

Lipoxygenase 결핍 콩의 이화학적 특성

김수희 · 황인경*

경민대학 식품영양과, *서울대학교 식품영양학과

Physicochemical Characteristics of Lipoxygenase - Deficient Soybeans

Soo-Hee Kim and In-Kyeong Hwang*

Department of Food and Nutrition, Kyung Min College

*Department of Food and Nutrition, Seoul National University

Abstract

Lipoxygenase-deficient soybeans, Jinpumkong (lipoxygenase-2, 3 lacking) and Jinpumkong 2 (lipoxygenase-1, 2, 3 lacking), were bred for the improvement of beany flavor problem. The objectives of this study were to characterize and to examine the storage stability of two lipoxygenase-deficient soybeans by comparing with Hwangkeumkong having high lipoxygenase activity. The crude protein and crude lipid content of Jinpumkong 2 were lower than those of Hwangkeumkong and Jinpumkong. All soybean samples were middle-sized and yellow-coated seeds. The rate of water uptake and trypsin inhibitor activity of Jinpumkong were greater than those of others. The cooking rate of Hwangkeumkong was the highest among all. The lipoxygenase activity of Hwangkeumkong was decreased when the soybeans were stored at 40°C for 96hrs at 90% RH which is the condition of accelerated aging. After accelerated aging, the germination ratio of Hwangkeumkong was not changed but the ratio and speed of germination dropped rapidly in Jinpumkong and Jinpumkong 2.

Key words: lipoxygenase, soybean, germination, aging

서 론

콩에는 필수지방산이 풍부하고 필수 아미노산의 조성도 함황아미노산을 제외하고는 매우 우수하므로 특히 곡류위주의 식습관을 지닌 우리 나라 사람들에게는 경제적이고도 매우 우수한 영양식품이다. 뿐만 아니라 saponin, phytic acid, trypsin inhibitor 등과 같이 그 동안 항영양성인자로만 알려졌던 성분들이나 isoflavone 색소와 같은 성분 등도 항암성, 콜레스테롤 저하 효과, 면역기능 강화, 골다공증 예방 등과 같이 새로운 기능이 널리 알려지고 있어 그 이용성과 가치는 날로 확대되어 가고 있다. 이와 같이 콩은 매우 우수한 영양과 경제적인 장점을 가졌음에도 불구하고 일반적으로 특별히 좋아할 만한 맛이 없을 뿐더러 제거하기 어려운 이취(off-flavor)를 가졌기 때문에 그 우수성에 비하여 예상만큼 식품에서의 이용이 높지 못하다. 즉 콩의 풍미가 콩의 식품에서의 이용에 가장

중요한 제한 인자가 되고 있다⁽¹⁾. 따라서 온화한 맛을 지닌 콩 품종 개발은 식품으로서의 무한한 이용 가능성을 제공해 줄 것이다.

콩 비린내의 주원인이 되는 휘발성 화합물들은 주로 지질의 산화와 분해, 당과 아미노산의 가열에 의한 반응, 그 외에도 phenolic acids의 열분해, carotenoids의 산화 또는 열분해 등의 반응에 의해 생성되는 것으로 알려졌다⁽²⁾. 지질의 산화와 분해는 여러 식품에서 냄새 생성의 원인으로 작용하는데 콩에 있어서는 결정적이라 할만큼 중요한 반응이다. 콩의 불포화 지방산의 산화반응에 관여하는 가장 중요한 효소는 lipoxygenase다. Lipoxygenase에 의하여 생성된 여러 가지 알콜류와 알데하이드류는 콩 비린내 성분 중에서 가장 중요한 화합물인 것으로 밝혀졌다^(3,5).

콩 가공시 콩 비린내를 제거 혹은 감소시키고자 하는 연구는 그 동안 많이 시도되어 왔다. 그러나 이러한 방법으로 lipoxygenase의 활성을 떨어뜨리거나 콩 비린내를 감소시킬 수는 있어도 비린내 문제를 완전히 해결할 수는 없었으며 또한 처리에 따른 영양성분의 파괴와 단백질의 용해도 저하와 같은 기능성 저하,

Corresponding author: Soo-Hee Kim, Department of Food and Nutrition, Kyung Min College 562-1, Kareung 3 Dong, Euijungbu-si, Kyonggi-do 480-702, Korea

경제적 손실 등의 문제가 있게 된다. 따라서 근본적으로 콩 비린내 문제를 해결하기 위해서는 콩 비린내 생성의 주원인이 되는 lipoxigenase가 유전적으로 결핍된 콩을 육종하는 것이 가장 효과적인 방법이라고 생각된다.

우리 나라에서도 최근 L-2, 3이 결핍된 진품콩과, L-1, 2, 3이 모두 결핍된 진품콩 2호가 품종화^(7,8)되었다. 그러나 이와 같은 lipoxigenase 결핍 콩 육종의 발전에 비하여 이의 이화학적 특성과 식품 가공 시의 차이점이나 유용성에 대한 체계적인 연구는 아직 이루어지지 않았다. 이에 본 실험에서는 농촌진흥청 작물 시험장에서 육성된 lipoxigenase가 결핍된 진품콩(L-2, 3결핍)과 진품콩 2호(L-1, 2, 3결핍)에 대한 일반적인 종자 특성과 저장에 따른 콩의 성분 및 특성 변화를 lipoxigenase 활성이 비교적 높은 황금콩과 비교하여 알아봄으로써 lipoxigenase가 결핍된 품종의 개량을 위한 육종 자료를 제공하며 이의 식품학적 이용과 응용 가치를 밝혀 보고자 하였다.

