J. Fd Hyg. Safety 16(4), 349–354 (2001)

Streptozotocin유발 당뇨쥐에서 세사민과 세사몰린의 항산화효과

성하정 · 강명화* · 정혜경* · 송은승* · 정미혜 · 이제봉 · 민관식**†
*농업과학기술원, *호서대학교 식품영양학전공, **축산기술연구소*

Antioxidant Effects of Sesamin and Sesamolin in Streptozotocin-induced Diabetes Mellitus Rat

Ha Jung Sung, Myung Hwa Kang*, Hae Kyung Chung*, Eun Seung Song*, Mi Hye Jeong, Je Bong Lee and Kwan Sik Min†**
National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-707
**Dept. of Food and Nutrition, Hoseo University, Asan 336-795*
***National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350*

ABSTRACT – Oxidative stress is believed to play an important role in the development of vascular complications associated with diabetes mellitus. We examined the antioxidative effect of sesamin and sesamolin on the preventing the development of insulin dependent diabetes mellitus using streptozotocin-induced Spraque Dawley diabetic rats. From 48 hours after injection of streptozotocin (60 mg/kg body weight), a portion of diabetic rats were fed with 0.2% sesamin and sesamolin containing diet for 3 weeks. There were significant differences of blood glucose and kidney weight between diabetic ports and control. Sesamin and sesamolin increased glutathione-S-transferase activity in kidney. The concentration of the thiobarbituric acid-reactive substances in the serum, liver, and kidney of diabetic rats administered sesamin and sesamolin decreased significantly as compared with that of the non-treated diabetic group. Dietary sesamin and sesamolin suppressed the oxidative stress in the diabetic rats. These results demonstrated that sesamin and sesamolin are potential and effective antioxidants that can protect the complications associated with diabetes.

Key words □ Diabetes Mellitus, Sesamin, Sesamolin, Streptozotocin, Antioxidant

최근 증가된 산화 스트레스(oxidative stress), 산화질소(NO)의 생성과 활성의 변화가 당뇨병의 합병증 및 진행을 촉진시킨다는 연구보고와 당뇨병을 예방시키는 방안으로 산화스트레스를 억제 또는 제거시켜야 한다는 연구보고들이 증가하고 있다.[1,2)]

정상적인 상태에서 자유기(free radical)의 생성과 항산화 방어계의 활성이 균형을 이루고 있으나 당뇨환자의 경우 간조직이나 심장근육 및 혈청 등에서 지질과산화물의 생성이 증가되어 뇌졸증이나 심근경색 등과 같은 심혈관계 질환을 일으키기 쉽다.[2,3)] 당뇨병에서는 포도당과 당화단백질의 산화와 이와 연관하여 나타나는 여러 가지 인자들이 산소자유기의 생성을 증가시켜 다양한 항산화 방어기전과 활성의 감소가 관찰되었다.[4)] 최근 다수의 연구에서 항산화제를 공급함으로서 당뇨병 및 그의 합병증을 감소시킬 수 있다는 결과가 제기되면서 천연물로부터 당뇨병을 예방하거나 또는 억제시킬 수 있는 물질을 찾으려는 연구가 진행되고 있다. Rhee 등[5)]은 스트렙토조토신(streptozotocin: STZ)유발 당뇨쥐에게 비타민 E와 셀렌을 동시 급여시 생체내 항산화계 효소의 활성을 증가시켜 생리적 항산화 물질이 증가함을 보고하였고, Miyake 등[6)]은 감귤피로 부터 추출한 hesperidine 및 eriocitrin과 같은 플라보노이드 물질이 STZ유발 당뇨쥐에게 당뇨병의 합병증을 억제시켰다고 하였다.

