

## L-BTC 가공 중 Cacao 식이섬유의 물리적 특성과 변화

이정숙 · 권익부\* · 이신영\*\*

(주)일화연구소, \*롯데그룹 중앙연구소, \*\*강원대학교 환경생물공학부

### Physical Properties of Dietary Fiber in Cacao and Their Changes Through L-BTC Process

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

Ilwha Co. Ltd.

\* Lotte Group R & D Center

\*\*Division of Environmental and Biological Engineering, Kangwon National University

#### Abstract

Several physical properties including, water holding capacity, oil holding capacity, viscosity, *in-vitro* glucose and bile acid retarding effects of dietary fibers isolated from cacao bean (*Theobroma cacao* L.) and its husk were examined. In addition, the winnowing, reaction and roasting effect by L-BTC processing on dietary fibers from cacao was investigated. Water holding capacity(WHC) of insoluble dietary fiber from raw cacao bean(CB) and cacao bean husk(CBH) were 9.12 and 9.20 g water retained/g solid, respectively, whereas oil holding capacity(OHC) were 3.30, 3.72 g oil retained/g solid. Slight changes of WHC and OHC for dietary fibers in CBH and CB was observed through winnowing and reaction of L-BTC processing., but those of roasting samples decreased significantly. Viscosity of 1% soluble dietary fiber solution from raw cacao bean(CB) and cacao bean husk(CBH) were 1.363 and 1.339 Pa·s, respectively, and their viscosities were increased as much as 1.5~2 times by 0.1% pectin or guar addition. However, viscosity of 1% insoluble dietary fiber suspended in 0.1% pectin or guar gum solution from raw cacao bean(CB) and cacao bean husk(CBH) were higher than that of soluble dietary fiber solution. The glucose and bile acid retarding effect of SDF and IDF isolated from Cacao and its sub-products were relatively good, and significantly increased of the order in CBH-R(raffinate of cacao bean husk by ethanol extraction)>CB>CBH>CM(cacao mass) and CBH>CB>CM>CBH-R, respectively. Especially, IDF from cacao showed the much higher effect on *in-vitro* glucose and bile acid retardation than those of commercials reported.

Key words: Cacao dietary fiber, physical property, L-BTC processing, *in-vitro* glucose and bile acid retarding effect

## 서 론

식이섬유(Dietary Fiber)는 그 동안 인체의 각종 장 및 대사성 질환의 발생 방지에 크게 관여하는 것으로 알려져 크게 주목 받아 왔으며, 최근 들어서는 각종의 새로운 식이섬유원 탐색을 위한 활발한 연구가 수행되었다(Ebihara와 Kiriya, 1990).

이들 식이섬유를 함유한 식품을 섭취하면 소화관 운

동의 촉진, 변 용적의 증가, 장내 물질의 통과시간 단축, 장내압, 복압 저하, 식사 성분의 소화, 흡수 저하, 장간 순환 담즙산의 감소 및 장내 세균총의 종류와 대사 변동 등의 각종 생리 효과를 나타낸다. 일반적으로 이러한 식이섬유의 생리기능은 식이섬유의 구성 성분과 조성, 함량, 결합상태 및 입자크기나 식품의 종류, 가공법, 조리조건 및 식이섬유원 등에 따라서도 그 기능이 다르게 나타난다(Eastwood *et al.*, 1986). 그러나 식품의 제 3차 기능과 관련되는 식이섬유의 대표적 특성은 보수력과 졸(sol)의 형성능, 양이온 교환능, 담즙산 결합력 등의 물리·화학적 특성에 의해서 크게 영

Corresponding author: Shin-Young Lee, Division of Environmental and Biological Engineering, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

향을 받는다(송정자, 1995; Ebihara와 Kiriya, 1990; Eastwood *et al.*, 1986). 그러므로 식이섬유의 물성 기능의 탐색은 식이섬유원으로서의 기능성 탐색에 매우 중요한 지표가 되고 있다.

카카오 콩 및 카카오 콩의 외피에는 식이섬유 함량이 각각 약 40% 및 60%나 함유되어 있어 새로운 식이섬유원으로서의 가능성이 매우 높다(Martin-Cabrehas *et al.*, 1994; 변유량, 1998). 하지만 이에 대한 기능성의 검토는 다른 식이섬유원에 비하면 별로 이루어진 바가 없다. 현재 카카오 식이섬유에 대해서는 혈압강하나 콜레스테롤의 저하에 관한 연구가 일부 알려지고 있으나(일본 초콜릿·코코아 협회, 1995; 변유량, 1998), 당뇨에 대한 효과나 물성 기능에 관한 보고는 아직 발표된 바가 없으며, 특히 가공 중의 변화에 대해서는 전무한 실정이라서 이에 대한 검토의 필요성이 매우 높다.

본 연구에서는 초콜릿의 기능성 제품화 연구 일환으로, cacao bean 및 cacao bean으로부터 L-BTC 공법(Buhler; 1997, 이신영 등, 2000, 2001)으로 cacao mass를 제조하는 공정 중의 각 중간제품, 그리고 폐기되는 cacao bean husk(CBH)로부터 분리한 식이섬유를 각각 시료로 하여 *in-vitro* 당뇨 효과 등, 생리 기능성을 포함한 이들 식이섬유의 몇몇 물리 기능성을 탐색 규명하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에 사용한 Cacao bean(*Theobroma cacao* L.)은 Ghana 산으로, L-사로부터 제공 받았다. Cacao nib을 균일한 작은 조각으로 만들어 roasting 처리하는 nib roasting process인 L-사의 BTC(Better Taste and Color) 가공 공정(Buhler, 1997, 이신영 등, 2000, 2001)에 따라 각 공정별 중간 제품(Cacao bean husk, cacao bean, winnowed sample, reacted sample 및 cacao mass)을 얻었으며, 이를 재료로 사용하였다. 각 재료는 4°C의 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 보수력(water holding capacity; WHC)

Sosulski와 Cadden(1982)의 방법에 따라 시료 1g을 50 ml 원심분리용 cell에 넣고, 증류수 20 ml를 첨가하였다. 10분간 방치한 후 유리막대로 10분간격으로 30초 동안 3회 반복하여 저어주었다. 10,000 rpm에서 25분간 원심분리하여 상등액을 제거한 후, 잔사의 무게를 측정하였다.

