

여주귀리즙의 개발과 STZ로 유도된 당뇨 흰쥐의 혈당개선효과

Development of Bitter Melon Juice Mixed with Condensed Oat Juice and Its Hypoglycemic Effect on Streptozotocin-induced Diabetic Rats

김철순 · 양양¹ · 황은희*

농업회사법인 해모수 · ¹원광대학교 대학원 식품영양학과 · *원광대학교 식품영양학과

Kim, Chilsoon · Yang, Yang¹ · Hwang, Eunhee*
Haemosoo Farm, Iksan

¹Dept. of Food and Nutrition, Graduate School, Wonkwang University

*Dept. of Food and Nutrition, Wonkwang University

Abstract

The objective of this study was to develop bitter melon(BM) juice mixed with condensed oat juice and determine its hypoglycemic effect on streptozotocin(STZ)-induced diabetic rats. To reduce the of bitterness of BM juice, condensed oat juice was added at 0%, 2.5%, 5.0%, 7.0% or 10.0%. Sensory evaluation was then performed by 15 university students using 5-point scale. BM juice mixed with 2.5% or 5.0% of condensed oat juice was adopted after the sensory evaluation. Male Sprague-Dawley rats were divided into 5 groups(8 rats per groups) and were provided the following drinks for 4 weeks: 1) normal water(NC), 2) STZ+normal water(STZ), 3) STZ+bitter melon juice(BM), 4) STZ+bitter melon juice mixed with 2.5% condensed oat juice(BM2.5), and 5) the STZ+bitter melon juice mixed with 5.0% condensed oat juice(BM5.0). The bitter melon juice was diluted in distilled water at final concentration of 25%, and supplied to rats. Food intakes, body weight gains, and food efficiency ratio in the STZgroup were lower than those in the NCgroup, BM, BM2.5, BM5.0 groups were higher than STZgroups. Water intakes were higher in the STZgroup than those in the NCgroup, BM, BM2.5, BM5.0groups were lower than STZgroup, Water intakes had but created no significant differences among BM, BM2.5, and BM5.0groups. During 1 week of drinking, the blood glucose level in the STZgroup was at 412.7±26.4 mg/dL, which was significantly ($p < 0.05$) higher than that in the BTgroup (336.2±27.7 mg/dL), BT2.5group (357±31.8 mg/dL), or BT5.0group (338±18.1 mg/dL). During 4 weeks of drinking, the blood glucose level in the STZgroup was also significantly ($p < 0.05$) higher than that in the BT, BT2.5, or BT5.0group. The Sserum insulin levelsin the of BMgroup (3.13±0.36 ng/mL), BM2.5group (3.27±0.36 ng/mL), or BM5.0 group (4.17±44 ng/mL) were significantly ($p < 0.05$) higher than that in the STZgroup (2.89±0.37 ng/mL). These results indicate that bitter melon juice alone or mixed with condensed oat juice can help prevent or attenuate the progression of diabetes induced by STZ in rats.

Keywords: bitter melon juice, mixing condensed oat juice, hypoglycemic effect, streptozotocin rats

본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2014년도 산학연협력 기술개발사업(No. C0249037)의 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.

* Corresponding Author: Hwang, Eunhee

Tel: +82-63-850-6658, Fax:+82-63-850-7301

Email: ehhwang@wku.ac.kr

© 2016, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

I. 서론

우리나라 2014 국민건강영양조사(Ministry of Health and Welfare, 2015)에 의하면 당뇨병 유병률은 만30세 이상에서 2014년 10.2%로 2005년부터 최근 10년간 약 9.0% 수준을 유지하다가 2013년 11.0%로 약 1-2%p 증가하였다.

당뇨병의 치료는 일반적으로 경구 혈당 강하제를 지속적으로 복용하여 당뇨병의 악화를 지연시키고 있는데 대표적인 당뇨병 치료약들은 한 두 생리기전 과정에만 인위적으로 작용하기 때문에 장기복용에 따른 체장 섬세포의 기능저하와 인슐린저항성이 커지는데 부작용과 내성을 피할 수 없다(Kim et al., 2004).

이와 같은 문제를 해결하기 위해 최근에는 천연물을 이용하여 보다 안전한 혈당 강하제를 개발하려는 추세이며 최근 들어 천연물을 이용한 여러 항당뇨 물질이 탐색이 진행되고 있으며 여주도 주목받고 있다.

여주(*Momordica charantia* L, bitter melon)는 박과에 속하는 한해살이 덩굴성 풀로서 미숙열매는 맛이 써서 쓴 오이, 고과(苦瓜), 'bitter melon'으로 불리며(Lee, 2011) 우리나라에서 주로 관상용으로 사용되어 왔는데 최근 기능성 식품재료로서의 관심이 커지고 있다.

여주열매의 성분은 카로티노이드계 색소를 함유하고 비타민 C, 사포닌, 알칼로이드, 글루코사이드, essential oil, flavonoid, phenolic acid, triterpene 및 alkaloid 등의 유용물질을 다량 함유하고 있다(Liu et al., 2009; Singh et al., 2012; Kenny et al., 2013; Kim et al., 2013B). 특히 여주의 과실에 함유되어 있는 triterpene glycoside인 charantin은 식물 인슐린으로 불릴 만큼 혈당강하에 효과가 있는 것으로 알려져 있고(Kim et al., 2013A; Lee et al., 2012; Park et al., 2002), alkaloid계 vicine이라는 성분과 polypeptide-p (Khanna et al., 1981) 역시 췌장의 β 세포에 작용하여 인슐린의 분비를 촉진함으로써 혈당을 낮춰 주는 역할 등(Park et al., 2002) 다양한 생리활성을 갖는 여러 성분들이 보고되었다.

외국에서 행해진 여주 연구로는 혈당개선 및 혈액지질 개선작용, 항암작용(Alam S et al., 2009; Ganguly et al., 2000), 항피사작용(Raza H et al., 1996) 등이 있었다.

국내에서는 여주의 항당뇨 효과(Jeong et al., 2008, Kim et al., 2013A; Kim, 2013), 항균 및 항암 효과(Bae, 2002; Kim et al., 2013C), 항산화활성(Park et al., 2007, Boo et al., 2009), 신경세포 보호효과(Choi et al., 2014), 조직손상 억제(Lee et al., 2009), 혈중지질대사 개선(Park & Heo 2011), α -glucosidase 저해효과(Hu et al., 2013; Yuk et al., 2015) 등 각종 생리활성에 관한 연구들이 진행되어 왔다.

