

## 고농도 산소수 침지를 통한 새싹 재배

† 1차 진 명 · 1홍 승 호 · 1김 선 일 · 2박 주 영 · 2김 맹 수 · 2이 인 화  
1비앤이테크(주), 2조선대학교 환경공학부 BK21 바이오가스기반 수소생산 전문인력양성팀  
(접수 : 2008. 3. 31., 게재승인 : 2008. 11. 10.)

## Cultivation of Sprout by Highly Concentrated Oxygen Water Soaking

Jin-Myeong Cha<sup>1†</sup>, Seung-Ho Hong<sup>1</sup>, Sun-Yil Kim<sup>1</sup>, Ju-Young Park<sup>2</sup>, Maeng-Su Kim<sup>2</sup>, and In-Hwa Lee<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>B&E Tech Co., Ltd., Junnam, 458 Korea, <sup>2</sup>Department of Environmental Engineering, BK21 Team for Biohydrogen Production, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea  
(Received : 2008. 3. 31., Accepted : 2008. 11. 10.)

In order to compare the germination and growth rate of the sprouts soaked in highly concentrated oxygen water, it with specific amounts of oxygen dissolved was produced in a high pressure reactor by pressuring oxygen. The sprouts were observed after being soaked in 20°C oxygen water with 20, 30, 40, 50 ppm of oxygen dissolved each. Results of ten days later indicate that the final germination rate of the sprout soaked in 50 ppm oxygen water was 24.6~28.6% higher than that of the sprout soaked in distilled water. The final growth length also measured 6-7 mm higher than the sprout soaked in distilled water, demonstrating that enough supply of oxygen to the sprout induces stability and efficiency in its growth.

**Key Words** : sprout, soaking, germination rate, growth rate, dissolved oxygen

### 서 론

항산화란 활성산소 (Oxygen free radical)의 산화 활동을 억제하거나 제거하는 것을 말한다. 우선 산소는 우리 인간에게 없어서는 안 될 필수 불가결한 물질이다. 인간을 포함한 모든 동물은 몸 밖에서 영양분을 섭취하고 그것을 산소로 연계시켜 에너지를 얻는다.<sup>1)</sup> 반면 우리 몸에는 끊임없이 활성산소 (유해산소)가 생긴다. 활성산소는 이른바 불안정하게 연소된 산소, 전자를 잃어버려 항상 불안한 이 산소가 세포를 공격해 상처를 입히는데, 이를 산화작용이라고 한다. 전문가들은 각종 질병의 90%와 노화 과정 등에 활성산소가 영향을 미치는 것으로 분석한다.<sup>2,3)</sup> 인체는 생명을 유지하는 동안 끊임없이 반응성이 강한 산소화합물 (reactive oxygen species; ROS)과 유리기를 생성하므로써, 산화물질 (pro-oxidants)을 축적하게 된다.<sup>4)</sup> 이러한 반응은 비정상적인 세포에서 뿐만 아니라 정상적인 세포에서도 대사과정 중 어느 정도의 Free Radicals와 기타 활성산소 및 과산화물이 생성되고 있다. 하지만 우리의 몸에는 이에 대한 방어기전으로 또 다른 산화억제물질 (antioxidants)이 형성되어, 산화물과 항산화물간에

평형적 균형이 이루어져 질병 없이 건강을 유지하게 된다.<sup>1,5)</sup>

인체의 노화 과정은 흔히 시소에 비유된다. 한쪽 시소엔 유해산소, 다른 쪽엔 이를 없애는 항산화 물질이 놓여 있다는 것이다. 젊을 때는 이 시소가 균형을 이룬다. 그러나 나이가 들면 유해산소 쪽이 더 무거워져 시소가 기울어지는 것이다. 그러나 현대를 살아가는 우리는 산화와 항산화물간에 동적 평형 상태를 유지하지 못하고 있다. 왜냐하면, 경제가 발달하고 물질이 풍요해짐에도 불구하고 증가하는 스트레스, 환경오염, 운동부족, 비만, 약물, 유전적 요인 등에 의해서 더 많은 산화물에 노출되어 있기 때문이다.<sup>6)</sup> 또한 식생활 문화의 서구화 변화와 음식의 풍요는 오히려, 부적절한 영양불균형을 초래하여 예전에는 발병률이 낮았던 지질 관련 질환이나 심혈관계 관련 만성 퇴행성 질환, 동맥경화증, 백내장, 노화, 암 등 각종 성인병의 질병 이환율 빈도가 점점 더 증가하고 있는 추세이다. 이처럼, 산화로 인한 질병으로부터 인체를 보호하기 위해서는 산화 위험 인자를 막아 산화 노출 가능성을 줄이고 산화를 방어하는 항산화물의 일정 농도를 체내가 유지하도록 하는 것이 필요하다.<sup>7)</sup>

