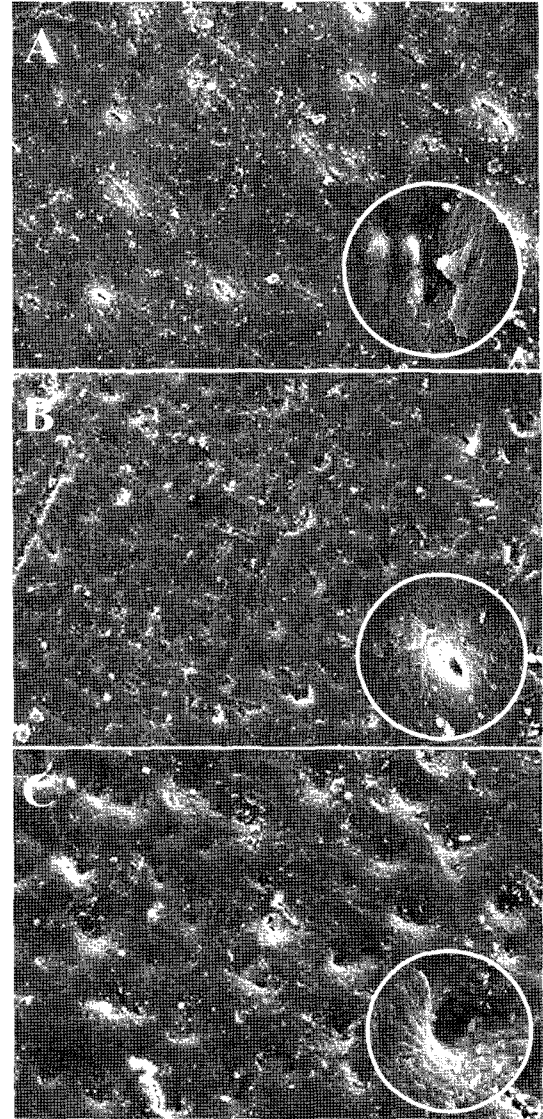


Fig. 1. Scanning electron microscopy of soybean seed coat surfaces. Magnified soybean seed coat images (1,000 \times) of, shiny (A), moderate (B), and dull lustre (C), respectively. Circled images show a magnified pores (5,000 \times).

품종은 표면이 매끄럽기 때문에 빛의 반사율이 높아 밝게 보이지만 L값이 낮은 품종은 종피의 표면이 거칠고 pore의 함몰이 뚜렷하여 빛을 난반사시키기 때문에 표면이 매끄러운 품종에 비하여 상대적으로 어둡게 보이는 것으로 판단되었다.

Gijzen *et al.*(2003)은 콩의 표면이 어두운(dull lustre) 품종의 종피는 배수성 단백질(hydrophobic protein from soybean; HPS)이 풍부하며 이와 같은 HPS는 allergen(Gly m 1)의 일종으로 콩에서 발생하는 분진에 알레르기 반응을 보이는 사람들에게 천식(asthma)을 유도한다고 한다.

콩을 침중시 수분흡수는 주로 종실의 배꼽(hilum)을 통하여 이루어지나 종피 표면을 통하여서도 다량의 수분의 흡수가 이루어진다. 이와 같은 수분의 흡수량과 속도는 콩의 품종에 따

라 변이를 보이며 종자의 크기와 모양뿐만 아니라 종피의 두께도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(John & Larsten, 1987; Fengshanm *et al.*, 2004).

본 연구에서는 콩의 종피두께와 종실광택 및 수분흡수율과의 관계를 검토하였는데, Fig. 6A에서 보는 바와 같이 종피의 두께와 종실광택과는 2차적 선형모형이 인정되어 종피의 두께가 70 μm 에 달할 때 까지는 종자의 광택이 증가되지만 그 이상에 달하면 오히려 종실광택이 감소됨을 알 수 있었다.

수분흡수율과 종피두께와의 관계를 검토한 결과 종피두께가 두꺼울수록 수분흡수율이 낮으며 이와 같은 경향은 수분흡수 초기에 뚜렷함을 알 수 있었다(Fig. 2). 특히 콩이 흡수를 시작한 최초 2시간 후에는 종피두께에 따른 흡수율의 범위가 120~180% 정도로 약 60%의 변이를 보이거나 6시간 후에는

160~210%의 범위로서 약 50%의 변이를 보이다가 24시간 후에는 220~240%정도의 범위로서 약 20%의 변이를 나타냄이 관찰되었다.