여주를 재료로 개발된 제품들은 쿠키(Moon & Choi, 2014), 양갱(Lee et al., 2015), 발효추출물(Park et al., 2015), 머핀(An, 2014), 스펀지 케이크(Kim, 2009) 등이 있다.

다양한 기능성을 지닌 식품을 혼합하였을 경우, 이들 혼합물의 효과 상승작용 등이 예견되는 재료들을 혼합하는 시도가 있어 본 연구에서는 여주즙의 쓴맛을 줄여 마시기 쉬운 여주즙을 만들기 위해 구수한 맛과 생리기능에 도움이 될 것으로 여겨지는 귀리농축액의 혼합을 시도하였다.

귀리(*Avena sativa* L.)는 벼과에 속하는 곡류로 일반적으로 독성 및 부작용이 없고 예로부터 혈액과 심장에 효과적인 강장제로 사용되어왔다. 귀리의 배유 및 호분층세포 벽에는 고분자인 다당체 및 단백질이 다량 함유되어 있어 다양한 생리효능이 있는 것으로 알려져 있고(Clemens & Klinken, 2014; Thies et al., 2014), 식약청에서 식후 혈당 상승억제 및 콜레스테롤 개선에 도움을 주는 건강기능식품으로 인정받은 성분이다. 귀리에 다량 함유되어 있는 β -glucan은 체내 혈중 콜레스테롤 수치를 낮추어 심장질환을 예방하고, 체지방 축적을 억제하여 비만과 관련된 증상을 완화시켜 성인병 예방에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Choi & Koo, 2000; Kim et al., 2002).

이와 같이 여주에 대한 다양한 연구가 이루어지고 민간에서 생즙으로 가장 많이 이용되고 있음에도 불구하고 여주즙을 음용으로 한 연구는 없는 실정에서 본 연구에서는 여주즙의 쓴맛을 줄인 여주즙개발에 귀리농축액을 혼합한 여주귀리즙을 개발하고, 이를 streptozotocin(STZ)으로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에 음용수로 4주간 공급하고 혈당지표로서 혈액 포도당농도 변화, 혈청 인슐린농도, 경구 당부하검사를 실시하여 여주즙과 여주귀리즙을 음용수로 장기간 마셨을 때 혈당에 어떠한 영향을 주는지 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료와 여주귀리즙 제조

본 실험에 사용된 여주와 귀리는 2014-2015년에 전북 지역에서 재배한 것으로 이물질제거 및 수세 후 물기를 제거하여 냉장, 냉동보관하면서 시료로 사용하였다.

여주즙은 7-9월에 수확한 미성숙한 초록색의 생여주열매에 소량의 물을 가하여 고압으로 110°C에서 약 3시간 처리하여 얻었으며 생여주에 대한 즙액의 수율은 약 72%였다.

귀리즙은 귀리를 깨끗이 씻어 160°C에서 약 15분간 볶아 6배량의 물로 105°C에서 6시간 추출한 후 진공농축으로 약 60brix가 될 때까지 2시간 정도 진공농축하고 올리고당으로 65brix로 맞추어 귀리농축액을 만들었다.

생여주즙의 쓴맛을 줄여 매일 음용하기 쉽게 귀리농축액을 혼합 하였다. 생여주즙에 귀리농축액을 2.5%, 5.0%, 7.0%, 10.0% 각각 혼합하여 여주귀리즙을 만들었고, 관능평가 결과가 좋은 것을 택하여 영양성분을 알아보고 당뇨개선효과를 흰쥐를 이용하여 평가하였다.

2. 관능 평가

생여주즙에 귀리농축액을 2.5%, 5.0%, 7.0%, 10.0% 각각 혼합하여 제조한 여주귀리혼합즙은 대학생 15명을 대상으로 관능적성을 평가하였다. 실험의 목적을 상세히 설명해준 후 색, 맛, 향, 전반적인 기호도에 대하여 5점 척도법(1점: 매우 싫다, 2점: 약간 싫다, 3점: 좋지도 싫지도 않다, 4점: 약간 좋다, 5점: 매우 좋다)으로 실시하였다. 관능검사는 알파벳으로 시료기호를 표기한 뒤 컵에 담아 제공하였고, 평가내용은 색을 관찰하고 난 다음, 마시며 풍미, 맛, 전반적기호도를 평가하도록 하였다.

3. 여주귀리즙의 영양성분 분석

시료에 함유된 수분, 조단백질, 조지방, 조회분, 나트륨, 콜레스테롤, 포화지방산 함량분석은 식품공전 중 성분분석법(KFDA 2011)에 따라 3회 반복 분석하였다

4. 실험동물 사육

실험동물은 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐 5주령 체중 150g 내외인 것을 샘타코 (Samtako BioKorea, Osan, Korea)로부터 구입하여 환경에 적응시키기 위해 표준사료(SAM#, Samtako BioKorea, Osan, Korea)로 1주일간 예비 사육하였고 물과 사료는 자유롭게 섭취하도록 하였다.

실험군은 체중에 따라 난괴법에 의해 실험군당 8마리씩 배치하여 정상 대조군(normal control, NC) 1개 군과 당뇨 실험군 4개 군, 총 5개 군으로 나누었다.

NC군은 당뇨를 유발시키지 않고 증류수를 공급하였다. 당뇨 대조(STZ)군은 STZ로 당뇨를 유발시키고 증류수를 공급하였고, STZ유발에 여주즙을 공급한 BM군, STZ유발에 여주즙에 귀리농축액을 2.5%혼합한 물을 공급한 BM2.5군, STZ유발에 여주즙에 귀리농축액을 5.0%혼합한 물을 공급한 BM5.0군으로 분류하여 비교하였다.

예비실험에서 여주귀리즙 비율이 증류수에 대하여 50% 이상인 경우는 흰쥐가 음수하지 않았으며 25% 비율의 경우 rat가 체중을 유지하고 혈당저하 효과를 보였고, 15% 이하 군에서는 혈당저하효과가 나타나지 않아 증류수에 대하여 25% 여주귀리즙으로 음용수를 공급하였다.

당뇨 유발일을 실험 0일로 하여 실험기간 동안 사료섭취량을 매일 일정한 시간에 칭량하여 1일 섭취한 사료의 양을 측정하였다. 체중은 매일 같은 시간에 동물체중계로 측정하였으며, 식이이용효율(feed efficiency ratio : FER)은 사료섭취량에 대한 체중 증가량으로 계산하였다.