실험 재료 및 방법

실험 재료

농촌진흥청 작물시험장에서 lipoxigenase 활성이 비교적 큰 황금콩, lipoxigenase가 일부 결핍된 진품콩(수원169호: L-2, 3 결핍 계통) 및 진품콩 2호(수원177호: L-1, 2, 3 결핍 계통)를 분양 받아 알루미늄박으로 진공 포장하여 냉장 보관하며 실험하였다.

각 시료에 대하여 임의로 10회 이상을 채취하여 SDS-PAGE 전기영동법⁽⁹⁾을 통하여 lipoxigenase 동질효소의 존재 유무를 확인하였다.

콩의 물리화학적 특성 조사

일반성분 분석: 수분함량은 104°C에서 열풍건조하여 측정하였고 조단백질 함량은 micro kjedahl 방법에 따라 촉매제로 H₂O₂를 사용하여 조단백함량을 구하였으며 질소계수는 6.25를 사용하였다. 조지방 함량은 Soxhlet법을 개량한 Soxtec법에 의해 hexane을 용매로 하여 90°C에서 20분 추출, 40분 세척, 30분 휘발 후 104°C 건조기에서 15분간 잔류 hexane을 휘발시켜 조지방 함량을 측정하였다. 회분함량은 550°C의 전기회로에서 직접회화시켜 측정하였다. 각 실험은 3반복 실시하였다. 탄수화물은 위에서 계산된 일반성분의 합과 100과의 차이 값을 탄수화물 함량으로 하였다.

100립중: 콩을 무작위로 세어 100알에 대한 무게를 10 반복 측정된 후 평균값으로 나타내었다.

색도 측정: 각 시료의 콩분말을 40 mesh의 체로 걸러 준 후에 색차계(Color and Color Difference Meter: TC-1500MC Tokyo Denshoku Co.)를 이용하여 색도를 측정하였다. Hunter scale에 의한 백색도(L), 적색도(a), 황색도(b)로 나타내었는데 이때 사용한 표준 백판은 L=89.41, a=0.24, b=2.08이었다.

Trypsin inhibitor 활성도 측정: Trypsin inhibitor의 활성은 콩분말을 실온에서 hexane으로 12시간 이상 탈지한 후 100 mesh 체를 통과시킨 분말 시료 1 g에 대하여 Hammerstrand 등⁽⁹⁾과 박⁽¹⁰⁾의 방법에 따라 실험하여 410 nm에서 분광광도계(Hitachi, V-1100)로 흡광도를 측정하였다.

단위는 mg trypsin inhibited (TI)/g protein으로써 탈지콩분말의 단백질을 정량하여 단백질 1 g중의 trypsin inhibitor가 몇 mg의 trypsin을 억제하는 지로 표현하였다. 이상의 실험은 3반복으로 실시하여 평균값으로 나타내었다.

수분 흡수 특성: 콩 약 10 g을 재어 철망에 넣어 4~98°C 온도의 증류수에 침지시켜 0.5, 1, 2, 4, 7시간 간격으로 꺼내어 여과지로 표면수를 제거한 다음 무게 증가량을 4반복으로 측정하였으며 이 무게 증가량으로부터 시료 1 g(건량기준)당 수분 함량을 평균값으로 나타내었다. 수분 흡수 속도는 콩의 무게 변화율로부터 구하였으며, 초기 수분 흡수 속도, 수분 흡수 속도 상수는 김 등⁽¹¹⁾의 방법에 따라 계산하였다.

익힘 속도 측정: 콩을 실온에서 증류수에 16시간 침지시킨 후, 100°C의 끓는 물에 콩을 넣고 가열하면서 가열 시간별(0, 10, 20, 40, 60, 90분)로 일정량의 콩을 취하여 즉시 흐르는 수돗물에 냉각시킨 다음 껍질을 제거하고 반쪽으로 나누어 견고성을 측정하였다. 견고성 측정은 Texture Analyzer (Stable Micro System TA-XT-2)를 이용하였으며 사용한 탐침의 직경은 2 mm, 탐침과 chart의 속도는 2 mm/sec, 전체 힘(full scale)은 5 kg이었고 2.5 mm로 자동 변형(autodeformation)이 되게 하였다. 각 시료의 측정은 25회 반복으로 실시하여 평균치로 나타내었다.

지방산 조성 측정: 둥근 플라스크에 시료 약 0.1 g과 hexane 20 ml를 넣고 Na:CH₃OH (1:100) 1 mL를 첨가하여 약 70°C의 수조에서 냉각관을 연결하여 주고 30분간 반응을 시켰다. 반응 후 다시 실온으로 식혀서 0.1% 페놀프탈레인 지시약을 사용하여 1 N H₂SO₄로 중화시키고 250 mL의 분액깔대기에서 증류수로 2회 세척한 후 남은 hexane층에 sodium sulfate anhydrous를 처리하여 수분을 제거하고 감압증류장치로 hexane을 휘발시킨 후 GC (Shimadzu GC-6A PTF No.

