

發芽의 經過에 따른 참깨 種實內 主要成分의 變化

김현경[†] · 정대수

東亞大學校 生命資源科學大學 農學科

Changes of Major Components During Germination of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seeds

Hyeon-Kyeong Kim[†] and Dae-Soo Chung

Department of Agronomy, Dong-A University, Pusan, 604-714, Korea

Abstract

These studies were undertaken to investigate changes of major components occurring during germination of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. Changes of total lipid and protein contents, and fatty acid composition were determined. Also, the corresponding values of various components in cotyledons, hypocotyls and roots were measured according to germination stage. The results were summarized as follows :

During germination, total lipid and protein contents decreased. In particular, protein contents rapidly decreased to the 3 days after germination(DAG), and then total lipid contents rapidly decreased. In changes of total lipid and protein of cotyledons, hypocotyls and roots detected at the 10, 15 and 20 DAG, some variations were determined. The contents of lipid and protein in hypocotyls rapidly decreased, but since then no changes were observed. In contrast, in roots similar changing patterns were observed, while since 15 DAG a rapidly increase was examined. In fatty acid composition of total lipid, saturated fatty acids such as palmitic acid increased during the germination. On the other hand, unsaturated fatty acid such as oleic acid and linoleic acid decreased during the same periods. In changes of fatty acid composition of total lipid of cotyledons, hypocotyls and roots, saturated fatty acids such as palmitic acid and stearic acid increased during the germination. However, linoleic acid decreased during the same periods. According to SDS-PAGE analysis, there was no detectible polypeptide bands on the gel before seed germination suggesting that this may be due to the rapid degradation of the storage proteins in the mature seed by hydrolytic enzymes during the stage. As germination continued polypeptide bands, one with 40KD, two with 32~34KD and one with 24KD, were detected on the gel.

Key words : sesame seed, germination, total lipid, protein, fatty acid, electrophoresis

서 론

참깨(*Sesamum indicum* L.)는 인류가 이용한 가장 오래

된 유료작물중의 하나이며, 우리나라에는 중국을 거쳐 전파되어 삼국시대 이전부터 재배된 기름작물로 알려져 있다. 참깨 종실에는 45~55%의 기름이 함유되어 있으며, 지방

[†] Corresponding author

중 주지방산은 불포화지방산인 oleic acid가 43% 내외, linoleic acid가 37% 내외로 불포화지방산이 거의 대부분을 차지하고¹⁾ 있어서 식용유중 가장 양질유로 평가되고 있다. 참깨기름은 독특한 맛과 방향성분인 acetylpyrazine을 함유하고 있어²⁾ 우리나라 국민이 가장 선호하는 조미 식용유로 널리 이용되어져 왔다. 또한 참깨 종실에는 20~30%의 양질의 단백질을 함유하고 있으며 methionine, cystine 등과 같은 필수아미노산을 풍부히 함유하고 있어서 기름과 함께 양질의 단백질식품으로서도 매우 중요한 의미를 가지고 있다^{3,4,5)}.

한편 종자의 저장단백질은 수분을 흡수함으로써 가수분해효소에 의하여 급격한 분해작용을 받게 되며, 특히 저장단백질은 새로운 단백질의 합성을 위해 protease나 peptidase 등 단백질분해 효소의 작용으로 amino acid나 가용성 저분자물로 분해되어 생장부의 질소원으로 공급되어진다고 한다⁶⁾. 그리고 발아 과정중의 각종 생리활성 물질의 변화는 발아중에 일어나는 복잡한 생화학적인 메커니즘을 구명하는데 중요한 부분이 되므로 두과작물 등을 대상으로 하여 많은 연구가 진행되어져 왔으며^{7,8,9,10)}, Ashton¹¹⁾과 Mayer 등¹²⁾은 발아초기 동안 많은 효소계가 작동하기 시작하여 저장물질은 분해되고 분해산물의 일부는 자엽이나 배유로부터 발육하는 배축으로 이동된다고 하였으며, Ericson 등¹³⁾은 두과식물의 저장단백질이 당단백질이라는 것을 밝혔다. 그리고 Basha 등¹⁴⁾과 Beevers 등¹⁵⁾은 완두종자에서 단백질의 분해는 처음에는 완만하게 진행되었으며, globulin의 소모는 albumin을 능가했으며, legumin은 vicilin보다 약간 더 빠르게 감소된다고 하였으며, 이러한 감소의 경향으로 분명히 발아가 진행되면 단백질의 구조는 변한다고 보고하였다.