### 보유력(Oil Binding capacity; OBC)

Lin 등(1974)의 방법에 따라 시료 1g을 미리 향량을 구해놓은 원심분리용 cell에 넣고 soybean oil((주)해표) 5 ml를 첨가하였다. 5분간격으로 30초씩 30분간 교반한 다음, 10,000 rpm에서 25분간 원심분리하고 상등액을 제거한 다음 무게를 측정하였다.

### 점도

시료 그대로 또는 시료에 0.1~0.5%의 안정제(pectin)를 혼합하고, 증류수에 현탁시켜 1~3% 현탁액으로 하였다. 60°C에서 가온하고, 다시 30°C로 냉각하여 회전 점도계(Brookfield DV-II+, Brookfield Eng. Labs Inc.) 또는 모세관 점도계(Cannon-Fenske, Cannon Instrument Co.)로 점도를 측정하였다.

### *In-vitro*법에 의한 glucose 및 bile acid의 흡수 지연효과

식이섬유가 투석막을 빠져나오는 glucose 및 bile acid의 투과를 지연하는 원리를 이용한 Adiotomre 등(1990)의 반투막 투과 실험법으로 각각 다음과 같이 측정하였다.

Glucose 흡수 지연효과는 유리상태의 glucose는 투석막을 그대로 통과하지만 고분자 물질에 흡착된 glucose는 투석막을 통과하지 못하므로 투석 외액의 glucose 농도를 분석하여 측정하였다. 넓이 3.2 cm<sup>2</sup>, 길이 10 cm의 투석막(Sigma D7884 : M.W. cut-off <1200)을 0.1% sodium azide 용액에 하룻밤 담근후 사용하였다. 투석막의 한쪽 끝을 목면실로 단단하게 묶은 후 투석막 내부에 시료 0.2 g을 넣고, 여기에 glucose 36 mg을 용해시킨 0.1% sodium azide 용액 6 ml를 넣었다. 반대편의 투석막 끝도 단단히 묶은 후 150 ml 용량의 용기에 넣고 14시간 동안 수화시켰으며, 이 때 대조구의 경우는 시료만을 제외하여 마찬가지로 실시하였다. 수화 종료후 용기에 0.1% sodium azide 용액 100 ml를 첨가하였으며, 이를 37°C로 유지한 진탕 항온조에서 100 rpm으로 24시간 동안 투과실험을 실시하였다. 일정 시간(30분~24시간) 간격으로 투석외액 1 ml씩을 취하여 glucose 함량을 측정하였으며, 흡수 지연 효과를 다음 식에 의해 계산하였다.

Glucose retardation index (%)

$$= 100 - \frac{\text{Total glucose diffused from sack containing fiber}}{\text{Total glucose diffused from sack without fiber}} \times 100$$

이 때, glucose 함량은 ABTS 법(White와 Kennedy, 1981)에 따라 측정하였다. 즉 0.1% sodium azide 용액에 용해시킨 시료 및 표준 glucose 용액 1 ml에

ABTS 시약(glucose oxidase 60 mg, peroxidase 6 mg 및 ABTS 50 mg을 0.12M phosphate buffer 용액 250 ml에 용해한 것) 5 ml를 첨가한 후, 실온에서 30~40분간 방치하였고, 450 nm에서의 흡광도를 측정하였다. WHC

한편, bile acid 흡수 지연효과는 glucose의 경우와 마찬가지로, 유리상태의 bile acid가 투석막을 빠져나오므로 투석막 내부에 시료 0.2 g을 넣고 0.1% sodium azide 용액으로 조제한 0.05 M phosphate buffer(pH 7.0)에 1 L당 15 mmole taurocholic acid (Sigma T-4009)를 녹인 용액 6 ml를 넣어 투석막 끝을 단단히 묶었다. 이를 150 ml 용량의 용기에 넣어 14시간 동안 수화시켰으며, 대조구의 경우는 시료만을 제외하여 마찬가지로 실시하였다. 여기에 0.1% sodium azide 용액으로 조제한 0.05 M phosphate buffer (pH 7.0) 100 ml를 첨가한 후 37°C의 항온수조에서 100 rpm으로 72시간 동안 진탕하였다. 일정 시간 간격으로 1 ml씩을 취하여 bile acid 함량을 측정하였으며, bile acid

Bile acid retardation index (%)

$$= 100 - \frac{\text{Total bile acid diffused from sack containing fiber}}{\text{Total bile acid diffused from sack without fiber}} \times 100$$

흡수 지연 효과는 다음 식에 의해 계산하였다.

이 때, bile acid 함량은 Boyd 등의 방법(1966)에 따라 측정하였다. 즉 bile acid(Sigma B-8756) 용액 1 ml에 70% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용액 5 ml를 넣고 5분 후에 0.25% furfural 용액 1 ml를 각각 첨가하였다. 60분간 방치하여 분홍색이 최대로 발색된 후의 최대 흡수 파장인 510 nm에서 흡광도를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 카카오 식이섬유의 보수력

식이섬유는 난소화성으로 화학 활성이 강한 작용기를 갖지 않는 물질이다. 따라서 소화관내를 통과할 때 나타내는 식이섬유의 생리작용은 보수력, 팽윤력, 확산 억제작용, 점도 등의 물리적인 요소가 크다(Ang, 1991). 일반적으로 식이섬유원의 수분 흡착력은 소화력의 저하, 변의 부피와 무게 증가, 혈청 triglyceride를 낮추는 기전과 관련이 있는 것으로 알려지고 있는데(김영수 등; 1997), 특히, 곡류 섬유유의 물 흡수능은 변용적 증가효과의 중요 결정인자로 알려지고 있다(Schneeman, 1987).

