KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 29, No. 1, pp. 178~182 (1997)

미강 추출물이 고지방식이를 섭취한 흰쥐의 혈청과 간조직의 지질농도에 미치는 영향

하태열 · 이상효 · 이현유
한국식품개발연구원 쌀이용연구센터

The Effect of Various Rice Bran Extracts on the Lipid Contents of Serum and Liver in Rat Fed with High Fat Diet

Tae-Youl Ha, Sang-Hyo Lee and Hyun-Yu Lee
Rice Utilization Research Center, Korea Food Research Institute

Abstract

The effect of various rice bran extracts such as water extracts (RBW), methanol extracts (RBM) and protein-fiber extracts (RPDF) on serum and liver lipid contents were investigated in rats fed with high-fat diet for 4 weeks. The increases of body weights in RPDF group were lower than those of control group. Serum total cholesterol concentrations were significantly decreased in RPDF group compared with control group. The contents of liver lipid in all three experimental groups were decreased compared to control group. Especially, total cholesterol contents of liver in RPDF group were significantly lower than those in control group. Compared to control group, the levels of thiobarbituric acid reactive substance in the livers of rats in all experimental groups were significantly reduced, but there was no significant difference among the three experimental groups.

Key words: rice bran extracts, lipid content, rat

서 론

우리나라의 주식인 미곡으로부터 필수적으로 수반되는 미강은 근년 미곡종합처리장의 보급 등으로 대량 생산되고 있으나 그 중 20~30% 정도가 미강유 제조에 쓰이고 나머지는 사료로 쓰이거나 농산폐기물로 처리되고 있는 실정이다. 그러나 미강에는 단백질이 12~16%, 식이섬유가 20~25%이며 지방이 16~22% 함유되어 있으며 최근에는 그 밖에도 여러가지 인체에 유효한 미량성분들이 보고되고 있다[1-2].

이러한 미강의 효능에 있어서는 콜레스테롤 저하효과에 관하여 종래부터 많은 연구가 수행되어 왔다[3-10]. 예를 들면 Kahlon 등[6]은 고콜레스테롤 혈증 햄스터에게 미강을 주어 3주간 사육한 결과 혈중 및 간장에서 콜레스테롤의 저하 효과가 현저하였다고 보고하고 있다. 또한 미강을 고콜레스테롤 식이에 첨가하여 흰쥐를 사육한 결과 혈중 콜레스테롤은 현저히 감소하였으나 간장 콜레스테롤 함량에는 영향이 없었다는 보고도 있다[10]. Raghuram 등[5]은 고콜레스테롤, 고중성지방 혈증을 나타내는 사람에게 미강유를 1개월간 섭취시켰을 때 혈중 콜레스테롤 및 중성지방 농도가 현저히 감소하였다고 한다. 이와 같이 미강의 콜레스테롤 저하효과에 대해서는 흰쥐, 햄스터를 대상으로 한 동물실험과 사람을 대상으로 한 임상실험으로 다양하게 연구되어 왔다. 그러나 지금까지 미강의 콜레스테롤 저하 효능 검토는 미강유 또는 미강 그 자체를 투여한 결과로 식이섬유 무첨가식이와의 비교검토이거나 또는 미강첨가로 인한 섭취열량 감소에 기인한 예가 많다. 근년에 와서는 Ayano 등[11]의 연구그룹에서 미강으로부터 hemicellulose를 분리하여 그 효능에 관하여 일부 보고되어 있다.

따라서 본 연구에서는 미강의 식품소재화를 위한 연구의 일환으로 미강의 어느 획분이 흰쥐 체내의 지질함량에 영향을 미치는지를 밝히고자 미강의 물 추출물, 80% 메탄올 추출물 및 식이섬유-단백질 추출물을 조제하여 고지방식이와 함께 흰쥐에게 투여한 후 흰쥐 체내의 지질함량의 변화를 검토하였다.