참깨는 예로부터 건강에 좋은 식품으로 알려져 왔으나 최근에야 비로서 참깨에 미량이지만 참깨의 활성을 나타내는 성분으로 세사민(sesamin), 세사몰린(sesamolin), 세사미놀(sesaminol)과 세사미놀 배당체(sesaminol glucosides) 등이 존재하는 것으로 밝혀졌다.[7,8)] Akimoto 등[9)]은 세사민이 간에서 알코올 분해 작용을 촉진시키고 또한 장내 콜레스테롤 흡수를 억제시키는 것으로 보고하였다. Kang 등[10)]은 참깨 리그난중 지용성 성분인 세사몰린이 *in vitro*계에서는 항산화 효과가 약한 것으로 나타났으나 *in vivo*계에서 강한 생체방어 능력을 나타내는 것으로 보고하였다. 이처럼 참깨 리그난의 항산화 효과에 관한 많은 연구가 이루어져 왔으나 당뇨병에서 참깨 리그난의 산화스트레스에 관한 항산화제로서의

†Author to whom correspondence should be addressed.

효과가 있는지에 관한 연구는 아직 미미한 실정이다.

따라서 본 연구는 STZ로 당뇨병을 유발시킨 쥐에게 세사민과 세사몰린 급여 시 혈당 및 생체내 항산화 방어 효소에 미치는 효과에 관한 연구결과를 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 세사민과 세사몰린은 Fukuda 등[8]의 방법에 의하여 preparative reverse-HPLC에 의해 분취하고 proton nuclear magnetic resonance(^{1}H-NMR)에 의하여 물질을 확인하였다.

실험동물

실험동물은 8주령의 Sprague-Dawley종 숫컷 랫드(체중 190~200 g)를 대한실험동물에서 구입하여 한군 당 6마리를 정상대조군(control), 당뇨유발군(STZ), 당뇨유발 세사민급여군(sesamin-STZ) 및 당뇨유발 세사몰린급여군(sesamolin-STZ)의 4군으로 나누었다. 처음 5일 동안 실내온도 23±1°C, 12시간 명암주기에서 표준식이와 물을 충분히 공급하면서 환경에 적응시킨 후 casein 식이를 기본식이로 Table 1과 같이 식이를 제조하여 공급하였다. 당뇨병 유발은 신선하게 준비된 생리식염수에 streptozotocin(60 mg/kg body weight)을 녹여 복강주사한 후 48시간 경과 후 24시간마다 뇨를 대사케이지의 채뇨병으로 수거하여 당농도를 측정하여 당뇨병이 일어났는지 확인하였다. 식이와 물 섭취량은 매일 일정시간에, 체중은 일주일에 한번 측정하였다. 3주 후 12시간 동안 절식시킨 다음 에틸 에테르로 마취하고, 복부대정맥에서 채혈후 750×g에서 10분간 냉장원심분리하여 혈청을 분리하였다. 또한 생리식염수로 관류 후 간과 심장을 적출한 다음 분석 전까지 -80°C에 보관하면서 다음의 각종 분석에 사용하였다.

Table 1. Diet composition (%) of experimental groups in STZ-induced diabetic rats

Ingredients	Basal diet	Sesamin-treated group	Sesamolin-treated group
Casein	35.0	35.0	35.0
Cellulose	4.0	4.0	4.0
Corn oil	5.0	5.0	5.0
Mineral mixture[1)]	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture[2)]	1.0	1.0	1.0
Corn starch	60.5	60.3	60.3
Sesamin	0.0	0.2	0.0
Sesamolin	0.0	0.0	0.2

[1)]Composition of mineral mixture (g/kg diet): $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ 0.43, KH_2PO_4 34.31, NaCl 25.06, Fe-citrate 0.625, $MgSO_4$ 4.8764, $ZnCl_2$ 0.02, $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ 0.121, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0.156, KI 0.0005, $CaCO_3$ 29.29, $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ 0.0025, Cellulose-powder 5.1036

[2)]Composition of vitamin mixture (g/kg diet): Vitamin A-acetate 100.0 (50,000 IU), vitamin D_3 0.25 (10,000IU), vitamin-E acetate 500.0, vitamin K_3 520.0, vitamin B_1-HCl 120.0, vitamin B_2 400.0, vitamin B_6-HCl 80.0, vitamin B_{12} 0.05, vitamin C 3,000.0, biotin 2.0, folic acid 20.0, calcium-pantothenate 500.0, para-amino-benzoic acid 600.0, nicotinic acid 600.0, inositol 600.0, choline-chloride 20,000, cellulose-powder 73,057.7

혈액생화학적 분석

혈청 및 뇨의 당 농도의 측정은 아산제약의 enzymatic kit AM 210K를 사용하여 500 nm에서 비색정량하였다. 혈청 glutamic oxaloacetic transferase(GOT), glutamic pyruvic transferase(GPT) 활성 및 총 콜레스테롤 농도 측정은 아산제약의 분석용 kit를 사용하였다. 단백질 측정은 표준 물질로 bovine serum albumin을 사용한 bicinchonic acid protein assay kit(Pierce, Rockford, IL)를 사용하였다.