따라서 Cacao 시료 및 cacao 유래 식이섬유의 보수력을 조사하였으며, 그 결과는 Fig. 1과 같다. CBH,

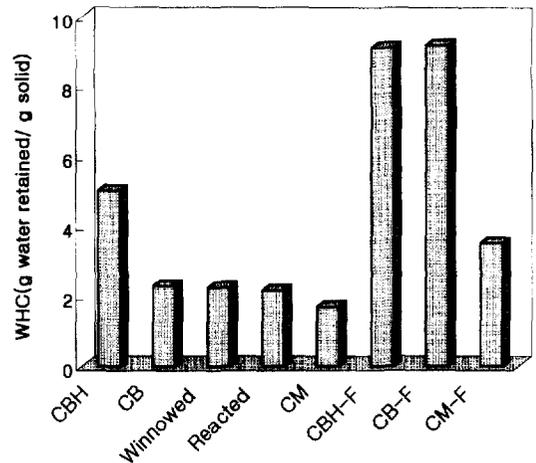


Fig. 1. Changes in the water holding capacity of cacao subproducts and their dietary fibers.

CBH: Cacao bean husk, CB: Cacao bean, Winnowed: Winnowed sample, Reacted: Reacted sample, CM: Cacao mass, CBH-F: Dietary fiber from CBH, CB-F: Dietary fiber from CB, CM-F: Dietary fiber from CM

CB 및 CM 식이섬유의 보수력은 각각 9.12, 9.20 및 3.52 g water retained/g solid이었다. 반면, cacao husk와 cacao bean 자체의 보수력은 각 시료의 식이섬유 보수력의 약 1/2에 불과하였다. 따라서 보수력의 요인 성분은 식이섬유인 것으로 생각되었으나 winnowing, reaction 및 roasting의 가공처리에 따라 보수력도 크게 감소하는 경향을 보여 다른 성분변화에 민감함을 보였다.

식이섬유는 통상 자기 무게의 4배 가량의 물을 흡착하는데(Cadden, 1987), MaCornell 등(1974)은 수분 흡착력이 식이섬유의 종류, 함량, 입자크기에 따라 크게 영향을 받는다고 하였다. 주로 식이섬유의 구성성분, 입도, pH 및 이온강도가 주 요인으로 보고되고 있다(Eastwood, 1986). 조미경과 이원종(1996)은 비지, 막걸리 박, 밀기울, soy fiber 식이섬유의 보수력은 2.56~4.24 g water retained/g solid라고 하였고, 김영수 등(1997)은 경기도 오산 쌀 미강의 식이섬유가 압출성형 유무에 따라 3.60~4.2 g water retained/g solid의 보수력을 나타낸다고 하였다. 또 이병우 등(1996)은 표고버섯 균사체의 식이섬유가 입자크기에 따라 7.39~7.80 g water retained/g solid로 매우 높다고 보고하였다. 따라서 CBH나 CB의 보수력은 시판용 펙틴의 약 8배보다도 높은 약 9배의 물을 흡수하는 매우 높은 값을 갖는 특징을 보였다. 그러나 CB(30 mesh)를 가공한 CM의 식이섬유(100 mesh)는 3.52 g water retained/g solid의 매우 낮은 값을 나타내었는데, 이는 상대적으로 입자크기가 너무 작았던 것(100 mesh)에 기인하는

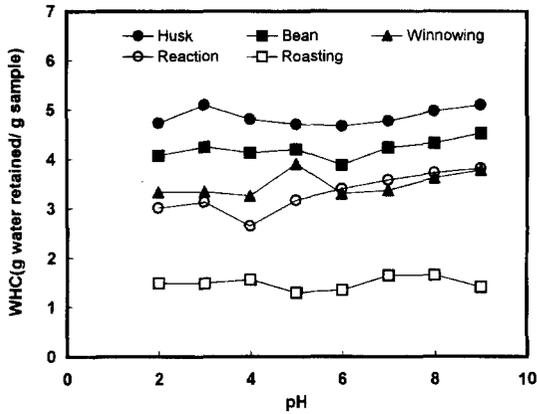


Fig. 2. Effect of pH on the water retention properties of cacao and its subproducts.

것으로 보인다. Ang (1991)은 셀룰로오스의 경우 입자 크기가 작을수록 보수성이 증가하여 섬유질에 따라 4~10배를 유지한다고 보고하였다. 또, roasting으로 보수력이 감소한 것은 미강을 볶음처리하여 추출한 식이섬유 추출물의 보수능(3.40 g water retained/g solid)이 생 미강 식이섬유추출물의 보수능(3.60 g water retained/g solid)보다 다소 낮아졌다는 김영수 등(1997)의 보고와 잘 일치하였다. 그러나 일반적으로는 입자 크기가 작아질수록 보수력도 증가하므로(Cadden, 1987), 이에 대한 검토의 필요성을 보였다. 아울러 셀룰로오스나 리그닌의 보수력은 낮고 헤미셀룰로오스의 보수력은 큰 것으로 알려져 있는데, 이와는 달리, Cacao 식이섬유의 경우 리그닌이나 셀룰로오스 함량이 매우 높았음에도 불구하고 높은 보수력을 나타내어 이에 대한 차후 검토의 필요성이 있는 것으로 생각되었다.