21245A)로 지방산을 분석하였으며 GC의 분석 조건은 다음과 같다.

Column: Glass packed column (length: 2 m, i.d.: 3 mm),
Packing material: Chromosorb WAW 80/100 mesh,
Detector: Flame Ionization Detector(FID),
Carrier gas: He (30 mL/min),
Column temp.: 230°C, Injection temp.: 250°C,
Detector temp.: 250°C

콩의 저장 특성 측정

저장 방법: 저장 실험용 콩은 실험 시작 시점에서 실온에 보관하였으며 저장 약 6개월 후에 일부 콩을 채취하여 40°C, 90% 상대습도에서 96시간(4일) 노화 촉진 시킨 후 다시 건조하여 실온에서 보관하며 실험하였다.

조지방 분석: 조지방함량은 Soxhlet법을 개량한 Soxtec법에 의해 hexane을 용매로 하여 분석하였다. 각 실험은 3반복으로 실시하였으며 결과는 평균값으로 나타내었다.

Lipoxygenase 활력 측정: Lipoxygenase 활력 측정은 분말 시료 2.0 g에 0.05 M Tris-HCl (pH 8.0, 20 mM CaCl₂)을 가하여 Kitamura 등⁶⁾의 방법에 따라 234 nm에서 30초 후의 흡광도를 측정하였다. 단위는 시료 mg당 흡광도 변화율로 나타내었다.

발아율 조사: 각 시료 콩을 페트리디쉬에 여과지(Whatman No.1)를 깔고 50립씩 치상하여 25°C에서 콩이 건조되지 않도록 수분을 보충하였으며 뿌리가 3 mm 이상 신장하였을 때를 발아된 것으로 간주하여 일정 시간마다 누적 발아 개체 수를 조사하여 발아율을 계산하였다. 이 실험은 4반복 실시하였다.

전기 전도도 측정: 종자 활력 시험서¹²⁾에 제시된 방법에 의하여 콩 침지액의 전기 전도도를 측정하였다. 먼저 콩 8립씩을 50 mL 시험관에 취하여 20°C, 상대습도 71%의 조건에서 24시간 동안 방치한 뒤 다시 증류수 25 mL를 가하여 20°C에서 24시간 방치하여 전기 전도도를 측정(Horticultural E.C. meter, Takemura Electric Works LTD.)하였다. 4반복 실시하여 콩 1 g 중량당 전기 전도도로 나타내었다.

통계분석

이상의 실험 결과는 SAS를 이용하여 유의 수준 5%에서 Duncan의 다중범위 비교법(Duncan's multiple range test)으로 분석하였다. 품종과 저장에 대해서는 각각 일원배치법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

콩의 물리 화학적 성질

일반성분: 사용한 시료 콩의 일반 성분은 다음 Table 1과 같다. 조단백, 조지방, 회분함량 모두 황금콩이 가장 큰 것으로 나타났고 진품콩 2호는 가장 작은 것으로 나타났다. 상대적으로 진품콩 2호의 탄수화물 함량은 가장 큰 것으로 나타났다.

100립중: 실험에 사용된 황금콩과 lipoxygenase 결핍 콩은 모두 노란 색 종피의 두부 및 장류용 콩이라고 할 수 있는 것이었다. 황금콩, 진품콩 및 진품콩 2호 각각의 수분 함량은 7.45%, 7.83%, 7.17% 이었으며 이때의 100립중은 황금콩, 진품콩 및 진품콩 2호 각각이 24.63^a±0.97 g, 20.49^a±0.82 g, 21.62^b±0.49 g으로 황금콩이 다소 큰 편이며 진품콩이 가장 작았다.

색도: 콩을 60 mesh로 분쇄하여 Hunter L, a, b 값을 측정된 결과는 다음 Table 2와 같다. 황금콩의 경우 약간 더 밝은 황색을 띠어 L과 b값이 다소 높은 것으로 나타났다. 색차(ΔE)는 22.38~23.02로 품종간 차이가 거의 나지 않았다.

Trypsin inhibitor (TI) 활성도: Trypsin inhibitor 활성도는 trypsin inhibitor의 두 종류인 Kunitz형과 Bowman-Birk형의 활성도를 모두 포함한 것이다. Trypsin inhibitor의 활성도는 황금콩이 92.45±4.70 mg TI/g protein, 진품콩이 139.69±7.20 mg TI/g protein, 진품콩 2호가 104.31±9.13 mg TI/g protein으로 진품콩이 가장 높았고 황금콩이 가장 낮았다. 본 실험 결과를 시료 g당으로 환산하면 황금콩 34.60 mg TI/g, 진품콩 50.50 mg TI/g, 진품콩 2호가 35.62 mg TI/g로 역시 진품콩이 가장 높은 것으로 나타났다.

수분 흡수 특성: 침지온도와 시간에 따른 각 시료의 건조 중량당 수분 흡수 과정은 Fig. 1과 같으며 평형 무게 증가율과 초기 수분 흡수 속도는 Table 3과 같다.

