잇꽃 종자의 발아에서 제(Hilum)의 형태적 특성과 기능

안석현 · 정남진*

전북대학교 농업생명과학대학 작물생명과학과

Morphological Characteristics and Function of Hilum in Safflower Seed Germination

Seok-Hyeon Ahn and Nam-Jin Chung*

Department of Crop Science & Biotechnology, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

Abstract. This research was carried out to clarify the germination characteristics with reference to hard seed coat in safflower. Morphologically, seed coat surface has hilum and micropyle which were evident during seed development stage. In the flower of developing seeds, the hilum area is connected with placenta of maternal tissue while the micropyle area is connected with the style of pistil. When the seeds imbibed, the hilum surface began to crack and the embryo protrudes through the hilum. To investigate the route for moisture absorption and gas exchange on the seed coat, the hilum and the micropyle were artificially sealed by paraffin. The seeds whose hilum were sealed could not germinate, which indicates that the exchange of moisture and oxygen takes place through hilum in safflower seeds. The germination was tested at 15°C, 20°C, and 25°C by three substrates with different moisture conditions; top of paper method (hilum submerged in water), between-paper method, and soil seeding. The germination percentages were 31.3% at 15°C, 15.7% at 20°C and 6.0% at 25°C in the top of paper method; and 45.5% at 15°C, 30.0% at 20°C and 14.0% at 25°C in the between-paper method; and 80.0% at 15°C, 77.0% at 20°C and 78.0% at 25°C in the soil seeding, respectively. When the internal structure of hilum was investigated through SEM, it was found out consisting of vascular bundle element. In conclusion, the hilum of safflower seed was closely related with water absorption and gas exchange during initial germination process.

Additional key words: hard seed, micropyle, gas and water exchange

서 언

잇꽃(safflower, *Carthamus tinctorius* L.)은 국화과(Compositae)에 속하는 1년생 초본으로 홍람(紅藍)·홍화(紅花)·잇나물이라고 칭하며 원산지는 아프가니스탄의 산악지대 또는 이집트 및 에티오피아가 원산이며, 한나라 시대에 중국에 유입되었고, 우리나라에는 신라시대 이전부터 약용이나 염료 작물로 재배되어 온 것으로 알려져 있다(Choi, 1992; Choi et al., 2011; RDA, 1990). 줄기의 길이는 약 1m 내외이고, 꽃은 6월 중순경에 피고 넓은 피침형의 가장자리에는 가시가 돋쳐 있다(Ahn and Yuk, 1975; Lee, 1980).

잇꽃은 천연염료, 식용유, 곡식, 한방약제, 화장품 원료 등으로 다양하게 사용되고 있다. 꽃에 함유되어 있는 수용성의 황색색소와 불용성의 적색색소는 식품의 착색염료 등 천

연염료 사용되고 있으며, 잇꽃 씨는 혈액, 심장, 자궁, 비뇨기와 관련된 약용으로 사용된다(Choi et al., 2011; Lee et al., 2008). 잇꽃 기름은 불포화지방산인 linoleic acid나 oleic acid 함량이 높아서 식용유로 이용되고 있고, 알러지를 유발하지 않기 때문에 화장품의 원료로도 쓰이고 있다(Noh and Park, 1992). 또한, 잇꽃 종자에는 단백질 및 식이성 섬유가 풍부할 뿐만 아니라 lignin flavonoid와 serotonin 그리고 이들의 배당체 같은 항암, 항염증 및 항산화성 페놀화합물을 다량 함유하고 있어 최근 기능성 신소재로써의 활용이 활발히 연구되고 있다(Lee et al., 2008; Shimomura et al., 1990; Stobart et al., 1997; Takeuchi et al., 1995; Zhou et al., 1992).

잇꽃 종자의 발아에 관해서는 아직 체계적인 연구가 미흡한 상태이나 그 동안 보고된 내용을 보면, 잇꽃 종자는 2-5°C 부

*Corresponding author: njchung@jbnu.ac.kr

※ Received 27 July 2012; Revised 17 October 2012; Accepted 24 October 2012.

터 발아가 가능하며(Johnston et al., 2002), 발아 적온은 Ryu et al.(2005)은 25℃라 하였고, Jang(2009)은 5-10℃로 보고 하여 서로 상이한 연구 결과를 나타내고 있다.