일반적으로 콩의 수분흡수는 3단계로 구분이 되는데, 흡수를 시작한지 5~6시간이내에서는 종실과 수분의 water potential의 차이에 의해 신속하게 수분을 흡수하기 시작하고 6-10시간 사이에서는 콩의 흡수량이 약간 증가되며 12시간 이상이 경과되면 수분흡수율이 감소하면서 안정된 상태를 이룬다고 한다. 콩의 흡수기작에 대한 콩 종피의 역할에 대해서는 아직도 많은 논란이 있으나 본 시험의 결과 종피두께에 따른 수분흡수율은 흡수시간이 경과함에 따라 그 폭이 감소되지만 수분흡수가 완료된 후에도 차이는 뚜렷함을 알 수 있었다. 그러나 종실광택과 수분흡수율의 관계에 있어서는 종

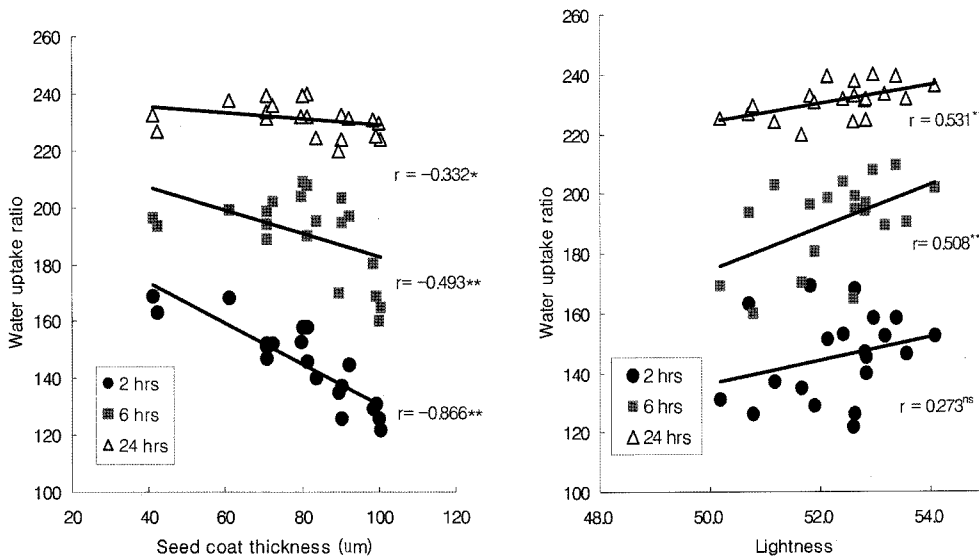


Fig. 2. Relationship of water uptake ratio with seed coat thickness and lightness.

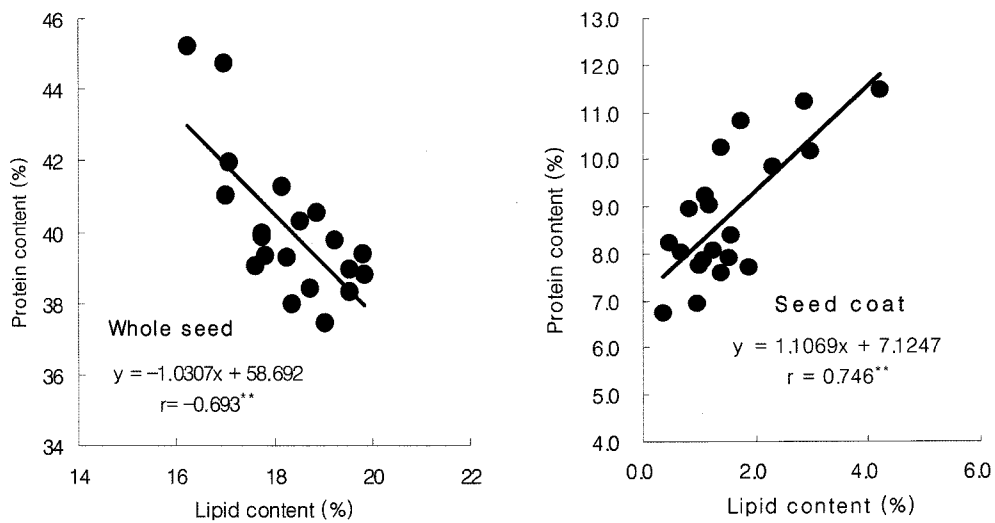


Fig. 3. Relationship between lipid and protein contents in whole soybean seed and seed coat, respectively.