이러한 노화방지와 관련한 대표적인 식품 및 의약품으로 새싹은 지대한 관심을 받고 있다. 국외에서는 1990년대 후반부터 새싹의 기능성에 대한 연구가 활발하게 진행되어 브로콜리 등의 새싹에는 항암성분인 설폰라페인 (sulforaphane)의 함량이 다 자란 식물체보다 어린 싹에 20~30배 많이 함유되어 있다는 것과 동물실험을 통하여 추출물 1% 투여군이 대조군 대비 유방종양의 수 및 크기

† Corresponding Author : B&E Tech Co., Ltd., Junnam, 458 Korea  
Tel : +82-61-373-9092, Fax : +82-61-373-9091  
E-mail : padori@hanmail.net

가 2배~4배 적게 발생한다는 연구결과를 발표하였고, 이 물질은 세포자신이 갖고 있는 자연적인 항암조직을 자극해서 phase2 enzymes라 불리는 단백질을 작동시켜 DNA 손상을 방지함으로써 암 유발을 방지한다는 새싹의 항암작용에 대한 생화학적 원리가 규명되었다.<sup>1,8)</sup> 현대인들은 이러한 연구들의 세부적인 내용을 모른다고 해도 항산화와 관련해 새싹에 대한 관심이 매우 증대해 있으며, 그에 따른 새싹의 수요도 매년 급상승하고 있다.

본 연구는 브로콜리와 적무 씨앗을 생장에 필요한 필수 요소인 산소를 많이 함유한 고농도 산소수로 씨앗을 침지시켜 초기 발아 조건을 변화시켜 준 후, 씨앗 종자의 발아 및 생장에 침지수의 산소 농도가 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료 및 실험장치

브로콜리, 적무씨 등 실험에 필요한 새싹 씨앗들은 아시아종묘에서 구입하여 밀봉된 상태로 실온에서 보관하면서 사용하였다. 새싹의 재배는 20℃로 고정된 재배실에서 실험하였다. 침지수의 용존 산소량을 증가시키기 위해 2 L 고압반응기 (parr instrument, 4530)에 증류수를 채우고 튜브를 이용해 산소 분배를 연결하여 산소를 통해 가압하였으며, 용존산소 측정기 (Thermo, Orion 083010MD)를 이용하여 반응 후 산소수에 함유된 산소량을 측정하였다. 산소수를 이용한 새싹 침지 시 뚜껑이 있는 유리병을 사용하여 새싹을 침지하였고, 새싹의 재배는 70% 에탄올을 이용해 살균한 플라스틱 상자에 재배 거즈를 깔고 그 위에 침지한 씨앗을 파종하였다. 재배 시 공급수는 다른 미생물의 영향을 방지하기 위해 UV 살균장치 (자체 제작) 로 살균한 물을 사용하면서 새싹의 발아율과 성장률을 관찰하였다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 실험 장치를 통한 새싹 재배의 대략도이다.

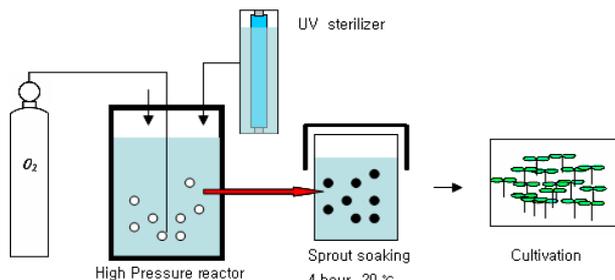


Figure 1. Scheme of cultivation by oxygen water soaking.