대사케이지에 한마리씩 분리하여 온도 22±3°C에서 모든 군은 표준사료로 4주간 사육하였고 본 동물실험은 원광대학교 동물실험 윤리위원회의 승인을 받은 후(승인번호 WKU15-108) 실험동물 관리 및 이용에 관한 지침에 맞추어 실시하였다

5. 당뇨 유발 및 혈당지표 측정

당뇨 유발은 흰쥐를 16시간 절식시킨 후 췌장의 베타세포에만 특이적으로 작용하여 다른 기관에 영향을 미치지 않는다고 알려진 STZ(Malabu et al., 1994, Sigma Chemical Co. St. Louis, MO, USA)을 pH 4.5의 0.01 M citrate buffer에 45 mg/kg bw 농도로 녹여 꼬리정맥에 주

사하였다.

당뇨 유발의 확인은 STZ투여 24시간 후 꼬리정맥에서 채혈하여 당도계(ACCU-CHEK, Mannheim, Germany)로 측정하여 혈장 포도당 농도가 200 mg/dL 이상인 흰쥐를 실험에 사용하였다.

혈당농도측정은 1주일 간격으로 꼬리정맥에서 란셋으로 혈액을 채취하여 당도계 (ACCU-CHEK, Mannheim, Germany)로 측정하였고, 혈청 인슐린 농도 측정은 4주간 사육 후 흰쥐를 희생시켜 얻은 전혈을 3,000 rpm에서 15분간(4°C) 원심분리한 후 혈청에서 mouse insulin ELISA kit(Shibayagi, Gunma, Japan)를 이용하여 측정하였다

여주귀리즙의 당분해 및 당 흡수 기전을 확인하기 위한 당부하 검사는 STZ으로 유도된 당뇨쥐를 사육 3주째에 12시간 절식시킨 공복상태에서 포도당용액을 1 g/kg body weight 용량으로 경구투여한 후 0, 30, 60, 90, 120분에 꼬리정맥에서 채혈하여 혈장 포도당 양을 측정하였다.

6. 통계 처리

본 연구의 통계분석은 SPSS program(Ver. 18, SPSSInc. Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석 값을 평균과 표준 편차(standard deviation : SD)로 표시하였다. 실험군 간의 차이는 one way ANOVA로 검증하였고, $p < 0.05$ 수준에서 유의성이 관찰된 경우, 각 실험군 간의

평균값의 차이에 대한 유의성은 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 여주귀리즙의 관능평가

여주즙에 귀리농축액을 2.5%, 5.0%, 7.0%, 10.0% 각각 혼합하여 만든 여주귀리즙의 관능평가결과는 <Table 1>과 같다.

색상은 3.53-3.59로 유의적 차이가 없었으며 맛은 여주즙 2.82에 비하여 여주귀리즙은 2.94-3.01, 향은 여주즙 3.38에 비하여 여주귀리즙은 3.81-3.92로, 전반적 기호도는 여주즙 3.22에 비하여 여주귀리즙 3.63-3.67로 맛, 향, 전반적기호도가 귀리농축액을 넣음으로서 유의하게 향상되었다.

4가지 관능항목 중 가장 낮은 평가를 받은 맛은 평균 2.92였고 색 3.56, 향 3.79, 전반적 기호도 3.58로 기능성을 유지하면서 너무 쓰거나 달지 않은 여주즙을 개발하여 소비자들의 요구와 기호도를 만족시킬수 있도록 해야 할 것이다.

본 연구의 목적은 여주즙의 쓴맛을 완화시키기 위한 최소량의 귀리농축액을 혼합하는 것이므로 관능평가에서 유의하게 좋은 평가를 받은 여주귀리즙 중에서 귀리농축액 혼합비율이 낮은 2.5%와 5.0% 혼합한 것을 최종제품으로

(Table 1) Sensory evaluation of bitter melon juice mixed with condensed oat juice

Oat juice ratio %	Color	Taste	Flavor	Overall preference	Mean
0	3.53±0.34	2.72±0.46 ^a	3.38±0.76 ^a	3.27±0.19 ^a	3.23±0.38 ^a
2.5	3.59±0.12	2.96±0.68 ^{ab}	3.81±0.54 ^b	3.65±0.39 ^b	3.42±0.25 ^{ab}
5.0	3.55±0.24	2.94±0.43 ^{ab}	3.90±0.33 ^b	3.63±0.46 ^b	3.51±0.26 ^{ab}
7.5	3.58±0.38	3.92±0.26 ^{ab}	3.93±0.54 ^b	3.67±0.53 ^b	3.54±0.34 ^{ab}
10.0	3.56±0.62	3.01±0.39 ^{ab}	3.92±0.38 ^b	3.66±0.21 ^b	3.55±0.46 ^{ab}
Mean	3.56	2.92	3.79	3.58	

a,b : Different letters indicate statistically significant differences at $p < 0.01$.

Mean± SD

선택하였다.

혈당 개선을 목적으로 물성과 기능성이 다른 식품을 혼합하여 수행한 연구들로 빵잎과 녹차(Son et al., 2014), 유색보리와 귀리(Lee et al., 2013B), 천연 기능성소재 혼합물(Lee, 2007), 약용식물 추출물(Roh et al., 2011), 생약재와 외송(Lee et al., 2012), 송이버섯과 동충하초추출물(Kim et al., 2008)등의 보고가 있었는데 본 연구에서 여주즙의 쓴맛과 자극적인 향을 귀리농축액이 개선시켜 기호도에 긍정적인 영향을 미쳤다고 생각된다.

2. 영양성분 분석

여주즙에 귀리농축액을 5.0% 혼합하여 만든 여주귀리즙의 영양성분함량은 <Table 2>와 같다.

(Table 2) Nutritional composition of bitter melon juice mixed with condensed oat juice

Composition	Contents (100 g)	
Calory	(Cal)	16.00
Moisture	(g)	95.32
Sugars	(g)	2.52
Carbohydrates	(g)	3.42
Crude protein	(g)	0.64
Crude ash	(g)	0.62
Na	(mg)	3.60
Crude lipid		undetected
Cholesterol		undetected
Saturated fatty acids		undetected

여주귀리즙 100 g당 수분 95.32 g, 열량 16.00 cal, 당류 2.52 g, 탄수화물 3.42 g, 조단백 0.64 g, 조회분 0.62 g, 나트륨 3.60 mg을 함유하였고 건강유지에 역효과가 크다고 알려진 포화지방산, 트랜스지방, 콜레스테롤은 검출되지 않았다.