실광택이 높을수록 수분흡수율은 증가되는 것으로 나타났는데, 수분흡수 초기에는 종실광택의 영향이 미미 하지만 시간이 경과됨에 따라 종실광택이 밝은 품종일수록 수분흡수율은 증대되는 것으로 나타났다(Fig. 2).

콩 식품의 제조시 수분흡수속도와 흡수율은 품질을 좌우하는 중요한 요인이 된다. 특히 수분흡수가 균일하고 흡수속도가 빠르며 경질립(hard seed)의 비율이 낮을수록 가공적성이 우수한 품종으로 평가되기 때문에(Fengshanm *et al.*, 2004) 콩 종피의 두께와 종실광택도 신품종의 육성시 선발의 기준으로 적극 활용하는 것이 유리할 것으로 판단되었다.

단백질과 아미노산

콩 20품종의 종실과 종피의 단백질, 지방, 회분 및 조섬유 함량을 검토한 결과는 Table 2와 같다.

본 시험에 사용된 20품종의 평균 단백질 함량은 약 40.1% 였으나 종피에 함유된 단백질은 8.8%로서 종실 단백질 함량의 약 1/5 수준에 해당됨을 알 수 있었다. 콩 종피의 단백질 함량이 광택에 미치는 영향을 검토하여 본 결과 Fig. 6B에서 보는 바와 같이 부상관($r=-0.652^{**}$) 인정되어 종피의 단백질 함량이 높아질수록 종실광택은 어두워지는 것으로 나타났다.

Table 3은 콩 종실과 종피의 아미노산 함량을 비교한 것이

Table 3. Comparison of amino acid content between whole seed and seed coat of Korean soybean varieties (n=20).

Amino acids	Amino acid contents (mg/100g)	
	Whole seed	Seed coat
Aspartic acid	2633.8±143.1	212.2± 44.7
Threonine	3227.0±148.8	306.6± 56.4
Serine	2104.6±123.1	239.5± 35.9
Glutamic acid	6394.5±427.4	404.5± 82.6
Glycine	3354.4±702.8	1049.7±299.5
Alanine	2208.2±134.9	235.2± 39.5
Cystein	171.6± 19.3	14.3± 3.2
Valine	2031.9±113.2	216.5± 37.9
Methionine	273.5±126.4	38.4± 6.4
Ileucine	1330.8±176.4	142.7± 29.3
Leucine	2515.2±353.7	268.0± 58.7
Tyrosine	232.3± 64.1	68.6± 17.5
Phenylalanine	329.8± 41.4	85.1±22.7
Lysin	315.2± 14.5	36.4± 5.9
NH ₃	5480.6±452.6	586.8±101.3
Histidine	1050.0± 62.8	116.1± 32.2
Arginine	3059.4±335.2	199.4± 58.7
Proline	2225.9±128.8	198.3± 31.2
Total	38938.7±2658.6	4418.4±599.9

Table 2. Comparison of protein, lipid, ash, and crude fiber contents between whole soybean seeds and seed coats.