Corresponding author: Tae-Youl Ha, Rice Utilization Research Center, Korea Food Research Institute, San 46-1 Baekhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

재료 및 방법

실험재료 및 시약

실험동물은 6주령된 Sprague Dawley계 숫컷 흰쥐를 대한실험동물센터로부터 구입하였다. Casein, cellulose, mineral mixture, vitamin mixture, DL-methionine, choline chloride는 Harlen Teklad사(Madison, Wisconsin, U.S.A.)로 부터 구입하였다. 옥수수 전분은 (주)세원, 옥수수기름은 (주)해표유니레버의 것을 사용하였다. Thermamyl α-amylase는 Novo社(Bagsvaerd, Denmark)의 것을 이용하였고 콜레스테롤, 중성지방, 인지질, HDL-콜레스테롤 측정용 kit는 Eiken社(Tokyo, Japan)의 것을 사용하였으며 기타 일반시약은 일급 이상의 것을 사용하였다.

미강의 각 추출물 조제

미강은 추출에 적합하도록 분쇄하여 40매쉬 체에 통과시킨 것을 사용하였다. 미강의 물 추출물은 미강시료에 시료중량 10배(w/v)의 증류수를 넣고 rotary shaker를 이용하여 실온에서 회전속도 200 rpm으로 하룻밤 추출한 다음 여과(Toyo No.2)하였으며 침전물에는 다시 시료중량의 5배의 증류수를 가하여 3시간 추출하여 여과하였다. 여액을 모아 한번 더 여과시킨 뒤 여액을 감압농축한 후 다시 동결건조시켜 시료로 사용하였다. 메탄올 추출물은 증류수 대신 80% 메탄올을 이용하여 물 추출물과 동일한 방법으로 조제하였다.

미강의 식이섬유-단백질의 추출은 우선 미강을 탈지시켜 지방을 제거한 뒤 thermamyl α-amylase로 전분을 가수분해 제거함으로써 분리하였다[12]. 즉 미강을 40 mesh로 분쇄하여 hexane으로 탈지시키고 0.6% thermamyl α-amylase 용액에 분산시킨 후 끓는 물에서 중탕하였다. 용액의 내부온도가 95°C에 달한 후 5분간격으로 저어주면서 30분간 반응시켰다. 반응이 끝난 용액을 여과하여 얻은 잔사는 끓인 증류수로 열수 세정한 다음 에탄올로 세정하고 40°C에서 풍건하여 시료로 사용하였다.

실험식이 및 사육조건

일반고형사료를 주어 일주일간 환경에 적응시킨 실험동물은 한마리씩 흰쥐사육용 케이지에 넣어 온도 24±1°C로 하였고 명암은 12시간 cycle의 환경에서 사육하였다. 실험군은 각군 8마리씩으로 하여 무작위로 고지방식이을 급여한 control군, 고지방식이에 미강 물추 출물을 급여한 RBW군, 미강 메탄올 추출물을 급여한 RBM군, 미강 식이섬유-단백질 추출물을 첨가한 RPDF군의 4군으로 나누었다. 실험식이는 AIN-76 diet조성을 참고로 하여 table 1과 같이 조성하였다. 즉, casein을 20%로 하였고 지방급원으로서는 옥수수기름 5%와 라아드 15%를 혼합급여한 20% 고지방식이로 하였으며 비타민과 미네랄은 AIN-76 mix.를 이용하였다. 미강 물 추출물 및 메탄올 추출물은 0.75% 되게 첨가하였고 미강 단백질-식이섬유 추출물은 일반성분 분석치에 따라 식이섬유가 5% 되게 첨가하여 식이를 조제하였다. 실험식이와 물은 자유로이 섭취케 하고 식이 섭취량은 매일 측정하였다. 체중은 매주 일정한 시간에 측정하여 식이섭취량으로 나누어 식이효율(food efficiency ratio, FER)을 산출하였고 4주간 사육하였다.