#### 실험방법

새싹 씨앗의 침지에 사용될 고농도 산소수를 제조하기 위해 고압반응기를 이용하였다. 고압반응기의 물 주입구에 밸브를 연결하고 튜브를 통해 산소 분배를 연결하여 산소를 강제 공급함으로써 용존 산소율을 높이고자 하였다. 우선 고압반응기에 물 300 ml를 넣고 일정한 압력 하에 산소를 공급하는 시간을 조절하여 용존산소량을 측정하고, 일정 시간 동안 공급하는 압력을 각각 달리하여 물속의 용존 산소량을 측정하여 공급 압력과 공급 시간에 따른 용존산소량을 측정하였다. 이러한 방법을 통해 생성된 산소수를 20℃에서 용존 산소량에 따라 각각 200 ml를 이용하여 새싹 씨앗 20 g을 4시간 동안 멸균된 비커에 밀봉한

상태로 침지 시켰으며, 20℃로 고정된 항온실에서 재배하면서 발아율과 성장률을 관찰하였다. 발아율은 24시간 간격으로 측정 시각에 씨앗에서 싹이 1 mm 이상 자란 것의 비율을 나타내었고, 성장률은 발아된 씨앗의 간격으로 무작위로 선별하여 종자의 유근의 평균 길이를 나타내었다.

재배 시 새싹 씨앗이 습도를 유지할 수 있도록 충분한 수분을 공급하였으며, 공급수는 일반 증류수로 다른 미생물 등의 영향을 제거하고자 UV를 통해 하여 공급하였다.

### 결과 및 고찰

#### 산소 강제 공급에 의한 용존 산소량 변화

고압반응기에 산소 분배를 연결하여 산소의 공급 압력을 변화시키는 동시에, 1분 단위로 공급 시간을 조절하여 생산한 고농도 산소수의 용존 산소량을 측정하였다. 압력의 변화는 0.5 kgf/cm<sup>2</sup> 단위로 증가시키면서 측정하였으며, 0.5 kgf/cm<sup>2</sup>, 1.0 kgf/cm<sup>2</sup>, 1.5 kgf/cm<sup>2</sup> 압력에서의 측정값은 재현성이 매우 떨어져 실험 값에서 제외하였다. 산소 분배에서 주입 압력을 조절하면서 살펴본 결과 Fig. 2와 같이 일정 시간 동안 압력이 증가함에 따라 용존 산소량이 증가함을 살펴볼 수 있고, 산소 공급 시간이 길수록 물속의 용존 산소량이 증가 하는 것을 알 수 있다. 추가로 10분 정도 산소를 공급하여 가압시간에 따른 산소수의 용존 산소 변화를 살펴보았지만, 용존 산소량이 5분 주입하였을 때와 거의 차이가 나지 않아, 5분 정도의 가압시간이 고농도 산소수를 만들기 위한 충분한 시간이라고 판단되었다. 또한 가압 시간을 5분으로 고정된 후 2~6 kgf/cm<sup>2</sup>의 압력 범위 조건에서 생성된 산소수의 용존 산소 변화를 살펴본 결과, 4.5~5 kgf/cm<sup>2</sup> 압력에서 가장 높은 용존 산소량을 나타냈다. 따라서 5분의 가압 시간, 4.5~5 kgf/cm<sup>2</sup>의 압력을 고농도 산소수를 생산하기 위한 최적의 조건으로 결정한 후 실험을 진행하였다. 실험 시 필요한 적정 산소 농도의 산소수를 압력과 가압 시간을 조절하여 생성할 수 있었다.

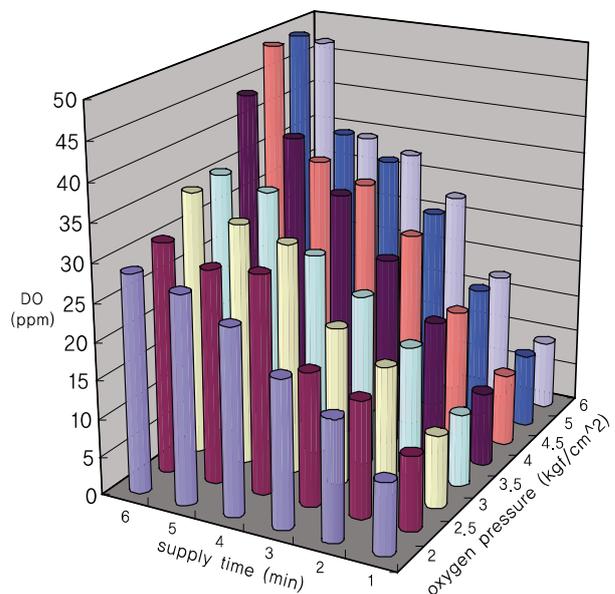


Figure 2. Dissolved oxygen quantity by oxygen pressure and supply time.