Varieties	Protein		Lipid		Ash		Fiber	
	WS [†]	SC [‡]	WS	SC	WS	SC	WS	SC
Baegunkong	41.3	8.2	18.1	0.46	5.00	4.27	4.35	32.7
Daepoongkong	40.3	7.7	18.5	1.88	5.08	4.82	4.26	32.3
Daewonkong	39.4	8.4	19.8	1.57	5.10	4.36	4.50	33.7
Danbaegkong	45.2	9.0	16.2	0.80	5.57	5.29	3.74	30.5
Hwangkeumkong	39.0	8.1	19.5	1.25	5.09	4.8	4.97	35.8
Jangsukong	39.8	10.2	19.2	2.98	5.30	4.23	3.73	30.5
Jangwonkong	42.0	7.8	17.1	1.00	5.21	4.61	4.21	31.8
Jangyeobkong	38.3	8.0	19.6	0.68	4.97	5.14	4.52	34.5
Jinpumkong	41.0	9.8	17.0	2.30	5.46	5.13	4.23	33.1
Jinpumkong2	40.0	7.6	17.8	1.39	5.04	5.18	4.57	33.9
Kwangankong	44.7	6.9	16.9	0.95	5.49	4.38	4.56	33.0
Mallikong	37.5	11.2	19.0	2.85	5.30	5.82	5.01	35.0
Muhankong	38.8	6.8	19.8	0.35	5.13	5.09	4.58	34.9
Myongjunamulkong	39.9	11.5	17.7	4.20	5.43	5.22	4.13	31.2
Pokwangkong	38.4	7.9	18.7	1.05	5.37	4.84	4.22	32.9
Sinpaldalkong2	40.5	9.3	18.9	1.08	5.32	4.70	3.99	30.6
Sodamkong	39.3	10.3	17.8	1.38	4.79	5.01	4.60	35.0
Somyeongkong	39.1	10.8	17.6	1.73	5.23	4.29	3.87	30.7
Sowonkong	38.0	9.0	18.4	1.15	5.31	5.01	4.11	31.5
Taekwangkong	39.3	7.9	18.3	1.51	5.01	4.84	4.21	31.2
Mean	40.1	8.8	18.3	1.53	5.21	4.85	5.32	32.7
C.V. (%)	5.0	15.8	5.7	61.6	3.9	8.5	7.9	5.3

† Whole seed, ‡ Seed coat

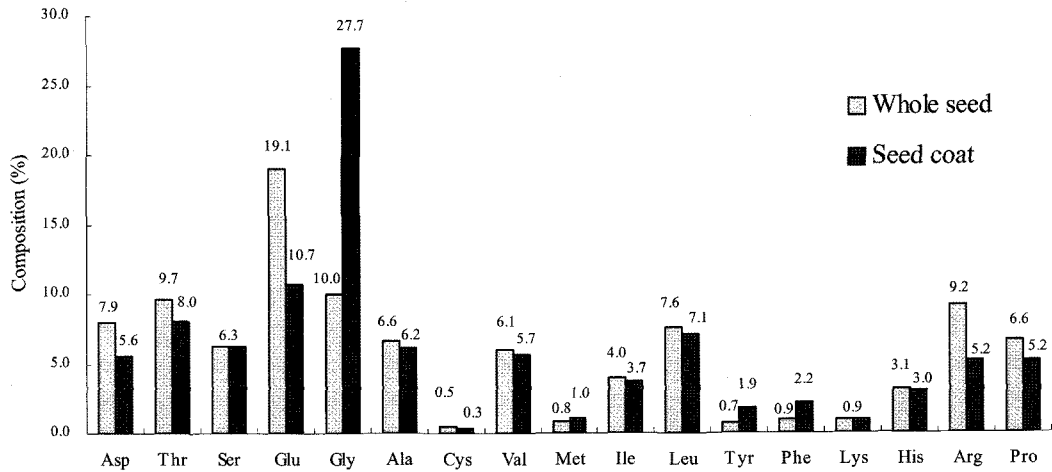


Fig. 4. Amino acid composition in whole seeds and seed coats of Korean soybean varieties (n=20).

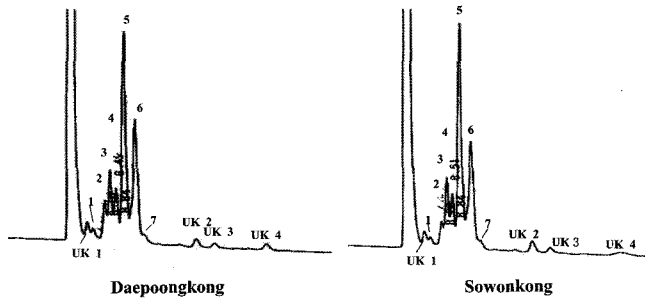


Fig. 5. Chromatogram of neutral mono-saccharides in the seed coats of Korean soybean varieties 'Daepoongkong' and 'Sowonkong'. 1: fucose, 2: rhamnose, 3: glucose, 4: mannose, 5: galactose, 6: arabinose, 7: xylose. UK : Unknown.

며 Fig. 4는 종실과 종피의 아미노산 조성비율을 나타낸 것이다.

콩 종실의 아미노산은 glutamic acid (6394.5 mg) > glycine (3354.4 mg) > threonine (3227.0 mg) > arginine (3059.4 mg)의 순으로 함량이 높았으나 종피의 아미노산은 glycine (2099.4 mg) > glutamic acid (809.1 mg) > threonine (613.1 mg) > leucine (536.0 mg) 순으로 나타나 콩 종실과 종피의 아미노산 함량에 차이가 있음을 알 수 있었다.

