

## Cacao 가공부산물의 첨가 식이가 Streptozotocin 유발 당뇨 쥐의 혈당 및 혈중 지질수준에 미치는 영향

이정숙 · 강태수\* · 권익부\*\* · 이신영\*\*\*

(주)일화연구소, \*도립 충북과학대학 식품생명과학과, \*\*롯데그룹 중앙연구소,  
\*\*\*강원대학교 바이오산업공학부

### Supplement Effect of Cacao Subproducts on the Levels of Blood Glucose and Lipid in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats

Jung-Suk Lee, Tae-Su Kang\*, Ik-Boo Kwon\*\*, and Shin-Young Lee\*\*\*

*Ilwha Co. Ltd.*

*\*Department of Food Engineering and Biotechnology, Chungbuk  
Provincial University of Science & Technology*

*\*\*Lotte Group R & D Center*

*\*\*\*School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon Natl University*

#### Abstract

This study was carried out to elucidate the physiological activity of cacao(*Theobroma cacao* L.) subproducts. Cacao subproducts were prepared from cacao mass processing by L-BTC process and the effect of supplementing these cacao subproducts to purified diets on growth performance and several metabolic parameters were examined in streptozotocin-induced diabetic rats. The experimental animals(S.D., male) groups were divided into five groups, consisting of one diabetic control group and four experimental groups(CBH-R, CBH-S, CM and CM-NDF). Animals were fed *ad libitum* each of experimental diets for 2weeks. The mean values of fecal weight in CM(cacao mass) group(4.8 g/day) was higher than other groups, and body weight gain was increased and the reduction of body weight in CBH-R(raffinate of ethanol extraction from cacao bean husk) group was significantly lower than other groups. The fasting blood glucose level was decreased by CBH-R, CM and CM-NDF(neutral detergent fiber of cacao mass) groups. The serum lipids(total and triglyceride) and atherosclerotic index were reduced in the CM(or CBH-R) and CM-NDF groups as compared with any other groups. These results suggested that the CBH-R, CM and CM-NDF feeding were relatively effective on the improvement of blood sugar depression and cholesterol metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats.

**Key words:** Cacao subproducts, streptozotocin-induced diabetic rats, blood glucose and lipid level

#### 서 론

Cacao bean(CB)은 전세계적으로 커피, 설탕 다음 가는 3대 농산 수출물로서 총 생산량은 연간 250만 M/T에 이른다(Hui, 1991; Cros와 Jeanjean, 1995;

Anonyme, 1995).

Cacao bean의 배유(cotyledon)를 갈아서 분쇄하면 버터가 풍부한 분쇄물을 얻을 수 있는데, 이를 cacao paste, cacao liquor 또는 cacao mass(CM)라 한다(Hui, 1991). 반면, 껍질은 cacao bean husk(CBH)로 불리며, cacao mass 생산과정 중 탈각되어 중량비 약 15%의 부산물로서 전세계적으로 약 40만 톤이나 폐기되고 있다(E.D. & F. Man Cocoa Ltd., 1991).

현재 국내의 초콜렛 시장은 약 4000억 원의 큰 시장을 형성하고 있으나, 최근 외산 초콜렛의 수입

Corresponding author: Shin-Young Lee, School of Biotechnology and Bioengineering, Kangwon Natl University, Chunchon 200-701, Korea  
Phone: 033-250-6273  
E-mail: sylee@kangwon.ac.kr

개방과 함께 당의 함량이 높고 고지방의 열량식이라는 이미지로 새로운 전환기를 맞고 있다. 특히, 최근의 다이어트 붐이나 당뇨, 충치, 동맥경화 등 각종 질환과 관련한 건강 식품에 대한 소비자 관심의 고조로 초콜릿에 대한 부정적 인식은 점차 커지고 있는 실정이다. 따라서 이에 대한 대응 방안의 모색이 불가피한데, 이의 일환으로 초콜릿의 새로운 생리 기능성을 규명하여 건강 식품으로 인식시키는 방안이 매우 효과적일 것으로 보인다. 이는 최근 초콜릿의 주성분인 cacao mass나 cacao mass 생산 중의 가공 폐기물인 CBH 중에는 각종 기능성 식품 및 생리활성 소재로 널리 주목받고 있는 폴리페놀류가 매우 풍부하게 함유되어 있기 때문이다 (Yamaguchi와 Naito, 1984, 登志雄, 1996)

하지만, 초콜릿의 주원료인 cacao bean이나 그 가공 부산물인 CBH에는 식이섬유 함량도 매우 풍부하여 새로운 식이섬유원으로서의 잠재성이 매우 높다(Martin-Cabrehas *et al.*, 1994; Lee *et al.*, 2001a, b). 하지만 이에 대한 보고는 매우 미흡한 실정으로서 검토의 필요성이 충분하다. 더구나 초콜릿의 제조과정 중 중량비 약 15%의 부산물로 폐기처분되고 있는 CBH를 이용할 경우, 폐자원의 재활용 및 환경보전이라는 측면에서의 부가적 효과도 얻을 수 있다.