**침지수의 용존산소량 변화에 따른 새싹 재배**

새싹 재배 시 침지수의 용존 산소가 새싹의 발아나 성장에 주는 영향을 알아보기 위하여 고압반응기에서 증류수를 이용하여 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm의 산소수를 각각 제조하였고, 20℃ 일반 증류수의 평균 용존 산소량인 8.65 ppm을 기본 대조구로 비교하여 실험을 진행하였다. 살균된 비커에 일반 증류수와 제조한 산소수를 이용해 4시간동안 브로콜리 씨앗과 적무 씨앗을 공기가 통하지 않는 조건에서 침지하였다. 침지한 씨앗을 70% 에탄올로 소독한 재배기에 거즈를 깔고 씨앗이 마르지 않도록 충분한 수분을 공급하면서 발아상을 10일 동안 24시간 단위로 관찰하였다.

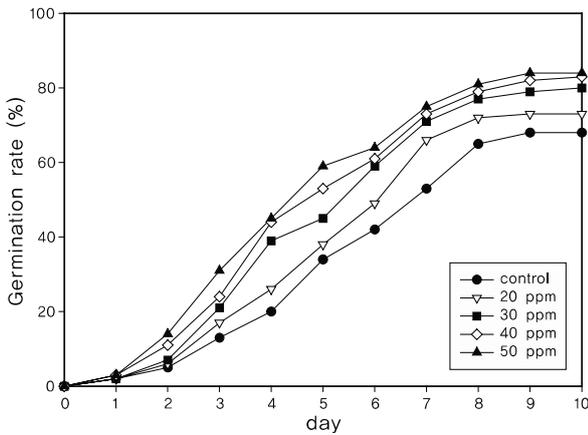


Figure 3. The Germination rate of broccoli sprouts as supplying dissolved oxygen treatment of soaking water.

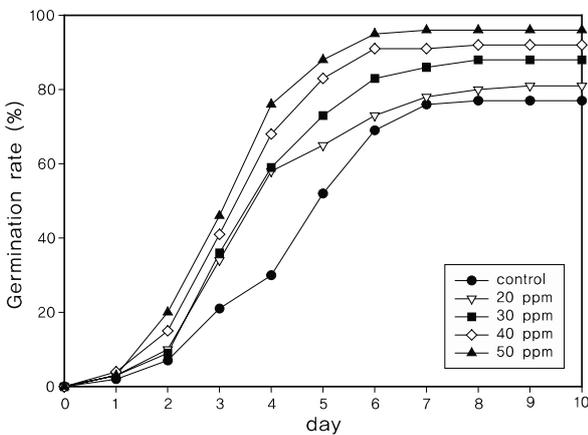


Figure 4. The Germination rate of red radish sprouts as supplying dissolved oxygen treatment of soaking water.

Fig. 3과 4는 산소수를 이용해 씨앗을 침지 시킨 브로콜리와 적무의 발아율을 나타낸 것이다. 초기 1일째에는 모든 조건에서 발아율이 매우 저조하였으나 2일째부터는 용존산소량이 높은 산소수로 침지한 새싹의 발아율이 높게 나타났으며, 더 이상 발아하는 씨앗이 관찰되지 않는 시점인 10일째 최종적인 발아율은 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 브로콜리의 경우 일반 증류수 침지 시 63%를 나타냈고, 실험군 최대 용존산소량인 50 ppm에서는 81%가 발아하였다. 적무의 경우에는 Fig. 4와 같이 최종적으로 일반 증류수 침지 시 77% 발아하였고, 50 ppm에서 96%가 발아하였으며, 브로콜리의 경우 일반 증류수와 고농도 산소수의 발아

율이 28.6%, 적무의 경우에는 24.7%의 발아율이 증가함을 알 수 있었다. 낮은 용존산소량에서의 성장 그래프 결과를 보면 발아가 느리면서 총 발아량도 적지만, 고농도의 산소수로 침지했을 경우에는 보다 안정적인 발아 성향을 관찰할 수 있으며, 발아 속도도 확연하게 빠르다는 것을 알 수 있었다. 이로 인해 발아 시에 씨앗에 공급되는 산소의 양이 증가하면 씨앗의 발아를 촉진하고, 씨앗의 침지 시에 공급된 산소가 씨앗의 안정적인 발아에 도움을 주었음을 알 수 있었다.