아미노산의 조성에 있어서는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 glutamic acid 19.1%, glycine 10.0%, threonine 9.7%, arginine 9.2%의 비율을 보였으나 종피에 있어서는 glycine 27.7%, glutamic acid 10.7%, threonine 8.0%, leucine 7.1%의 순으로 종실과 종피의 아미노산은 그 함량뿐만 아니라 조성에 있어서는 많은 차이가 있었다.

콩의 황함유 아미노산은 콩 단백질의 품질을 크게 좌우할 뿐만 아니라 콩 단백질의 물리적 특성을 좌우하는 요인으로 평가된다. 본 시험에 사용된 콩 20품종의 종실에 함유된 황 함유아미노산 중 cystein의 함량은 171.6 mg이었고 methionine

의 함량은 273.5 mg이었다. 종피의 경우 cystein 28.6 mg, methionine 76.9 mg이 각각 함유되어있는 것으로 나타나 종실과 종피의 황함유 아미노산 함량에 차이를 보이며 cystein에 비하여 methionine의 함량이 다소 높음을 알 수 있었다. 그러나 황함유 아미노산의 조성비에 있어서는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 종실의 경우 cystein 0.5%, methionine 0.8%이었고 종피는 cystein 0.3%, methionine 1.0%로 나타나 이들의 함이 각각 1.3%로서 종실과 종피의 황함유 아미노산의 조성비는 동일하였다.

Fig. 6의 C는 종피의 아미노산 함량과 종피광택과의 관계를 나타낸 것이다. 앞서 설명한 바와 같이 종피의 단백질은 종실 광택과 부상관이 있었으나 단백질의 구성성분인 아미노산은 종실광택과 상관이 인정되지 않았다.

따라서 얻어진 결과를 종합적으로 살펴볼 때 종자의 단백질 함량은 약 40.1%이며 이에 해당하는 아미노산의 함량이 38938.7 mg으로 아미노산/단백질의 비율이 약 97%이지만 종피에 있어서는 단백질 함량이 8.8%이며 이에 해당하는 아미노산의 함량이 4418.4 mg으로 아미노산/단백질의 비율이 50.2%에 해당되어 콩 종피의 질소(N)는 단백질의 구성요소인 아미노산의 형태로 존재 한다기보다는 유리형태로 존재하기 때문에 가수분해시 기회에 의한 손실량이 많기 때문인 것으로 추측되나 이와 관련된 연구는 앞으로 구체적인 검토가 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

지방함량과 지방산 조성

콩 20품종 종실의 조지방 함량의 평균은 18.3%였으나 종피에는 1.53%가 함유되어있는 것으로 나타났다(Table 2). 종피의 조지방의 함량은 종실 지방의 약 8.4% 수준에 해당되며 이와 같은 결과로 볼 때 앞서 설명한 종실과 종피간의 단백질 함량의 차이보다 더 크다는 사실을 알 수 있다.