일반적으로 식이섬유의 생리활성은 식이섬유의 물리·화학적 특성인 보수력, 양이온 교환능, 담즙산 결합력, 발효성 등에 의해서 영향을 받으며(Ebihafa와 Kiriyama, 1990), 또 식이섬유의 구성성분과 조성, 함량, 결합상태 및 입자크기나 식품의 종류, 가공법, 조리조건 및 식이섬유원 등에 따라서도 그 기능이 다르게 나타난다(Eastwood *et al.*, 1986). 그 동안 이 등은 Cacao mass 가공 중 cacao 식이섬유의 성분조성 변화와 이들의 물리적 특성 변화를 조사하여 보고한 바 있는데, 이에 의하면 CBH(cacao bean husk)는 총 식이섬유 함량이 약 54%나 되며, CB(cacao bean)도 가공에 따라 약 30%내외이다. 특히, lignin, cellulose, hemicellulose 및 pectin 등 불용성 식이섬유의 함량이 약 80%에 이르는 특징을 보였다(Lee *et al.*, 2001a). 아울러, 투석막을 이용한 *in-vitro* glucose 및 bile acid의 흡수지연 실험에서 비교적 우수한 glucose 및 bile acid의 흡수지연효과를 보였으며, 특히, 불용성 식이섬유는 시판용 식이섬유보다 훨씬 더 높은 glucose 및 bile acid의 흡수지연 효과를 나타내었다(Lee *et al.*, 2001b).

따라서 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 cacao

bean 및 cacao bean으로부터 L-BTC 공법(Buhler catalogue, 1997)으로 cacao mass를 제조하는 공정 중의 중간제품, 그리고 폐기되는 CBH의 식이섬유를 시료로 하여 이들 식이섬유의 *in-vivo* 동물 실험을 통한 혈당 강하 효과와 콜레스테롤 대사 개선 효과를 검토하였고, 이로부터 궁극적으로 초콜릿의 기능성 제품화 자료를 마련하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 사용한 Cacao bean(*Theobroma cacao* L.)은 Ghana 산으로, L-사로부터 제공받았다. 전보(Lee *et al.*, 2000, 2001a, 2001b)에서와 같이, cacao mass 가공의 최신공법으로 알려진 mass roasting process인 L-사의 BTC(Better Taste and Color) 가공 공정에 따라 CM(cacao mass)과 CM의 neutral detergent fiber인 CM-NDF, 그리고 CM 가공의 부산물인 CBH(cacao bean husk)의 ethanol 추출의 상징액과 잔사로부터 각각 얻은 CBH-S 및 CBH-R이다(Fig. 1).

각 시료의 일반성분 및 식이섬유함량은 Table 1

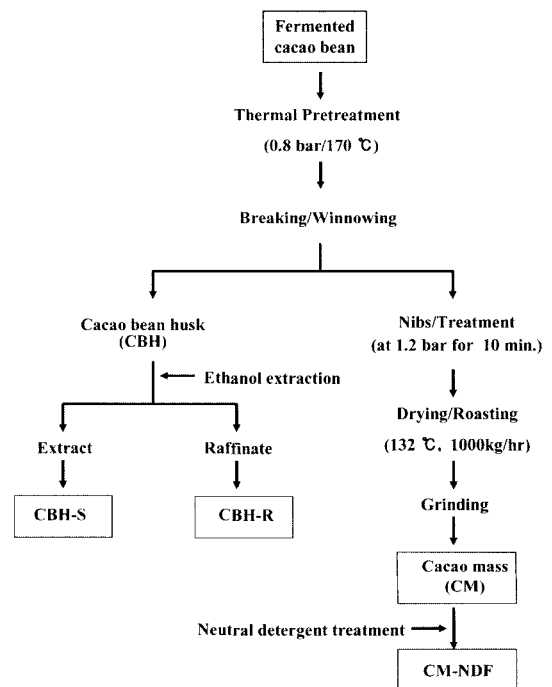


Fig. 1. Flow diagram for sample preparation from fermented cacao bean.

**Table 1. Proximate composition and dietary fiber contents of cacao subproducts**

Samples <sup>1)</sup>	Moisture(%)	Crude fat (%)	Crude protein (%)	Ash(%)	Carbo- hydrate (%) <sup>3)</sup>	TDF(%) <sup>4)</sup>	NDF(%) <sup>5)</sup>
CBH-R	2.15±0.06 <sup>2)</sup>	20.59±0.06	15.12±0.19	5.96±0.04	56.18	53.61±0.30	43.95±0.05
CBH-S	12.73±0.34	0.58±0.01	33.43±0.09	18.03±0.67	35.28	2.77±0.52	0.58±0.01
CM	1.42±0.13	55.93±0.23	11.32±0.08	3.26±0.15	28.05	32.27±1.34	30.25±1.06
CM-NDF	5.51±0.58	-	-	-	94.49	94.49±0.58	90.00±1.14

<sup>1)</sup>See the legend of Fig. 1.

<sup>2)</sup>Mean ± S.D.

<sup>3)</sup>Carbohydrate by difference.

<sup>4)</sup>Total dietary fiber

<sup>5)</sup>Neutral detergent fiber=insoluble dietary fiber-pectin(%)

과 같았고, 이 때 CM-NDF는 불용성 식이섬유에서 펙틴함량의 차이로 구하였으며, 주로 cellulose, hemicellulose 및 ligin을 포함한다(Lee *et al.*, 2001a). 모든 시료는 4°C의 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### Cacao 식이섬유의 생리 기능성 조사

Cacao 식이섬유의 혈중 포도당 수준 및 지질대사 개선효과 등의 생리 효과를 조사하기 위하여 Streptozotocin(STZ, Sigma S-0130)으로 당뇨를 유발시킨 당뇨쥐를 대상으로 다음과 같이 동물실험을 실시하였다.

**실험동물** : 실험동물은 5주령의 수컷 S.D.(Sprague Dawley) 계열로, (주) 대한동물실험센터로부터 분양 받아 사용하였다.

**실험 식이의 조제**: 동물실험에 사용한 표준 식이 조성(%)은 Table 2와 같이, casein (vitamin free, Sigma Co.) 20, DL-methionine 0.3, sucrose 50, corn starch 15, corn oil 5.0, alphacel 5.0, choline bitartrate 0.2, mineral mix 3.5(AIN-76) 및 vitamin mix 1.0 (AIN-76)로 하였고, 실험 식이는 5% 수준으로 첨가하였다.