한편 Green 등¹⁶⁾은 대두 발아중 자엽부의 지방함량의 변화에 있어서 발아 4일까지는 거의 일정하나 5일부터는 감소된다고 보고하였으며, 崔 등¹⁷⁾은 녹두 발아중 자엽부 및 배축부의 구성지방산이 불규칙하게 변화하였으며, 자엽부에서는 linoleic acid와 stearic acid가 주요 구성지방산으로 나타났다고 보고하였고, 趙 등¹⁸⁾은 유채종자는 발아에 따라 oleic acid는 감소하였으며, palmitic acid와 linoleic acid는 발아중기까지는 감소하다가 그 이후에는 증가한다고 보고하였다.

이상과 같이 두과작물 등을 대상으로 발아중 지질대사동

과 관련하여 다각적인 연구가 이루어져 있으나, 참깨의 경우에는 발아중 종실내 주요성분 및 생리활성물질의 변화에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 발아가 진행중인 종자와 이에 따른 각 조직부위별 주요 구성성분중 특히 총지질과 단백질함량, 단백질 pattern 및 지방산조성의 변화가 참깨 초기생육 부진과 어떤 관계가 있는가를 밝혀서 발아직후의 저조한 초기생육을 촉진할 수 있는 대책을 강구하고자 조사하였던 바 몇 가지 결과를 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

공시재료

1982년에 육성 보급된 품종으로서 백색종피종이며 분지가 없고, 3과성으로 2실4방인 단백질종자 10g을 1% sodium hypochlorite(NaClO) solution으로 소독하여 직경 20cm의 사야레에 파종한 후 하루에 1~2회 정도 주수하여 20일간 발아·생장시켰으며, 발아 및 생육조건은 온도를 25°C±1°C로 하여 12시간 암, 12시간 광으로 처리하였다. 발아과정중 발아직전(파종후 약24시간 후 발아가 되기 직전), 발아 후 1일, 3일, 5일, 10일, 15일 및 20일로 구분하여 시료를 채취하였으며, 이중 발아 후 10일, 15일 및 20일은 자엽부와 배축부 및 뿌리로 구분하여 채취하여 시험의 재료로 사용하였다.

조단백질의 추출 및 SDS-PAGE 분석

조단백질의 추출은 1g의 종자를 냉동시킨 유발에 넣어 액체질소를 적당량 붓고 마쇄한 뒤 0.1M potassium phosphate buffer(in 1mM EDTA, 5mM dithiothreitol, 2% Triton X-100, pH 7.2) 5ml를 가한 후, 4°C에서 21,000×g로 40분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. 단백질함량의 측정에는 Protein Assay Kit(Bio-Rad사)를 이용하여, Bradford 법¹⁹⁾에 따라 실시하여 595nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

SDS-PAGE는 Laemmli의 방법²⁰⁾에 따라 Bio-Rad mini gel system을 이용하여 polyacrylamide 농도를 stacking gel은 5.0%, separating gel은 12.5%로 사용하였다. 그리고 조효소액중 단백질함량을 30μg씩으로 환산하여 loading하여 200V에서 전기영동을 하였다. 전기영동을 마친후

gel은 0.1% Coomassie Brilliant Blue(G-250)로 염색한 후 acetic acid와 methanol 혼합액으로 탈색하였다.

총지질의 추출 및 지방산조성 분석

총지질의 추출은 Bligh and Dyer 법²¹⁾에 따라 시료 10 g을 냉동유발 넣은 후에 액체질소를 적당량 붓고 마쇄한 다음 여기에 chloroform : methanol (2 : 1, v/v)의 혼합 용액을 넣어 24시간 냉장고에 방치하여 Whatman No. 2 여과지로 여과한 후 1% NaCl 용액을 가하여 수용성 물질을 제거한 뒤 분리된 chloroform층만을 회수하고 남은 잔사에는 다시 chloroform을 넣어 3회 반복하여 추출한 후 회수하여 rotary vacuum evaporator에서 용매를 제거하여 총지질을 구하였다. 지방산조성의 분석은 각 시료의 총지질 1g에 10% KOH-ethanol 혼합용액을 넣어 60℃의 water bath에서 약 20분간 가수분해한 후 냉각하여 분액여두에 취하고, 여기에 소량의 증류수와 분해액과 동량의 ether를 가하여 지방산염층과 불검화물층(ether층)을 완전히 분리한 후 불검화물층은 버리고 지방산염층을 취하여 1N-HCl로 산성이 될 때까지 가한 다음 ether를 넣어 지방산염을 ether층으로 이행시켰다. 증류수로 ether층을 중성이 될 때까지 수세하여 ether를 rotary vacuum evaporator에서 제거하여 얻어진 지방산에 14% BF3-methanol을 넣어 70℃ water bath에서 30분간 가열하여 methyl ester화한 후 G. C.로 지방산조성을 분석하였다.

