

막걸리박 열수추출물이 *db/db* mouse에서 혈당에 미치는 영향

이현숙¹ · 흥경희² · 윤철호³ · 김재민⁴ · 김순미^{5*}

¹서울사회복지대학원대학교 스포츠산업학과, ²배화여자대학교 식품영양학과,

³선문대학교 공과대학 산업경영공학과, ⁴국립암센터 실험동물실, ⁵가천의과학대학교 임상보건과학부 식품영양학과

Effect of Korean Turbid Rice Wine (*Takju*) Lees Extract on Blood Glucose in the *db/db* Mouse

Hyun Sook Lee¹, Kyoung Hee Hong², Cheol Ho Yoon³, Jae-Min Kim⁴, Soon Mi Kim^{5*}

¹Department of Sports Industry, Seoul Social Welfare Graduate University

²Department of Food & Nutrition, Baewha Women's University

³Department of Industrial Engineering & Management, Sunmoon University

⁴Department of Laboratory Animal Science, National Cancer Center

⁵Department of Food & Nutrition, Gachon University of Medicine and Science

Abstract

We investigated the effect of *Takju* lees extract on blood glucose levels in the *db/db* mice (a murine model of type 2 diabetes mellitus). We fed 40 male *db/db* mice a control diet (G0, AIN93G) and experimental diets containing 1% (G1), 2% (G2), or 4% (G4) *Takju* lees extract for 4 weeks. We found no difference in food intake and body weight gain among the animal groups. In the G1 and G2 groups, plasma glucose levels decreased significantly between Days 10 and 21 compared with the G0 group. However, we found no difference in plasma glucose levels between groups G4 and G0. The change in insulin concentrations was not significant among these animal groups, and we found no significant difference in glucose transporter 4 (GLUT4) expression in the soleus muscle. These results suggest that the *Takju* lees extract has a beneficial effect in animals with type 2 diabetes.

Key Words: *Takju* lees, type 2 diabetes mellitus, blood glucose, GLUT4, *db/db* mouse

I. 서 론

주박은 쌀, 물, 누룩, 효모 등을 이용하여 탁주(막걸리)나 약주를 빚은 후 술을 걸러내는 과정에서 생성되는 부산물로서, 흔히 술지게이라고 부른다. 누룩과 고두밥을 비벼서 담고 여기에 효모를 넣어 발효시키면 누룩에 번식한 미생물에 의해 생성된 효소의 작용으로 녹말과 단백질이 당과 아미노산으로 분해되고, 효모에 의한 알콜 발효가 동시에 일어난다. 발효가 끝난 후 술과 찌꺼기를 분리하는데, 이 찌꺼기가 주박이다. 주박은 원료 쌀에 대하여 약 20% 정도가 얻어지는데, 전분과 단백질 외에도, 섬유소, 무기질, 비타민, 알코올과 유기산, 효소, 효모 등의 영양성분을 다량 함유한 것으로 보고되었다(Cho 등 1998). 이렇듯 주박은 이용가치가 높은 부산물임에도 불구하고 현재까지 이용분야를 찾지 못해 양돈 사료로 이용되거나 폐기하는 등 그 이용률은 적은 편이다. 현재 Cho 등(1996)의 막걸리 박을 이용한 고식 이섬유 빵의 제조, 탁주분말 또는 탁주 주박을 이용한 제빵 특성 및 제빵개량제의 제조(Jeong & Park 2006), 청주박

을 이용한 저 식염 고추장의 양조(Lee & Kim 1991), 주박 첨가 약과의 제조(Kang 2006), 주박 단백질을 이용한 가식성 필름의 제조(Cho 등 1998), 주박을 이용한 효모포자의 생산(Lim 등 2004), 주박 첨가에 따른 국수의 품질특성(Kim 등 2007) 등에 대한 연구가 있을 뿐이다.