**사육조건 및 당뇨유발**: 실험동물은 온도 20-22°C, 습도 50±10% 및 12시간 주기의 명암하에서 사육하였고, stainless steel cage에서 1주간 동안 고형사료로 적응시킨 후 당뇨를 유발시켰다. 당뇨유발은 Streptozotocin을 citrate buffer (pH 4.5)에 녹여 50 mg/kg의 농도로 1회 복강주사하고, 12시간 절식시킨 후 꼬리정맥에서 채혈하여 혈당농도가 180 mg/dl 이상인 것들만 당뇨쥐로 사용하였다. 대조군은 0.01M의 citrate buffer만을 사용하여 당뇨 유발군과 같은 방법으로 주사하였다.

실험동물은 적응사육 2주 후 정상쥐 표준식이군, 당뇨쥐 표준식이군, CBH-R군, CBH-S군, Cacao

**Table 2. Composition of the experimental diets. (%)**

Ingredient	Control	CBH-R <sup>1)</sup>	CBH-S <sup>2)</sup>	CM <sup>3)</sup>	CM-NDF <sup>4)</sup>
Casein	20.0	19.2	18.3	18.5	20.0
DL-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Sucrose	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Corn starch	15.0	11.8	11.7	11.6	15.0
Cellulose	5.0	5.0	5.0	5.0	0
Corn oil	5.0	3.9	4.9	48.7	5.0
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Mineral mixture <sup>5)</sup>	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Vitamin mixture <sup>5)</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
CBH-R <sup>(1)</sup>	-	5.0	-	-	-
CBH-S <sup>(2)</sup>	-	-	5.0	-	-
CM <sup>(3)</sup>	-	-	-	5.0	-
CM-NDF <sup>(4)</sup>	-	-	-	-	5.0

<sup>(1)(4)</sup> See the legend of Fig.1.

<sup>(5)</sup> AIN(American Institute of Nutrition)-76.

mass(CM)군, CM-NDF군으로 나누어 다시 2주간 실험식으로 사육하였으며, 이때 각 군은 체중이 비슷한 8마리를 1군으로 하였다. 물은 증류수를 사용하였고, 식이는 자유로이 섭취토록 하였으며, 식이 섭취량, 변량 및 물 섭취량은 매 1일, 체중은 2일 간격으로 측정하였다.

**시료의 채취**: 2주간의 실험식이 사육이 끝난 실험동물은 12시간 절식시킨 후 ethyl ether로 가볍게 마취시켜 복부를 절개하고 심장에서 채혈하여 전혈을 얻었으며, 이를 당화혈색소 분석의 시료로 하였다. 전혈은 항응고제(heparin; Sigma H7005)가 들어 있는 micro haematocrit tube(GRAF Cat. No. 5.530-06)를 통과시킨 후, 3000rpm (4°C)에서 10분간 원심분리하여 혈청을 분리하였고, 혈당 및 지질 분석의 시료로 하였다. 한편, 간장은 적출후 saline으로 처리하고 filter paper (Whatman No. 2)로 수분을 제거한 다음 무게를 정하였다. 이상의 시료들은 분석전까지 -70°C의 냉동고에 보관하였다.

**생화학적 분석:** 혈당측정은 혈청을 분리하고 GOD (glucose-oxidase) 측정법(White와 Kenney, 1981)에 따라 조제된 아산제약의 혈당 측정용 kit(AM 201-K)를 사용하여 500 nm에서 비색정량하였다.

혈중 총 당화혈색소는 전혈을 용해시킨 후 양이온 수지의 micro column으로 HbA<sub>1c</sub> (glycalated hemoglobin) 이외의 성분을 배액시킨 후, 다시 column으로부터 HbA<sub>1c</sub>을 배액시켜 측정하는 column법(BioSystem, Spain)을 사용하여 415 nm에서 비색정량하였다.

중성지질 및 인지질의 측정은 혈청을 분리하고 효소비색법을 이용한 아산제약의 kit(AM 1575-K) 및 Iatron kit(PL-E(OM))을 사용하여 550 및 500 nm에서 각각 비색정량하였다. 총 콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤의 측정은 혈청을 분리하고 효소비색법을 이용한 아산제약의 kit(cholesterol-enzyme 및 AM 203-K)를 사용하여 500nm에서 각각 비색정량하였다. LDL(Low-Density Lipoprotein)-콜레스테롤은 다음의 Friedewald 식(1972)으로 구하였고, 동맥경화 지수(Atherogenic Index, AI)는 혈청 Total-cholesterol에서 HDL-cholesterol을 뺀 수치를 HDL-cholesterol 값으로 나누어 산출하였다.

LDL-콜레스테롤(mg/dl) = 총 콜레스테롤-(중성지질/5 + HDL-콜레스테롤)

$$AI = \frac{\text{Total cholesterol} - \text{HDL cholesterol}}{\text{HDL cholesterol}}$$

### 통계처리

본 동물 실험에서 얻어진 측정 결과의 통계적 유의성은 SAS (Statistical Analysis System) program을 이용하여 분석하였으며(1988),  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple test를 행하여 각 실험군별 평균 치간의 유의성을 검정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 식이 및 물의 섭취량, 체중 및 배변량의 변화

실험기간 중 실험동물의 식이 및 물의 섭취량, 체중 및 변 무게의 변화량은 Fig. 2와 같다.