3. 사료섭취량, 체중의 변화, 물섭취량 및 사료이용 효율

여주귀리즙을 음용수로 공급하여 4주 후의 흰쥐의 식이섭취량, 체중의 변화 및 물섭취량은 [Figure 1]에 나타

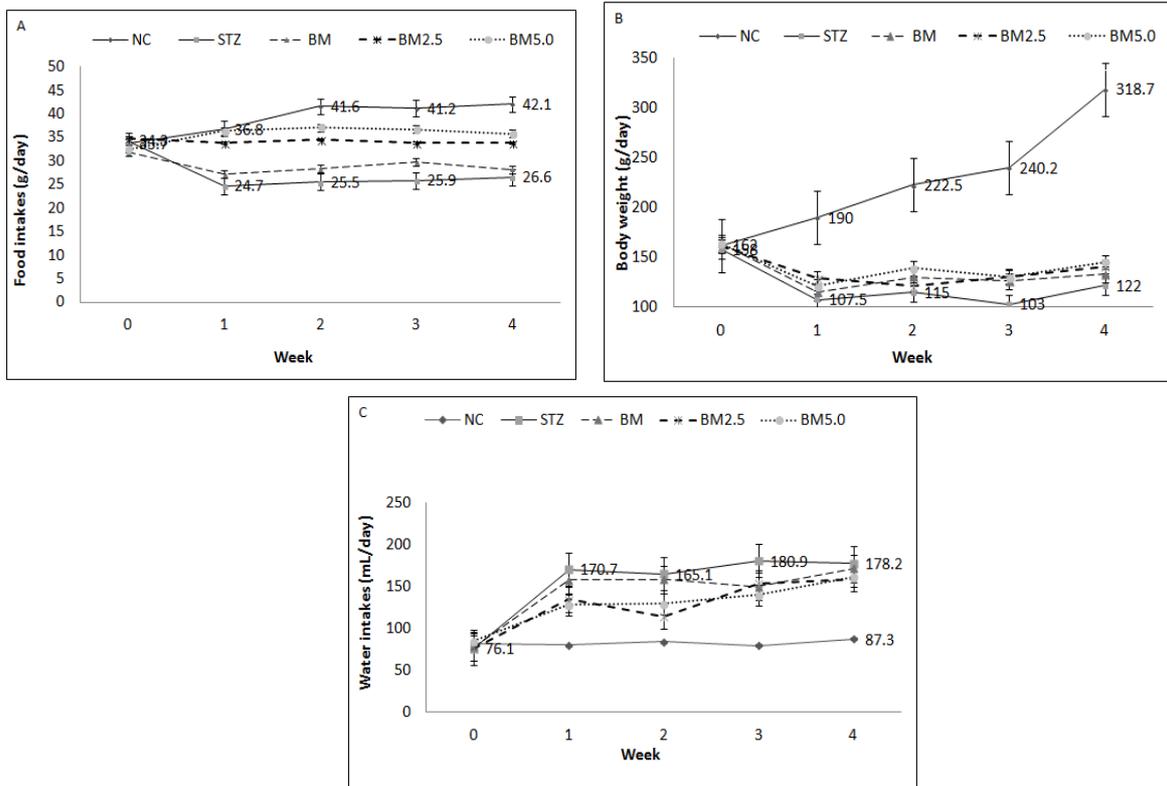
내었다.

사료섭취량은 적응기간에 하루 31-35 g정도였는데 STZ투여 후 24-27 g으로 적어졌다[Figure 1 A]. STZ투여로 당뇨를 유발시킨 다른 연구에서 정상군에 비하여 사료섭취량 감소한 경우는 유색보리와 귀리 즉석죽 섭취, 더위지기추출물 경구투여가 있었고, 사료섭취량이 증가한 경우는 여주열매분말 5%와 10%첨가사료, 대두, 청국장 및 된장 분말 5% 사료, 손바닥선인장 열매와 줄기 복합물 5-10% 사료, 빵잎과 녹차혼합분말 5%사료섭취가 있었고, 유의적 차이가 없었던 것은 오디즙, 오디분말 0.5-2.0%사료섭취 경우로 사료섭취량이 다른 결과들은 제공물질에 따라 흰쥐의 사료섭취가 크게 영향받음을 나타내었다.

흰쥐의 시작체중은 160 g정도로 비슷하였는데 STZ 투여군은 STZ 투여후 체중이 감소하였다[Figure 1 B]. NC군은 1주 동안 30-40 g정도 꾸준히 증가하여 4주 후 318.7±37.8 g이었던 것에 비하여 당뇨유발군들은 4주후 -18.0- -38 g정도로 체중이 감소하였다(Fig. 1). NC군외에 STZ 투여군의 체중이 감소한 것은 STZ 투여에 의한 생리작용결여, 낮은 사료섭취량, 음용수의 거부에 의한 스트레스가 있었을 것으로 생각된다.

STZ 투여로 당뇨 유발된 실험동물은 췌장의 β-cell이 파괴되어 인슐린 생성 장애를 일으켜 당대사의 불균형을 초래함으로써, 세포 내에서 포도당 이용률이 감소하게 되어 체지방 및 체단백질의 지속적인 소실, 탈수와 이화작용 증가로 체중이 감소하는 것으로 알려져 있다(Lee, 2011).

STZ 투여로 당뇨 유발된 실험동물의 체중이 대부분의 연구에서 감소하는데 반해 체중이 증가한 경우도 있었는데 대두, 청국장 및 된장 분말을 5%사료로 급여한 연구에서는 정상군에 비하여 당뇨 대조군이 유의한 체중 감소가 있었는데 당뇨 대조군에 비하여 대두, 청국장 및 된장급여군은 체중이 증가하여 이것들이 당뇨 시 급격한 체중 감소를 완화하였다고 보고하였고(Kim et al., 2012), 유색보리와 귀리즉석죽으로 8주간 흰쥐를 사육한 연구에서는 실험시작 30일째까지는 실험군의 체중이 STZ대조군에 비해 감소하다 35일째부터 실험군의 체중이 증가하기 시작하여 실험종료일인 8주째에는 44.6 g 증가하였다는 보고가 있으며(Kim et al., 2002), 홍삼 및 팥화홍삼분을 물에 녹여 500 mg/kg 매일 7주간 경구투여했을 때 체중증가가 있었다는 보고(Kim et al., 2008)들이 있는데, STZ



NC: normal water, STZ: STZ+normal water, BM: STZ+bitter melon juice, BM2.5: STZ+bitter melon juice mixed with 2.5% condensed oat juice, BM5: STZ+bitter melon juice mixed with 5.0% condensed oat juice.