결과 및 고찰

발아후 참깨 종실의 지질 및 단백질 변화 추이

발아중 참깨종자의 주요 구성성분중 총지질 및 단백질함량의 변화를 그림 1에서 살펴보면, 종자내 총지질의 함량은 완숙종자에서 496mg/g, 발아직전에 490mg/g으로 거의 감소하지 않았으나, 발아후 1일에 437mg/g에서 발아후 3일에서는 381mg/g으로 서서히 감소하기 시작하여 발아후 5일에 186 mg/g, 발아후 10일에 108mg/g으로 급격히 감소하였으며 발아후 15일에 95mg/g으로 다소 감소하였으나, 발아후 20일에서는 103mg/g으로 증가하였다. 이는 鄭 동²²⁾의 들깨를 대상으로 한 시험에서 발아가 진행됨에 따라 총지질의 함량은 발아후 20일에서 파종전 종자에 비해 50% 이하로 감소한다고 하였으며, 대두¹⁰⁾, 유채¹⁸⁾ 등을 대상으로 한 시험에서도 이와 같은 경향을 나타내었다.

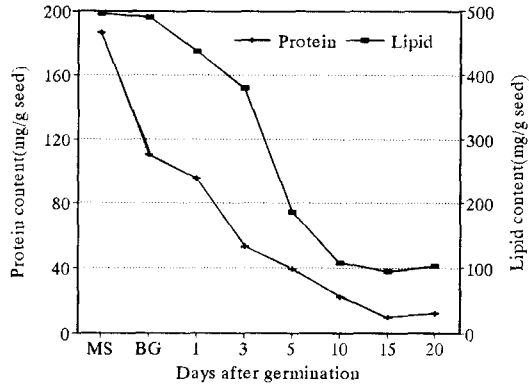


Fig. 1. Changes in total lipid and protein contents after germination of sesame seeds.

Note : MS, Mature seed ; BG, before germination.

한편 단백질함량의 변화에 있어서는 완숙종자에서는 186.4mg/g이었으나 발아직전에 110.5 mg/g으로 급격히 감소하기 시작하여 발아후 15일에 10.0 mg/g으로 발아가 진행됨에 따라 그 감소의 폭이 커져 전체적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 이처럼 총지질과 단백질함량의 변화는 비슷한 경향을 나타내었으나, 발아초기인 발아후 3일 이전에서는 총지질함량의 감소보다 단백질함량의 감소 폭이 더 크게 나타났으며, 발아후 3일부터 발아후 10일 사이에서는 단백질함량의 변화보다 총지질함량의 감소의 폭이 크게 나타났는데, 이는 발아초기에는 주로 종실내의 저장단백질이 에너지원으로 이용되어지며, 발아중기 이후에는 자엽조직에 저장되어 있던 지방을 에너지원으로 이용하기 때문인 것으로 생각된다. 李^{23,24)}도 유채에서 종자조직과 발아후 조직 및 발아후 동화조직에서의 기름과 지방산조성 변화를 조사한 결과에서 발아직후의 자엽의 함유율은 종자조직 자엽의 함유율이나 지방산조성과 같아서 발아의 에너지원으로 공급되지 않았으며, 배의 함유율만 약간 감소되어 발아에너지로 전환되고 배의 전분이나 단백질이 기름이상의 발아에너지로 역할한다고 하였으며, 井上²⁵⁾도 유채종자의 발아에 미치는 유분의 역할에서 지방의 감소율은 극히 적어 기름보다 전분이나 단백질이 더욱 큰 역할을 하는 것으로 보인다고 하여 유채에서 기름의 발아에너지로의 역할이 본 시험 결과에서 처럼 크지 않았으나 감소하는 경향은 같았다. 또

한 Ashton¹¹⁾과 Mayer 등¹²⁾은 발아초기동안 많은 효소계가 작동하기 시작하여 저장물질은 분해되고 분해 산물의 일부는 자엽이나 배유로 부터 발육하는 배축으로 이동된다고 보고하여, 본 시험의 결과와 일치하였는데, 이러한 총지질 및 단백질함량의 변화는 발아가 진행됨에 따라 배유에 저장되어 있던 저장지방 및 저장단백질 등이 당류의 형태로 변하여 필요한 에너지원으로 이용되어지기 때문에 생각된다.