식이 및 물의 섭취량은 정상군보다 당뇨군들에서 많았으며, 이는 당뇨병 유발로 인한 다음 및 다식 현상으로 생각되었다. 당뇨 대조군과 당뇨 Cacao 섭취군들 간의 식이 섭취량(Fig. 2-A)은 당뇨 대조군,

CBH-R군, CBH-S군, CM군 및 CM-NDF(cacao mass-neutral dietary fiber)군이 각각 25.6, 24.6, 25.9, 28.0 및 23.9 g/day로, 각 군간의 차이는 거의 없었다. 또 물 섭취량(Fig. 2-B)의 경우, 당뇨 대조군(208.3 ml), CBH-R군(187.3 ml), CBH-S군(190.9 ml), CM군(168.3 ml) 및 CM-NDF군(194.1 ml)으로, 당뇨 대조군만 섭취량이 다소 많았다. CM(cacao mass)군과 CM-NDF (cacao mass-neutral dietary fiber)군은 비교적 적게 섭취하였지만, 유의성은 없었다. 체중 변화량은 정상 대조군이 실험 초기에 비하여 약 68.3g정도 증가한데 반하여, Fig. 2-C에서 보는 바와 같이, 당뇨 대조군, CBH-R군, CBH-S군, CM군 및 CM-NDF군의 체중 변화는 각각 -13.7g, -4.3g, -29.0g, +3.8g 및 -19.1g으로 CM군만을 제외한 모든 당뇨군들의 경우에는 감소하였다. 이와 같이 당뇨 쥐의 식이 섭취량이 정상쥐와 비슷함에도 불구하고 실험기간 중에 계속적이 체중 감소가 일어나는 것은, 당뇨 유발에 의한 체내 탄수화물대사 및 혈청 콜레스테롤이나 중성지질의 상승과 같은 지질대사의 퇴행적인 변화 때문인 것으로 생각되었다(이정선, 1994; Kang *et al.*, 1998; 고진복, 1998).

한편, 건조 무게의 변화(Fig. 2-D)는 모든 당뇨군에서 높게 나타났으며, 자료로 나타내지는 않았으나 실험동물의 배변의 형태와도 모든 당뇨군에서 높았다. 당뇨 대조군, CBH-R군, CBH-S군, CM군 및 CM-NDF군의 배변량은 각각 2.1, 3.1, 2.5, 4.8 및 1.5 g/day이었고, 특히 CM군은 변의 부피가 가장 많고, 부드러워서 변비에 효과가 있을 것으로 예측되었다.

#### 혈중 당농도 및 총 당화 혈색소

실험 동물의 혈당(blood glucose)과 혈중 총 당화 혈색소(total glycalated hemoglobin, GHb)는 Table 3과 같다. 정상대조군의 실험초기 공복시 혈당은 121.8 mg/dl이었으며, 당뇨 대조군은 367.2 mg/dl로 정상 대조군에 비하여 약 3배 증가되었다. Ethanol 추출물 잔사(CBH-R), 추출물 상등액(CBH-S), Cacao mass (CM) 및 Cacao mass-neutral dietary fiber (CM-NDF)의 혈당도 각각 367.8, 381.5, 375.7 및 368.2 mg/dl로 당뇨 대조군과 비슷하였다.

1주후 당뇨 대조군의 혈당은 390.3 mg/dl로 증가하였으나 시료 첨가구는 모두 이 보다 낮은 값 범위(169.3-279.7 mg/dl)이었다. 2주간의 실험이 끝난 후의 혈당은 정상 대조군의 경우 158.5 mg/dl, 당뇨 대조군 581.2 mg/dl로, 정상군에 비하여 약 3.7배정