지질 과산화도 측정

혈청 및 조직중 과산화도 생성 측정은 Kang 등[10]의 방법에 따라 thiobarbituric acid-reactive substances(TBARS)법을 사용하여 측정하였고 tetraetoxy propane을 사용한 표준검량선에 의하여 계산하였다.

시료의 조제 및 효소활성 측정

적출한 간과 심장은 차가운 생리식염수로 씻어 여과지로 물기를 제거한 다음 각 조직 g 당 9배의 차가운 phosphate buffered saline(PBS, pH 7.4)을 가하여 homogenizer로 마쇄하였다. 이 마쇄액을 750×g에서 15분 간 원심분리한 후 상등액을 얻었고 상등액을 10,000×g에서 30분간 냉장원심분리 한 후 Simons와 Johnson[11]의 방법에 따라 GSH 함량을 glutathione-S-transferase(GST)는 Habig[12]의 방법에 의하여 측정하였다.

통계처리

실험결과는 mean±S.D.로 나타냈으며 각 평균치의 차이는 StatView version 5.0(Abacus Concepts, Inc., Berkely, CA, 1998)을 사용한 Duncan's multiple range test에 의해 α=0.05 수준에서 유의성 검정을 하였다.

결과 및 고찰

체중, 식이섭취량 및 신장의 무게

STZ을 투여하여 당뇨병을 유발시킨 흰쥐에게 3주간 세사민과 세사몰린을 식이에 0.2%씩 첨가하여 급여한 후 체중 증가량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 체중 증가는 14일 후부터 STZ를 투여하여 당뇨를 유발시킨 당뇨군(STZ)이 정상대조군에 비해 유의적으로 감소하였다. 이는 정상대조군이 계속 증가 추세를 보인 반면 STZ 유발 당뇨쥐들이 현저한 감소를 보인다는 보고와 일치하는 결과였다. 본 실험에서 체중증가량을 관찰한 결과 다른 당뇨병 실험결과와 일치하는 결과였다.[5,13,14] 한편 식이섭취량 및 간과 신장의 무게 측정 결과 Table 2와 같다. 식이섭취량은 각 군간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Lau와 Faill[15]는 STZ유발 당뇨쥐에서 식이섭취량이 증가한다고 보고하였다. 장기무게 측정 결과 간은 세사몰린 급여 당뇨쥐에게 약간 증가하는 경향이었다. 신장의 무게는 정상대조군에 비해 STZ투여 당뇨쥐에게 약간 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. Kwag 등[13]의 보고에서도 신장의 무게가 STZ 투여 당뇨쥐가 정상대조군에 비해 증가하는 것을 알 수 있었는데 이는 Seyer-Hensene 등[16]이 당뇨초기에 신장이 급속히 비대해진다고 하였고, Hong 등[17]은 초기 신장의 비대는 신장 조직 somatomedin-C의 분비와 관련이 있고 insulin 투여 시 감소한다고 보고하였다. 본 결과에서 세사민과 세사몰린 투여 시 신장 조직의 비대는 억제되지 않았다.

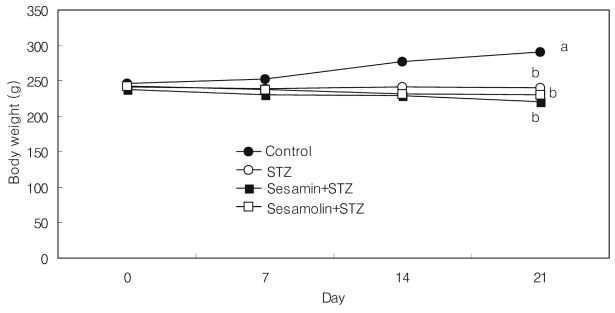

Fig. 1. Effects of sesamin and sesamolin on body weight gain during 21 days after induction of diabetes mellitus. Each value is the mean for triplicate experiments (n=6). Different alphabets in each values show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test. Streptozotocin is expressed as STZ.