발아후 조직별 지질과 단백질함량의 변화

발아후 10일과 15일 및 20일에 묘를 채취하여 자엽부와 배축부 및 뿌리의 세부분으로 구분하여 조사한 총지질의 함량 변화는 그림 2와 같다. 자엽부는 발아후 10일에 66.0 mg/g에서 발아후 15일에 50.0mg/g으로 감소하였으며 이후에는 거의 변화가 없었다. 배축부에서는 발아후 10일에 22.0mg/g에서 발아후 20일 28.0mg/g으로 다소 증가하였으나, 뿌리에서는 발아후 10일에 20.0mg/g에서 발아후 15일에 18.0mg/g으로 감소하였다가 발아후 20일에는 25.0 mg/g으로 다소 증가하였다. Green 등¹⁶⁾은 대두 발아중 자엽부의 지방함량의 변화에 있어서는 발아 4일까지는 거의 일정하나 5일부터는 감소된다고 보고하였으며, 최 등¹⁷⁾은 녹두 발아중 자엽부에서의 유지의 감소를 보고하였는데, 이들은 유지가 발아과정에 따라 수용성 탄수화물 등으로 전환되는 것으로 추측하였고, 徐⁹⁾에 의하면 녹두 발아중 자엽부에서의 수용성 탄수화물의 많은 부분이 호흡에 이용되거나 배아로 이동되는 것으로 추측하였는데, 본 시험에서도 배축부에 비해 자엽부의 유지함량이 높았으며 발아의 경과에 따라 감소의 정도도 큰 것으로 나타났는데, 이러한 감소현상은 자엽부는 저장양분의 저장기관으로서의 역할을 담당하고 있는 발육조직구성에 필요 양분의 공급을 하기 때문인 것으로 사료된다.

발아후 10일과 15일 및 20일에 묘를 채취하여 자엽부와 배축부 및 뿌리의 세부분으로 구분하여 조사한 단백질함량의 변화는 그림 3에서 보는바와 같다. 자엽부와 배축부에서는 발아후 10일에 각각 7.5mg/g과 9.7mg/g에서 발아후 15일에 1.9mg/g과 4.1mg/g으로 급격히 감소하였으며 발아후 20일에서는 자엽부가 1.7mg/g, 배축부가 3.8mg/g으로 그 감소의 폭이 둔화되었으며, 뿌리에서는 발아후 10일에 4.6mg/g에서 발아후 15일 4.0mg/g으로 약간 감소하

였다가 발아후 20일에서는 6.6mg/g으로 다소 증가하였다. 한편 金 등²⁶⁾은 땅콩 종자의 발아시 자엽부에서 가용성 단백질은 발아가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 자엽부보다는 배축부의 단백질 함량이 발아가 진행됨에 따라 급속히 감소하였다고 보고하였는데, 본 시험에서는 단백질 함량은 엽부분이 줄기보다는 단백질의 함량이 높게 나타났다으나, 발아가 진행됨에 따른 감소의 정도는 이들의 보고와 비슷한 경향을 보였다.

발아후 각 조직별 지방산조성의 변화

참깨종실의 주요 구성 지방산인 palmitic acid, stearic acid, oleic acid와 linoleic acid 및 linolenic acid 5종의

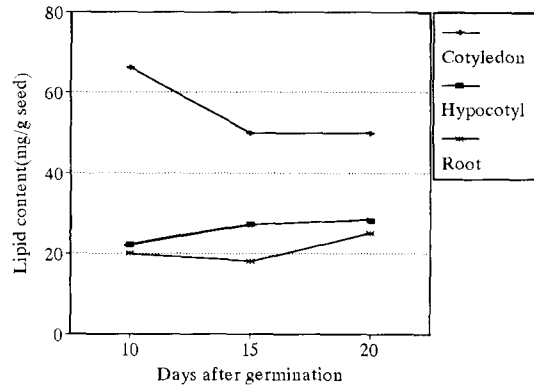


Fig. 2. Changes of total lipid contents in different tissues after germination of sesame seeds.

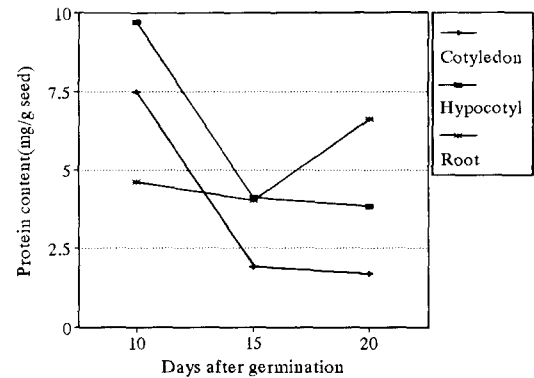


Fig. 3. Changes of protein contents in different tissues after germination of sesame seed.