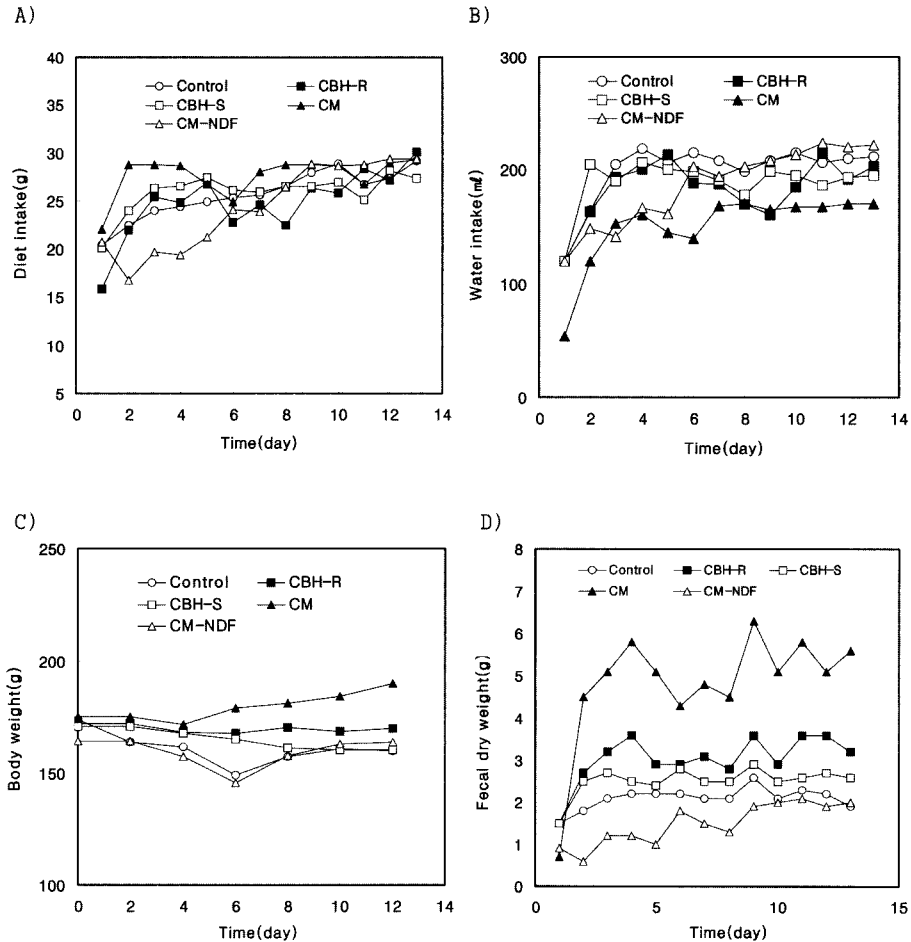


Fig. 2. Diet intake(A), water intake(B), body weight(C) and fecal dry weight(D) of diabetic rats fed experimental diet for 2weeks.

도 증가하였다. 당뇨 CBH-S군은 537.5 mg/dl로 당뇨 대조군(581.2 mg/dl)보다 약간 감소하는 정도였으나, CBH-R, CM 및 CM-NDF군의 혈당은 각각 357.0, 430.2 및 416.3 mg/dl로 당뇨 대조군(581.2 mg/dl)보다 약 0.75-0.72배 정도 감소하여, 정상수준에는 크게 못 미쳤으나 당뇨 CBH-R, CM군과 CM-NDF군의 혈당 저하효과가 높은 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ).

이러한 결과는 식이섬유 함량과 관계되는 것으로 보는데, 식이섬유는 위에서부터 소장으로의 탄수화물 이동속도를 지연시키며, 전분 및 다른 당류의 소화를 저해하여 당질의 흡수를 감소시켜, 상피세포 표면으로 소화산물의 진입을 지연시키는 것으로 잘 알려져 있다. 이연경 등(1996)도 식이섬유는 소장에서의 당 흡수를 지연시켜 혈당과 혈중 인슐린값을

감소시키는 것으로 보고하였다. 특히, 본 연구의 시료는 불용성 식이섬유 함량이 높으므로 불용성 식이섬유의 섭취시도 내당능(glucose retardation)이 개선됨을 보여주는 결과인데, Bosello 등(1980)도 wheat bran 20 g을 내당능 장애 환자에게 1개월간 섭취시켰을 때 혈당 및 인슐린이 유의하게 감소되었다고 보고하였다. 또 이 등(1996)도 불용성 고식이섬유군을 2주간 투여하였을 때 공복시 혈당은 물론, 당부하 후 180분까지도 투여 전에 비하여 혈당의 감소를 나타내었다고 보고한 바 있다.

한편, Table 3에서 총 당화 혈색소(total glycalated hemoglobin, GHb)를 보면, 당뇨쥐의 총 당화 혈색소 농도는 당뇨 대조군, CBH-R, CBH-S, CM 및 CM-NDF군에서 각각 23.4, 16.4, 17.0, 12.5 및 15.9 %로, 정상대조군(10.7%)보다는 높았으나 모든

**Table 3. Concentration of glucose and glycalated hemoglobin(GHb) in serum of diabetic rats fed the experimental diets for 2weeks.**

Dietary roup <sup>1)</sup>	Glucose(mg/dl)			GHb(%)
	0th week	1st week	2nd week	
Control				
Non-diabetic	121.8± 7.9 <sup>b2)</sup>	150.3± 7.6 <sup>c</sup>	158.5± 6.6 <sup>c</sup>	10.7± 1.4 <sup>c</sup>
Diabetic	367.2±57.6 <sup>a</sup>	390.3±67.6 <sup>a</sup>	581.2±43.2 <sup>a</sup>	23.4±11.4 <sup>a</sup>
CBH-R	367.8±27.8 <sup>a</sup>	246.8±23.6 <sup>b</sup>	357.0±22.4 <sup>b</sup>	16.4±6.7 <sup>b</sup>
CBH-S	381.5±87.8 <sup>a</sup>	224.6±121.5 <sup>b</sup>	537.5±59.9 <sup>a</sup>	17.0±2.4 <sup>a</sup>
CM	375.7±73.4 <sup>a</sup>	169.3±98.5 <sup>b</sup>	430.2±87.6 <sup>b</sup>	12.5±0.4 <sup>b</sup>
CM-NDF	368.2±58.2 <sup>a</sup>	279.7±152.9 <sup>b</sup>	416.3±66.1 <sup>b</sup>	15.9±5.4 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Fig. 1.

<sup>2)</sup>Mean±S.D.

Means with the different subscripts in a column are significantly different(p<0.05)

식이첨가군에서 당뇨대조군보다 유의적으로 낮아졌다.(p<0.05), 특히 CBH-R, CM군과 CM-NDF군의 총 당화 혈색소 농도가 다른 군에 비하여 낮았다. 일반적으로 당뇨의 경우, 공복시 혈당은 여러 가지 요인에 의하여 영향을 받으며, 실험 전날의 식이 섭취량이나 섭취시간에 의한 영향을 받는 데, 총 당화혈색소는 이러한 영향을 받지 않으며, 혈당 조절이 잘 되지 않을 경우, 그 농도가 증가하여 당뇨병의 합병증 발생 지표로 이용된다(Gabbat et al, 1977).

결과적으로 CBH-R, CM군과 CM-NDF군은 2주간의 평균 혈당 농도가 대조군에 비하여 낮고 또 총 당화 혈색소의 농도를 유의적으로 감소시키므로 효과가 있는 것으로 판단하였으며, 이는 이들 유사 시료에 대해 Lee 등(2001b)이 보고한 *in-vitro* glucose 흡수지연효과의 경향과도 잘 일치한다.