[Figure 1] Food intakes, body weight, and water intakes of normal and diabetic rats per one day during 4 weeks of drinking bitter melon juice mixed with condensed oat juice

투여로 인해 감소되었던 체중이 7-8주정도의 장기간에 걸쳐서는 회복하는 것으로 생각된다.

하루동안 물섭취량은 NC군 70-80 ml에 비하여 STZ군들이 112-178 ml 로 약 2배 정도 유의적으로 증가하였고 STZ군들 간에는 유의적인 차이는 없었다 [Figure 1 C].

당뇨병은 혈중 포도당이 세포내로 원활하게 유입되지 못하여 다식이 나타나고 포도당이 체내 수분을 같이 끌고 소변으로 배설되어 당뇨에 의한 다음이 뒤따르는데(Tian et al., 2010) 본 조사에서도 이러한 양상을 확인할 수 있었다.

여주귀리즙을 음용수로 4주간 공급하는 동안 흰쥐의 시작체중, 최종체중, 하루동안 체중증가량, 하루 동안 사료 섭취량, 사료이용효율은 <Table 3>에 정리하였다.

하루 동안 체중변화는 NC군 5.6±1.2 g정도 증가하였

고 STZ군은 -0.64- -1.36 g으로 체중이 감소하였다. 하루 동안 사료섭취량은 NC군 40.4 g에 비하여 STZ군 25.0 g, BT군 26.5 g, BT2.5군 25.4 g, BT5.0군 25.9 g으로 유의적으로 적었다.

사료이용효율(food energy ratio, FER)은 NC군 0.138에 비하여 STZ군은 -0.024 - -0.054로 유의적으로 낮았다. 사료섭취량은 많은 편인데 체중증가가 적어 FER이 낮았다. 본 실험에서 STZ군들은 24-27 g의 사료를 섭취하였음에도 불구하고 체중감소가 나타난 것은 당뇨에 의한 체내 대사작용의 이상으로 인해 섭취한 식이가 에너지 대사에 제대로 사용되지 못한 채 체외로 배출되어 체중이 감소되기 때문이라고 알려졌다(Kim, 2004).

4. 혈당변화, 혈장포도당, 경구 당부하 검사

여주귀리즙을 음용수로 4주간 공급하여 측정된 흰쥐의

혈당변화, 혈장포도당 및 경구 당부하 검사결과는 [Figure 2]에 나타내었다.

혈장 포도당의 수준변화는 NC군이 110 mg/dL대로 유지되는데 비해 STZ군은 412.7±26.4 mg/dL로 약 3.7배 높았고 BT군 336.2±27.7 mg/dL, BT2.5군 357±31.8 mg/dL, BT5.0군 338±18.1 mg/dL로 STZ 군보다 낮아 여주즙 음용이 혈당을 낮춤을 보여주었다[Figure 2 A].

STZ는 산화적스트레스를 유발하여 췌장 내 Langerhans' islet의 β-세포를 파괴하여 인슐린 부족을 초래하고 포도당에 대한 β-세포의 예민도를 감소시켜 혈당이 증가되고, 포도당 신생합성효소의 활성이 증가되어 당 신생이 촉진되어 고혈당증을 초래하는 것으로 보고되었고(Choi et al., 2014), 여주에 들어있는 인슐린 유사물질인 펩티드 P, 사포닌, 페놀 및 alkaloid 등의 생리활성 성분에 의해서도 당의 수송을 원활하게 하여 혈당 수준 조절에 도움이 되고(Khanna et al., 1981), 여주의 추출물의 경구투여 시 혈청 내 인슐린 수준을 감소시켜 고인슐린혈증을 개선시킨다고 보고하였다(Jeong et al 2008).

α-glucosidase는 소장에 존재하는 당분해효소로서 그 저해제는 탄수화물의 포도당으로의 소화를 지연시킴으로써, 결국 식후의 혈당치를 감소시키는 역할을 하는데, 식물로부터 α-glucosidase의 활성을 억제시킬 수 있는 기능성 소재 개발에서 여주씨 95% 에탄올 및 비극성용매에서 다량 추출되는 생리활성물질인 Vicine과 α-Eleostearic

Acid의 우수한 α-glucosidase저해효과를 보고하였다(Yuk & Noh, 2015).

귀리에 다량 함유된 β-glucan의 혈당강하화 및 지질개선 효과는 보리의 탄수화물 분해효소 저해물질, 면역 기능을 나타내는 보체계의 활성화 등과 밀접한 관계가 있다고 보고된 바 있어(Choi & Koo, 2000) 본 실험에서 사용한 여주와 귀리의 여러 성분들이 혈당개선에 작용하였을 것으로 생각된다.

STZ로 유도된 당뇨유발 흰쥐의 당분해 및 당 흡수 기전을 확인하기 위하여 포도당을 경구투여 한 후 0, 30, 60, 90, 120분에 꼬리정맥 채혈하여 측정된 혈당은 포도당투여 후 30분에서 NC군의 혈당은 207±29 mg/dL로 측정되었고 STZ군 508±36 mg/dL, BM군 475±36 mg/dL, BM2.5군 423±52 mg/dL, BM5.0 417±44 mg/dL였고, 2 시간 후 NC군 혈당 115±16mg/dL, STZ군 391±27 mg/dL, BM군 355±32 mg/dL, BM2.5군 328±29 mg/dL, BM5.0 310±24 mg/dL로 감소하였다[Figure 2 B]

이 결과는 NC군에 비하여 STZ군들의 당분해가 낮고 흡수가 억제됨을 보여주었고 STZ군에 비해 BM군들의 혈당이 낮아 여주즙과 여주귀리즙의 포도당 분해능이 커서 혈당을 낮추는 것을 알 수 있었다.

NC군의 혈청 인슐린은 4.01±0.71 ng/mL 였고 STZ군 2.89±0.37 ng/mL, BM군 3.13±0.36 ng/mL, BM2.5군 3.27±0.36 ng/mL, BM5.0 417±44 ng/mL였다[Figure 2

(Table 3) Body weight(BW), BW gains, food intakes, and food efficiency ratio(FER) of rats after 4 weeks of drinking bitter melon juice mixed with condensed oat juice

	Initial BW (g)	Final BW (g)	BW gains (g/day)	Food intakes (g/day)	FER
NC	164.3±5.2	318.9±15.6 ^d	5.6±1.2 ^c	40.4±5.4 ^c	0.138±0.003
STZ	160.3±4.7	122.4±18.3 ^a	-1.36±0.7 ^a	25.0±7.2 ^a	-0.054±0.002
BT	162.9±6.3	134.4±25.4 ^b	-1.04±0.6 ^a	26.5±6.3 ^a	-0.028±0.004
BT2.5	158.2±7.3	141.5±28.0 ^b	-0.85±0.5 ^a	25.4±8.2 ^b	-0.033±0.002
BT5.0	163.5±5.3	145.3±27.2 ^b	-0.64±0.4 ^a	25.9±5.4 ^b	-0.024±0.030

NC: normal water, STZ: STZ+normal water, BM: STZ+bitter melon juice, BM2.5: STZ+bitter melon juice mixed with 2.5% condensed oat juice, BM5: STZ+bitter melon juice mixed with 5.0% condensed oat juice.

a, b : Different letters indicate statistically significant differences at p<0.01.