시료채취

사육이 끝난 실험동물은 16시간동안 절식시킨 뒤 diethyl ether로 마취시키고 복부 대동맥으로부터 혈액을 채취한 후 간장, 신장, 심장, 비장을 적출하였다. 채취한 혈액은 2,500 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 얻어 분석시료로 하였고 적출한 장기는 생리식염수 냉용액으로 가볍게 씻은 후 trimming하여 무게를 잰 뒤 분석시까지 -70°C에서 보관하였다.

각종 지질함량 및 과산화물가의 분석

혈청중 각종 지질 함량은 효소법을 이용한 각각의 검사 kit (Eiken, Japan)를 이용하여 측정하였다. 즉, 중성지방은 Triglyzyme-V, 총콜레스테롤은 Cholestezyme-V, HDL-콜레스테롤 농도는 phosphotungstic acid-$MgCl_2$을 혈청시료에 가해 혼합 후 원심분리하여 얻은 HDL-콜레스테롤 획분의 콜레스테롤 함량을 측정하여 구하였으며 인지질은 PLzyme-600을 이용하여 각각 측정하였다. 간장중 총지방은 Folch법[13]으로 추출하였다. 즉 간장 1 g에 클로로포름 : 메탄올(2:1, v/v)용액 20 mL을 가한 후 ultratrux로 homogenize하여 냉장고에서 하룻밤 방치한 다음 여과, 감압건고하고 무게를 재어 총지질 함량을 구하였다. 간장의 총지질중 중성지방, 총콜레스테롤, 인지질 함량은 혈청과 동일하게 분석하였다.

간장 중 과산화물가(TBA reactive substance; TBARS)의 분석은 Ohkawa 등[14]의 방법에 따랐다. 즉, 간장 1 g에 1.15% KCl 냉용액 9 mL를 가하여 Teflon Potter-Elvehjem homogenizer로 균질화하여 시료로 이용하였다. 간장 시료 0.1 mL에 8.1% SDS 용액 0.2 mL, acetic acid buffer 1.5 mL, 0.8% TBA 용액 1.5 mL를 넣고 증류수를 가하여 반응용액을 4 mL로 정용한뒤

95°C에서 1시간 반응시켰다. 실온으로 식힌후 1 mL의 증류수와 butanol-pyridine (15:1, v/v) 혼합용액 5 mL를 가하여 충분히 혼합한 후 4000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로서는 1,1,3,3,-tetraethoxypropane을 사용하였다.

통계처리

실험식이에 의한 결과는 평균±표준오차로 나타내었으며 통계처리는 SAS를 이용하였고 각군에 따른 유의차 검정은 분산분석을 한 후 α=0.05 수준에서 Duncan의 다중비교법으로 하였다.

결과 및 고찰

체중, 식이효율 및 장기무게

고지방식이에 미강의 각 추출물을 급여하여 4주간 사육한 후 체중의 변화, 식이섭취량, 식이효율을 Table 2에 나타내었다.

우선 실험기간 중 체중의 변화를 보면 통계적인 유의차는 없었으나 RBW군이 대조군에 비하여 약간 높은 경향을 나타내었고 RBM군은 대조군에 비하여 낮은 경향을 보였으며 RPDF군은 다른군에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었다($P<0.05$). 사료섭취량은 RBW군이 현저하게 높았으나 다른 3군은 거의 비슷하였으며 식이효율에 있어서도 RBW군은 대조군보다 높은 반면 RBM군과 RPDF군은 낮은 값을 나타내었다. 따라서 RBW군의 체중증가는 식이섭취량의 증가에 기인한 것으로 생각된다. 그러나 RBM군 및 RPDF군에 있어서는 식이섭취량은 대조군보다 많거나 같은 반면 체중증가량은 오히려 적은 것으로 나타났고 특히 RPDF군에서는 고지방식이에 의한 체중증가량이 유의하게 저하되었다($p<0.05$). Anderson 등[5]은 식이섬유급원을 달리하여 3주간 사육한 후 체내 지질함량에 미치는 영향을 검토한 실험에서 10여종의 식이섬유 급원 중 corn bran, oat bran, wheat bran 등의 다른 곡류 bran에서는 체중의 변화가 없었으나 안정화 미강을 급여했을 때는 다른 군에 비하여 체중증가량이 유의하게 낮았다고 보고하였다. 이러한 점으로 미루어 볼 때 미강에 있어서 특히 미강식이섬유는 다른 곡류 식이섬유와는 달리 고지방식이에 의한 비만을 억제하는 작용이 있음을 시사해 주고 있다. 또한 그들은 안정화 미강에 의하여 체중증가량이 낮았던 것은 미강의 중성지방 감소효과에 기인하는 것으로 추측하고 있으나 이에 대한 자세한 연구가 요구되어진다.