Table 1. Proximate analysis of soybeans

Cultivar	Moisture	Crude Protein	Crude Lipid	Ash	Carbohydrate
Hwangkeumkong	7.45 ^a	37.43 ^a	23.20 ^a	5.19 ^a	35.18
Jinpumkong	7.83 ^a	36.15 ^a	22.25 ^{ab}	4.81 ^b	37.50
Jinpumkong 2	7.17 ^a	34.51 ^b	21.53 ^b	4.61 ^c	40.06

^{abc}Values with the different letter in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$ level by Duncan's multifl range test.

Table 2. Comparison of Hunter's color values of soybean flours

Cultivar	L ¹⁾	a ²⁾	b ³⁾	△E ⁴⁾
Hwangkeumkong	80.60	-3.36	23.04	23.02
Jinpumkong	77.71	-3.29	21.83	23.22
Jinpumkong 2	79.44	-2.84	21.87	22.38

¹⁾L=whiteness

²⁾a=red-green

³⁾b=yellow-blue

⁴⁾△E=(△L²+△a²+△b²)^{1/2}

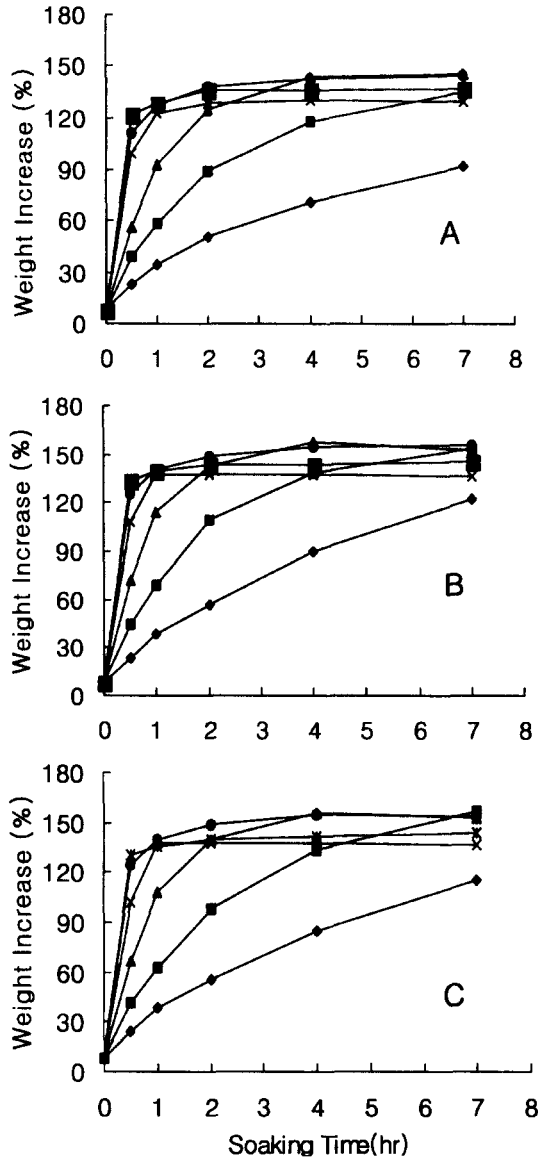


Fig. 1. Changes in the weight of soybeans during soaking at various temperatures. A: Hwangkeumkong, B: Jinpumkong, C: Jinpumkong 2, ◆—◆: 4°C, ■—■: 25°C, ▲—▲: 40°C, ×—×: 80°C, ●—●: 98°C

Table 3. Average values of weight increase ratio and initial water uptake rate of soybeans

	Soaking temp. (°C)	Hwangkeumkong	Jinpumkong	Jinpumkong 2
		4	138.9 ^b	155.8 ^a
Weight increase ratio (%)	25	135.8 ^b	152.5 ^a	155.0 ^a
	40	146.3 ^b	152.7 ^a	151.5 ^{ab}
	60	129.1 ^b	136.7 ^a	137.5 ^a
	80	137.1 ^b	143.6 ^a	149.7 ^a
	98	144.5 ^b	155.7 ^a	158.5 ^a
Initial water uptake rate (g H ₂ O/hr)	4	0.348 ^a	0.381 ^a	0.380 ^a
	25	0.584 ^b	0.683 ^a	0.628 ^{ab}
	40	0.928 ^c	1.144 ^a	1.081 ^b
	60	1.230 ^b	1.373 ^a	1.373 ^a
	80	1.281 ^b	1.395 ^a	1.351 ^a
	98	1.278 ^b	1.409 ^a	1.397 ^a

^{a,b,c} Values with the different letter in the same row are significantly different at α=0.05 level by Duncan's multif range test.