한편, Fig. 2는 pH 2~9범위에서 cacao bean과 cacao bean husk의 보수력을 조사한 결과이다. 각 pH에서 cacao husk와 bean 자체의 보수력은 각 시료의 식이섬유 보수력의 약 1/2에 불과하였고, 모든 시료에서 중성 pH에서 보수력이 다소 낮아지는 경향이었으나 큰 차이는 나타나지 않았다. 따라서 보수력의 감소는 pH 보다는 winnowing, reaction 및 roasting의 가공처리에 따른 타 성분의 변화에 민감한 것으로 생각되었다.

카카오 식이섬유의 보유력

CBH, CB 및 CM 식이섬유의 corn oil에 대한 보유능을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다.

CBH, CB 및 CM 식이섬유의 보유능은 각각 3.30, 3.72 및 2.34 g oil retained/g solid로, 보유능은 보수

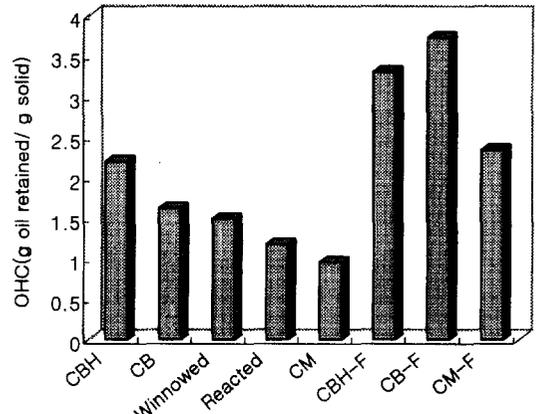


Fig. 3. Changes in the oil holding capacity of cacao subproducts and their dietary fibers.

력의 36.2~66.5% 범위이었다. 일반적으로 보유능은 보수력에 비하여 상대적으로 낮게 나타나며, 그 범위는 30~80%이므로(이병우 등, 1995), 본 실험 결과는 이들과 잘 일치하였다. 또 이 결과는 표고버섯 균사체 식이섬유 소재의 물리적 특성에 대한 이병우 등(1995)의 결과나, 조미경과 이원종(1996)이 비지 및 막걸리 박 식이섬유에서 얻은 결과와도 비슷한 경향이었다. 그러나 Cacao 식이섬유원의 보수력과 보유능의 비율은 약 1.5~2.8배로, 분말 셀룰로오스에 대한 Ang (1991)의 결과인 약 2.5~8.5배 보다는 매우 낮았으나, CM 식이섬유의 경우는 보유능이 보수력의 약 66.5%나 되어서 물과 기름이 함께 존재하는 가공식품에 사용할 경우 효율적인 흡착이 가능할 것으로 생각되었다.

점도 특성

점성 및 겔 형성능을 갖는 식이섬유는 소화관 내용물의 점도를 높여줌으로써 내용물의 소화관 이동속도 및 흡수에 대해 영향을 주는데, 소장 내용물의 점도에 대한 영향은 식이섬유의 종류에 따라 다른 것으로 알려져 있다(Ebihara와 Kiriyama, 1990). 따라서 CBH와 CB로부터 추출한 수용성 식이섬유(1%)의 점도를 모세관 점도계로 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 4와 같다.

1%(w/v) CBH 및 CB 수용성 식이섬유 수용액의 점도는 1.363 및 1.339 mPa·S인 반면, 0.1% pectin 및 guar gum을 첨가한 경우는 약 1.5배(1.902~2.097 mPa·S) 및 2배(3.808~3.858 mPa·S)의 높은 점도를 나타내었으나 점도의 상승효과는 나타나지 않았다.

한편, 점증제(0.1% pectin 및 guar gum) 용액중의 1% 불용성 식이섬유 첨가 현탁액에 대하여 회전점도

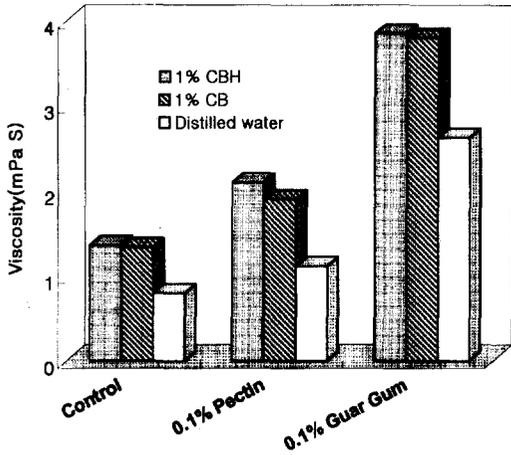


Fig. 4. Effect of 0.1% cacao soluble dietary fiber on the viscosity of 0.1% pectin and guar gum solutions.

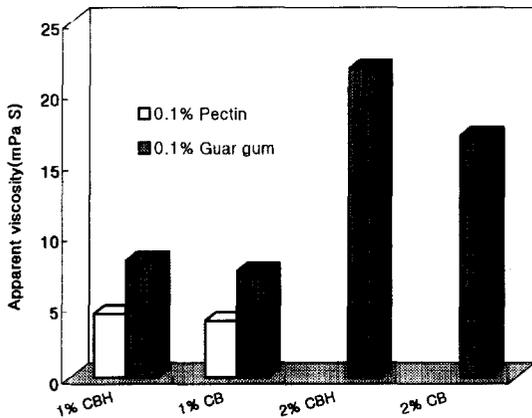


Fig. 5. Apparent viscosity of 1% and 2% cacao insoluble dietary fiber suspensions containing 0.1% pectin and guar gum solutions.