각군에 따른 각종 장기무게는 표에는 나타나 있지 않으나 전체적으로 보아 대조군과 RBW군이 RBM군과 RPDF군에 비하여 모든 장기에서 높은 값을 보여 체중과 일치하는 경향이었다. 이러한 장기무게, 사육중의 외관적 관찰 및 해부소견 등으로 미루어 볼 때 각 실험식이에 의한 부작용은 없는 것으로 생각되었다.

고지방식이에 미강의 각 추출물을 급여하여 사육한 뒤 혈청 중 지질농도의 변화를 Table 3에 나타내었다. 혈청 중 중성지방은 통계적 유의차는 없었으나 RBW군은 대조군보다 높은 값을 나타내었고 RBM군 및 RPDF군은 대조군과 차이가 없었다. 인지질 농도는 RBW군에서 유의하게 높았으며 HDL-cholesterol은 반대로 RBM군 및 RPDF군에서 약간 높은 경향을 나타

Table 1. Composition of experimental diet (g/kg)

	HC	RBW	RBM	RPDF
Casein	200	200	200	172
Corn oil	50	50	50	50
Lard	150	150	150	150
Mineral mixture	35	35	35	35
Vitamin mixture	10	10	10	10
Choline chloride	2	2	2	2
Cholesterol	1	1	1	1
Sucrose	150	150	150	150
Corn starch	349	341.5	341.5	313
Cellulose	50	50	50	-
DL-Methionine	3	3	3	3
Water extract	-	7.5	-	-
Methanol extract	-	-	7.5	-
Fiber and protein extract	-	-	-	114

Table 2. Body weight gain, food intake, food efficiency ratio and protein efficiency ratio (Mean±SEM)

	HC[1)]	RBW	RBM	RPDF
Initial B.W.	188.0	186.8	189.2	189.6
(g)	±8.32	±7.60	±5.90	±8.33
Final B.W.	323.8	336.7	321.8	313.5
(g)	±19.90	±12.58	±11.97	±19.56
Weight gain	135.8[a]	149.9[a]	132.6[a]	122.90[b]
(g)	±13.34	±6.99	±12.91	±6.92
Food intake	453.6	493.0	463.9	452.2
(g)	±25.26	±17.00	±33.97	±28.74
Food efficiency	0.298	0.302	0.286	0.272
ratio	±0.018	±0.007	±0.017	±0.015
Liver wt.	2.80	2.86	2.82	2.84
(g/100 g BW)	±0.060	±0.067	±0.128	±0.102

[1)]HC: high fat diet control group, RH: high fat diet with water extract of rice bran, RM: high fat diet with methanol extract of rice bran, DF: high fat diet with proein and dietary fiber of rice bran.

[ab]Means with the same letter in a raw are not significantly different by Duncan's multiple range test (α=0.05).

Table 3. Concentrations of plasma triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol and phospholipid in the experimental rats (Mean±SEM)

	HC	RBW	RBM	RPDF
				(mg/100 mL)
Triglyceride	93.9^{NS}	113.7	91.5	91.3
	±7.92	±11.80	±6.08	±5.69
Total cholesterol	72.7^{a}	71.1^{a}	72.9^{a}	64.8^{b}
	±5.18	±3.35	±4.96	±3.13
HDL cholesterol	41.5^{NS}	40.4	44.3	43.7
	±3.82	±1.78	±3.68	±5.15
Phospholipid	103.8^{b}	143.6^{a}	113.5^{b}	108.6^{b}
	±5.24	±11.33	±7.22	±5.98

^{ab}Means with the same letter in a raw are not significantly different by Duncan's multiple range test (α=0.05).