온도가 증가할수록 수분의 흡수 속도도 빨라졌는데 60°C 이후에는 증가 속도가 완만하여졌고 80°C와 98°C에서는 거의 차이가 나지 않았다. 또한 60°C 이상에서 평형 무게 증가율이 다소 감소하는 경향이 나타났는데 이는 질소 화합물, 당, 무기질 등 수용성 물질의 손실에 의한 것으로 여겨진다⁽¹³⁾. 이와 같이 3 품종 모두 비슷한 흡수 양상이었으나 온도에 상관없이 진품콩과 진품콩 2호에 비하여 황금콩의 평형 무게 증가율이 낮았다. 초기 수분 흡수 속도에서도 4°C 침지를 제외하고는 마찬가지로 황금콩의 속도가 낮게 나타났는데 40°C 침지온도에서 차이가 가장 크게 나타났다.

각 품종별 침지시간(min^{1/2})과 수분 증가량의 관계에서 계산한 수분 흡수 Table 4와 같다. 4°C에서 수분 흡수 진품콩이 0.085 gH₂O/min^{1/2}로 가장 빨랐으며 황금콩이 0.042 gH₂O/min^{1/2}로 가장 느렸다. 25°C 이후에서는 진품콩과 진품콩 2호의 흡수 속도는 거의 차이가 나지 않았으나 황금콩에 비하여는 여전히 빠른 속도를 나타냈다.

익힘 특성: 100°C의 끓는 물에서 콩을 익히는 동안 익힘 정도를 의미하는 콩의 견고성 변화는 Fig. 2와 같

Table 4. Water uptake rate constant of soybeans calculated from weight changes (Unit: g H₂O/min^{1/2})

Soaking Temp. (°C)	Hwangkeumkong	Jinpumkong	Jinpumkong 2
4	0.042	0.085	0.054
25	0.065	0.076	0.077
40	0.092	0.100	0.100
60	0.152	0.169	0.168
80	0.165	0.180	0.175
98	0.161	0.179	0.178

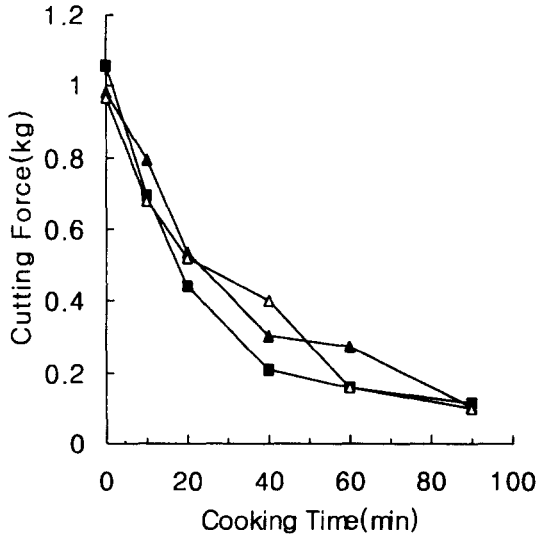


Fig. 2. Changes in compression forces of soybeans during cooking. ■—■: Hwangkeumkong, ▲—▲: Jinpumkong, △—△: Jinpumkong 2.

았다. 시료마다 변이가 심한 편이었으나 평균적으로 보았을 때 수침 처리만 한 경우에는 2개의 peak가 나타났으나 익힘이 시작됨에 따라 두 번째 peak가 사라졌다.

가열 시작된 황금콩의 견고성이 1.06 kg-force로 가장 컸으나($\alpha=0.05$) 가열이 시작되면서 가열 20분에서 40분 사이 황금콩의 연화 속도가 가장 빨랐고($\alpha=0.05$) 가열 90분에서는 품종간 차이가 없어지면서 완전히 연화된 것으로 나타났다. 김 등⁽¹⁴⁾에 의하면 먹기에 좋다고 생각되는 견고성이 0.15 kg-force라고 하였는데 본 실험에서 이 정도까지 가열하는데 황금콩은 약 67분, 진품콩은 약 80분, 진품콩 2호는 약 65분이었다.

지방산 조성: 각 시료의 지방산 조성을 GC로 분석한 결과는 다음 Table 5와 같다.

위 결과에서 진품콩과 진품콩 2호가 지방산 중 palmitic acid와 linolenic acid의 구성 비율이 황금콩에 비하여 약간 높은 편이었으며 oleic acid의 구성 비율은 약간 낮게 나타났다.

Lipoxygenase는 유전에 의하여 강하게 지배받지만 지방 함량과 지방산 조성은 환경에 의해 크게 영향을 받기 때문^(15,16)에 지방산 조성에 있어서 lipoxygenase 결핍에 따른 콩의 계통 특성이 있는지에 대하여서는 좀 더 많은 검토가 필요하겠다.

콩의 저장 특성

조지방 함량: 저장기간을 달리한 시료 콩의 조지방 함량을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 시료 콩의 조지방 함량은 21.58%에서 23.20%의 값을 나타내었다. 황금콩과 진품콩이 노화촉진(accelerated aging: ACAG) 시 대조군에 비하여 조지방 함량이 약간씩 감소한 반면 lipoxygenase 유전자가 완전히 결핍된 진품콩 2호는 지방 함량이 감소하지 않은 것으로 나타났다. 종자는 저장 중 여러 가지 휘발성 화합물이 발생한다고 하는데 온도가 높고 저장 기간이 길수록 이러한 휘발성 화합물의 생성도 증가한다고 한다⁽¹⁸⁾. 노화촉진의 경우 비교적 단시간이기는 하나 40°C 이상의 높은 온도에서 지질의 과산화 생성물인 휘발성 화합물의 빠른 생성으로 이와 같은 현상이 생긴 것으로 생각된다.