종자에서 제(hilum)는 배병 또는 태좌에 붙어 있던 흔적으로 제의 색과 모양은 종자에 따라 다양한 형태를 이루고 있으며, 발아공(주공, micropyle)은 화분관이 수정을 위하여 배낭으로 침입하는 통로로써 배주의 한 쪽 끝에 있던 구멍이 종자에 남은 흔적이다(Copeland and McDonald, 2001; Hong et al., 2009). 잇꽃 종자에서 발아공 및 제의 구조와 기능에 대해서는 보고된 바 없으나, 마편초 종자에서는 종자의 수분 흡수에 제가 주요한 역할을 한다고 하며(Mackawa and Carpenter, 1991), 대부분 종자에서 수분흡수가 종피보다는 발아공을 통하여 왕성하게 이루어진다고 보고되고 있다(Bewely and Black, 1982). Hyde(1954)는 *Vicia*속과 팔속(*Phaseolus*) 식물의 종자는 건조할 경우 제 부분이 열리며, 이를 통해 수분이 빠져 나와 종자 내부가 건조되며, 강낭콩은 제, 주공, 봉선(raphe)을 통해서 전체 수분의 97-98%를 흡수한다고 한다.

종피가 두껍고 단단한 경질 종자는 등숙 후 일정기간 동안 수분 흡수 및 공기 교환이 불가능하여 종피 휴면을 나타내는 것이 대부분이다(Bewley, 1988; Copeland and McDonald, 2001). 그러나 잇꽃은 경질 종자임에도 불구하고 종자 휴면이 없으며, 수확기인 7-8월경의 장마로 수발아 피해가 발생하기도 한다(Choi et al., 2005).

따라서 본 연구에서는 잇꽃 종자의 구조와 경피와 관련된 발아 특성을 조사하였으며, 연구과정 중 제가 종자 발아에 밀접한 관련이 있어 주사전자현미경으로 제 부위의 형태적 특성을 관찰하였다.

재료 및 방법

식물 재료 및 형태관찰

본 연구에서 사용한 잇꽃 품종은 청수이며, 전북대학교 실험포장의 비닐하우스 내에서 재배하여 사용하였다.

잇꽃 종자의 표면에 있는 특수조직의 형성과정을 확인하기 위하여 재배 중인 식물체(2011년 3월 14일 파종)에서 개화 후 약 14일(7월 14일)에 꽃을 수집한 후 종축으로 절단하여 해부현미경(SZ61, Olympus, Japan)으로 화기조직에서 종자의 위치를 관찰하였다. 미숙 종자의 단면 구조는 꽃에서 채취한 종자(개화 후 14일)를 종축방향으로 메스로 절단하여 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride (TTC) 1% 용액으로 30℃ 항온기에서 2시간 동안 염색한 다음 해부현미경(SZ61, Olympus, Japan)으로 관찰하였다. 또한, 성숙종자의 외부형태와 종축 단면, 그리고 발아 시 유아의 돌출부위도

위와 같은 방법으로 관찰하였다. 종자의 형태적 특성으로 종자의 길이, 두께, 폭, 천립중을 측정하였고, 종자 외형의 특수 기관인 제와 주공의 길이와 폭을 측정하였다. 또한 종피의 두께, 정도, 천립중을 측정하였다.

종자의 파라핀 처리와 발아율 검정

종자 파라핀 처리 및 발아율 검정 전에 70% ethanol에서 1분, 2% sodium hypochlorite solution에서 15분 동안 shaking 하여 소독한 후 증류수로 수세하였다. 소독 종자는 상온에서 24시간 자연건조 시킨 후 용해된 파라핀을 제와 주공에 각각 떨어뜨렸다. 종자위에서 파라핀이 굳은 후에 손끝으로 부드럽게 문질러서 표면이 완전히 파라핀으로 코팅되어 밀봉되도록 하였다.

파라핀 처리 종자의 발아율 검정은 파종상자(15.5cm × 6cm × 10cm)에 상토(Arichan, Sang-lim Co., Korea)를 7cm 정도 채우고 종자를 1.5×1cm 간격으로 50립씩 파종 후 상토를 채워 파종심도가 3cm가 되도록 하였다. 파종 상자는 저면 관수로 수분이 공급되도록 수분공급용 트레이에 항상 0.5-1cm의 증류수가 유지되도록 하였다. 파종상자는 25℃ incubator(VS-1203PI-LN, Vision Scientific Co., Korea)에서 완전임의배치 4반복으로 14일간 처리 후 발아율을 조사하였다.