혈당농도

당뇨유발 21일 후 혈청 중 당 농도를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 정상대조군의 혈당량이 109.2 ± 40.16 mg/dL였고 STZ 투여군은 319.4 ± 105.74 mg/dL으로 STZ 투여에 의해 혈당량이 약 3배 증가하였다. 또한 세사민 급여군은 146.56 ± 23.99 mg/dL, 세사몰린 급여군은170.74 ± 105.94 mg/dL로 유의적으로 감소하였다. Miyake 등[6]은 레몬 플라보노이드인 eriocitrin 및 hesperidin을 STZ유발 쥐에게 급여시 혈당량에는 영향을 미치지 않는다고 보고하였고, vitamin E도 혈당량에는 영향을 미치지 않는 것으로 보고하였다.[5] 한편 김 등[18]은 달개비풀, 인삼, 달맞이꽃 종자유 등이 STZ유도 당뇨흰쥐에서 혈당 강하 작용에 관한 연구결과 달개비풀에서 투여

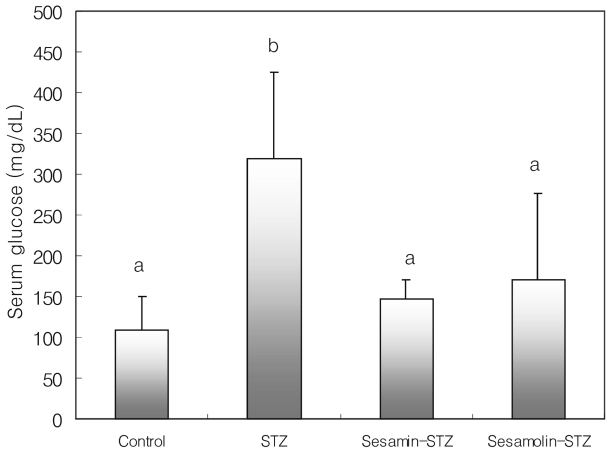

Fig. 2. Effects of sesame lignans on serum glucose level in the rats fed sesame lignans diets for 21 days. Each bar is the mean standard deviations for triplicate experiments (n=6). Different alphabets in bar show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test. Streptozotocin is expressed as STZ.

Table 2. Physiological conditions of rats fed sesame lignans diets for 21 days in STZ-induced diabetic rats

Groups	Food intake (g/day)		Liver weight	Kidney weight
	Before	After	(g)	(g)
Control	18.60 ± 3.13[1)]	22.40 ± 3.58	9.34 ± 1.54	2.12 ± 0.63
STZ[2)]	16.60 ± 1.95	22.60 ± 3.13	9.21 ± 1.19	2.62 ± 0.31
Sesamin-STZ	20.05 ± 0.05	22.80 ± 2.68	8.70 ± 1.33	2.34 ± 0.34
Sesamolin-STZ	19.95 ± 0.52	24.00 ± 0.07	10.43 ± 2.01	2.59 ± 0.28

[1)]All data are expressed as mean standard deviations for triplicate experiments (n=6).
[2)]Streptozotocin is expressed as STZ.

10일 후 유의적인 혈당 강하 효과를 보고하여 세사민과 세사몰린에 의한 연구결과와 일치하였으나 앞으로 이 물질의 장기 투여와 함께 안정성 문제 및 작용기전에 관한 자세한 연구가 필요하겠다.

뇨중 당농도

24시간 뇨를 채취한 후 당농도를 측정한 결과는 Table 3과 같다. STZ투여 48시간 후 뇨당 농도가 급격히 증가하여 STZ를 투여한 쥐 모두가 당뇨병이 유발되었다. 당뇨유발 후 21일 후 뇨를 수거하여 당 농도를 측정한 결과 21.16 ± 13.72 mg/day로 나타났다. 한편 같은 시기의 세사민과 세사몰린 급여군에는 19.52 ± 8.99 mg/day와 10.93 ± 7.79 mg/day로 세사몰린만이 당농도를 유의적으로 감소시켰다.