Lipoxygenase 활성도: 저장 기간을 달리한 시료 콩의 lipoxygenase 활성도를 측정한 결과는 Table 7과 같다. 황금콩의 경우 대조군의 lipoxygenase 활성도가 0.892이었으며 노화촉진시에는 0.585로 감소되었다. Yao 등⁽¹⁸⁾은 성숙기를 달리한 콩의 lipoxygenase 활력이 저장 기간동안 성숙에 관계없이 lipoxygenase의 활력이 떨어졌다고 하였으며 윤⁽¹⁹⁾도 황금콩의 경우 저장 기간이 길수록 lipoxygenase의 활력이 현저히 감소하였다고 하여 본 실험에서와 같은 결과를 보고하였다. 진품콩은 대조군에서 황금콩과 활성 차이를 나타내지 않았고 저장에 의하여 전반적으로 활성이 감소하였지만 통계적으로 유의한 차이를 나타내지는 않은 것으로 보아 L-2,3이 결핍된 진품콩의 경우 상대적으로 L-1의 활성도가 상당히 커지고 안정화된 것으로 생각된다.

발아 특성: 시료 콩의 저장 기간에 따른 누적 발아 개체 수를 조사한 결과는 다음 Fig. 3과 같다.

황금콩은 저장 기간이 길어질수록 lag period가 감소

Table 5. Fatty acid composition of soybeans

Cultivar	Fatty Acid (%)						
	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	S.F.A. ¹⁾	U.F.A. ²⁾
Hwangkeumkong	10.96	2.33	25.81	52.85	8.07	13.29	86.73
Jinpumkong	12.86	2.63	21.69	53.47	9.37	15.49	84.53
Jinpumkong 2	13.13	2.76	22.96	51.50	9.66	15.89	84.12

¹⁾S.F.A.: Saturated fatty acid

²⁾U.F.A.: Unsaturated fatty acid

Table 6. Crude lipid contents of soybeans at various storage condition (Unit: % dry wt.)

Cultivar	Storage Condition		
	Control ¹⁾	Stored ²⁾	ACAG ³⁾
Hwangkeumkong	23.20 ^{ab}	23.56 ^a	21.82 ^b
Jinpumkong	22.25 ^a	22.89 ^a	20.77 ^b
Jinpumkong 2	21.53 ^a	21.81 ^a	21.35 ^a

¹⁾Control: Vacuum sealed and refrigerated after 6 months storage at room temp.

²⁾Stored: Stored at room temp. for 1 yr.

³⁾ACAG: Accelerated aging for 4 day after 1 yr. room temp. storage

Values with the different letter in the same row are significantly different at $\alpha=0.05$ level by Duncan's multifur range test.

Table 7. Total lipoxigenase activity¹⁾ of soybeans at various storage conditions

Cultivar	Storage Condition		
	Control ²⁾	Stored ³⁾	ACAG ⁴⁾
Hwangkeumkong	0.892 ^a	0.658 ^{ab}	0.585 ^b
Jinpumkong	0.726 ^a	0.626 ^a	0.590 ^a
Jinpumkong 2	0.182 ^a	0.082 ^a	0.057 ^a

¹⁾: Absorbance difference at 234nm after 30 sec/mg sample

²⁾Control: Vacuum sealed and refrigerated after 6 months storage at room temp.

³⁾Stored: Stored at room temp. for 1 yr.

⁴⁾ACAG: Accelerated aging for 4 day after 1 yr. room temp. storage.

Values with the different letter in the same row are significantly different at $\alpha=0.05$ level.

하는 경향을 제외하고는 저장에 따른 누적 발아율의 저하 현상이 거의 나타나지 않아 온도와 습도, 스트레스에 대한 저항력이 큰 것으로 나타났다. 진품콩의 경우는 저장 기간이 길어질수록 sigmoid형에서 벗어나 거의 직선적인 누적 발아율을 나타내었으며 노화촉진 시에는 누적 발아율이 크게 감소하였다. 상대적으로 낮은 발아율을 보인 진품콩 2호도 노화촉진시 누적 발아율이 크게 감소하였다. 이상에서 lipoxigenase 결핍 계통의 콩은 황금콩에 비하여 높은 온도와 습도에서 종자의 활력이 급속히 감소되는 것을 볼 수 있었다.

Lipoxigenase는 지방 산화 효소이므로 이것이 결핍된 콩은 저장시 지방의 산화 지연으로 콩 조직의 손상이 적어 콩의 활력을 연장시킬 수 있을 것으로 생각하였지만 발아 시험에 의하면 오히려 발아력이 노화촉진시에 급격히 저하되는 것으로 보아 lipoxigenase가 종자의 활성과 관련이 있는 것으로 생각되며 이에 대한 연구가 더욱 면밀히 검토되어야겠다.

전기 전도도: 저장 기간에 따른 콩의 전기 전도도 측정 결과는 Table 8과 같다.