온도와 수분공급조건에 따른 잇꽃 종자의 발아율을 조사하기 위하여 다음의 3가지 파종방법을 이용하여 발아율을 검정하였다. top-of-paper method(TP), between-paper method(BP), soil seeding method. TP는 90mm의 petri-dish에 여과지(Quantitative filter papers No. 2, Advantec, Japan)를 깔고 종자를 치상하고 증류수를 공급(10mL/petri-dish)하여 제 부분이 증류수에 침수되도록 하였다. BP는 seed testing paper(Whatman)에 증류수를 스프레이하여 적신 후 종자를 paper 상부에 1cm 간격으로 4줄로 파종하였다. 파종 후 다른 한 장의 젖은 paper를 덮고 느슨하게 종이를 말아서 고무줄로 고정시킨 후 수분 공급용 트레이에 종자가 위쪽으로 올라오도록 세우고 트레이에는 3cm 정도의 증류수가 유지되도록 하였다. Soil seeding은 파라핀 처리종자의 발아율 검정과 같은 방법으로 상토에 파종하여 발아율을 측정하였다. 온도는 15, 20, 25℃의 3처리로 하였으며, 발아율은 반복 당 100립씩 4반복으로, 파종 후 14일 후에 조사하였다(ISTA, 2005).

종자 제 조직 횡단면의 미세구조 관찰

무처리 종자와 15℃에서 48시간 동안 침종시킨 종자의 제 조직 횡단면을 SEM으로 비교 관찰하기 위하여, 종자를 전처리액인 isomyl acetate로 치환하고 임계점 건조기 내에서 액체 이산화탄소로 치환한 다음 임계점(약 40℃, 90-110kg·cm⁻²)

에서 건조시켰다. 그 후 금속 증착(gold coating) 과정을 거쳐 SEM (JSM-5600LV, JEOL, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

결과 및 고찰

화기 내부에서 종자의 형성 과정은 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 종자의 하부는 모식물체의 자실벽의 태좌(placenta)와 연결되어 있고 상부는 암술의 화주(style)와 연결되어 있다 (Figs. 1A and 1B). 종자 발달이 완료되면 하부의 자실벽과 연결되었던 흔적은 제(hilum)가 되고 암술대와 연결되었던 흔적은 주공(micropyle)으로 형성되는 것을 확인하였다(Fig. 1D). 잇꽃의 꽃에서 발달과정에 있는 종자의 종축 단면을 tetrazolium으로 염색하여 관찰한 사진(Fig. 1C)을 보면, 종피 조직은 암술대와 연결되어 있는 주공 부위를 포함하여 종자의 외곽부위에 발달되어 있고 제 부위는 덮고 있지 않으며, 제는 종피와는 다른 조직으로 발달되어 있다. 종피 내부에는 자엽이 발달되어 있고 자엽 사이에 배가 위치하고 있다(Fig. 1E). 종자의 외관을 보면, 종자 모양은 방추형이며 종피색은 흰색에 가까운 옅은 회색빛을 띠고 있다(Fig. 1D). 방추형의 뾰족한 부분에 제 조직이 있으며 제의 반대편에 암술의 화주 부분이 연결되어 있던 주공이 위치하고 있다 (Fig. 1D). 종자의 발아 시 제를 통하여 배가 출현하며 이때 종피 조직이 두 쪽으로 벌어지며 발아된다(Fig. 1F).

잇꽃 종자의 크기는 Table 1에 나타난 바와 같이, 길이는

Fig. 1. Pictures of safflower seed at developing stage (A, B, and C) and matured stage (D, E, and F). A, Longitudinal section of flower; B, Developing seed located between placenta and style in flower; C, Longitudinal section of developing seeds (stained with tetrazolium); D, Seed exterior; E, Longitudinal section of seed; F, Sprouting seed.

Table 1. Seed size and weight in safflower.

Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	Weight of 1000 seeds (g)
6.54 ± 0.33	4.53 ± 0.38	3.70 ± 0.22	34.5 ± 0.09

6.54 ± 0.33mm, 두께는 3.70 ± 0.22mm, 종자의 폭은 4.53 ± 0.38mm이었고, 천립중은 34.5 ± 0.09g이었다. 잇꽃 종자에서 종피의 천립중은 20.9 ± 0.09g으로 종자 무게의 60.5%에 해당되며, 두께는 0.42 ± 0.08mm, 경도는 2.06 ± 0.47kg·mm⁻²으로 매우 단단한 경질 종자이다(Table 2). 종자의 외형에 나타난 특수 기관인 제의 크기는 길이 1.07 ± 0.14mm, 폭 0.97 ± 0.09mm였고, 표면적의 4.6%를 차지하고 있으며, 주공은 지름이 1.28 ± 0.16mm인 원형으로 표면적의 8%에 해당된다(Table 3).

잇꽃 종자의 흡수과정에서 제와 주공의 형태적 변화를 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다. 제는 종자 침종 후 2-3시간부터 중심부를 기점으로 타원형으로 표면이 갈라졌으며, 발아공은 수분흡수와 종자가 발아되는 과정에서 형태적 변화가 나타나지 않았다.

잇꽃 종자의 발아에서 수분흡수와 가스교환이 이루어지는 부위를 알아보기 위하여 제와 주공을 파라핀으로 봉합하여 발아율을 검정한 결과는 Table 4와 같다. 주공을 파라핀으로 봉합한 종자의 발아율은 81%로 무처리 종자의 발아율(80%)과 차이가 없었으나, 제 부위를 봉합한 종자는 2%의 발아율을 보였다. 따라서, 종자의 제 부분을 통하여 수분흡수와 가스교환이 이루어지는 것으로 판단된다. 주공과 제

Table 2. Characteristics of seed coat in safflower seed.

Hardness (kg·mm ⁻²)	Thickness (mm)	Weight of 1000 seed coat (g)
2.06 ± 0.47	0.42 ± 0.08	20.9 ± 0.09

Table 3. Size of hilum and micropyle on seed surface of safflower.

Hilum		Micropyle
Length (mm)	Width (mm)	Diameter (mm)
1.07 ± 0.14	0.97 ± 0.09	1.28 ± 0.16

Fig. 2. Pictures of hilum and micropyle surface before and after imbibitions.

등 종자 표면에 있는 특수구조가 종자 수분흡수 과정에서의 역할에 대하여 잇꽃 종자에서는 보고된 바 없으나 다른 종의 종자에서 보고된 바에 의하면, *Phaseolus vulgaris* (great northern bean) 종자는 발아공의 개폐가 수분흡수와 관련이 있으며(Kyle, 1955), 홍초(Cannaceae) 종자의 경우 수분 흡수가 봉선(raphe)을 통하여 이루어지는 것으로 보고되었다(Grootjen and Bouman 1988). 마편초(Verbena)에서는 제의 구조가 종자의 발아와 밀접한 관련이 있으며(Maekawa and

Carpenter, 1991), *Vicia*속과 *Phaseolus*속 식물의 종자가 건조한 상태에 놓이면 제 부분이 열리고, 이를 통해 수분이 빠져 나와 종자 내부가 건조되며, 강낭콩은 제, 주공, 봉선(raphe)을 통해서 전체 수분의 97-98%를 흡수하는 것으로 보고되었다(Hyde, 1954).

온도와 발아기질에 따른 발아율 검정결과는 Fig. 3과 같다. 제 부분이 물에 잠기도록 처리한 top of paper method에서 종자의 발아율은 15℃에서 31.3%, 20℃에서 15.7%, 25℃에서 6.0%로, 전반적으로 저조한 발아율을 보였고 온도가 높아지면서 발아율은 감소되었다. 발아율 흡습지를 이용한 between-paper method에서는 15℃에서 45.5%, 20℃에서 30.0%, 25℃에서 14.0%로 top of paper method에 의한 발아율보다는 다소 높게 나타났으며 온도가 증가할수록 발아율이 낮아지는 경향은 같게 나타났다. 한편, 토양에 종자를 파종하고 파종상자의 하부를 통하여 수분을 공급한 soil seeding 처리에서는 온도에 관계 없이 80% 내외의 정상적인 발아율을 보였다. 이러한 결과로 볼 때, 잇꽃 종자의 발아에 수분공급 방법과 온도가 밀접한 관련이 되어 영향을 미치는 것으로 보인다. 즉, 종자의 발아 시 수분이 이동되는 경로가 제(hilum)로 한정되어 있기 때문에 과도한 수분이 공급될 경우 제 입구가 물로 막히어 산소의 출입이 차단될 수 있다. 이 경우 높은 온도에서 호흡 장애로 인하여 발아율이 낮아지는 것으로 추측된다. 그 동안 잇꽃 종자의 발아 적온이 연구자에 따라 저온(5-10℃) 또는 고온(25℃)으로 결과가 다르게 보고되었던 것은(Jang, 2009; Ryu et al., 2005) 수분공급방법의 차이에 의한 것으로 판단된다.