계로 점도를 측정된 결과에서는 Fig. 5에서 보는 바와 같이, 0.1% pectin 및 guar gum의 점도는 각각 1.57 및 3.16 mpa · S로, 모세관 점도계로 구한 결과와 잘 일치하였다. 0.1% pectin용액에서의 1% CBH 및 CB 식이섬유의 점도는 4.47 및 3.97 mPa·S인 반면, 0.1% guar gum용액에서의 1% CBH 및 CB 식이섬유의 점도는 8.22 및 7.48 mPa · S로, CBH의 식이섬유가 CB 식이섬유보다 다소 높은 점도를 나타내었고, 또 수용성 식이섬유보다 높은 점도 특징을 보였다. 그러나 0.1% guar gum용액중의 2% CBH 및 CB에서는 50 rpm에서의 겔보기 점도값이 각각 21.76 및 17.01 mPa · S이었다. 이 2% CBH 및 CB 식이섬유의 겔보기점도값은 1%의 경우보다 각각 약 2.7 및 2.3배의 점도를 나타내어 농도 증가에 따른 다소의 점도 상승효과를 나타냄을 보

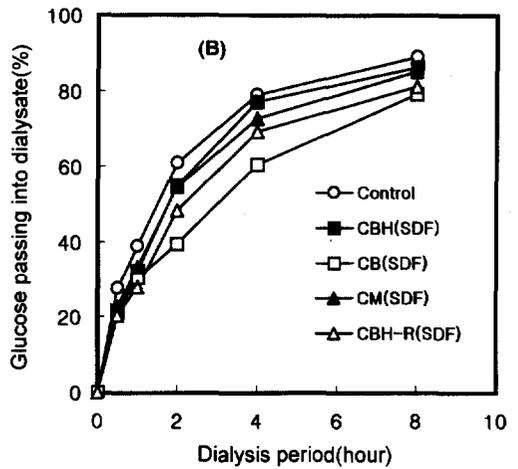
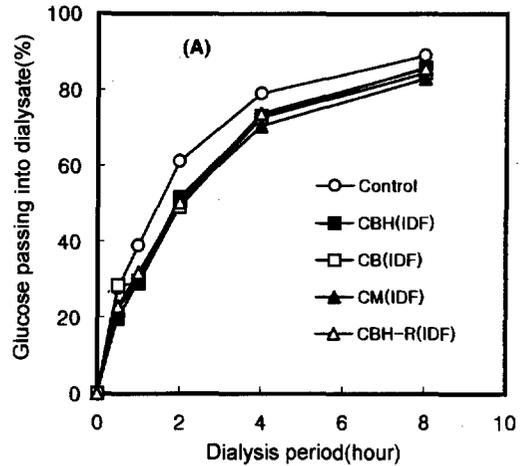


Fig. 6. Glucose movement across dialysis bag in the presence of insoluble dietary fiber (A) and soluble dietary fiber (B) separated from cacao.

였다. 그러나 이 값은 60 rpm에서의 분말 cellulose에 대하여 보고된 값(약 5)보다는 작았다(Ang, 1991).

Glucose의 흡수 지연효과

In Vitro법에 의한 식이섬유의 glucose 흡수 지연 효과를 알아보기 위하여 투석막을 이용하여 투석되는 glucose의 양을 8시간 동안 경시적으로 측정하고, 그 결과를 glucose 투과율(%)의 경시변화로서 Fig. 6에 나타내었다.

불용성 식이섬유 첨가구의 경우(Fig. 6A), 대조구의 glucose 투과율은 투석 초기 2시간에 급격히 증가하여 60%에 달하였고, 4시간 후에 80%에 도달하였으며, 이후 완만하게 증가하여 8시간 후 90%를 나타내었다. Cacao 유래 각종 불용성 식이섬유의 첨가구에서도 시료간의 큰 차이 없이 대조구와 비슷한 경향을 나타내

Table 1. Retarding effects of dietary fibers from cacao on glucose movement

Samples <sup>1)</sup>	Dialysis for 30 min		Dialysis for 60 min		Dialysis for 120 min	
	Glucose in dialyzate (mg/dl)	GDRI <sup>2)</sup> (%)	Glucose in dialyzate (mg/dl)	GDRI (%)	Glucose in dialyzate (mg/dl)	GDRI (%)
Control	9.95 ± 1.20 <sup>3)</sup>	0	14.00 ± 0.98	0	21.95 ± 0.35	0
IDF						
CBH	7.10 ± 0.47	28.64	10.64 ± 0.80	24.00	18.26 ± 1.26	16.81
CBH-R	8.23 ± 0.48	17.29	11.41 ± 0.86	18.50	18.05 ± 0.24	17.77
CB	8.60 ± 0.84	13.57	10.43 ± 0.38	25.50	17.69 ± 0.10	19.41
CM	8.07 ± 0.21	18.89	10.58 ± 0.29	24.44	18.22 ± 0.14	16.99
SDF						
CBH	7.73 ± 0.33	22.31	11.62 ± 0.19	17.00	19.78 ± 1.03	9.89
CBH-R	7.33 ± 0.25	26.33	10.03 ± 0.35	28.36	17.40 ± 0.87	20.73
CB	7.60 ± 0.95	23.62	10.90 ± 0.64	22.14	14.20 ± 0.32	35.31
CM	8.16 ± 0.10	17.99	11.99 ± 0.53	14.36	19.67 ± 0.98	10.39

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

<sup>2)</sup>Glucose dialysis retardation index

<sup>3)</sup>Mean ± S.D.

었으나 각 대응시간에서 대조구보다 glucose의 투과율이 낮아서 4시간후에는 60~80%, 8시간 후에는 80~100%로 감소하였다. 또 수용성 식이섬유 첨가구의 경우 (Fig. 6B)에서도 불용성 식이섬유와 마찬가지로의 경향을 보였으나, 수용성 식이섬유에서는 식이섬유원에 따라 큰 차이를 보였으며, glucose의 투과율도 대체적으로 더 낮았다. 따라서 Cacao 유래 식이섬유는 glucose의 투과를 지연시키는 것을 알 수 있는데, 이는 Schneeman (1987)에 의하면 식이섬유가 그 구조내에 glucose를 가두어 두는 효과(entrapping effect)에 기인한다.