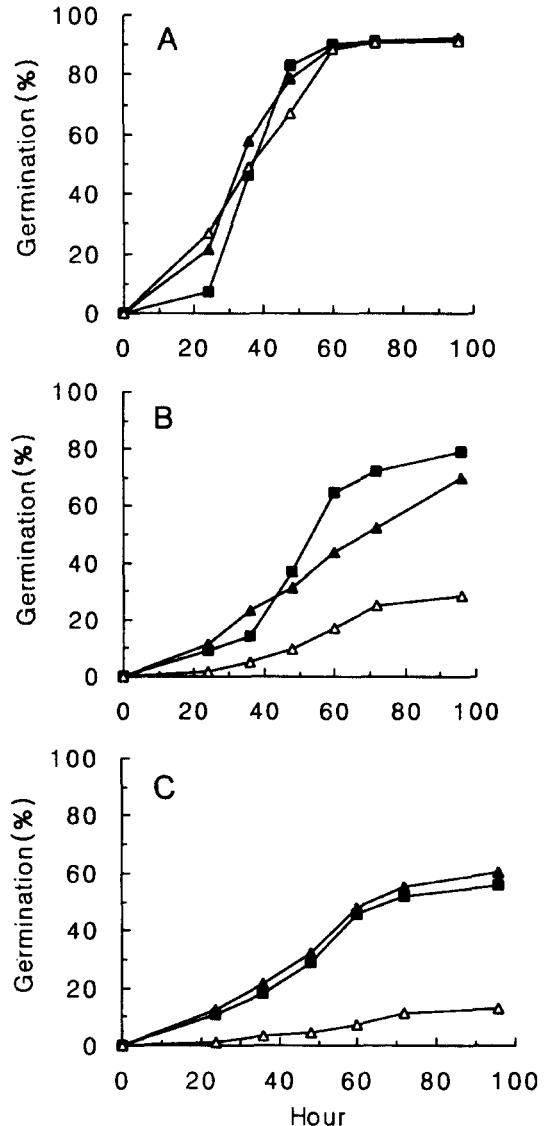


Fig. 3. Percent cumulative germination of soybeans at various storage conditions. A: Hwangkeumkong, B: Jinpumkong, C: Jinpumkong 2, ■—■: Control, vacuum sealed and refrigerated after 6 months storage at room temp., ▲—▲: Stored, stored at room temp. for 1 yr., △—△: ACAG, accelerated aging for 4 days after 1 yr. room temp. storage.

대조군에서 진품콩 2호, 진품콩, 황금콩의 순으로 전기 전도도가 큰 것으로 나타났는데 황금콩은 저장에 따른 전기 전도도의 증가가 크지 않아 노화촉진의 경우 대조군에 비하여 0.06 $\mu\Omega/cm$ 정도가 증가하였다. 진품콩은 1년 저장시에 전기 전도도 증가가 유의하게 나타나지 않았는데 노화촉진의 경우에는 0.190 $\mu\Omega/cm$ 에서 0.381 $\mu\Omega/cm$ 로 약 2배 가량이 증가하였

Table 8. Electrical conductivity of soybeans at various storage condition (Unit: $\mu\Omega/\text{cm}$)

Cultivar	Storage Condition		
	Control ¹⁾	Stored ²⁾	ACAG ³⁾
Hwangkeumkong	0.102 ^{Cb}	0.104 ^{hb}	0.166 ^{ca}
Jinpumkong	0.190 ^{Bb}	0.220 ^{Ab}	0.381 ^{Ba}
Jinpumkong 2	0.244 ^{Ab}	0.213 ^{Ab}	0.440 ^{Ab}

^{A,B,C} Values with the different letter in the same column are significantly different at $\alpha=0.05$ level.

^{a,b,c} Values with the different letter in the same row are significantly different at $\alpha=0.05$ level.

¹⁾Control: Vacuum sealed and refrigerated after 6 months storage at room temp.

²⁾Stored: Stored at room temp. for 1 yr.

³⁾ACAG: Accelerated aging for 4 day after 1 yr. room temp. storage

고, 진품콩 2호의 경우에도 노화촉진에서 대조군에 비하여 약 2배 가량이 증가하였다. 종자의 퇴화는 보통 세포막의 약화와 세포의 누출(leaky)과 함께 일어나므로 이 때 종자의 침지액의 전기 전도도도 증가하게 된다. 따라서 침지액의 높은 전기 전도도는 종자의 활력과 관련이 높다⁽²⁾. 본 실험에서도 전기 전도도 측정값과 발아율과는 고도의 부의 상관관계($r=-0.963$)가 있는 것으로 나타나 전기 전도도의 측정이 종자의 발아력을 편리하게 나타낼 수 있는 방법인 것으로 생각된다.