국내 탁주 산업은 지속적인 하향세를 보이고 있다. 자료에 따르면, 탈주 출고량은 1981년 1,010,425 kL에서 2004년과 2005년에는 각각 138,162와 211,352 kL로 감소하였으며, 반면 같은 기간 맥주와 위스키 출고량은 각각 300% 이상 증가하였다(Korea National Statistical Office 2006). 국내 막걸리 산업의 부흥을 위해서는 막걸리의 ‘건강기능성’ 효과 증명 및 부산물인 주박의 효용성 입증이 필요할 것이다. 일본의 경우도 청주의 소비량 감소를 극복하기 위한 방안으로 청주 및 청주를 거른 후 남은 주박의 생리기능에 대한 연구를 활발히 수행하였으며, 그 결과 주박이 당뇨, 고혈압, 골다공증, 뇌경색, 심근경색, 동맥경화, 알레르기, 미백에 효과가 있음을 보고하였고, 이를 이용한 건강기능성 식품 및 상품의 개발을 꾀하고 있다(Gekkeikan

*Corresponding author: Soon Mi Kim, Department of Food & Nutrition, Gachon University of Medicine and Science, 534-2, Younsu-dong, Younsu-gu, Incheon 406-799, Korea Tel: 82-32-820-4234 Fax: 82-32-820-4230 E-mail: smkim@gachon.ac.kr

Sake Co. LTD 1993; Saito 등 1994; Nippon Shuzo Kumai Chiyuuokai 1998; 澤行雄 1998; Japan Natural Lab. Co. LTD 2004). 원료 및 제조법에 있어서 유사점이 많은 턱주 주박의 경우도 청주의 주박과 유사한 가치를 지녔을 가능성을 기대할 수 있으나 두 제품은 염연히 다른 것으로 일본 청주의 가능성을 턱주에 그대로 적용시킬 수는 없다. 따라서 턱주 주박에 대한 다양한 생리기능성 연구가 필요하다.

본 연구자는 이미 streptozotocin으로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에서 식후 혈당수준을 저하시키는 효과가 있음을 보고 한 바 있다(Kim & Cho 2006). 이번 연구에서는 제2형 당뇨모델인 *db/db* mouse를 이용하여 주박 섭취가 혈당에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 주박 열수추출물 추출 및 성분 분석

주박 열수 추출물을 2차 압착과정에서 제거된 주박을 ‘인천탁주’로부터 제공받아 3배의 중류수로 희석하였으며 90°C에서 4시간 추출한 후 저온에서 침전시킨 상등액을 취하여 동결 건조시켜 사용하였다. 주박 열수 추출물의 성분은 식품공전(한국식품공업협회 1999) 시험법에 준하여 분석하였다.

2. 실험동물 사육, 시료 채취 및 분석

1) 동물사육

제 2형 당뇨 모델 동물인 5주령의 수컷 *db/db* mouse 40마리를 중앙실험동물(주)로부터 구입하여 2주간 적응시킨 후 체중에 따른 난과법을 이용하여 4군으로 나누어 각각 AIN-93G사료(15)에 0%(G0), 1%(G1), 2%(G2) 또는 4%(G4)의 주박추출물을 첨가한 식이로 4주간 사육하였다. 조제한 식이는 고형으로 만들어 건조시키 후 -18°C로 냉동보관하면서 사용하였다. 실험동물은 사육 상자 당 5마리씩 넣어 사육하였고, 물과 사료는 자유 섭취시켰으며, 온도와 습도는 각각 20°C와 50%를 유지하였고, 명암은 12시간 간격으로 점등 및 소등하였다. 전 동물에 대하여 매일 1회 이상 증상은 관찰하였으며, 주 1회 사료섭취량과 체중을 측정하였다.

2) 혈당 측정

혈당은 주2회 혈당측정기(Accu-chek active, Roche, Germany)를 사용해 미정맥에서 채혈하여 혈당을 측정하였다. 혈당의 측정일에는 오전에 사료를 제거하여 약 3시간 절식 시킨 후 측정하였다.