간장 GOT 및 GPT

Table 3. Effects of sesamin lignans on urinary glucose level in STZ-induced diabetic rats

Groups	Urine (glucose mg/days)	
	After 48 hr*	After 21 days**
Control	6.14 ± 2.85 [1)a]	3.16 ± 1.09 [2)a]
STZ[3)]	25.88 ± 17.43[b]	21.16 ± 13.72[c]
Sesamin-STZ	46.50 ± 24.56[b]	19.52 ± 8.99[c]
Sesamolin-STZ	54.75 ± 23.54[b]	10.93 ± 7.79[b]

*The uninary glucose was measured at 48 hours after STZ treatment.
**The uninary glucose was measured after sesamin lignans-containing diets were fed to all groups during 21 days.
1)All data are expressed as mean ± standard deviations for triplicate experiments (n=6).
2)In each column, different alphabets show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test.
3)Streptozotocin is expressed as STZ.

Table 4. Effects of sesame lignans on serum GOT and GPT activities in STZ-induced diabetic rats

Groups	GOT*	GPT*
Control	66.47 ± 36.80[1)]	22.01 ± 7.68[a2)]
STZ[3)]	84.64 ± 22.25	46.44 ± 12.54[b]
Sesamin-STZ	68.48 ± 28.53	35.38 ± 19.58[b]
Sesamolin-STZ	47.36 ± 30.84	36.7 ± 15.76[b]

*The GOT and GPT activities were measured after sesamin lignans-containing diets were fed to all groups during 21 days.
1)All data are expressed as mean ± standard deviations for triplicate experiments (n=6).
2)In each column, different alphabets show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test.
3)Streptozotocin is expressed as STZ

간장의 손상을 관찰하기 위하여 혈청중의 GOT 및 GPT의 활성을 측정한 결과 Table 4와 같다. 당뇨유발쥐는 대조군에 비해 GOT 및 GPT의 활성도가 증가하였고, 세사민과 세사몰린의 급여에 의하여 GOT와 GPT는 감소하는 경향을 보였으나, GPT의 감소만이 통계적인 유의성이 인정되었다.

혈청 및 간조직의 지질 과산화물

지질 과산화물의 증가는 여러 가지 독성 화합물과 약물에 의한 간 손상이 원인이라는 학설이 인정되고 이러한 것들은 세포내 산화 스트레스 즉 자유기 생성의 증가 및 항산화 효소 활성의 감소로 인해 발생하는 것으로 보고되어져 있다.[2,3,19] 흰쥐에게 STZ를 투여하고 혈청 및 간중의 과산화도를 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 혈청중의 지질 과산화물 생성량은 각 군간에 차이가 없었으나 간조직 중의 지질과산화물 생성은 STZ를 투여한 쥐에서 유의적으로 증가하였고 세사민과 세사몰린을 급여한 쥐에서 과산화물 함량이 유의적으로 감소하였다. 최근 Kang 등[10]의 연구결과 세사민과 세사몰린 등은 생체조직 중 간에서 대사되어 이들 대사물들에 의해 간조직 중의 과산화물 생성을 억제시키는 것으로 보고하였다. 그러므로 본 실험결과 당뇨유발 쥐에게도 세사민과 세사몰린이 간에서 대사되어 지질의 과산화를 억제시킨 것으

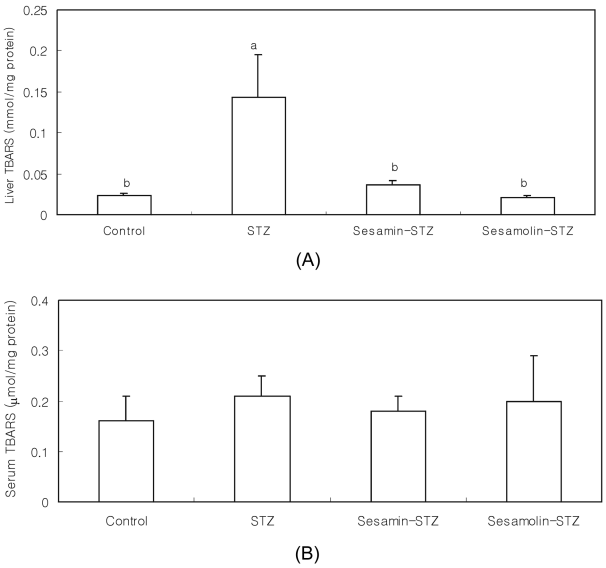

Fig. 3. Effects of sesame lignans on thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) in the liver (A) and serum (B) of streptozotocin-induced diabetic rats. Each bar is the mean ± standard deviations for triplicate experiments (n=6). Different alphabets in bar show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test. Streptozotocin is expressed as STZ.