요 약

본 실험은 lipoxygenase 결핍 콩인 진품콩(수원169호; lipoxygenase-2, 3 결핍)과 진품콩 2호(수원177호; lipoxygenase-1, 2, 3 결핍) 및 lipoxygenase 활성이 큰 황금콩에 대한 일반적인 종자 특성과 종자의 저장성을 살펴봄으로서 lipoxygenase 결핍 콩의 식품학적 이용과 이들의 품종 개발을 위한 기초 자료를 제공하고자 시도하였다. 실험에 사용된 콩은 모두 노란 색 종피로 중콩에 속하는 것이었으며 일반 성분분석시 진품콩 2호의 조단백질과 조지방함량이 황금콩과 진품콩에 비하여 낮은 것으로 나타났다. Trypsin inhibitor의 활성은 진품콩이 가장 컸고, 수분 흡수 속도도 진품콩이 가장 빨랐으며 황금콩이 가장 느렸는데 익힘 속도는 황금콩이 가장 컸다. 종실의 노화촉진(40°C, 90% RH, 96 hours)시 황금콩의 lipoxygenase 활성이 낮아졌으나 발아율은 황금콩이 가장 높았고 저장에 따른 발아율의 저하 현상도 거의 나타나지 않았다. 그러나 진품콩과 진품콩 2호는 노화촉진시 발아율과 발아 속도가 급격히 감소하였으며 전기 전도도는 노화촉진시 급속히 증가하였다. 이상으로 미루어 보아 lipoxygenase 결핍

콩의 더 폭 넓은 활용을 위해 종자활력개선에 대한 연구가 더 필요한 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 1995년도 (주)대상 부설 한국음식문화연구원 연구비 지원에 의하여 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Wolf, W.J.: Lipoxygenase and flavor of soy protein products. *J. Agric. Food Chem.*, **23**(2), 136-141 (1975)
2. MacLeod, G. and Ames, J.: Soy flavor and its improvement. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **27**, 219-400 (1988)
3. Caj Eriksson.: Aroma compounds derived from oxidized lipids. some biochemical and analytical aspects. *J. Agric. Food Chem.*, **23**(2), 126-128 (1975)
4. Sessa, D.J.: Biochemical aspects of lipid-derived flavor in legume. *J. Agric. Food Chem.*, **27**, 234-239 (1979)
5. Matoba, T., Hidaka, H., Kitamura, K., Kaizuma, N. and Kito, M.: Contribution of hydroperoxide lyase activity to n-hexanal formation in soybean. *J. Agric. Food Chem.*, **33**, 856-858 (1985)
6. Kitamura, K.: Biochemical characterization of lipoxygenase lacking mutants, L-1-less, L-2-less and L-3-less soybeans. *Agric. Biol. Chem.*, **48**(9), 2339-2346 (1984)
7. Kim, S.D., Hong, E.H., Kim, Y.H., Lee, S.H. Park, K.Y., Yun, H.T., Seung, Y.K. and Kim, H.S.: A good seed quality. Beany tasteless soybean variety "Jinpumkong" (in Korean). *RDA. J. Agric. Sci.*, **38**(2), 166-170 (1996)
8. Kim, S.D., Kim, Y.H., Park, K.Y., Yun, H.T., Lee, Y.H., Lee, S.H., Seung, Y.K., Kim, H.S., Hong, E.H. and Kim, Y.S.: A new beany tasteless soybean variety "Jinpumkong 2" with good quality (in Korean). *RDA. J. Crop. Sci.*, **39**(2), 112-115 (1997)
9. Hamerstrand, G.E., Black, L.T. and Glover, J.D.: Trypsin inhibitors in soy products: Modification of the standard analytical procedure. *Cereal Chem.*, **58**(1), 42-45 (1981)
10. Park, K.L.: Nutritional properties of Kongjaban prepared under different cooking conditions and changes in characteristics of Kongjaban during storage. *M.S. Thesis*, Seoul National Univ., Seoul, Korea (1994)
11. Kim, D.Y., Suh, I.S. and Rhee, C.O.: Effect of temperature in the water uptake during soaking of soybeans (in Korean). *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, **31**(1), 46-51 (1988)
12. The seed vigor test committee of the association of official seed analysts: Seed vigor testing handbook. Contribution No. 32 to the handbook on seed testing, p. 65-70 (1983)
13. Quast, D.G. and da Silva, S.D.: Temperature dependence of hydration rate and effect of hydration on the cooking rate of dry legumes. *J. Food Sci.* **42**, 1299-1303 (1977)
14. Kim, Y.O., Jung, H.O. and Rhee, C.O.: Changes of texture,

- soluble solids and protein during cooking of soybeans (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **22**(2), 192-198 (1990)
15. Hammond, E.G., Fehr, W.R. and Snyder, H.E.: Improving soybean quality by plant breeding. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **49**, 33-35 (1972)
16. Chapman, E.G., Robertson, J.A., Burdlik, D., and Parker, H.B.: Chemical composition and lipoygenase activity in soybeans as affected by genotype and environment. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **53**, 54-56 (1976)
17. Zhang, M., Liu, Y., Torii, I., Sasaki, H. and Esashi, Y.: Evolution of volatile compounds by seeds during storage periods. *Seed Sci. Technol.*, **21**, 359-373 (1993)
18. Yao, J.J., Wel, L.S. and Steinberg, M.P.: Effect of maturity on chemical composition and storage stability of soybeans. *J. Am. Chem. Soc.*, **60**, 1245-1249 (1983)
19. Yoon, S.H.: Variation and genetic of lipoygenase activity in soybean seeds, *M.S. Thesis*, Seoul National Univ., Seoul, Korea (1990)

(1998년 2월 25일 접수)