3) 혈액 및 균육 표본 채취

사육기간이 끝난 실험동물을 에테르로 마취하고 후대정맥에서 혈액을 채취하여 원심분리한 후 혈청을 분리하여 혈당 분석에 사용하였다. 또한 마취 후 가자미근에서 균육 표본

을 채취하여 glucose transporter 4(GLUT4) 함량 분석에 사용하였다.

4) Western blot

균육 표본을 HES buffer(HEPES 20 mM, sucrose 250 mM, EDTA 1 mM, pH 7.4)로 균질화시킨 후 원심분리하여 상층 균질액을 취하여, 단백질을 정량(BCA method, BioRad)한 후 50 µg의 단백질에 해당하는 균질액을 SDS-PAGE(12.5%)로 전기영동을 실시하였다. 전기영동을 통해 분리된 단백질을 nitrocellulose membrane(Millipore, USA)으로 전이시킨 후 탈지우유로 2시간 동안 blocking 한 후 1차 항체(anti-GLUT4, Santa Cruz Biotechnology, USA)와 함께 4°C에서 overnight 하였다. 이후 membrane 을 Tween-20(0.1%)이 포함된 TBS buffer로 세척한 후 horseradish peroxidase가 결합되어 있는 2차 항체 (anti-goat IgG)로 1시간 동안 배양하였다. Membrane을 TBS buffer로 세척하고 enhanced chemiluminescence solution (ECL, Amersham Pharmasia Biotech)으로 처리한 후 X-ray film으로 현상하였다.

3. 자료처리

실험결과는 SPSS 12.0 프로그램을 이용하여 각 군의 평균과 표준편차를 계산하였다. 각 실험식이에 따른 차이는 일원배치분산분석을 통해 유의성이 인정되면 Duncan's multiple range test를 이용하여 사후검증을 실시하였다. 유의성은 $\alpha=0.05$ 수준에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 주박추출물의 영양성분

주박추출물 100 g당 열량은 355 kcal이며, 조단백과 조지방은 각각 17.4%와 1.68%였다. 섬유소를 포함한 탄수화물 함량은 76.53%이었으며, 불용성 식이섬유소와 수용성 식이섬유소는 각각 3.62%와 13.93%였다 (Table 1). 이런 결과로 볼 때, 주박 열수 추출물은 고단백, 저지방, 고섬유소 식품 재료로 이용될 수 있음을 알 수 있었다. 쌀의 단백질 함량이 100 g당 6%인 것에 비해 턱주 주박 추출물의 단백질 함량이 17%로 상대적으로 많은 것은 턱주 담금 과정에 첨가되는 입국성분 및 발효과정에 중식하는 효모에 의한 것으로 사료되며 발효과정에서의 효소작용에 의해 수용성 식이섬유소 함량이 증가되는 것으로 보인다.

주박 추출물은 100 g당 1.16 µg RE의 바타민 A를 함유하고 있으며, 비타민 B₁, 비타민 B₂, 비타민 C는 각각 100 g당 0.02, 0.08, 1.61 mg을 함유하고 있고, 나이아신은 검출되지 않았다. 나트륨, 칼륨, 칼슘, 인 및 철은 100 g당 각각 57.36, 36.03, 51.44, 124.07 및 2.21 mg을 함유하고 있는 것으로 나타났다 (Table 1).