Mean ± SD

C].

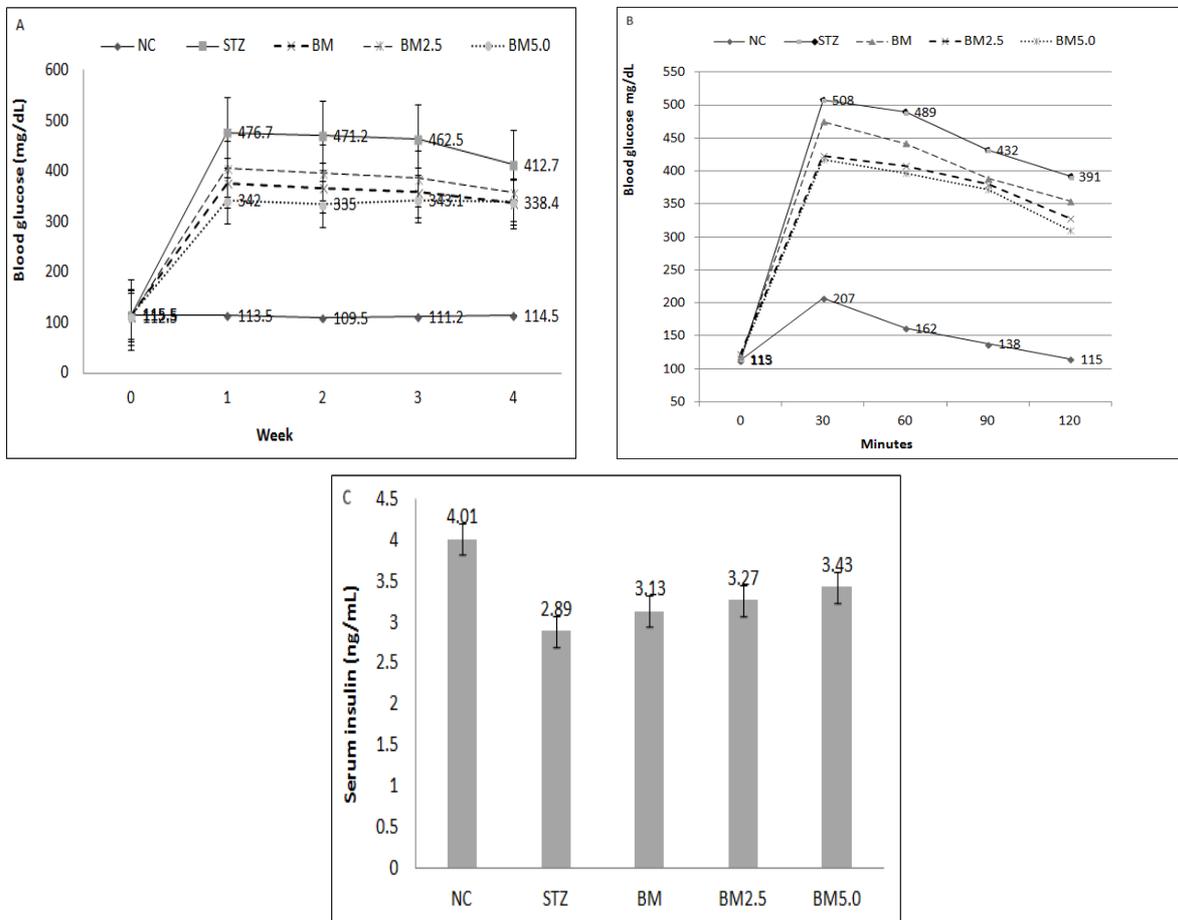
NC군에 비하여 STZ군들의 인슐린농도가 유의적으로 낮고 STZ군에 비해 BM군들의 인슐린농도가 높아 여주즙과 여주귀리즙이 인슐린분비에 효과가 있음을 나타냈다.

STZ으로 췌장의 β -세포를 손상시켜 형성되는 I 형 당뇨병에서는 항당뇨효과가 있는 약물을 빠른 시간내에 투여할수록 인슐린함량이 증가한다고 알려졌는데(Tian et al., 2010), 본 연구에서 여주즙을 음용한 흰쥐의 혈청인슐린농도가 높게 나타난 것은 여주즙이 STZ에 의한 췌장내 랑겔한스섬의 β -세포 손상을 늦추거나 파괴된 β -세포를

회복시키는 효과로 생각된다.

IV. 요약 및 결론

여주즙의 쓴맛을 줄여 마시기 좋은 여주즙을 개발하고 자 귀리농축액을 혼합하여 여주귀리즙을 개발하여 영양성분을 분석하고, 여주즙을 음용수로 마셨을 때 혈당개선효과를 알아보하고자 streptozotocin(STZ)으로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에 여주즙을 음용수로 4주간 공급하고 혈당지표로서 혈액 포도당농도 변화, 최종혈당농도, 혈청 인슐린농도, 경구 당부하검사를 실시하였다.



NC: normal water, STZ: STZ+normal water, BM: STZ+bitter melon juice, BM2.5: STZ+bitter melon juice mixed with 2.5% condensed oat juice, BM5: STZ+bitter melon juice mixed with 5.0% condensed oat juice

[Figure 2] Blood glucose concentration, oral glucose tolerance, and serum insulin levels of normal and diabetic rats during 4 weeks of drinking bitter melon juice mixed with condensed oat juice

여주즙에 귀리농축액을 2.5%, 5.0%, 7.0%, 10.0% 각 각 혼합하여 만든 여주귀리즙의 관능평가결과 4가지 관능 항목 중 가장 낮은 평가를 받은 것은 맛으로 평균 2.92였고 색 평균 3.56, 향 3.79, 전반적 기호도 3.58로 맛에 대한 기호도를 높이는 방안이 더 필요하였다.