지방산을 위주로 하여, 발아의 경과에 따른 총지질 지방산 조성 변화를 조사한 결과는 표 1에서 보느바와 같다. 발아의 경과에 따라 palmitic acid는 종실상태에서 7.31%, 발아직전 8.92%, 발아후 5일에 15.16%로 발아후 5일까지는 완만하게 증가하였으며, 발아후 10일에 45.67%로 급격히 증가한 뒤, 발아후 15일에 42.09%로 감소하였다가 발아후 20일에 51.76%로 다시 증가하였으며, stearic acid도 종자상태에 4.85%에서 발아가 진행되면서 계속 증가하여 발아후 20일에는 22.66%로 종자상태의 stearic acid의 함량보다 무려 4배이상 함량이 증가하여 포화지방산인 palmitic acid와 stearic acid는 발아와 동시에 증가하였다. 불포화지방산중에서는 유일하게 linolenic acid가 종자상태에서 0.42%뿐이던 함량이 발아후 계속 증가하여 발아후 20일에서는 3.96%로 크게 증가하였다. 그러나 oleic acid는 종실상태에서 42.53%, 발아후 3일에 47.21%로 소폭 증가하였으나, 발아후 5일에 44.94%로 10% 가까이 감소하였으며, 발아후 10일째에는 21.0%로 급격히 감소하였다. 그리고 linoleic acid 역시 발아가 진행됨에 따라 경과에 따라 구성비율이 감소하는 경향이였으며, 특히 종자상태의 44.89%에 비해 발아후 5일에는 28.06%로 50%나 감소하였으며, 발아후 10일째에는 10.77%로 발아후 5일에 비해 약18%나 급격히 감소하였고, 발아후 20일에 2.84%로 전체 구성지방산중 가장 낮은 함유율을 나타내었다.

Table 1. Changes in fatty acid composition during germination of sesame seeds(%)

DAG	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	USFA
MS	7.31	4.85	42.53	44.89	0.42	87.84
BG	8.92	6.28	50.26	33.94	0.60	84.80
1	9.30	7.12	49.06	33.87	0.65	83.58
3	10.98	8.03	47.21	33.00	0.77	80.99
5	15.16	10.55	44.94	28.06	1.29	74.29
10	45.67	19.53	21.00	10.77	3.03	34.79
15	42.09	12.30	30.91	12.04	2.65	45.60
20	51.76	22.66	18.78	2.84	3.96	25.57

Note ; DAG, Days after germination ; USFA, total unsaturated fatty acid ;

MS, mature seed ; BG, before germination.

이상의 발아과정에서의 각 지방산조성의 변화를 종합해 보면, 발아의 경과에 따라 胚肉의 주요 구성지방산중 가장 높은 비율을 차지하고 있는 oleic acid와 linoleic acid는 발아후 5일까지는 구성지방산중 가장 높은 비율을 나타내었으며, 발아후 10일 이후에서는 palmitic acid가 전체 주요 구성지방산중 가장 높은 비율을 나타내어 포화지방산과 불포화지방산의 변화는 포화지방산의 구성비율은 증가하는 반면, 불포화지방산 구성비율은 감소하는 고도의 부의 상관을 보였다 특히 발아후 10일 이후에서는 불포화지방산의 구성비율이 전체 구성지방산의 약 30% 미만으로 급격히 감소하였다. 따라서 胚肉중의 발아에서는 포화지방산인 palmitic acid와 stearic acid는 발아에너지로 이용되지 않았고, 불포화지방산인 oleic acid와 linoleic acid가 주로 발아에너지로 기여한 것으로 고찰되었다. 趙 등¹⁸⁾에 의하면 유채는 발아경과에 따라 oleic acid는 감소하였으며, palmitic acid는 발아중기까지는 감소하다가 그 이후에는 증가하며 linoleic acid는 발아 30시간까지는 증가하다가 그 이후는 감소하였으며, linolenic acid는 이와는 상반된 경향을 나타내었다고 보고하였고, 鄭 등²²⁾이 들깨를 대상으로 한 시험에서도 oleic acid와 linoleic acid는 발아후 1일까지는 증가하다가 이후에는 감소하였으며, linolenic acid는 이와는 상반된 경향을 나타내었다고 보고하였는데, 이들의 연구결과와 본 시험의 결과를 비교해 보면, 유지작물에서의 종자발아시 지방산조성 변화는 일정한 경향을 나타내지 않고 있는데, 이는 종자조직의 저장유종 발아후 어느 시점에서 에너지이용으로 평가했느냐에 따라 연구자의 견해에 차이가 있을 수 있고, 또한 실험작물의 기름 저장조직의 차이에서도 올 수도 있기 때문이라 사료된다.