잇꽃 종자의 수분공급과 산소 교환통로인 제의 미세구조를 확인하고자 종자의 흡수 전후의 형태를 주사전자현미경

Table 4. The effect of paraffin sealing of hilum and micropyle on germination in safflower seed.

Treatments	Germination percentage (%)
Control	80.0 a ^z
Hilum sealing	2.0 b
Micropyle sealing	81.0 a

^zThe same letters are not significantly different at 5% level of DMRT.

Fig. 3. Germination percentage of safflower seeds at different temperature (15℃, 20℃, and 25℃) and seeding methods (top of paper, between-paper, and soil seeding).

Fig. 4. SEM pictures of longitudinal sectioned hilum before and after imbibitions in safflower seed.

으로 관찰한 결과는 Fig. 4와 같다. 제의 두께는 약 750 μ m였으며, 제 표피의 두께는 10-30 μ m 정도였다. 제의 내부조직은 도관요소를 이루는 세포로 구성되어 있었다. 도관요소의 상층부는 공문상 비후조직(foraminate thickening tissue)으로 이루어져 있었으며(Fig. 4, 2-1) 나머지 부분은 망상비후조직(reticulate thickening tissue)으로 구성되어 있었다(Fig. 4, 2-3 and 2-4). 수분 흡수 전·후의 제의 표면 사진을 보면, 식물체 잎의 기공이 변형된 모습으로 중심부위에 돌기(micro protuberance)가 있고 돌기를 중심으로 주변 조직이 수분이 흡수되면 열리는 것을 확인할 수 있었다. 기공 내부의 도관조직은 수분 흡수 전후 형태적 변화는 나타나지 않았다. 이러한 결과를 종합해 보면, 잇꽃 종자의 제(hilum)는 발아과정에서 수분흡수와 가스교환의 통로가 되는 것으로 판단된다.

초 록

본 실험은 경실 종자인 잇꽃의 종자구조와 발아특성을 밝히고자 수행하였다. 잇꽃 종자의 외형적 특징은 단단한 종피 표면에 제(hilum)와 주공(micropyle)이 있으며, 제는 종자의 발달과정에서 태좌와 연결되어 있었고, 주공은 암술대와 연결되어 있었던 부분이다. 종자 침종 후 2-3시간 후에 제의 표면이 열렸으며, 발아 시 유아(embryo)가 제를 뚫고 돌출되었다. 잇꽃 종자의 흡수 전에 제와 주공에 파라핀을 처리하여 밀봉한 결과, 제 부위를 밀봉한 처리에서 종자의 발아가 이루어지지 않아 잇꽃 종자의 수분과 산소 교환이 제를 통하여 이루어진다는 것을 확인하였다. 잇꽃 종자의 제가 물에 잠기도록 수분을 공급한 발아실험(top of paper method)에서는 15 $^{\circ}$ C에서 31.3%, 20 $^{\circ}$ C에서 15.7%, 그리고 25 $^{\circ}$ C에서 6.0%가 발아하였으며, between-paper method에 의한 실험에서는 15 $^{\circ}$ C에서 45.5%, 20 $^{\circ}$ C에서 30.0%, 25 $^{\circ}$ C 14.0%로 발아율이 나타났고, 토양에 파종한 종자는 온도에 관계 없이 80% 내외의 발아율을 보여, 잇꽃 종자의 발아에 수분공급 조건과 온도가 밀접하게 연관되어 있었다. 제(hilum)의 내부 구조를 SEM(scanning electron microscope)을 이용하여 관찰한 결과 도관요소를 구성하는 세포로 이루어져 있었다. 이러한 결과로 볼 때, 잇꽃 종자의 제(hilum)는 발아과정에서 수분흡수와 가스교환 통로가 되는 것으로 판단된다.