**중성지질(triglyceride, TG) 및 인지질(phospholipid) 농도**

Cacao 가공 부산물 첨가식이 당뇨 동물의 혈청 내의 중성지질 및 인지질 농도에 미치는 효과는 Table 4와 같다.

혈청 중 중성지질의 농도는 당뇨 대조군이 109.04 mg/dl로 정상대조군(90.01 mg/dl)보다 높았다. CBH-R, CBH-S, CM 및 CM-NDF군이 각각 110.00, 92.30, 81.53 및 98.71 mg/dl로 CBH-R군만을 제외한 모든 cacao 첨가군에서 당뇨 대조군보다는 감소 효과를 보였으나, 유의성은 없었다. Mardar(1983)는 당뇨가 유발된 쥐들은 혈중 중성지질의 수준이 높아진다고 보고한 바 있으며, Breckenrkdge 등(1978)은 STZ 유발 당뇨쥐에서는 중성지질 값이 현저히 증가되는데, 이는 혈장으로부터 말초조직으로의 중성지질 제거 기전이 감소된 결과에 기인한다고 보고하였다. 또, Choi 등(1983)은 당뇨병의 탄수화물 대사이상과 혈청 콜레스테롤 및 중성지질 등의 상승과 같은 지질대사 이상으로 고지혈증이 나타난다고 보고하였다. 본 실험에서 당뇨쥐의 중성지질 농도는 80~110 mg/dl로 비교적 정상 수준에 속하였다.

한편, 인지질의 농도도 정상 대조군 104.09 mg/dl, 당뇨 대조군 140.17 mg/dl, CBH-R, CBH-S, CM 및 CM-NDF군이 각각 145.41, 204.36, 134.27 및 125.76 mg/dl로, CBH-S군만이 당뇨 대조군에 비하여 매우 높은 수준을 나타내었다.

이와 같이 STZ 처리에 의한 당뇨 유발로 인하여

**Table 4. Concentration of triglyceride and phospholipid in serum of diabetic rats fed the experimental diets for 2weeks.**

Measuring items	Dietary Group <sup>1)</sup>					
	Control		CBH-R	CBH-S	CM	CM-NDF
	Non- diabetic	Diabetic				
Triglyceride (mg/dl)	90.01±20.48 <sup>b</sup>	109.04±42.48 <sup>a</sup>	110.00±46.49 <sup>a</sup>	92.30±45.68 <sup>a</sup>	81.53±9.79 <sup>a</sup>	98.71±44.65 <sup>a</sup>
Phospholipid (mg/dl)	104.09±4.48 <sup>b</sup>	140.17±3.93 <sup>a</sup>	145.41±1.31 <sup>b</sup>	204.36±23.75	134.27±15.74 <sup>b</sup>	125.76±4.72 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Fig. 1.

<sup>2)</sup>Mean±S.D.

Means with the different subscripts in a column are significantly different(p<0.05)

지질대사뿐만 아니라 체내대사의 이상이 초래되어 혈청의 인지질 및 콜레스테롤 농도가 정상쥐에서 보다 높아지는 경향을 보였으나, cacao 첨가식에 의하여 다소 낮아져 지질대사 불균형이 어느 정도 조절되는 것으로 생각되어졌다. 하지만, CBH-S군은 낮은 식이섬유 함량으로 이러한 불균형에 대한 조절능이 떨어져 인지질의 함량이 높아지는 양상을 나타낸 것으로 생각되었다.

### 콜레스테롤(cholesterol) 함량

STZ 투여 2주 후 실험동물 혈액중의 총 콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 동맥경화 지표에 미치는 영향에 대한 실험 결과는 Table 5와 같다.

총 콜레스테롤 함량은 정상 대조군 76.61 mg/dl, 당뇨 대조군이 100.24 mg/dl이었고, CBH-R, CBH-S, CM 및 CM-NDF군이 각각 95.43, 125.57, 102.71 및 87.85 mg/dl로, CBH-R군과 CM-NDF군에서 총 콜레스테롤 함량이 낮았으며, CBH-S군만이 다소 높은 경향을 보였다. LDL-콜레스테롤 함량은 각각 45.82, 29.62, 51.03, 46.69 및 28.66 mg/dl로, 당뇨 대조군에 비하여 CBH-R 및 CM-NDF군은 LDL-콜레스테롤 농도를 유의적으로 저하시키는 효과를 나타내었다( $p < 0.05$ ). 반면, CBH-S 및 CM군은 다소 높은 경향을 나타내었으나 유의성은 없었다.

또한, HDL-콜레스테롤의 농도는 당뇨 대조군에 비하여 모든 cacao 첨가 식이군의 HDL-콜레스테롤 농도가 높아졌다( $p < 0.05$ ). 실제로 당뇨병 환자의 30~40%에서 고지단백혈증(hyperlipoproteinemia)을 보이고, 혈중 중성지질 및 콜레스테롤의 농도가 정상인에 비하여 높고 조절이 잘 되지 않는 경우, LDL-콜레스테롤 농도가 높아지는 반면, HDL-콜레스테롤 농도는 낮아지기 때문에 혈중 HDL 및 LDL-콜

레스테롤 농도 경향이 차지하는 비율은 높다(이순재와 박규영, 1997). 동맥경화의 발병 지표인 동맥경화지수(Atherosclerotic index, AI)는 정상대조군 당뇨 대조군이 2.07인데 비하여 CBH-R, CBH-S, CM 및 CM-NDF는 각각 1.18, 1.24, 1.54 및 1.17로 낮아지는 경향을 보였다( $p < 0.05$ ).