Table 4. Concentrations of liver triglyceride, total cholesterol, HDL-cholesterol and phospholipid in the experimental rats (Mean±SEM)

	HC	RBW	RBM	RPDF
				(mg/ g liver wet wt.)
Total lipid	106.5^{NS}	97.2	96.7	93.5
	±10.9	±3.36	±8.07	±7.86
Triglyceride	44.3^{NS}	38.7	39.6	35.2
	±4.44	±2.41	±6.00	±6.22
Total cholesterol	7.2^{a}	5.8^{ab}	6.4^{ab}	4.5^{b}
	±0.51	±0.53	±0.26	±0.13
Phospholipid	13.4^{NS}	13.5	13.2	12.7
	±1.00	±0.43	±0.49	±0.63

^{ab}Means with the same letter in a raw are not significantly different by Duncan's multiple range test (α=0.05).

내었다. Total cholesterol에 있어서는 RBW 및 RBM군은 대조군과 차가 없었으나 RPDF군은 유의하게 낮은 값을 나타내었다($p<0.05$).

간장중의 지질함량을 보면(Table 4), 우선 총지방함량은 유의차는 없었으나 대조군에 비하여 각 실험군에서는 모두 낮은 값을 나타내었고 실험군 중에서는 RPDF군이 가장 낮은 값을 나타내었다. 중성지방에 있어서도 총지질과 마찬가지로 통계적 유의차는 없었으나 실험군 모두 대조군에 비해 낮은 값을 나타내었고 특히 RPDF군이 현저하게 낮았다. 이와 같이 RBW군 및 RBM군에서도 혈중 지질함량에는 전혀 영향이 없었으나 간장의 지질함량을 저하시키는 경향이 있음을 알 수 있었다. 간장 중의 인지질함량은 각 군에 따른 차이가 없었으나 총 콜레스테롤 함량은 대조군이 다른 3군에 비하여 유의하게 높았고 다음은 RBM군이었으며 특히 RPDF은 대조군에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었다($p<0.05$). 이러한 결과는 미강의 생체내 지질함량에 미치는 영향에 관한 연구

Table 5. Lipid peroxide levels of liver in the experimental rats (Mean±SEM)

Group	MDA (nmol/g liver wet wt.)
HC	441.7±30.1^{a}
RBW	239.8±12.9^{b}
RBM	211.5±14.7^{b}
RPDF	241.8±18.9^{b}

^{ab}Means with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test (α=0.05).