한편 발아후 조직을 자엽부와 배축부 및 유근으로 구분하여 각 조직의 지방산조성의 변화를 표 2에서 살펴보면, 자엽조직의 발아후 10일과 15일 및 20일에 있어서 자엽조직유의 지방산중 포화지방산인 palmitic acid와 stearic acid는 발아가 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, 완숙종자와 발아후 5일 이전에서 거의 대부분을 차지하였던 불포화지방산중 oleic acid와 linoleic acid는 발아후 10일에 각각 36.83%와 22.34%에서 발아후 15일에 17.55%와 16.70%, 발아후 20일에 13.18%와 4.05%로 급격히 감소한 반면, 발아전 종자와 발아후 3일 이전에서는 거의 나타나지 않던 linolenic acid가 발아후 10일의 엽부분

에서는 1.24%, 발아후 15일과 20일에서는 2.76%와 3.14%로 증가하는 경향을 나타내었다. ¹⁷⁾은 녹두 발아중 자엽부 및 배축부의 구성지방산이 불규칙하게 변화하였으며, 자엽부에서는 linoleic acid와 stearic acid가 발아기간중 큰 변화를 나타내었다고 보고하였는데, 본 시험의 결과 발아후 10일이후에서는 구성지방산중 palmitic acid와 oleic acid 및 linoleic acid가 큰 변화가 있는 것으로 나타났는데, 이러한 차이는 작물의 특성에서 기인한 것으로 사료된다.

Table 2. Changes in fatty acid composition of total lipid in cotyledon, hypocotyl and root after germination of sesame seeds

	DAG	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	USFA
Cotyledon	10	16.86	8.97	36.83	22.34	1.24	60.41
	15	24.90	7.74	17.65	16.70	2.76	37.01
	20	37.47	13.67	13.18	4.05	3.14	20.37
Hypocotyl	10	49.50	13.92	10.15	4.37	3.05	17.57
	15	56.21	8.09	14.15	2.17	1.98	18.30
	20	48.08	16.03	3.62	1.13	3.28	8.03
Root	10	46.87	25.53	5.07	t	3.20	8.27
	15	20.30	13.81	42.76	10.15	1.66	54.57
	20	29.84	20.87	25.04	1.14	2.39	28.57

Note ; DAG, Days after germination ; USFA, total unsaturated fatty acid ; t, trace amount.

배축부 조직유의 지방산조성의 변화에 있어서 palmitic acid는 발아후 10일에 49.50%에서 발아후 15일에 56.21%로 다소 증가하였다가 발아후 20일에 48.08%로 감소하는 경향을 보였으며, 특히 전체 주요 구성지방산중 가장 높은 비율을 차지하였다. linoleic acid는 발아후 10일에 4.37%에서 발아후 15일에는 2.17%, 발아후 20일에는 1.13%로 발아가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었다.

한편 뿌리 조직유의 지방산조성의 변화에 있어서는 발아후 10일째에 전체 주요 구성지방산중 palmitic acid와 stearic acid가 46.87%와 25.53%로 거의 대부분을 차지하였으나, 발아후 15일에는 palmitic acid와 oleic acid가 20.30%와 42.76%, 발아후 20일째에는 palmitic acid와

stearic acid 및 oleic acid가 29.84%, 20.83% 25.04%를 차지하였다. 한편 발아후 10일째에서는 나타나지 않던 linoleic acid가 발아후 15일에 10.15%로 상당히 높게 나타났다으나 발아후 20일에서는 1.14%로 급격히 감소하였다.