<Table 1> Nutritional compositions of *Takju* lees extract

Proximate composition (%)	
Energy (kcal) ¹⁾	355.80±48.65
Moisture	3.77±0.09
Crude protein	17.40±0.85
Crude lipid	1.68±0.17
Ash	0.63±0.99
Carbohydrate ²⁾	76.53±0.67
Dietary fiber (insoluble)	3.62±0.27
Dietary fiber (soluble)	13.93±0.45
Vitamins	
Vitamin A (μg RE/100g)	1.16±0.01 ³⁾
Vitamin B ₁ (mg/100g)	0.02±0.01
Vitamin B ₂ (mg/100g)	0.08±0.02
Niacin (mg/100g)	-
Vitamin (mg/100g)	1.61±0.02
Minerals	
Sodium (mg/100g)	57.36±2.19
Potassium (mg/100g)	36.03±0.67
Calcium (mg/100g)	51.44±0.48
Phosphorous (mg/100g)	124.07±0.07
Iron (mg/100g)	2.21±0.17

Values are Mean±SE

¹⁾kcal/100 g²⁾100-(moisture+ash+crude protein+crude lipid)

2. 일반증상, 사료섭취량 및 체중의 변화

본 시험에 쓰인 db/db mouse는 렙틴수용체가 불활성화된 모델로 렙틴의 분비능은 정상이나 수용체의 결합에 의해 렙틴이 작용하지 못한다. 따라서 db/db mouse는 렙틴이 불활성화 되면서 식욕을 억제하지 못해 생기는 비만이 원인이 된 전형적인 제 2형 당뇨모델이다. 본 실험기간 중 주박 추출물의 섭취와 관련된 이상증상은 관찰되지 않았으나, 당뇨의 유발로 인한 증상(다뇨, 다갈, 다식)이 실험 기간 동안 모든 동물에서 관찰되었다.

사료섭취량과 체중은 <Table 2>에 나타낸 바와 같이 각

실험군 간에 유의적인 차이가 없었다. 주박 추출물에 상당량의 열량영양소가 함유되어 있어, 이것을 계산하여 보정해 준 정제식이를 제공하는 것이 바람직했을 것이다, 편의상 기본식이(AIN93G diet)에 0, 1, 2, 또는 4%의 주박추출물을 포함한 식이를 제공하여 각 군에 완전한 isocaloric diet을 제공하지 못한 제한점이 있다. AIN93G 식이와 본 실험에 사용한 주박추출물의 열량 차이가 약 10% 정도에 불과하고 db/db mouse의 1일 사료섭취량이 약 4~5 g 정도로 작으므로 그 차이는 미미할 것으로 사료되나 본 연구에서 사용한 주박추출물이 고혈당지수 식품으로 나타나(Lee 등 2008) 당뇨식으로 주박추출물을 첨가할 때는 혈당지수도 고려해야 할 것으로 보인다. 본 연구결과에서는 제2형 당뇨모델에게 주박추출물을 4%까지 식이에 첨가해도 사료섭취량 또는 체중에는 영향을 미치지 않는 것으로 볼 수 있다. 이것은 streptozotocin으로 유발된 제1형 당뇨모델 쥐에서는 주박 섭취군의 식이섭취량은 차이가 없었음에도 체중증가량이 대조군에 비해 유의적으로 커던 보고(Kim & Cho 2006)와는 차이가 있다. 즉 주박 또는 주박 추출물의 섭취는 당뇨 유형에 따라 체중에 미치는 영향이 다른 것으로 보인다.