로 나타났다.

GSH 함량 및 GST 활성

GSH는 생체내 생성된 과산화수소(H_2O_2) 등의 독성물질을 해독시키며 단백질이나 DNA의 합성, 아미노산의 이동, 효소 활성의 조절 및 자유기를 제거하여 이들에 의한 세포의 손상 예방 등에 관여하는 물질이다.[20] 본 실험에서 당뇨유발쥐와 세사민 또는 세사몰린을 급여한 쥐들의 간과 신장의 GSH 함량을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 당뇨병 초기에는 신장이 급속히 비대되었고 이는 신장 조직내에 somatomedicin-C의 분비와 관계 있는 것으로 보고되어 있다.[16,17] 본 실험결과 STZ에 의해 신장 중의 GSH 함량이 감소하는 것으로 나타나 신장에 손상이 일어난 것으로 생각된다. 한편 당뇨쥐에게 세사민과 세사몰린 급여는 신장 중 GSH 함량감소를 예방하는 것으로 나타나 세사민과 세사몰린은 STZ에 의한 당뇨유발시 발생하는 신장의 손상을 방어할 수 있는 것으로 생각된다. 이는 세사민과 세사몰린이 STZ에 의한 자유기 생성을 억제시킨 결과 GSH의 손실을 억제시켜 함량이 감소하지 않은것으로 생각된다. 그러나 간 조직중의 GSH 함량에는 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 보아 STZ는 주로 신장에 손상을 주는 것으로 나타났다.[13,16,17]

한편 이물질의 해독을 촉진시키는 GST 효소 활성을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. STZ 투여에 의해 간조직에서는 GST 활성에 큰 변화가 없었으나 신장 조직의 GST 활성이 유도되었다. GST는 생체내에서 발암물질, 살충제, 알코올, free radical, 항암제 등의 발암물질을 환원형의 GSH와 축합반응을 촉진시켜 이물질을 무독화시켜 생체 밖으로 배설을 촉진시키는 생체내 중요한 방어효소이다. 생체내에서 GST의 활성을 높이는 것은 이물질과 관련해 산화스트레스에 의한 상해를 저해시키는 중요한 효소이다. 다수의 연구결과 와사비와 양파 등이 생체내에서 GST의 활성을 높이는 물질임이 보고된 바 있다.[21,22] 이상의 결과는 STZ에 의해 신장의 GST 활성이 감소한 반면 세사민과 세사몰린 급여 시 이들 방어효소의 활성을 증가시켜 생체내에서 방어 작용을 하는 것으로 나타났다. 또한 참깨의 또 다른 항산화 물질중의 하나인 탈지박 중의 세사미놀 배당체가 GST의 활성을 높이고

Table 5. Effects of sesamin lignans on GSH contents in kidney and liver of STZ-induced diabetic rats

Groups	GSH contents*	
	Kidney (μg/g tissue)	Liver (mg/g tissue)
Control	4.88 ± 0.22[1)]	0.47 ± 0.01
STZ[2)]	3.90 ± 2.14	0.47 ± 0.02
Sesamin-STZ	4.74 ± 0.30	0.45 ± 0.04
Sesamolin-STZ	4.90 ± 0.09	0.47 ± 0.04

*The GSH contents was measured after sesamin lignans-containing diets were fed to all groups during 21 days.
1)All data are expressed as mean ± standard deviations for triplicate experiments (n=6).
2)Streptozotocin are expressed as STZ.