새싹의 성장률에서도 이러한 성향을 관찰할 수 있는데, Fig. 5와 6은 씨앗을 산소수로 침지한 브로콜리와 적무의 성장률을 나타낸 결과이다. 전체적인 결과는 고농도 산소수로 침지한 새싹의 성장이 더 빠르면서도 최종 새싹의 길이도 길게 관찰되었다. 브로콜리의 경우에 최종 새싹 산물의 잎을 제외한 총길이가 일반 증류수로 씨앗을 침지한 경우에 44.1 mm이고, 50 ppm 산소수로 침지한 결과군은 평균 길이가 50.5 mm로 나타났다. 적무의 경우에는 최종 산물의 평균 길이가 일반 증류수 침지 시 61.5 mm, 50 ppm 산소수 침지 시에는 68.8 mm의 결과가 나왔다. 또한 Fig. 4와 5에서 볼 수 있듯이, 브로콜리와 적무 새싹 모두 성장의 속도가 고농도의 산소수로 씨앗을 침지한 실험군으로 갈수록 빠르다는 것을 알 수 있다. 성장 과정에서 새싹에 추가로 산소수를 공급하지 않고 일반 증류수를 공급했음에도 불구하고, 발아 전의 씨앗을 고농도 산소수로 침지한 효과가 새싹의 발아율 뿐만 아니라 성장률에도 영향을 있음을 알 수 있다.

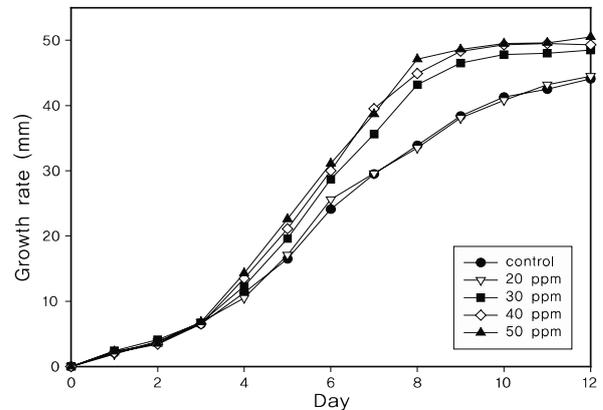


Figure 5. The growth rate of broccoli sprouts as supplying dissolved oxygen treatment of soaking water.

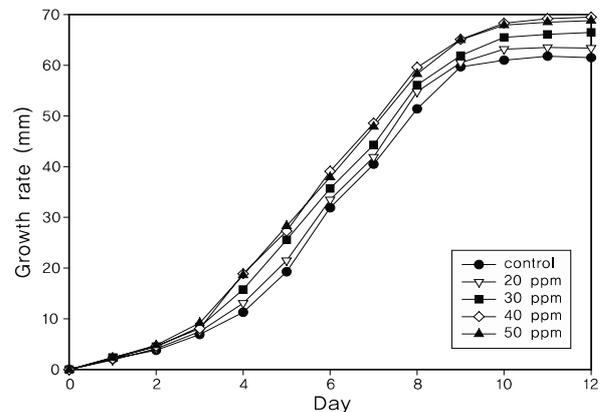


Figure 6. The growth rate of red radish sprouts as supplying dissolved oxygen treatment of soaking water.