CBH-R과 CM-NDF는 식이섬유 함량이 높으므로 이러한 콜레스테롤 저하효과는 식이섬유가 장내에서 콜레스테롤 또는 bile salt와 결합하여 bile acid의 enterohepatic circulation을 억제함으로써 콜레스테롤의 재흡수가 방해되기 때문인 것으로 생각된다(Story, 1985). Fisher 등(1966)도 당뇨 유발 흰쥐에 있어서 섬유소는 혈중 콜레스테롤 농도를 저하시키고, atherome성 동맥경화의 진행을 지연시킨다고 보고한 바 있는데, 본 실험에서도 일부 cacao 유래 가공부산물의 첨가식이가 당뇨쥐의 경우에서 혈중 콜레스테롤을 어느 정도 저하시키는 효과가 있음이 확인되었다.

## 결론

STZ 유발 당뇨쥐에 CBH의 에탄올 추출물 잔사(CBH-R)와 상등액(CBH-S), Cacao Mass(CM) 및 CM의 Neutral Dietary Fiber (CM-NDF) 등, 각종 Cacao 가공물을 5% 수준으로 섭취시킨 후 당뇨쥐의 체중과 변의 무게 변화 및 혈중의 당농도와 지질 수준에 미치는 영향을 조사하였다. 실험기간 2주 후의 당뇨쥐 체중은 CBH-S군은 대조군군과 비슷하였으나 CM첨가군>CBH-R군>CM-NDF군의 순으로 대조군보다 높았고, 배변량은 CM-NDF군을 제외한 나머지 시료 모두 대조군군보다 약 1.5~3.0배 증가하였다. 2주간의 평균 혈당을 나타내는 총 당화 헤모글로빈 함량은 당뇨 대조군(23.4%)에 비해

Table 5. Concentration of total, HDL and LDL-cholesterol in serum of diabetic rats fed the experimental diets for 2weeks.

Measuring items	Dietary Group <sup>1)</sup>				
	Non-diabetic control (Diabetic Control)	CBH-R	CBH-S	CM	CM-NDF
Total-cholesterol (mg/dl)	76.61±10.06 <sup>c,2)</sup> (100.24±2.97 <sup>bc</sup> )	95.43±2.58 <sup>b</sup>	125.57±9.28 <sup>a</sup>	102.71±3.03 <sup>b</sup>	87.85±8.42 <sup>c</sup>
HDL-cholesterol (mg/dl)	32.83±9.19 <sup>b</sup> (32.61±2.06 <sup>c</sup> )	43.80±5.29 <sup>b</sup>	56.08±5.32 <sup>a</sup>	40.39±1.74 <sup>b</sup>	40.49±3.82 <sup>b</sup>
LDL-cholesterol (mg/dl) <sup>3)</sup>	34.40±11.55 <sup>b</sup> (45.82±7.57 <sup>a</sup> )	29.62±2.89 <sup>b</sup>	51.03±1.93 <sup>a</sup>	46.69±5.31 <sup>a</sup>	28.66±2.69 <sup>b</sup>
Atherosclerotic index(AI) <sup>4)</sup>	1.34±0.55 <sup>b</sup> (2.07±0.08 <sup>a</sup> )	1.18±0.40 <sup>b</sup>	1.24±0.51 <sup>b</sup>	1.54±0.37 <sup>b</sup>	1.17±0.34 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Fig. 1.

<sup>2)</sup>Mean±S.D.

<sup>3)</sup>Total cholesterol - (Triglyceride /5 + HDL cholesterol)

<sup>4)</sup>(Total cholesterol - HDL cholesterol) /HDL cholesterol

Means with the different subscripts in a column are significantly different( $p < 0.05$ )

모든 cacao 첨가군에서 낮았고(12.5~17.0%)고, 혈당 농도도 정상수준에는 못미치나 CBH-R, CM군과 CM-NDF군에서 각각 357.0, 430.2 및 416.3 mg/dl로, 당뇨대조군의 581.2 mg/dl보다 유의적으로 혈당농도를 감소시켰다. 한편, 당뇨쥐의 total-cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, triglyceride 및 phospholipid의 혈중 농도를 조사한 결과에서는 CM군과 CM-NDF군에서 비당뇨 정상군과 비슷한 수준으로 인지질 및 LDL 콜레스테롤 등의 지질개선 효과가 있었다. 동맥경화지수도 대조군에서 2.07이었으나 CBH-R군, CBH-S군, CM군 및 CM-NDF군은 각각 1.18, 1.24, 1.54 및 1.17로 대조군에 비하여 모두 유의적으로 낮았으며, CM군을 제외하고는 비당뇨 정상군(1.34)보다도 낮았다.

### 감사의 글

본 연구는 재단법인 롯데장학재단의 연구비 지원에 의하여 수행된 결과로, 연구비 지원에 감사드립니다.