3. 혈당의 변화 및 혈중 인슐린 농도

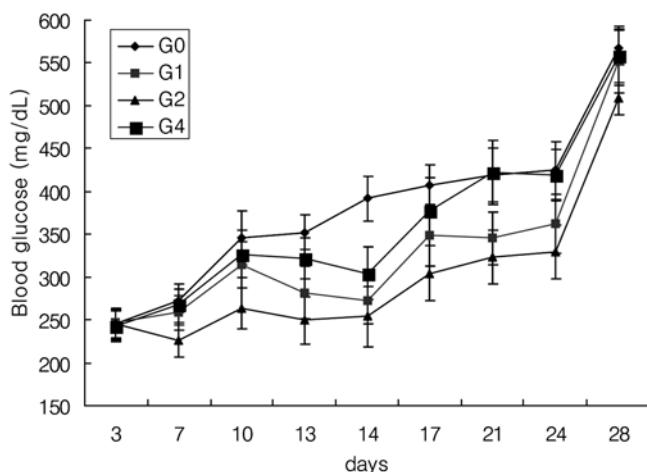
실험기간 동안 주 2회씩 측정한 혈당의 변화는 <Figure 1>에 나타내었다. 실험 시작 시 혈당은 대조군 및 주박추출물 투여군이 모두 242.10~246.60 mg/dL을 나타내어 군 간에 유의적인 차이 없이 고혈당 증상을 나타내었다. G1군에서는 투여개시 10 일째에 282.20 mg/dL을 나타내어 대조군(G0)의 352.40 mg/dL에 비해 혈당 감소가 관찰되었으며 ($p<0.05$), 14일째와 21일째에 대조군에 비해 통계적으로 유의한 혈당 감소가 나타났다($p<0.01$). G2군에서는 투여개시 10, 14, 17, 21일째에 각각 249.5, 254.0, 304.1 및 323.8 mg/dL을 나타내어 대조군의 352.4, 391.5, 407.5 및 419.5 mg/dL에 비해 통계적으로 유의한 혈당 감소가 나타났다

<Table 2> Feed intake and weight changes in db/db mouse for 4 weeks

Time variables/ Groups ¹⁾	Initial	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks	Total intake or weight change
Feed intake (g)						
G0	-	3.84±0.24 ^{NS2)}	4.48±0.23 ^{NS}	4.03±0.30 ^{NS}	3.96±0.46 ^{NS}	16.31±1.06 ^{NS}
G1	-	3.66±0.55	4.51±0.37	4.73±0.30	4.15±0.52	17.05±1.30
G2	-	3.91±0.16	4.73±0.64	4.63±0.28	4.31±0.49	17.59±1.02
G4	-	4.50±0.37	5.07±0.24	5.13±0.34	5.03±0.66	19.73±1.38
Weight (g)						
G0	24.77±0.39 ^{NS}	32.01±0.53 ^{NS}	34.01±0.62 ^{NS}	35.80±0.60 ^{NS}	37.32±0.79 ^{NS}	12.56±1.01 ^{NS}
G1	24.52±0.26	31.33±0.42	33.50±0.65	35.62±0.63	37.14±0.58	12.62±0.65
G2	25.04±0.39	31.96±0.38	34.02±0.44	35.89±0.53	37.55±0.70	12.52±0.87
G4	24.69±0.27	32.35±0.50	34.44±0.61	36.48±0.71	37.94±0.74	13.26±0.76

Values are Mean±SE

¹⁾G0: Control group, G1: 1% *Takju* lees extract administered group, G2: 2% *Takju* lees extract administered group, G4: 4% *Takju* lees extract administered group²⁾NS: not significant



<Figure 1> Effect of *Takju* lees extract on blood glucose level in *db/db* mouse. Data are expressed as Mean±SE. The mouse were administered experimental diet and vehicle with free diets for 4 weeks. Means in the same period not sharing a common superscript are significantly different between groups ($p<0.05$).

($p<0.05$). G4군은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다.