한편, 투석 초기의 glucose retardation index (%)는 glucose의 흡수 지연 효과를 판단하는 지표로 이용되므로, 초기 30, 60 및 120분에서의 glucose 흡수 억제 지수를 구하였으며, 그 결과는 Table 1과 같다. 표에서 보는 바와 같이, 불용성 식이섬유의 경우, 투석 30~120분 경과시, glucose 흡수 억제지수는 CBH 28.64~16.81%, CB 13.57~25.50%, CM 18.89~24.44% 및 CBH-R 17.29~18.50%로, 30분후 CBH(28.64%)의 흡수 지연효과가 가장 우수하였다. 반면, 수용성 식이섬유의 경우에는 CBH 22.31~9.89%, CB 23.62~35.31%, CM 17.99~10.39% 및 CBH-R 26.33~28.36%로, 60분후 CBH-R (28.36%)의 효과가 가장 높게 나타났다. 그러나 불용성과 수용성 식이섬유간의 큰 차이는 없었다.

CB와 CBH-R에서는 수용성에서 glucose 흡수 억제 지수가 높아서 일반적 보고 사실과 잘 일치하였다. 일반적으로 식이섬유는 시간이 경과함에 따라 보수력이

증가하고, gel 구조를 형성하여 물성 변화와 함께 glucose를 가두는 효과를 나타내므로 점성이 높은 수용성 식이섬유의 경우에 그 효과가 높게 나타나는 반면, 불용성 식이섬유는 낮게 나타나는 것으로 알려지고 있다(Johnson과 Gee, 1981; Adiotomre 등, 1990; 이경숙과 이서래, 1996; 강태수 등, 1997).

그러나 CBH와 CM에서는 불용성 식이섬유의 glucose 흡수억제지수가 높아서 일반적 사실과 달랐는데, 이는 시료 특성에 기인하는 것으로 생각되었으며, 특히 CBH-R은 CBH의 에탄올 추출로, 그리고 CM은 CB의 반응 및 볶음처리로 얻어지므로, 용매처리나 열처리에 의해서도 glucose 흡수지연효과가 달라지는 것으로 판단하였다. Glucose 흡수 지연 효과는 식이섬유의 종류, 식이섬유의 입자 크기, 형태 또는 정제도나 가수분해 정도에 따라 그 성질이 달라져 흡수 지연효과에도 크게 영향을 미치는 것으로 알려지고 있다(Johnson과 Gee, 1981; 이경숙과 이서래, 1996; 강태수 등, 1997).

한편, 시판용 식이섬유중 수용성 식이섬유인 alginic acid, guar gum, CM-cellulose 및 citrus pectin의 투석 30분 경과시 glucose 흡수 억제지수는 약 30% 수준이므로, cacao 유래 수용성 식이섬유는 이들 보다는 다소 낮았다(Stevenson, 1994). 그러나 불용성 식이섬유의 경우는 시판용  $\alpha$ -cellulose의 10.5%와 비교할 때, cacao 유래 불용성 식이섬유(CBH-R)의 glucose 흡수지연 효과는 28.36%로 매우 높은 것으로 볼 수 있다(이경숙과 이서래, 1996).

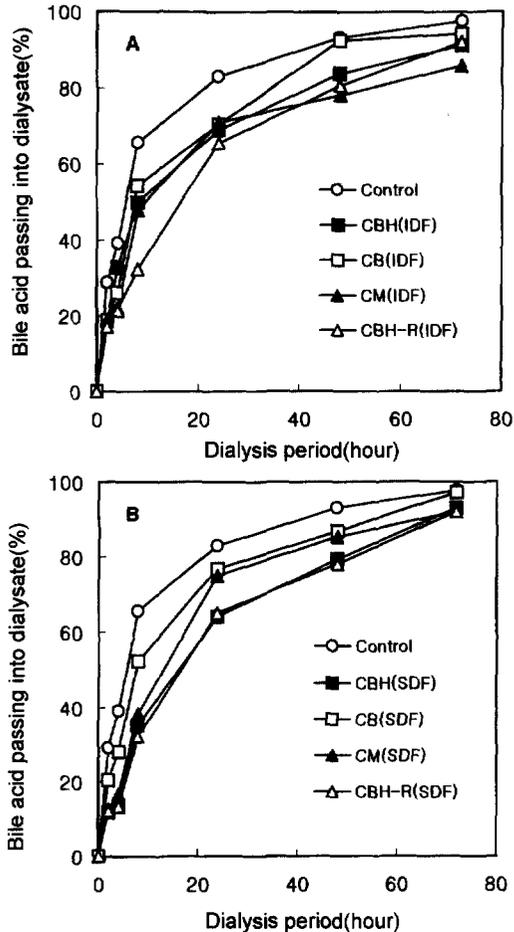


Fig. 7. Bile acid movement across dialysis bag in the presence of insoluble dietary fiber (A) and soluble dietary fiber (B) separated from cacao.

#### Bile acid의 흡수 지연 효과

*In Vitro*법에 의한 식이섬유의 bile acid 흡수 지연 효과를 알아보기 위하여 투석막을 통해 투석되는 taurocholic acid의 양을 72시간 동안 경시적으로 측정하여 조사한 결과는 Fig. 7과 같다.