본 시험의 수행전 종피에 함유된 조지방은 종실의 광택과

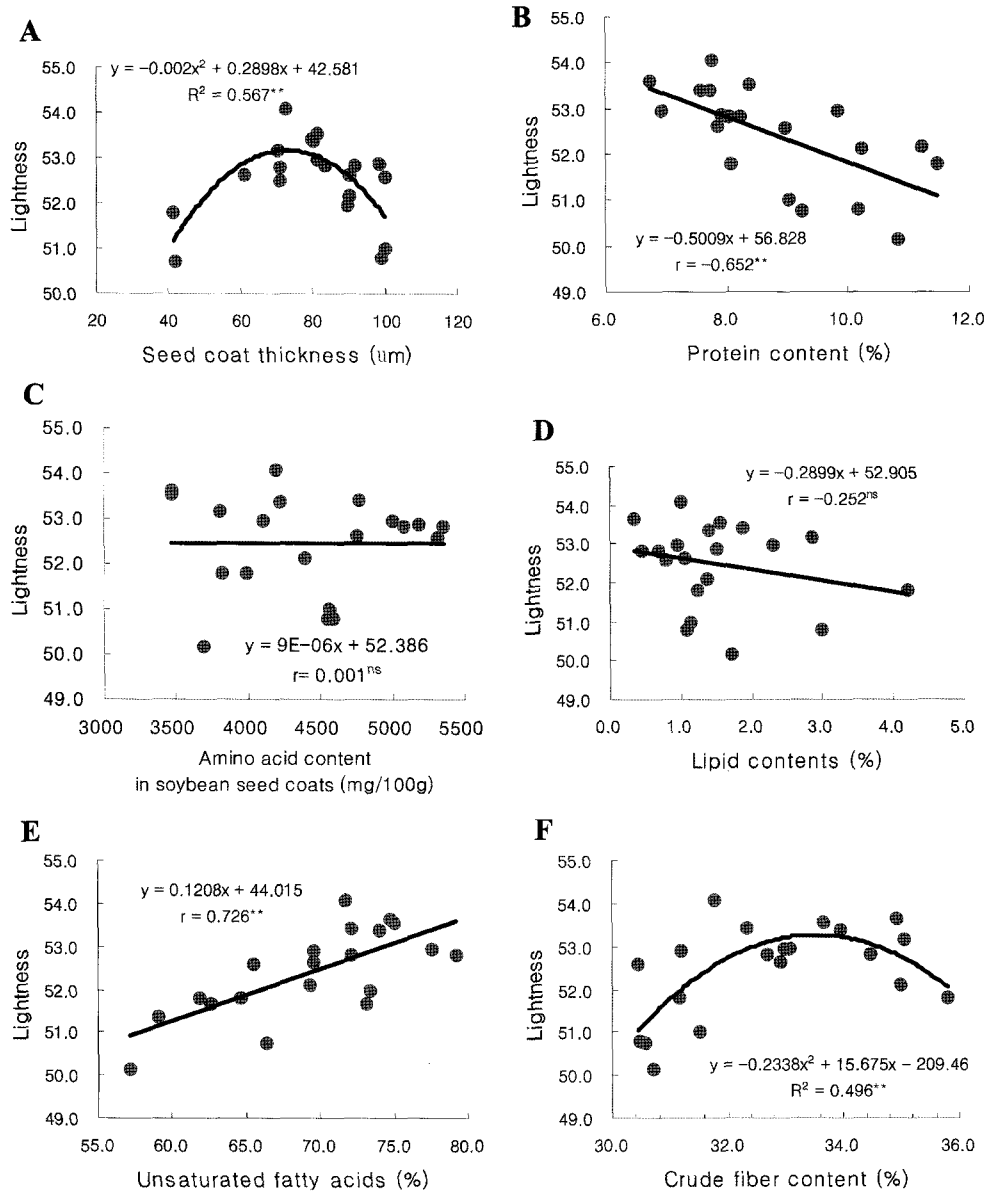


Fig. 6. Relationship with seed coat thickness, protein, amino acid, lipid, unsaturated fatty acid, and crude-fiber contents to seed coat lightness.

매우 밀접한 관련이 있을 것으로 추측되었으나 Fig. 6의 D에서 보는 바와 같이 종피의 조지방은 종실광택과 유의성이 인정되지 않았고 오히려 부상관적 요인 ($r = -0.252^{ns}$)으로 작용하고 있는 것으로 나타났다. 지방산조성의 경우 종실과 종피의 특성이 매우 다름을 알 수 있는데(Table 4), 종실에 있어서는 linoleic acid($C_{18:2}$)의 조성비가 52.5%로 가장 높고 oleic acid($C_{18:1}$) 22.1%, palmitic acid($C_{16:0}$) 12.6%, linolenic acid($C_{18:3}$) 8.1%, stearic acid($C_{18:0}$) 4.8% 순으로 함유되어 있으나, 종피에 있어서는 linolenic acid 38.2%, linoleic acid 20.8%, stearic acid 18.7%, palmitic acid 12.9%, oleic acid 9.5%의 순으로 조성비가 높은 것으로 나타났다. 따라서 종실

과 종피의 포화지방산과 불포화지방산의 조성비에 있어서도 뚜렷한 차이를 나타내었는데, 종실의 불포화 지방산의 비율은 82.6%였으나 종피에는 68.5%가 함유되어 있었다. 특히 종피에 함유된 불포화지방산은 종피의 광택과 유의한 정상관 관계가($r = 0.726^{**}$) 있는 것으로 나타나 종피의 광택은 조지방의 함량보다 지방산중 불포화지방산의 조성비율이 높을수록 종실이 밝아짐을 알 수 있었다(Fig. 6F)