이와 같은 새싹 씨앗의 발아율과 성장률 분석을 통해 고농도 산소수를 이용하여 새싹을 침지하는 방법이 새싹의 성장에 미치는 영향을 살펴볼 수 있었다. 고농도 산소수로 새싹의 씨앗을 침지시킬 경우에 산소수에 함유된 고농도의 산소들은 씨앗이 발아를 촉진시키는 것은 물론이고, 씨앗이 발아하여 새싹의 줄기 성장에도 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 침지 시 공급된 고농도 산소수로 인해 씨앗에 충분한 산소가 공급되고, 이렇게 공급된 산소가 씨앗의 발아 후에도 새싹의 안정적인 성장을 유도하게 되는 것이다. 새싹의 성장과 관련된 작용이 성장 과정에서 환경에 의해 영향을 받기도 하지만, 그와 관계없이 발아하지 않은 씨앗 상태에서 환경을 조절해주는 것만으로도 새싹의 성장에 관여할 수 있다는 것이다.

새싹의 재배에 있어 산소의 공급은 새싹의 성장에 있어서 매우 중요한 요소이다. 이러한 산소를 원활하게 공급해줄 수 있는 방법으로 재배 시에 산소수를 직접 공급하는 방법이 있을 것이다. 하지만 산소수를 직접 새싹에 공급하는 방법은 공기 중에 빠져나가는 산소로 인해 새싹에 직접 영향을 주기가 힘들어 효율이 떨어질 수밖에 없을 것이다. 하지만 새싹의 씨앗에 고농도의 산소수를 이용해 침지하는 방법은 새싹에 산소를 직접적으로 공급함으로써 새싹의 발아율과 성장률을 증진시킬 수 있으며, 씨앗을 충분히 침지시킬 수 있는 적은양으로도 새싹의 성장을 촉진시킬 수 있어 대량 생산 시에도 새싹재배의 효율성과 안정성을 높일 수 있을 것이다.

## 요 약

고농도 산소수를 이용한 새싹 침지로 인한 발아율 및 성장률을 비교하기 위하여 특정 용존산소량의 산소수를 고압 반응기에서 산소를 통한 가압을 통해 생성하였고, 용존산소량을 20, 30, 40, 50 ppm으로 조절한 산소수로 온도 20℃에서 새싹을 4시간 동안 침지한 후 새싹을 관찰하였다. 그 결과 새싹의 10일째 최종적인 발아율은 일반 증류수 침지 시에 비해 50 ppm 산소수 침지 시 최종발아율은 24.6~28.6% 높게 나타났고, 최종 성장 길이도 6~7 mm 정도 높은 값을 나타내어, 새싹의 성장에서 씨앗의 충분한 산소 공급에 의한 발아가 안정적이고 효율적인 성장을 유도함을 알 수 있었다.

## 감 사

이 논문은 2008년도 한국산업기술재단 지역혁신 석박사 인력 양성 사업에 지원에 의하여 연구되었으므로 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

1. Zhang, Y., Talalay, P., Cho, C. G., and Posner, G. H. (1992), A major inducer of anticarcinogenic protective enzymes from broccoli: Isolation and elucidation of structure. *Proc Natl Acad Sci USA* **89**, 2399-2403.
2. Talalay, P., Fahey, J. W., Holtzclaw, W. D., Prester, T., and Zhang Y. (1995), Chemoprotection against cancer by phase 2 enzyme induction. *Toxicol Lett* **82/83**, 173-179.
3. Kim, M. R., Lee, K. J., Kim, J. H., and Sok, D. E. (1997), Determination of sulforaphane in cruciferous vegetables by SIM. *Korean J Food Sci Technol* **29**, 882-887.
4. Kim, M. R., Lee, K. J., Kim, Y. B., and Sok, D. E. (1997), Induction of hepatic glutathione S-transferase activity in mice administered with various vegetable extracts. *J Food Sci Nutr* **2**, 207-213.
5. Jong, H. K. and J. R. Botella (2002), Callus Induction and Plant Regeneration from Broccoli for Transformation. *J Plant Biology*. **45**(3), 177-181.
6. Lee, S. M., Rhee, S. H., and Park, K. Y. (1997), Antimutagenic Effect of Various Cruciferous Vegetables in Salmonella Assaying system. *J. Fd Hyg. Safety* **12**, 312-327.
7. Cuvelier, M. E., Richard, H. and Berset, C. (1992), *Biosci. Biotech. Biochem.* **56**, 324-325.
8. Kim, H. S. and Chung, S. Y. (1992), Effects of feeding the mixed oils of butter, sardine and safflower on the lipid components in serum and activities of hepatic functional enzymes in rats. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **21**, 608.