Taurocholic acid의 투과율은 초기 8시간까지 크게 증가하다가 이후 72시간까지 서서히 증가하여 72시간에 거의 100%까지 투과하였다. 이러한 경향은 glucose와 마찬가지로이었으나, glucose의 경우보다는 비교적 서서히 이루어졌는데, 이는 bile acid의 분자량(538)이 glucose의 분자량(180)보다 크기 때문인 것으로 생각되었다(이경숙과 이서래, 1996). 식이섬유 첨가구의 경우는 수용성 및 불용성 시료 모두 각 대응하는 시간에서 taurocholic acid의 투과를 지연시켰으며, 식이섬유원의 차이를 나타내었다. Bile acid의 흡수 지연효과를

보다 명확히 알아보기 위하여 glucose에서와 마찬가지로 bile acid 흡수 억제지수(bile acid retardation index, %)를 구하였으며, 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

투석 1~4시간에서 각 시료의 bile acid 억제 지수는 11.11~65.91%의 넓은 범위 값이었는데, glucose 흡수 지연효과와는 달리, CBH를 제외한 나머지 시료 모두가 시간경과에 따라 bile acid 억제지수도 증가하는 특징을 보였다. 투석 2시간 후의 bile acid 억제지수를 보면, 불용성 식이섬유의 경우, CBH 35.38%, CBH-R 32.43%, CB 34.62% 및 CM 33.85로 거의 비슷하였다. 반면, 수용성 식이섬유의 경우에는 CBH 60.00%, CBH-R 62.43%, CB 29.23% 및 CM 56.92%로, CB를 제외한 나머지 시료 모두 불용성 식이섬유의 2배에 가까운 값 범위이었다. 이는 시판용 식이섬유중 수용성 식이섬유인 bile acid 흡수 억제지수가 citrus pectin 30.4%, guar gum 22.3%, alginic acid 17.0% 및 apple pectin 13.4%임을 고려하면(이경숙과 이서래, 1996), Cacao 유래 수용성 식이섬유의 경우 약 60%나 되는 bile acid 억제지수값은 매우 높은 것으로, bile acid 흡수 지연효과가 매우 뛰어남을 보여주는 결과이다. 또한, 시판용 불용성 식이섬유인  $\alpha$ -cellulose의 bile acid 흡수 억제지수는 8.9%정도이므로(이경숙과 이서래, 1996), Cacao 유래 불용성 식이섬유의 bile acid 억제 지수값(약 35%)도 비교적 높은 값으로 볼 수 있다. 이경숙과 이서래(1996)에 의하면 식품소재로부터 얻은 식이섬유의 bile acid 흡수 억제지수는 보리쌀, 미역 및 쌀겨의 경우 20~30% 내외이고, 글은 15.1%, 배추와 대두는 10%수준이다.

한편, 수용성 식이섬유는 점성이 큰 반면, 불용성 식이섬유는 수용성에 비하여 점도가 낮으므로, 불용성 식이섬유에 비해 수용성 식이섬유에서 그 효과가 높게 나타난 것은 점성과 크게 관련되는 것으로 보인다. Story (1985)는 점질성의 식이섬유는 장에서 당 흡수를 지연시켜 혈중 인슐린치를 감소시킬뿐만 아니라, bile acid와의 결합에 의해 유리 상태의 bile acid 함량을 감소시켜 재흡수되는 담즙산의 함량에 변화를 주게 되므로서 궁극적으로 지방대사에 영향을 미쳐 cholesterol 합성을 저하시킨다고 하였다.

#### 요 약

Cacao 유래 식이섬유의 *in-vitro* 포도당 및 담즙산 흡수 지연 효과를 포함한 보수력, 보유력 및 점도 특성 등의 몇몇 물성을 조사하였고, 아울러 Cacao bean의 식이섬유에 대한 이들 물성의 L-BTC 가공처리 효과

Table 2. Retarding effects of dietary fibers from cacao on bile acid movement

Sample <sup>2)</sup>	Dialysis for 1 hour		Dialysis for 2 hour		Dialysis for 4 hour	
	Bile acid in dialyzate (mmol/L)	BDRI <sup>3)</sup> (%)	Bile acid in dialyzate (mmol/L)	BDRI (%)	Bile acid in dialyzate (mmol/L)	BDRI (%)
Control	0.126 ± 0.018 <sup>1)</sup>	0	0.260 ± 0.016	0	0.352 ± 0.019	0
IDF						
CBH	0.078 ± 0.013	38.10	0.168 ± 0.020	35.38	0.296 ± 0.022	15.91
CBH-R	0.071 ± 0.020	1.29	0.171 ± 0.015	32.43	0.214 ± 0.012	44.24
CB	0.112 ± 0.002	11.11	0.170 ± 0.010	34.62	0.236 ± 0.004	32.95
CM	0.084 ± 0.028	33.33	0.172 ± 0.008	33.85	0.198 ± 0.024	43.75
SDF						
CBH	0.064 ± 0.012	49.20	0.104 ± 0.024	60.00	0.120 ± 0.014	65.91
CBH-S	0.725 ± 0.018	50.26	0.121 ± 0.003	62.43	0.134 ± 0.016	66.31
CB	0.110 ± 0.006	12.70	0.184 ± 0.004	29.23	0.252 ± 0.028	28.41
CM	0.066 ± 0.010	47.62	0.112 ± 0.008	56.92	0.150 ± 0.010	57.39

<sup>1)</sup> Mean ± S.D.

<sup>2)</sup> See the legend of Fig. 1.