회분 및 조섬유 함량

콩 종실의 회분함량은 5.21%, 종피는 4.85%로 나타나 약 0.36%의 근소한 차이를 보였다(Table 2). 종피의 무기물 함량

Table 4. Fatty acid composition in whole seeds and seed coats of Korean soybean varieties (n=20).(Unit: %)

	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	†SFA	†USFA
Whole seed							
Mean ± SD	12.6±0.9	4.8±0.8	22.1±3.3	52.5±3.2	8.1±1.0	17.4±1.2	82.6±1.2
Range	11.0~14.8	3.3~6.6	12.2~31.7	42.1~58.3	6.5~10.2	15.3~19.8	80.2~84.7
Seed coat							
Mean ± SD	12.9±7.2	18.7±2.5	9.5±2.6	20.8±4.5	38.2±9.9	31.5±6.7	68.5±6.7
Range	2.9~21.7	13.1~19.5	5.8~9.6	10.6~27.0	5.2~53.4	18.4~36.2	49.3~77.8

† Saturated fatty acids, † Unsaturated fatty acids.

과 광택과의 관계를 검토한 결과 무기물 함량은 광택과 정상관($r=0.219$) 관계가 있었으나 유의성은 인정되지 않았다(결과 미제시). 종피의 무기물함량이 콩의 물리적 특성에 미치는 영향에 관하여 알려진 바로는 무기물중 Ca과 K의 함량이 높을 경우 수분흡수가 저해된다는 주장이(Saio, 1976; Saio *et al.*, 1973) 있으나 무기물은 수분흡수와 무관하다는 주장도 있어(Mullin & Weili, 2001) 아직도 이와 관련한 논란의 여지가 있다. 조섬유는 종피에서 함량이 현저하게 높은 것으로 나타났는데, 종실은 5.32%였으나 종피는 32.7%로서 종실에 비해 약 6.1배 함량이 높았다(Table 2). 특히 조섬유 함량은 종실광택과 이차선형관계($R_2=0.493^{**}$)가 인정되어 종실광택과 밀접한 관계를 맺고 있는 성분으로 판단되었다. Rangaswamy & Nandakumar(1985)와 Alvarez *et al.*(1997)은 종피의 섬유소와 수분흡수율과의 관계를 검토한 바 있으나 종피의 섬유소의 함량이 종실광택에 미치는 영향에 대하여 검토한 보고가 별로 없는 실정이기 때문에 종피에 다량으로 함유된 섬유소와 수분흡수율 및 종실광택과의 관련성을 보다 면밀하게 검토할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

중성단당류

콩 20품종의 종피에 함유된 중성 단당류(neutral mono-

saccharide)의 조성비 및 종실광택과의 관계는 Table 5와 같다.

종피를 가수분해하여 얻어진 중성단당류로는 fucose, rhamnose, glucose, mannose, galactose, arabinose, xylose였으며 그 외 중성 단당류로 추정되는 미지(unknown: UK)의 물질 4종이 검출되었다(Fig. 5). 중성단당류의 조성비를 살펴볼 때 galactose가 37.5%로 함량이 가장 높았고, xylose 25.44%, glucose 11.62%, mannose 11.20%였으나 rhamnose, xylose 및 fucose는 5% 미만이었다. 중성단당류와 종실광택과의 관계를 검토한 결과 fucose, glucose, arabinose, xylose, UK1은 정상관, rhamnose, mannose, galactose 및 UK2, 3, 4는 부상관의 경향을 보였는데, 이들 중 arabinose와 xylose는 종실광택과 유의한 정상관이 있었으나 조성비가 가장 높은 galactose는 유의성이 없었다.

적 요

콩 종피의 이화학적 특성과 종실광택과의 상호관계를 구명하고자 본 연구를 실시하여 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 콩 종피 표면의 전자현미경으로 관찰 결과 L값이 높은 콩의 종피는 표면이 매끄럽고 pore의 크기가 작았으나 L값이 낮은 콩의 종피는 표면이 거칠고 pore가 비교적 큰 것으로 나타났다.

2. 종피두께가 70 μm 에 달할 때 까지는 종자의 광택이 증가되지만 그 이상에 달하면 오히려 종실광택이 감소되었고, 종피두께가 두꺼울수록 수분흡수율이 낮으며, 특히 수분흡수 초기에 경향이 뚜렷하였다.