본 연구의 목적이 여주즙의 쓴맛을 완화시키기 위한 최소량의 귀리농축액을 혼합하는 것이므로 유의적으로 좋은 평가를 얻은 여주귀리즙 중에서 귀리농축액 혼합비율이 낮은 2.5%와 5.0% 혼합한 것을 최종제품으로 선택하였다.

여주즙에 귀리농축액을 5.0% 혼합하여 만든 여주귀리즙의 영양성분함량은 100 g당 수분 95.32 g, 열량 16.00 cal, 당류 2.52 g, 탄수화물 3.42 g, 조단백 0.64 g, 조회분 0.62 g, 나트륨 3.60 mg을 함유하였고 포화지방산, 트랜스지방, 콜레스테롤은 검출되지 않았다.

여주즙에 귀리농축액을 2.5%, 5.0% 혼합한 여주귀리즙을 음용수로 4주간 STZ로 당뇨를 유발시킨 흰쥐에 공급하였을 때 여주귀리즙 음용군이 STZ대조군에 비해 사료섭취량이 많았고 체중이 감소가 적었으며 사료이용효율과 물섭취량은 높았다.

혈장 포도당의 수준변화는 NC군이 110 mg/dL대로 유지되는데 비해 STZ군은 412.7±26.4 mg/dL로 약 3.7배 높았고 BT군 336.2±27.7 mg/dL, BT2.5군 357±31.8 mg/dL, BT5.0군 338±18.1 mg/dL로 여주즙 음용이 혈당을 낮추었다. 4주 동안 사육후 NC군의 혈청 인슐린은 4.01±0.71 ng/mL 였고 STZ군 2.89±0.37 ng/mL, BM군 3.13±0.36 ng/mL, BM2.5군 3.27±0.36 ng/mL, BM5.0군 4.17±44 ng/mL로 STZ군에 비해 BM군들의 인슐린농도가 높아 여주귀리즙 음용이 당뇨개선에 도움이 될 것으로 평가되며 여주의 고부가가치를 높힐 수 있을 것으로 기대된다.

주제어: 여주귀리즙, STZ흰쥐, 혈당개선, 혈장포도당, 혈청인슐린, 경구 당부하

References

Alam, S., Asad, M., Asdaq, S. & Prasad, V. (2009). Antiulcer activity of methanolic extract of *Momordica charantia* L. in rats. *Journal of*

Ethnopharmacology. 123(3), 464-469.

An, S. H. (2014). Quality characteristics of muffin added with bittermelon (*Momordica charantia* L.) Powder. *Korean Journal of Food Cookery Science*. 30(5), 499-508.

Bae, S. J. (2002). The effects in antimicrobial and anticarcinogenic activity of *Momordica charantia* L.. *Korean Journal of Nutrition Society*. 35(8), 880-885.

Boo H. O., Lee H. H., Lee, J. W., Hwang, S. J. & Park S. U. (2009). Different of total phenolics and flavonoids, radical scavenging activities and nitrite scavenging effects of *Momordica charantia* L. according to cultivars. *Journal of Medicinal Croporative Science*. 17(1), 15-20.

Clemens, R & van Klinken, B. J(2014). The future of oats in the food and health continuum. *British Journal of Nutrition*. 112(S2), 75-79.

Cho, K. M. & Joo, O. S. (2015). Change in phytoestrogen contents and antioxidant activity during fermentation of Cheonggukjang with bitter melon. *Korean Journal of Food Preservation*. 22(1), 119-128.

Choi, J. M. & Koo, S. J. (2000). Effects of β-glucan from *Agaricus blazei* Murill on blood glucose and lipid composition in db/db mice. *Korean Journal of Food Science Technology*. 32(6), 1418-1425.

Choi, J. R., Choi, J. M., Lee, S. H., Cho, K. M., Cho, E. J. & Kim, H. Y. (2014). The protective effects of protocatechuic acid from *Momordica charantia* against oxidative stress in neuronal cells. *Korean Journal of Pharmacology*. 45(1), 11-16.

Choi, M. S., Hong, D. D. & Choi D. J (2002). The effect of mixing beverage with *Aralia continentalis* Kitagawa root on blood pressure and blood constituents of the diabetic and hypertensive elderly. *Korean Journal of Food and*

- Nutrition*. 15(2), 165-172.
- Ganguly, C., De, S. & Das, S. (2000). Prevention of carcinogen-induced mouse skin papilloma by whole fruit aqueous extract of *Momordica charantia*. *European Journal of Cancer Prevention*. 9(4), 283-288.
- Hu, X. J., Wang, X. B., & Kong, L. Y. (2013). α -Glucosidase inhibitors via green pathway: biotransformation for bicoumarins catalyzed by *Momordica charantia* Peroxidase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61(7), 1501-1508.
- Jeong, J. H., Lee, S. H., Hue, J. J., Lee, K. N., Nam S. Y., Yun, Y. W., Jeong, S. W., Lee, Y. H. & Lee, B. J. (2008). Effect of bitter melon (*Momordica charantia*) on anti-diabetic activity in C57BL/6J db/db mice. *Korean Journal of Veterinary Research*. 48(3), 327-336.
- Kenny, O., Smyth, T.J., Hewage, C.M., & Brunton, N.P. (2013). Antioxidant properties and quantitative UPLC-MS analysis of phenolic compounds from extracts of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) seeds and bitter melon (*Momordica charantia*) fruit. *Food chemistry*. 141(4), 4295-4302.
- KFDA (2011). Korean Food Standards Codex. Korea Food & Drug Administration. Chungwon, Korea.
- Khanna, P., Jain, S.C., Panagariya, A. & Dixit, V.P. (1981). Hypoglycemic activity of polypeptide-p from a plant source. *Journal of Natural Products*. 44(6), 648-655.
- Kim, A. K, Lee, H. J, Oh, M. M, Lee, W.M, Lee, S. G, Chae, W. B, Cho, H. S, Yang, E. Y, Hyh Y. C, Park, D. K. & Kim S. (2013A). Selection of bitter gourd (*Momordica charantia* L.) germplasm for improvement anti-diabetic compound contents. *Korean Journal Breed Science*. 45(4), 332-338.
- Kim, A. R., Lee, J. J., Cha, S. S., Chang, H. C. & Lee, M. Y. (2012). Effect of soybeans, Chungkukjang, and Doenjang on blood glucose and serum lipid profile in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*. 41(5), 621-629.
- Kim, B. K., Hong, J. S, Yoon, H. J., Hong, S. D., Hong, S. P, & Lee, J. I.(2013C). Influence of bitter melon extraction on oral squamous cell carcinoma. *Korean Journal of Oral Maxillofac Pathology*. 37(2), 59-65.
- Kim, H. Y., Kwon, S. H., & Cho, E. J. (2013B). Phytochemical constituents of bitter melon (*Momordica charantia*). *Natural Product Sciences*. 19(4), 286-289.
- Kim, M. W. (2009). Effects of bitter melon powder on the quality of sponge cake. *Master' thesis. Yonsei University*. pp 22-56
- Kim, M. W. (2013). Effect of bitter melon on plasma blood glucose and cholesterol levels in streptozotocin induced diabetic rats. *Journal of East Asian Society of Dietary Life*. 23(6), 704-712.
- Kim, M. W. (2014). Effect of dietary supplementation with bitter melon on lipids and hepatic enzyme levels in streptozotocin induced diabetic rats. *Journal of East Asian Society of Diet Life*. 24(6), 759-767.
- Kim, S. H., Kang, J. S., Lee, S. J. & Chung, Y. J. (2008). Antidiabetic effect of Korean red ginseng by puffing process in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*. 37(6), 701-707.
- Kim, S. J. (2004). The effects of exercise and taurine supplementation on blood glucose, insulin, serum lipids and mtDNA content in STZ-induced diabetic rats. *PhD Dissertation. Pusan National University, Busan*.