이런 결과로 볼 때, 1과 2%의 주박추출물 섭취는 혈당강하 효과가 있는 것으로 사료된다. 그런데 이 효과는 투여 후 어느 일정 시기에만 나타나서, 그 효과가 나타나기에는 어느 정도 시간이 필요한 것으로 보이며, 섭취 후 4주경에는 혈당강하 효과가 감소하는 것으로 보아 일정 기간 이후에는 주박추출물의 혈당강하 효과에 실험동물이 적응현상이 나타나는 것으로 사료된다. 또한 4% 주박추출물 섭취군에서는 1 또는 2% 섭취군에서 보여진 혈당강하 효과가 나타나지 않고 오히려 일정 기간 후에는 혈당이 더 증가하는 것으로 나타나 주박추출물이 dose-dependent 하게 혈당강하 효과를 나타내는 것이 아님을 알 수 있었다. 이것은 본 연구에서 사용한 주박추출물이 고혈당지수(97.97)를 보인 것과 상관있을 것으로 보인다(Lee 등 2008). 즉 주박추출물은 제2형 당뇨모델 동물에서 혈당 조절 효과를 가지나, 일정 수준 이상 첨가시 그것이 가진 당과 고혈당지수의 효과로 인해 오히려 역효과를 낼 수도 있을 것으로 사료된다. 따라서 주박추출물을 혈당강하 목적으로 이용하기 위해서는 그 적정 수준과 투여 기간에 대한 후속 연구가 필요한 것으로 본다.

주박추출물 섭취에 의한 혈중 인슐린 농도 변화를 검증하기 위하여 실험종료 후 채취한 혈액에서 인슐린 농도를 측정하였다. 그 결과 대조군(G0) 0.81 ± 0.23 , G1 2.92 ± 1.36 , G2 1.11 ± 0.25 , 그리고 G4 2.67 ± 1.04 mg/mL로 주박추출물 섭취군과 대조군 간에 혈중 인슐린 농도는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

4. 골격근의 포도당 운반체 발현

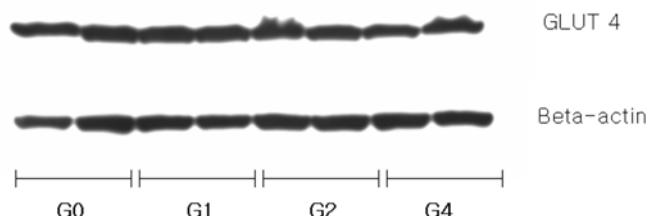
주박 추출물의 혈당 강하 효과의 기전을 밝히기 위하여 골

<Table 3> Insulin concentrations of *db/db* mouse fed *Takju* lees extract for 4 weeks

Group	Insulin (ng/mL)
G0	$0.81\pm0.23^{\text{NS}}$
G1	2.92 ± 1.36
G2	1.11 ± 0.25
G4	2.67 ± 1.04

Values are Mean±SE

¹⁾NS: not significant



<Figure 2> Effect of *Takju* lees extract on GLUT4 expression in *db/db* mouse.

격근중 가자미 근의 포도당 운반체(GLUT4) 발현을 측정하였다. GLUT4는 근육과 지방조직에 존재하는 insulin-regulated glucose transporter로서 인슐린에 의한 혈당조절에 매우 중요한 역할을 한다(Bryant 등 2002, Olson & Knight 2004, Watson 등 2004). 본 연구 결과 주박추출물 섭취군과 대조군간에 GLUT4 발현량에는 유의적인 차이가 없었다<Figure 2>. 이것은 주박추출물 섭취에 따라 혈중 인슐린 농도가 변하지 않았던 것과 관계가 있는 것으로 보이며, 주박 추출물의 혈당 강하 효과는 포도당 운반체의 발현을 증가시킨 결과는 아닌 것으로 볼 수 있다. 따라서 주박추출물의 혈당강하 기전을 규명하기 위한 추가연구가 필요할 것으로 사료된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 주박 열수추출물이 제 2형 당뇨 유발 동물인 *db/db* mouse에서 혈당 강하효과가 있는지 알아보기 위해 행해졌다. 주박 열수추출물이 0, 1, 2, 또는 4% 포함된 식이를 4주간 섭취시키면서, 주 2회 혈당을 측정하였고, 체중의 변화 및 사료 섭취량을 비교하였으며 가자미 근의 GLUT4 발현을 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

(1) 사료섭취량과 체중증가량은 각 실험군 간에 유의적인 차이가 없었다.