에서, 미강이 혈액 및 간장중의 콜레스테롤 저하효과가 있다는 연구결과들과 유사한 경향이다[3-10]. 지금까지 미강의 콜레스테롤 저하 효능 검토는 미강 그 자체를 투여한 결과로서 식이섬유 무첨가식이와의 비교검토이거나 또는 미강의 대량 첨가로 인한 열량섭취의 감소에 기인한 예가 대부분이었다. 그러나 본 연구에서는 거의 동일한 열량섭취의 조건하에서 미강의 유효성분들을 함유하는 각 추출물을 투여한 결과 특히 RPDF군은 대조군에 비하여 혈청 콜레스테롤 농도가 유의하게 저하되어 미강의 콜레스테롤 저하작용은 미강의 단백질-식이섬유의 작용에 의한 것이라 생각된다. Ayano 등[16]은 흰쥐에게 탈지미강으로 부터 분리한 neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF)와 cellulose를 급여한 후 혈중 콜레스테롤을 분석한 결과 ADF 및 cellulose는 혈중콜레스테롤에 영향이 없었고 NDF는 혈중 콜레스테롤을 유의하게 감소시켰다고 보고하였으며 青江 등[17]은 미강의 hemicellulose B획분에서 혈청 콜레스테롤 저하작용이 있다고 보고하고 있다. 저자 등[18]은 쌀단백질이 정상식이에서는 혈중 지질농도에 영향을 미치지 않았으나 고지방식이를 섭취한 흰쥐의 혈중 및 간장의 콜레스테롤을 감소시키는 효과가 있음을 보고한 바 있으며 이러한 점 등을 미루어 볼 때 본 연구의 RPDF군에서 보여진 콜레스테롤 저하작용은 미강의 단백질과 식이섬유의 상승작용에 의한 효과인 것으로 생각된다. 한편, 미강에는 식물성 단백질, 식이섬유 이외에도 혈중 콜레스테롤 저하작용이 있는 것으로 알려진 oryzanol, β-sitosterol 등이 존재하므로 미강의 물 추출물 및 메탄올 추출물에서도 생체내 지질 저하 효과가 기대되었으나 본 실험조건에서는 이들 추출물의 효과는 나타나지 않았다. 밀기울의 에탄올 추출물 및 수수의 물 추출물은 흰쥐의 혈청 및 간장중의 콜레스테롤치를 상승시킨다고 보고되어 있다[19]. 따라서 본 실험에서 나타난 결과는 투여량의 문제인지 아니면 미강의 물 또는 메탄올 추출물 중의 협잡물에 의한 것인지는 이에 대한 자세한 연구가 요구된다. 이러한 결과로 미루

어 볼 때 미강의 각 추출물 중에서 특히 단백질-식이섬유 획분에는 혈중 지질농도 및 간장의 지질축적을 억제하는 효과가 있음을 알 수 있었다.

각 실험식이로 4주간 사육한 흰쥐 간장 중의 과산화물가를 Table 5에 나타내었다. 각 실험군은 대조군에 비하여 과산화물가가 유의하게 감소하였으며 특히 RBM군은 가장 낮은 값을 나타내었다. 이는 흰쥐 간장 microsome계를 이용한 *in vitro* 실험에서 RBM군이 강한 과산화 지질억제작용이 있었다는 결과[20]를 뒷받침해 주고 있다. 미강의 항산화 효과를 나타내는 물질로서는 oryzanol이나 vitamin E가 함유되어 있으나 phenolic compounds의 가능성도 배제할 수 없으며 RBW 및 RPDF군에서의 과산화물가 감소효과 등을 포함하여 이에 대한 계속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

요 약

미곡부산물인 미강은 체내 콜레스테롤 함량을 낮추는 것으로 알려져 왔으나 이는 대부분이 미강 그 자체나 미강유를 이용한 연구결과이다. 본 연구에서는 미강의 식품소재화를 위한 연구의 일환으로 미강의 어느 획분이 흰쥐체내 지질함량에 영향을 미치는 가를 밝히고자 미강의 물추출물, 80% 메탄올 추출물 및 식이섬유-단백질 추출물을 조제하여 고지방식이와 함께 4주간 사육한 후 혈청 및 간장 중의 지질함량 및 간장중의 과산화물가의 변화를 조사하였다.

식이섬유-단백질 추출물군은 대조군에 비하여 고지방식이에 의한 체중증가량이 유의하게 감소되었으며 혈청지질 중에서는 식이섬유-단백질 추출물군의 총콜레스테롤 농도가 유의하게 저하되었다. 간장에서는 실험군 모두가 고지방식이 대조군에 비하여 총지질함량이 현저하게 감소되었고 중성지방은 감소하는 경향을 보였으며 총콜레스테롤량은 식이섬유-단백질 추출물군에서 유의하게 감소되었다. 또한 각 실험군은 대조군에 비하여 간장 중 과산화물가가 유의하게 감소되었으며 특히 메탄올 추출물에서 가장 낮았다.