추가 주요어: 경실 종자, 주공, 공기 및 수분 교환

- Ahn, D.G. and C.S. Yuk. 1975. Modern materia medica. Komoon Ltd., Seoul, Korea.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Springer-Verlag, New York, U.S.A.
- Bewley, J.D. 1988. Seed dormancy and germination. Chapman & Hall, New York, U.S.A.
- Choi, C.H., H.D. Kim, and E.B. IM. 2011. Reviews of research trends on safflower seed (*Carthamus tinctorius* L.). J. Oriental Medicinal Classics 24:63-90.
- Choi, S.Y., J.C. Kim, and K.J. Kim. 2005. Effect of cultivation methods and harvesting time on yield and quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds. Korean J. Crop Sci. 50: 187-190.
- Choi, Y.J. 1992. Perfume-medicinal taste-spice-encyclopedia of plants. Osung, Ltd., Seoul, Korea.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 2001. Principles of seed science and technology. Chapman & Hall, New York, U.S.A.
- Grootjen, C.J. and F. Bouman. 1988. Seed structure in cannaceae: Taxonomic and ecological implications. Ann. Bot. 61:363-371.
- Hong, B.H., K.H. Kang, B.H. Choi, J.G. Kim, S.H. Kim, and T.G. Min. 2009. New seed science. Hyangmoon Ltd., Seoul, Korea.
- Hyde, E.O.C. 1954. The function of the hilum in some papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa. Ann. Bot. 18:241-256.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2005. International rules for seed testing edition 2005. ISTA, Bassersdorf, SH-Switzerland.
- Jang, S.J. 2009. Determination of antioxidative activity and phenolic compounds in germinated safflower seeds. MS Thesis, Chonbuk Natl. Univ., Jeonju, Korea.
- Johnston, A.M., D.L. Tanaka, P.R. Miller, S.A. Brandt, D.C. Nielson, G.P. Lafond, and N.R. Riveland. 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the northern great plains. Agron. J. 94:231-240.
- Kyle, J.H. 1955. A study of the relationship of the micropyle opening to hard seeds in the Great Northern bean. MS Thesis, Univ. of Idaho, Moscow, U.S.A.
- Lee, C.B. 1980. Picture book of Korean plants. Baekyang Ltd., Seoul, Korea.
- Lee, K.S., Y.H. Kim, and N.J. Chung. 2008. Determination and isolation of antioxidative serotonin derivatives, N-(p-Coumaroyl) serotonin and N-feruoylserotonin from safflower seeds. Korean J. Crop Sci. 53:171-178.
- Maekawa, S. and W.J. Carpenter. 1991. Verbena seed hilum morphology contributes to irregular germination. Hort. Sci. 26:129-132.
- Noh, W.S. and J.S. Park. 1992. Lipid composition of Korean safflower seeds. J. Korean Agric. Chem. Soc. 35:110-114.
- Rural Development Administration (RDA). 1990. Color atlas. Native plants of Korea (herbaceous plant). RDA, Suwon, Korea.
- Ryu, J.H., J.W. Seo, and C.S. Kang. 2005. The effect of some stress on the germination and the growth of seedling in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Bul. Agricultural College, Chonbuk Natl. Univ. 36:49-64.

- Shimomura, Y., T. Tamura, and M. Suzuki. 1990. Less body fat accumulation in rats fed a safflower oil diet than in rats fed a beef tallow diet. *J. Nutr.* 120:1291-1296.
- Stobart, K., M. Mancha, M. Lenman, A. Dahlqvist, and S. Stymne. 1997. Triacylglycerols are synthesised and utilized by transacylation reactions in microsomal preparations of developing safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seeds. *Planta* 203:58-66.
- Takeuchi, H., T. Matsuo, K. Tokuyama, Y. Shimomura, and M. Suzuki. 1995. Diet-induced thermogenesis is lower in rats fed a lard diet than in those fed a high oleic acid safflower oil diet, a safflower oil diet or a linseed oil diet. *J. Nut.* 125:920.
- Zhou, Q. H., V. Klekner, and N. Kosaric. 1992. Production of sophorose lipids by *Torulopsis bombicola* from safflower oil and glucose. *J. Amer. Oil Chemists' Soc.* 69:89-91.