(2) 1%의 주박 추출물을 섭취한 시험군은 대조군(0%)과 비교해서 투여 개시 10일째와 14일째에 혈당이 유의적으로 감소하였으며, 2%의 주박 추출군은 10, 14, 17 및 21일째에 유의적인 혈당감소를 보였다.

(3) 가자미 근의 GLUT4 발현량은 각 실험군 간에 유의적인 차이가 없었다.

이런 연구결과들로 볼 때, 주박 추출물 1% 또는 2% 섭취는 제 2형 당뇨 모델인 db/db mouse에서 혈당 강하 효과를 나타내는 것으로 사료되며, 그러나 이것이 GLUT4의 발현에 영향을 주어서 나타나는 현상은 아님을 알 수 있었다. 앞으로 주박 추출물의 항당뇨 효과와 그 기전을 입증하기 위한 후속연구가 필요할 것으로 본다.

감사의 글

본 논문은 2004-2005년도 인천탁주 합동 제1공장과의 중소기업청 기술혁신 전략과제의 연구비 지원에 의하여 수행된 연구이며 이에 감사드립니다.

■ 참고문헌

- Bryant NJ, Govers R, James DE. 2002. Regulated transport of the glucose transporter GLUT4. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 3(4):267-277
- Cho MK, Lee WJ. 1996. Preparation of high-fiber bread with soybean curd residue and Makkoli (rice wine) residue. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 25(4):632-636
- Cho SY, Park JW, Rhee C. 1998. Edible films from protein concentrates of rice wine meal. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30(5):1097-1098
- Gekkeikan Sake Co. LTD. 1993. JP Patent 294844A
- Japan Natural Lab. Co. LTD. 2004. JP Patent 346045A0
- Jeong JW, Park KJ. 2006. Quality Characteristics of Loaf Bread Added with *Takju* powder. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 38(1):52-58
- Kang HJ. 2006. Physicochemical characteristics of Yackwa added rice wine cake during storage. Master's thesis, Sungshin Women's University, pp 1-70
- Kim SM, Cho WK. 2006. Effect of *Takju* (Korean turbid rice wine) lees on the serum glucose levels in Streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J. Food Culture*, 21(6):638-643
- Kim SM, Yoon CH, Cho WK. 2007. Quality characteristics of noodle with *Takju* (Korean turbid rice wine) lees. *Korean J. Food Culture*, 22:359-364
- Korea National Statistical Office. 2006. Statistical Yearbook of National Tax
- Lee KS, Kim DH. 1991. Effect of sake cake on the quality of low salted Kochuzang (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, 23(1):109-113
- Lee HS, Hong KH, Yoon CH, Cho WK, Kim SM. 2008. Glycemic index and oral glucose tolerance test of *Takju* (Korean turbid rice wine) lees extract. *Korean J. Food Culture*, 23(5):662-665
- Lim YS, Bae SM, Kim K. 2004. Production of yeast spores from rice wine cake. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, 32(2):184-189
- Nippon Shuzo Kumai Chiyuuokai, 1998. JP Patent 146-166
- Olson AL, Knight JB. 2004. Regulation of GLUT4 expression in vivo and in vitro. *Front. Biosci.*, 8:s401-s409
- Reeves PG, Nielsen FH, Fahey GC. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodents final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent. *J. Nutr.*, 123:1939-1951
- Saito Y, Wanezaki K, Kawato A, Imayasu S. 1994. Structure and activity of angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides from sake and sake lees. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 58(10):1767-1771
- Watson RT, Kanzaki M, Pessin JE. 2004. Regulated membrane trafficking of the insulin-responsive glucose transporter 4 in adipocytes. *Endocr. Rev.*, 25(2):177-204
- 澤行雄. 1998. 酒粕の凄い特效. 宙出版. 東京, pp 15-90

2008년 9월 8일 신규논문접수, 10월 20일 신규논문접수, 11월 13일 수정논문접수, 2009년 2월 3일 채택