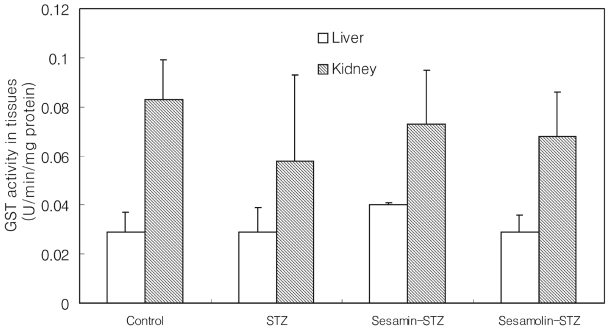

Fig. 4. Effects of sesame lignans on GST activity in the liver and kidney of STZ-induced diabetic rats. Each bar is the mean ± standard deviations for triplicate experiments (n=6). Values were not significantly different at α=0.05 by Duncan's multiple range test. Streptozotocin is expressed as STZ.

또한 에탄올을 공급한 쥐에게 식이 참깨 탈지박이 GST 활성을 증가시켰다고 보고하였다.[23,24] 이상의 결과 세사민과 세사몰린이 신장조직에서 일차적으로 산화된 산화물을 포집하고 GSH를 이용하여 체내의 독성 물질을 전이 분해시키는 작용을 하여 STZ에 의해 유도된 각종 독성을 무독화 시켜 신장의 손상을 보호하여 당뇨억제 작용과 함께 항산화 효과를 나타낸 것으로 생각된다.

국문요약

산화적 스트레스는 당뇨병과 관련된 맥관계병변의 전개에 아주 중요한 역할을 한다고 알려져 있다. 따라서 본 실험에서는 streptozotocin(STZ)투여에 의한 당뇨유발쥐를 사용하여 참깨함유 항산화성분인 sesamin과 sesamolin의 혈당과 생체내 항산화 방어효소에 미치는 효과에 대하여 알아보고자, 당뇨유발쥐에 0.2% sesamin 또는 0.2% sesamolin 함유사료를 3주간 급여하여, 혈당농도, 뇨당농도, 혈청 GOT와 GPT 활성, 혈청 및 간조직의 지질과산화물, 그리고