3. 종실광택이 높을수록 수분흡수율은 증가되는데, 수분흡수 초기에는 종실광택의 영향이 작지만 시간이 경과됨에 따라 종실광택이 밝은 품종일수록 수분흡수율이 높았다.

4. 종피의 단백질은 종실광택과 부상관이 있었으나 단백질의 구성성분인 아미노산은 종실광택과 상관이 없었다.

5. 종피의 조지방은 종실광택과 부상관적 요인으로 작용하나 종피에 함유된 불포화지방산은 종피의 광택과 정상관이 있는 것으로 나타나 종피의 광택은 지방산중 불포화지방산의 조성비율이 높을수록 종실이 밝았다.

Table 5. Neutral mono-saccharides in the seed coats of Korean soybean varieties (n=20).

Mono-saccharides	Composition (%)	Range	Correlation with lightness
Fucose	1.09±0.59	0.58~2.90	0.297 ^{ns}
Rhamnose	4.42±1.00	2.88~6.91	-0.054 ^{ns}
Glucose	11.62±1.08	10.23~14.37	0.212 ^{ns}
Mannose	11.20±1.14	9.59~13.35	-0.162 ^{ns}
Galactose	37.50±3.13	29.39~42.0	-0.275 ^{ns}
Arabinose	25.44±2.13	21.73~30.27	0.416 ^{**}
Xylose	1.47±0.16	1.18~1.77	0.347 [*]
UK 1	1.81±0.38	1.09~2.64	0.102 ^{ns}
UK 2	2.07±0.33	1.60~3.14	-0.095 ^{ns}
UK 3	1.42±0.36	0.74~2.33	-0.093 ^{ns}
UK 4	1.97±0.89	0.91~4.22	-0.246 ^{ns}

6. 종피의 조섬유 함량은 종실광택과 이차선형관계가 인정되어 종실광택과 밀접한 관계를 맺고 있는 성분으로 판단되었다.

7. 종피의 중성당류로는 fucose, rhamnose, glucose, mannose, galactose, arabinose, xylose가 함유되어 있었으며, 이들 중 arabinose와 xylose는 종실광택과 정상관이 있었으나 조성비가 가장 높은 galactose는 유의성이 없었다.

인용문헌

- Alvarez, P. J. C., F. C. Krzyanowski, J. M. G. Mandarino, and J. B.; Franca Neto. 1997. Relationship between soybean seed coat lignin content and resistance to mechanical damage. *Seed Sci. Technol.* 25 : 209-214.
- Gijzen M., C. Weng, K. Kuflu, L. Woodrow, K. Yu, and V. Poysa. 2003. Soybean seed lustre phenotype and surface protein cosegregate and map to linkage group E. *Genome* 46(4) : 659-664
- Mullin, W. J. and X. Weili. 2001. Study of soybean seed coat components and their relationship to water absorption. *J. Agric. Food Chem.* 49 : 5331-5335.
- Periera, L. A. G. and C. H. Andrews. 1985. Comparison of non-wrinkled and wrinkled soybean seed coats by scanning electron microscopy. *Seed Sci. Technol.* 13 : 853-859.
- Rafael, G. and M. Mancha. 1993. One-step lipid extraction and fatty acid methyl ester preparation from fresh plant tissues. *Analytical Biochemistry.* 211 : 139-143.
- Rangaswamy, N. S. and L. Nandakumar. 1985. Correlative studies on seed coat structure, chemical composition, and impermeability in the legume *Rhynchosia minima*. *Bot. Gaz.* 146 : 501-509.
- Saio, K. Soybeans resistant to water absorption. 1976. *Cereal Foods World.* 21 : 168-173.
- Saio, K., K. Arai, and T. Watanabe. 1973. Fine structure of soybean seed coat and its changes on cooking. *Cereal Sci. Today*, 18 : 197-201.
- John. B.C and N.R. Lersten. 1987. Reproductive morphology. In J.R. Wilcox(ed.) *Soybean: Improvement, Production and Uses* Madison. American Society of Agronomy. Wisconsin. U.S.A.
- Fengshanm M., E. Cholewa, T. Mohamed, C.A. Peterson, Carol A., and M. Gijzen. 2004. Cracks in the palisade cuticle of soybean seed coats correlate with their permeability to water. *Annals of Botany.* 94(2) : 213-228.