발아후 조직 단백질의 전기영동적 변화

파종전 종자와 발아직전, 발아후 1일, 3일 및 5일에서 저장단백질의 변화pattern은 그림 4에서와 같이, 파종전 종자인 완속종자에서 globulin과 albumin 같은 저장단백질로 생각되어지는 22KD와 31~32KD 사이의 두개의 polypeptide와 50KD에서 나타난 polypeptide가 발아직전에서는 모두 소실되었는데, Basha 등¹⁴⁾은 완두종자에서 globulin의 소모는 albumin을 증가하였으며, legumin은 vicilin 보다 약간 더 빠르게 감소된다고 하였으며, legumin의 전기영동적 이동은 발아가 진행되는 동안 완만히 감소하는 경향이였으나, vicilin의 전기영동적 이동은 변화가 적게 나타났다고 하였으며, 이처럼 저장단백질의 분해는 발아초기에는 완만하게 진행되었는데, 이러한 감소의 경향으로 발아가 진행되면 단백질의 구조는 변한다라고 하였다. 그러나 Daussant 등⁶⁾은 일반적으로 종자의 저장단백질은 수분을 흡수함으로써 가수분해효소에 의하여 급격한 분해작용을 받게 되며, 특히 저장단백질은 새로운 단백질의 합성을 위해 protease 나 peptidase 등의 단백질 분해효소의 작용으로 amino acid나 가용성 저분자물로 분해되어 생장부의 질소원으로 공급되어진다고 하였는데, 본 시험의 결과에서도 완속종자의 저장단백질이 가수분해 효소에 의하여 급격한 분해작용을 받아 발아직전에서는 종실상태의 저장단백질은 거의 분해되어 거의 나타나지 않았으나, 발아가 진행됨에 따라 서서히 나타나기 시작하여 발아후 5일째에서는 40KD에서 나타난 약한 polypeptide band와 32~34KD 사이의 두개의 polypeptide band와 24 KD에서 나타난 매우 진한 polypeptide의 새로운 band가 형성되었다. 이처럼 참깨종자는 유리지물임에도 불구하고 종실저장유는 발아초기에 발아의 에너지원으로 거의 이용되지 않았으며, 저장단백질이 수분을 흡수함에 따라 급격히 분해되어 발아에 필요한 에너지원으로 공급되어지는 것으로 사료되었다.

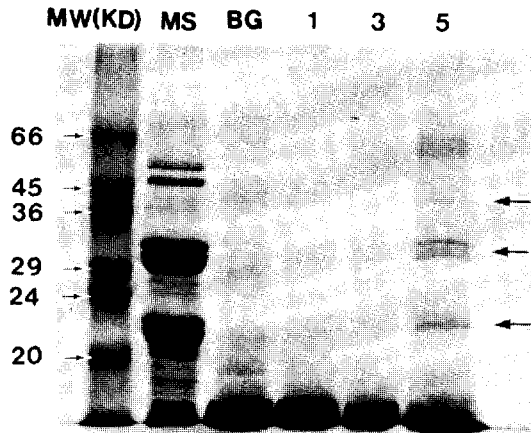


Fig. 4. Protein profiles by SDS gel electrophoretic analysis after germination of sesame oilseed. Total protein was extracted as described in Materials and methods. Thirty μ g of protein were loaded on each lane. The number above each lane and MW indicate DAG(days after germination) and molecular weight in kilodaltons, respectively. Note ; MS, Mature seed ; BG, before germination.

요 약

참깨 種子 發芽時 總脂質 및 蛋白質 含量의 變化和 脂肪酸組成의 變化를 檢討하였고, 發芽後 子葉部와 胚軸部 및 幼根 等의 各 部位別 總脂質과 蛋白質 含量 및 脂肪酸組成의 變化 等을 比較, 分析한 結果 다음과 같은 몇 가지 結果를 얻었다.

發芽의 經過에 따른 總脂質 및 蛋白質 含量 變化에서는 發芽가 進行됨에 따라 總脂質 및 蛋白質 含量 모두 減少하였으며, 특히 發芽後 3일까지에는 蛋白質의 含量이, 그 以後에는 脂質의 含量이 急激히 減少하였다. 發芽後 10日과 15日 및 20日의 子葉部와 胚軸部 및 뿌리의 各 部位別 總脂質 및 蛋白質 含量의 變化에서 子葉部는 發芽後 15日까지 總脂質과 蛋白質 含量이 急激히 減少하였다가 그 以後에서는 거의 變化하지 않았으나, 뿌리에서는 發芽後 15日까지는 서서히 減少하였다가 發芽後 15日 以後에는 急激히 增加하는 傾向을 나타내었다. 總脂質의 脂肪酸組成의 變化에서는 飽和脂肪酸인 palmitic acid는 發芽의 經過에 따라 增加

하였으며, 不飽和脂肪酸인 oleic acid와 linoleic acid는 減少하는 傾向을 나타내었다. 發芽後 子葉部와 胚軸部 및 뿌리의 各 部位別 脂肪酸組成의 變化에서 palmitic acid와 stearic acid는 發芽가 進行됨에 따라 增加하는 傾向을 나타내었으며, linoleic acid는 減少하는 傾向을 보였다. SDS-PAGE 分析에 의한 蛋白質 pattern의 變化에서는 完熟種子의 貯藏蛋白質이 加水分解 酵素에 의하여 急激한 分解作用을 받아 發芽直前에서는 거의 나타나지 않았으며 發芽가 進行됨에 따라 40KD에서 나타난 약한 polypeptide band와 32~34KD 사이의 두개의 polypeptide band와 24KD에서 나타난 매우 진한 polypeptide의 새로운 band가 形成되었다.