### 문헌

- 고진복. 1998. 대두(생콩)급여가 당뇨쥐의 혈당 및 지질 농도에 미치는 영향. 한국식량영양학회지, **27**(2): 313-318
- 이순재, 박규영. 1977. Streptozotocin 유발 당뇨쥐 간조직에서의 3-Hydroxy-3-Methylglutaryl Co Enzyme A Reductase 활성과 혈중지질수준에 미치는 녹차 Catechin의 영향. 한국식량영양학회지, **26**(6): 1187-1193
- 이연경, 이혜성, 김보완. 1996. 단기간의 식이섬유 첨가물의 섭취가 인슐린 비의존형 당뇨병 환자의 당질대사에 미치는 영향. 한국식량영양학회지, **25**(5): 846-854
- 이정선. 1994. 메밀식이 당뇨대사에 미치는 영향. 한림대학교 박사학위논문
- Anonyme. 1995. *World production of raw cocoa*. Cocoa Market Report **351**: 12
- Bosello, O., R. Ostuzzim R. Micciolo and L.A. Scuro. 1980. Glucose Tolerance and Blood Lipids in Bran-Fed Patients with Impaired Glucose Tolerance. *Diabetes Care*, **3**: 46-53
- Breckenridge, W.C., J.A. Little, G. Steiner, A. Chow and M. Poapst. 1978. Hyper-triglyceridemia Associated with Deficiency of Apolipoprotein C-II, *New Eng. J. Med.*, **298**: 1256-1261
- Buhler Catalogue. 1997. State of the Art. Cocoa Factory in Korea, Buhler AG, Uzwill, Switzerland
- Choi, J.S., T. Yokazawa and H. Oira. 1983. Antihyperlipidemic Effect of Flavonoids from *Prunus Davidiana*. *J. Nat. Pharmacol.*, **32**, 2822
- Cros, E. and N. Jeanjean. 1995. *Cocoa Quality: Effect of Fermentation and Drying*. Plantations, Recherche, Development, 25-27
- Eastwood, M.A., M.B. FRCP, W.G. Brydon, BSc, MRCPATH and D.M.W. Anderson. 1986. The Effect of the Polysaccharide Composition and Structure of Dietary Fiber on Fecal Fermentation and Fecal Excretion. *Am. Soc. Clin. Nutr.*, **44**: 51-55
- Ebihafa, K. and S. Kiriyaama. 1990. Physico-chemical Property and Physiological Function of Dietary Fiber. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **37**(11): 916-933
- E.D. & F. Man Cocoa Ltd. 1991. Cocoa Market Report No.339, January, p. 12
- Fisher, H., W. G. Siller and P. Grimminger. 1966. The Retardation by Pectin of Cholesterol Induced Atherosclerosis in the Fowl. *J. Atheroscler. Res.*, **6**: 292-298
- Friedewald, W. T., R. I. Ley and D. S. Fredrickson. 1972. Estimation of the Concentration of Low Density Lipoprotein Cholesterol the Preparative Ultracentrifuge. *Clin. Chem.*, **18**: 499-502
- Gabbat, K. H., K. Hasty, J. L. Breslow, R. C. Ellison, H. F. Bunn, P. M. Gallop. 1977. Glycosylated Hemoglobins and Long-term Blood Glucose Control in Diabetes Mellitus. *J. Clin. Endocrinol Metab.* **44**: 859-864
- Hui, Y. H. 1991. *Encyclopedia of Food Science and Technology*(Vol. 1). John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 394-405
- Kang, T.S., S.U. Park, J.S. Lee, H.S. Lee, S.Y. Kim, and S.Y. Lee. 1998. Development of Functional Food Ingredient for Diabetic Patient Using the Health-Food Materials. II. Effects of Some Health-Food Materials on Blood Glucose Level and Lipid Composition in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats. *RDA J. Agri Sci.*, **40**: 199-206
- Lee, S.Y., C.H. Kang, M.J. Lee, I.K. Kwon, and Y.R. Pyun. 2000. Efficiency of L-BTC Process for Cocoa Mass Production. *Food Engineering Progress*, **4**(2): 61-69
- Lee, J.S., I.K. Kwon, and S.Y. Lee. 2001a. Chemical Composition of Dietary Fiber in Cacao and Its Change through L-BTC Process. *Food Engineering Progress*, **5**(3): 145-150
- Lee, J.S., I.K. Kwon, and S.Y. Lee. 2001b. Physical Properties of Dietary Fiber in Cacao and Its Change through L-BTC Process. *Food Engineering Progress*, **5**(3): 151-159
- Lee, J.S., I.K. Kwon, and S.Y. Lee. 2003. Change of Phenolic Compounds and Its Antioxidant Activity in Cacao Products during Cacao Mass Processing. *Food Engineering Progress*, **7**(3): 165-173
- Madar, Z. 1983. Effect of Brown Rice and Soybean Dietary Fiber on the Control of Glucose and Lipid Metabolism in Diabetic Rats. *Am. J. Clin. Nutr.* **38**: 388-393
- Martin-Cabrehas, M.A., C. Valiente, R. M. Esteban and E. Molla. 1994. Cocoa Hull. In "A Potential Source of



- Dietary Fiber". *J. Sci. Food Agric.*, **66**: 307-311
- SAS. 1988. Statistical Analysis System. Property Software(Release 6.03 Ed.). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA
- Story, J.A. 1985. Dietary Fiber and Lipid Metabolism. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, **180**: 447-452
- Valiente, C., R.M. Esteban, E. Molla and F. J. Lopez-Andreu. 1994. Roasting Effects on Dietary Fiber Composition of Cocoa Beans. *J. Food Sci.*, **59(1)**: 123-124
- White, C.A. and J.F. Kennedy. 1981. Manual and Automated Spectrophotometric Techniques for the Detection and Assay of Carbohydrates and Related Molecules. In *Techniques in Carbohydrate Metabolism*(H.L. Kornberg, J.C. Metcalfe, D.H. Northcote, C.I. Pogson, and K.F. Tipton Ed.), Elsevier, New York, B312, 1-64
- Yamaguchi, N.H. and S.Z. Naito. 1984. Isolation of Antioxidants from Cacao Bean Husk and its Application, *New Food Industry*, **26(1)**: 68-71
- 登志雄. 1996. 카카오의 기능성, *식품과開發*, **31(6)**: 48-51