- Kim, S. R., Seog, H. M., Choi, H. D., & Park, Y. K. (2002). Cholesterol lowering effects in rat liver fed barley and β -glucan-enriched barley fraction with cholesterol. *Korean Journal of Food Science Technology*. 34(2), 319-324
- Kim, S. S., Lim, K. S., Kim, H. J., Chong, M. S., & Lee, K. N. (2008). Effects of Extracts from mixed culture with *Tricholoma matsutake mycelium* and *Cordyceps militaris mycelium* on blood glucose in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean Journal of Oriental Physiology & Pathology*. 22(2), 365-370.
- Lee, C. H., Kim, J. J., Kwon, J., Youn, Y. & Kim, Y. S. (2013A). Instant gruel from colored barley and oats for improving diabetic conditions. *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*. 42(6), 885-891.
- Lee, H. H., Cheong, M. J., Huh, J., Song, S. Y. & Boo, H. O. (2009). Effects of *Momordica charantia* L. water extracts on the rat liver and kidney with acute toxicated by lead. *Korean Journal of Microorganism*. 39(4), 355-363.
- Lee, H. J., Moon, J. H., Lee, W. M., Lee, S. G., Kim, A. K., Woo, W. H. & Park, D. K. (2012). Charantin contents and fruit characteristics of bitter melon (*Momordica charantia* L.) accessions. *Journal of Biology and Environmental Control*. 21(4), 379-384.
- Lee, J. W. (2011). Chemical and physiological properties of bitter melon (*Momordica charantia* L.). *Ph D Thesis, Chonbuk University, Korea*, 112-126.
- Lee, S. H., Hong, E. J. & Cho, Y. J (2015). Quality characteristics of Yangaeng with *Momordica charantia* powder. *Korean Journal of Food Preservation*. 22(3), 335-344.
- Lee, S. J., Shin, J. H., Ju, J. C., Kang, S. K. & Sung, N. J. (2013B). Hypoglycemic and hypolipidemic effects of *Orostachys japonicus* with medicinal herbs in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*. 42(4), 587-594.
- Liu, JQ., Chen, JC., Wang, CF. & Qiu, M. H. (2009). New cucurbitane triterpenoids and steroidal glycoside from *Momordica charantia*. *Molecules*. 14(12), 4804-4813
- Ministry of Health and Welfare. (2015). <https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/index.do>
- Moon, S. L. & Choi, S. H. (2014). Characteristics of cookies quality containing bitter melon (*Momordica charantia* L.) powder. *Korean Journal of Culinary Research*. 20(1), 80-90.
- Park, A., Ng, TB., & Tso, WW. (2002). Purification and characterization of charantin, a napin like ribosome inactivating peptide from bitter melon (*Momordica charantia*) seeds. *The Journal of Peptide Research*. 59(5), 197-202.
- Park, J. Y. & Heo, Y. R. (2011). Effects of bitter melon (*Momordica charantia*) extracts on body weight change and lipid composition in C57/BL6J mice fed high fat diet. *Journal of Human Ecology*. 21(1), 113-121.
- Park, Y., Boo, H. O., Park, Y. L, Cho, D. H, & Lee, H. H. (2007). Antioxidant activity of *Momordica charantia* L. extracts. *Korean Journal of Medicinal Coperative Science*. 15(1), 56-61.
- Roh, S. G. & Cho, W. C. (2011). Antidiabetic synergistic effects of medicinal plant extract mixtures on db/db mice. *Journal of Life Science*. 21(2), 165-175.
- Singh, R., Kumar, A., Giri, DD., Bhuvaneshwari, K. & Pandey, KD. (2012). Gas chromatography-mass spectrometry analysis and phytochemical screening of α -glucosidase inhibitory effect of vicine and α -eleostearic acid from the seeds of *Momordica charantia* 63 methanolic fruit extract

- of *Momordica charantia*. *Journal of Recent Advances in Agriculture*. 1(4), 122-127.
- Son, H. K., Han, J. H. & Lee, J. J. (2014). Anti-diabetic effect of the mixture of mulberry leaf and green tea powder in rats with streptozotocin-induced diabetes. *Korean Journal of Food Preservation*. 21(4), 549-559.
- Tian, HL., Wei, LS., Xu, ZX., Zhao, R.T, Jin, DL., & Gao, JS. (2010) Correlations between blood glucose levels and diabetes signs in streptozotocin induced diabetic mice. *Global Journal of Pharmacology*. 4(1), 111-116
- Thies, F., Masson, L. F., Boffetta P & Kris-Etherton P. (2014). Oats and CVD risk markers: a systematic literature review. *British Journal of Nutrition*. 112(S2), 19-30.
- Virdi, J., Sivakami, S., Shahani, S., Suthar, AC., Banavalikar, MM., & Biyani, MK. (2003). Antihyperglycemic effects of three extracts from *Momordica charantia*. *Journal of Ethnopharmacology*. 88(1), 107-111.
- Yuk, H. J. & Noh, G. M. (2015). α -Glucosidase inhibitory effect of vicine and α -eleostearic acid from the seeds of *Momordica charantia*. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 34(1), 57-63.

Received 15 February 2016;

1st Revised 12 April 2016;

Accepted 18 April 2016