감사의 글

본 연구는 동아대학교 대학자체 연구기초자료비의 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Izawa, B. : Illustrated cyclopedia of medicinal plants of Japan, pp.21~22, Seiburoshinkosha publishing Co., (1980).
2. 竝木滿夫·小林貞作 : ゴマ의 科學, pp.1~41, 朝倉書店, (1989).
3. Suarez, C. C., R. T. O'connor, E. T. Field, and W. G. Bickford : Determination of sesamol, sesamol, sesamin in sesame concentrates and oils, *Analytical Chemistry*, 24(4) : 668, (1952).
4. De Pauda, M. R. : Some functional and utilization characteristics of sesame flour and proteins, *J. Food Sci.*, 48 : 1145, (1983).
5. Dench J. E., Nilo Rivas, R. and Caygill J. C. : Selected functional properties of sesame(*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates, *J. Sci. Food Agric.*, 32 : 557, (1981).
6. Daussant, J., Neucere, n. J. and Conkerton, E. J. : Immunochemical studies on *Arachis hypogaea* proteins with particular to the reserve protein, II. Protein modification during germination, *Plant physiol.*, 44 : 480, (1969).
7. 李用華 : 發芽 大豆中の 脂肪酸 分析에 관한 研究, 春川 教大論文集, 12 : 95, (1986).
8. Park, D. Y., S. J. Cho, and Y. C. Shin : Change of

- Protein Pattern of Mungbean Seeds, *Phaseolus aureus* During Germination, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 18(2) : 163, (1986).
9. 徐在信 : 綠豆 發芽中 炭水化物的 變化, 順天大學校 論文集, 5 : 157, (1986).
 10. 辛孝善 : 大豆 發芽中 脂質代謝에 관한 研究, (第 1報) 粗脂肪量 및 脂質 成分의 變化에 대하여, 韓國農化學會誌, 17(4) : 240, (1974).
 11. Ashton, F. M., *Ann. Rev. Plant Physiol.* 55 : 7, (1976).
 12. Mayer, A. M. and Poljakoff-Mayber, A. : The Germination of Seeds 2nd ed., Pergamon Press, London, (1975).
 13. Ericson, M. C. and Chrispeels, M. J. : *Plant Physiol.*, 52 : 98, (1973).
 14. Basha, S. M., Cherry, J. P., and Young C. T. : Changes in free acids carbohydrates and protein of maturing seeds from various peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars, *Plant Physiol.*, 53 : 586, (1976).
 15. Beevers, L., and Poulson R. : Protein synthesis in cotyledons of *Pisum sativum* L. I. Changes in cell-free amino acid incorporation capacity during seed development and maturation, *Plant Physiol.*, 49 : 476, (1972).
 16. Green, D. G. and Suida, J. W. : *Am. J. Bot.*, 56 : 1018, (1969).
 17. Choi, K. S. and Kim, Z. U. : Changes in lipid components during germination of mungbean, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 17(4) : 271, (1985).
 18. 조병미·윤석권·김우정 : 油菜 發芽中 아미노산과 脂肪酸 組成의 變化, 韓國食品科學會誌, 17(5) : 371, (1985).
 19. Bradford, M. M. : A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Analytical Biochem.*, 72 : 248, (1976).
 20. Laemmli, U. K. : Cleavage of structural protein during the assembly of the head of bacteriophage T₄, *Nature*, 227 : 680, (1970).
 21. Bligh, E. G. and W. J. Dyer : A rapid method of total lipid extraction and purification, *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37 : 911, (1959).
 22. 鄭大守·金度勳 : 들깨 種子의 發芽生理에 관한 研究 (I) -脂肪酸組成을 中心으로-, 東亞大學校 大學院 論文集, VIII : 389, (1988).
 23. 李正日 : “나타네(*Brassica napus* L.)의 脂肪酸組成에 關する 育種學的 研究”, 東京農大 博士學位 論文, pp 1~81, (1976).
 24. 李正日·權炳善 : 油菜의 脂肪酸組成 改良育種에 關한 研究, 第18報. 油菜와 芥子의 種間 交雜에 따른 薄皮 黃色種皮形質 및 에루진酸의 遺傳 樣式, 韓育誌, 16(3) : 301, (1984).
 25. 井上利志榮·今村實 : 菜種上における發芽種子의 油分 含量と 役割, 九州農業研究, 14 : 69, (1954).
 26. 金鐘雲·朴栽楠·申東賢 : 땅콩發芽時 貯藏蛋白質의 變化, 韓作誌, 39(6) : 564, (1994).