<sup>3)</sup> Bile acid dialysis retardation index

를 조사하였다. CBH(cacao bean husk)와 CB(raw cacao bean)의 식이섬유에 대한 보수력은 각각 9.12 및 9.20 g water retained/g solid, 보유력은 각각 3.30 및 3.72 g oil retained/g solid로, CBH 식이섬유의 보수력이 매우 높은 특징을 보였다. CBH 및 CB의 보수력 및 보유력은 L-BTC 공정의 winnowing이나 reaction 처리에 의해서는 큰 영향을 받지 않았으나 roasting 처리로 급격히 감소하였다. 1%(w/v) CBH 및 CB 수용성 식이섬유 수용액의 점도는 1.363 및 1.339 mPa·S 이었고, 0.1% pectin 및 guar gum의 첨가로 약 1.5~2 배의 점도 상승을 보였다. 0.1% pectin 및 guar gum 용액중의 1% 불용성 식이섬유 첨가 현탁액의 점도는 동일 농도의 수용성 식이섬유보다 높은 점도 특징을 보였다. 또, Cacao 유래 식이섬유는 투석막을 이용한 *in-vitro* glucose 및 bile acid 흡수 지연 실험에서 비교적 우수한 glucose 및 bile acid의 흡수지연 효과를 보였으며, CBH-R(CBH 에탄올 추출의 침점물) >CB>CBH>CM(cacao mass) 및 CBH>CB>CM>CBH-R의 순으로 각각 현저하게 감소하였다. 특히, 불용성 식이섬유는 시판용 식이섬유보다 훨씬 더 높은 glucose 및 bile acid의 흡수지연 효과를 나타내었다.

### 감사의 글

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

### 문 헌

- 강태수, 박승익, 이명렬, 이신영. 1997. 건강식품소재를 이용한 당뇨 환자용 기능성 식품 소재의 개발, I. 건강식품소재의 식이섬유함량 및 *In Vitro* 법에 의한 포도당흡수 지연효과. 농업과학논문집 **39**: 191-198
- 김영수, 하태열, 이상효, 이현우. 1997. 미강에서 추출한 식이섬유추출물의 특성 및 제빵에의 응용. 한국식품과학회지 **29**(3): 502-508
- 변유량. 1998. 초콜릿·코코아의 최신 연구동향. 제 1회 초콜릿 & 카카오 국제학술 심포지움 논문집 pp9-20
- 송정자. 1995. 식이섬유의 생리활성과 이용. 식품과학과 산업 **28**(3): 2-23
- 이경숙, 이서래. 1996. *In Vitro* 법에 의한 식이섬유의 포도당 및 담즙산 흡수 지연 효과. 한국영양학회지 **29**(7): 738-746
- 이병우, 김태종, 최수현, 임근형, 유무영. 1995. 표고버섯균사체 식이섬유 소재의 물리적 특성. 한국식품과학회지 **27**(2): 147-150
- 이신영, 강창훈, 이만중, 권익부, 변유량. 2000. Cocoa 가공 처리에 대한 L-BTC 공법의 효과. 한국산업식품공학회지 **4**(2): 61-69
- 이신영, 유승석, 김관필, 이만중, 권익부, 변유량. 2001. L-BTC 공정에 의한 Cacao Nib Reaction과 Roasting의 특성. 한국산업식품공학회지 **5**(1): 29-36
- 조미경, 이원중. 1996. 비지와 막걸리박을 이용한 고식이섬유 빵의 제조. 한국식량영양학회지 **25**(4): 632-636
- Adiotomre, J., M.A. Eastwood, C.A. Edwards and W.G. Brydon. 1990. Dietary fiber; *In Vitro* methods that anticipate nutrition and metabolic activity in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* **52**: 128-134

- Buhler Catalogue. 1997. State of the Art-Cocoa Factory in Korea, Buhler AG, Uzwil, Switzerland
- Ang, J.F. 1991. Water retention capacity and viscosity effect of powdered cellulose. *J. Food Sci.* **56**(6): 1682-1684
- Boyd, G.S., M.A. Eastwood and N. MacLean. 1966. Bile acids in the rat; Studies in experimental occlusion of the bile duct. *J. Lipid Research* **7**: 83-94
- Cadden, A.M. 1987. Comparative effects of particle size reduction on physical structure and water binding properties of several plant fibers. *J. Food Sci.* **52**(6): 1595-1599
- 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 cecal fermentation and fecal excretion. *Am. Soc. Clin. Nutr.* **44**: 51-55
- Ebihara, K. and S. Kiriya. 1990. Physico-chemical property and physiological function of dietary fiber. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* **37**(11): 916-933
- Johnson, I.T. and J.M. Gee. 1981. Effect of gel-forming gums on the intestinal unstirred layer and sugar transport. *In Vitro. Gut.* **22**: 398-403
- Lin, M.J.Y., E.S. Humbert. and F.W. Sosulski. 1974. Certain functional properties of sunflower meal products. *J. Food Sci.* **39**: 368-370
- Martin-Cabrehas, M., A.C. Valiente, R.M. Esteban and E. Molla. 1994. Cocoa hull-A potential source of dietary fiber-. *J. Sci. Food Agric.* **66**: 307-311
- McCormell, A., M.A. Eastwood and W.D. Mitchell. 1974. Physical characteristics of vegetable foodstuffs that could influence bowel function. *J. Food Sci. Fd. Agric.* **25**: 1457-1464
- Schneeman, B.O. 1987. Soluble vs. insoluble fiber- Different physiological responses. *Food Technol.* **41**: 81-82
- Sosulski, F.W. and A.M. Cadden. 1982. Composition and physiological properties of several sources of dietary fiber. *J. Food Sci.* **47**(5): 1472-1477
- Stevenson, A., C. J. Buchanan and M.A. Eastwood. 1994. Does the method of drying a hydrated non-starch polysaccharide affect *in-vitro* analyses to predict physiological function? *J. Sci. Food Agric.* **66**: 111-116
- Story, J.A. 1985. Dietary fiber and lipid metabolism. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* **180**: 447-452
- 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, pp1-64
- 日本 チョコレート・ココア協会. 1995. チョコレート・ココア 国際栄養シンポジウム 論文集