GSH함량과 GST활성에 미치는 영향을 조사하였다. STZ 투여군의 혈당량은 319.4 ± 105.74 mg/dL였는데, sesamin급여군은 146.56 ± 23.99 mg/dL, sesamolin급여군은170.74 ± 105.94 mg/dL로 유의하게 감소하였다. 당뇨병쥐의 뇨당농도가 21.16 ± 13.72 mg/day였는데, 세사민과 세사몰린 급여시에는 19.52 ± 8.99 mg/day와 10.93 ± 7.79 mg/day로 유의하게 감소하였다. STZ투여에 의하여 증가된 GOT와 GPT활성도는 세사민과 세사몰린의 급여에 의하여 GPT활성도만이 유의하게 감소되었다. STZ투여에 의해 증가한 간조직 중의 지질과산화물 생성은 세사민과 세사몰린 급여에 의해 유의하게 감소하였다. STZ투여에 의해 감소된 신장의 GSH함량과 GST활성은 세사민과 세사몰린에 의해 회복되었다. 이상의 결과 세사민과 세사몰린이 신장조직에서 일차적으로 산화된 산화물을 포집하고 GSH를 이용하여 체내의 독성 물질을 전이 분해시키는 작용을 하여 STZ에 의해 유도된 각종 독성을 무독화시켜 신장의 손상을 보호하여 당뇨억제 작용과 함께 항산화 효과를 나타낸 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Moon, D.H., Jeong, H.B., Ahn, M.S., Yoon, K.S., Ahn, B.J., Shin, J., Jeong, A. J., Cho, Y.J., Nam, H.W. and Yoo, H.Y.: Antioxidative effect of melatonin in streptozotocin-induced diabetic rats., **13**, 45-51 (1998).
2. Baynes, J.W.: Role of oxidative stress in the development of complications in diabetes. Diabetes, **40**, 405-421 (1991).
3. Southorn, P.A.: Free radicals in medicine. 1. Chemical nature and physiological reactions. Maro Clin. Proc., **63**, 381 (1984).
4. Wolff, S.P., Jiang, Z.Y., Hunt, J.V. Protein glycation and oxidative stress in diabetic mellitus and aging. Free Radic Biol. Med., **10**, 339-352 (1991).
5. Rhee, S.J., Choe, W.K., Cha, B.K. Yang, J.A. and Kim, K.Y.: Effects of vitamin E and selenium on the antioxidative defense system in streptozotocin-induced diabetic rats., **29**, 22-31 (1996).
6. Miyake, Y., Yamamoto, K., Tshujihara, N. and Osawa, T.: Protective effects of lemon flavonoids on oxidative stress in diabetic rats. Lipids, **33**, 689-695 (1998).
7. Katsuzaki, H., Kawasumi, M., Kawakishi, S. and Osawa, T.: Sesaminol glucoside in sesame seeds. Phytochem., **35**, 773-776 (1994).
8. Fukuda, Y., Nagata, T., Osawa, T. and Namiki, M.: Contribution of lignan analogues to antioxidative activity of refined unroasted sesame seed oil. J. Am. Oil. Chem. Soc., **63**, 1027-1031 (1986).
9. Akimoto, K., Kitagawa, Y., Akamatsu, T., Hirose, N., Sugano, M., Shimizu, S. and Yamada, H.: Protective effects of sesamin against liver damage caused by alcohol or carbon tetrachloride in rodents. Ann. Nutr. Metab., **37**, 218-224 (1993).
10. Kang, M.H., Naito, M., Tsujihara, N. and Osawa, T.: Sesamolin inhibits lipid peroxidation in rat liver and kidney. J. Nutr., **128**, 1018-1022 (1998).
11. Simons, S.S., and Johnson, D.F.: Reaction of *o*-phthalaldehyde and thiols with primary amines : fluoroscence properties of 1-alkyl (and aryl)thio-2-alkylisoindoles. Ann. Biochem., **90**, 705-725 (1978).
12. Habig, W.H., Pabst, M.P. and Jakoby, W.B.: Glutathione S-transferase. J. Biol. Chem., **249**, 7130-7139 (1974).
13. Kwag, O.G., Yang, J.A. and Rhee, S.J.: Effects of vitamin E on the antioxidative defense system of kidney in streptozo-tocin-induced diabetic rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., **28**, 654-662 (1999).
14. Hoguchi, Y.: Lipid peroxidation and α-tocopherol in rat STZ-induced diabetic mellitus. Acta Med Lkayama, **36**, 165-175 (1982).
15. Lau, A.L. and Failla, M.L.: Urinary excretion of zinc, copper and iron in the streptozotocin-diabetic rat. J. Nutr., **114**, 224-233 (1984).
16. Seyer-Hansen, K.: Renal hypertrophy in streptozotocin diabetic rats. Clin Sci. Mol. Med., **51**, 551-555 (1976).
17. Hong, S. K.: Somato-MEDIN-C/IGF-I and rapidly renal swelling on kidney in diabetic rats. The graduate school, Seoul National University (1989).
18. 김진엽, 박중열, 이기업.: 당뇨병과 민간요법 : 달개비풀, 인삼, 달맞이꽃 종자유 등이 스트렙토조토신 당뇨백서에서 포도당대사에 미치는 영향. 당뇨병, **18**, 377-381 (1994).
19. Plaa, G.L. and Witshi, H.: Chemicals, drug and lipid peroxidation. Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol., 16, 125 (1976).
20. Meister, A. and Anderson, M. E.: Glutathione. Ann. Revi. Biochem., **52**, 711-760 (1983).
21. Pearson, W.R., Windle, J.J. and Morrow, J. F.: Increased synthesis of glutathione-S-transferase in response to anticarcinogenic antioxidant. J. Biol. Chem., **258**, 2052-2062 (1988).
22. Sparnins, V.L., Venegas, P.L. and Wattenberg, L. W.: Glutathione-S-transferase activity: Enhancement by compounds inhibiting chemical carcinogenesis and by dietary constituents. J. N. C. I., **68**, 493-496 (1982).
23. Kang, M.H., Min, K.G., Ryu, S.N., Bang, J.K. and Lee, B.H.: Effects of defatted sesame flour on oxidative stress induced by ethanol-feeding in rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., **28**, 907-911 (1999).
24. Kang, M.H., Naito, M. kwai, Y. and Osawa, T.: Antioxidative effects of dietary defatted sesame flour L in hypercholesterolemia rabbits. J. Nutr., **129**, 1885-1990 (1999).