문 헌

1. Saunders, R.M.: The properties of rice bran as a foodstuff. *Cereal Foods World,* **35**, 633 (1990)
2. Keith, L. and Hargrove, Jr.: Processing and utilization of rice bran in the United States. In *Rice Science and Technology*, Marshall, W.E. and Wadsworth, J.I. (Ed.), Marcel Dekker, Inc., p.383 (1993)
3. Sharma, R.D. and Rumiki, C.: Hypocholestrolemic activity of unsaponifiable matter of rice bran oil. *Indian J. Med. Res.*, **85**, 278 (1987)
4. Sharma, R.D. and Rumiki, C.: Rice bran oil and hypocholesterolemia in rats. *Lipids,* **21**, 715 (1986)
5. Raghuram, T.C.: Studies on hypolipidemic effects of dietary rice bran oil in human subjects. *Nutr. Rep. Int.*, **39**, 889 (1989)
6. Kahlon, T.S. Saunder, R.M., Sayre, R.N., Chow, F.I. Chiu, M.M. and Betschart, A.A.: Cholesterol-lowering effects of rice bran and rice bran oil fractions in hypercholesterolemic hamsters. *Cereal Chem.*, **69**, 485 (1992)
7. Kahlon, T.S. Saunders, R.M., Sayre, R.N., Chow, F.I. Chiu, M.M. and Betschart, A.A.: Influence of rice bran, oat bran and wheat bran on cholesterol and triglycerides in hamsters. *Cereal Chem.*, **67**, 439 (1990)
8. Kahlon, T.S., Chow, F.I. Sayre, R.N. and Betschart, A. A.: Cholesterol-lowering effects in hamsters fed rice bran at various levels, defatted rice bran and rice bran oil. *J. Nutr.*, **122**, 513 (1992)
9. Kahlon, T.S. Chow, F.I., Knuckles, B.E. and Chiu, M. M.: Cholesterol-lowering effects in hamsters of β-glucan-enriched barley fraction, dehulled whole barley, rice bran and oat bran and their combinations. *Cereal Chem.*, **70**, 435 (1993)
10. Nyman, M., Bjorck, I. and Asp, N-G.: Physiological effects of cereal dietary fibre. *Carbohydrate Polymers,* **21**, 183 (1993)
11. 青江誠一郎 : 米ぬか中に含まれる水溶性食物繊維, 化學と生物, **31**, 428 (1993)
12. Aoe, S., Oda. T., Tatsumi, K., Yamauchi, M. and Ayano, Y.: Extraction of soluble dietary fibers from defatted rice brann. *Cereal Chem.*, **70**, 423 (1993)
13. Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G.H.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497 (1957)
14. Ohkawa, H., Ohishi, N. and Yagi, K.: Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Anal. Biochem.*, **95**, 351 (1979)
15. Anderson. J.W., Jones, A.E. and Riddell-Mason, S.: Ten different dietary fibers have significantly different effects on serum and liver lipids of cholesterol-fed rats. *J. Nutr.*, **124**, 78 (1994)
16. 綾野雄幸, 太田富貴雄, 渡邊辛雄, 三田浩三 : 白ネズミにおける脫脂米ヌヵのいわゆるdietary fiberのコレステロ-ル上昇抑制作用. 榮養と食糧, **33**, 283 (1980)
17. 青江誠一郎, 太田富貴雄, 綾野雄幸 : ラットのコレステロ-ル大謝に及ぼす米ヌカヘミセルロ-スの影響. 日本榮養食糧學會誌. **42**, 55 (1989)
18. 하태열, 김혜영 : 쌀의 영양학적 특성에 관한 연구. 한국식품개발연구원 보고서, p.80 (1994)
19. 綾野雄幸 : 穀類食物繊維の食品榮養學的研究. 日本榮養食糧學會誌, **45**, 209 (1992)
20. 이현유, 하태열, 이상효, 금준석 : 미강을 활용한 건강편의 식품의 개발연구. 한국식품개발연구 보고서, p.98 (1996)

(1996년 9월 18일 접수)