

벌꿀이 흰쥐의 효소활성에 미치는 영향

정동현 · 백승화* · 박성수**

축산협동조합중앙회 한국양봉 인천공장,
*원광대학교 생명자원과학대학, **송원전문대학 식품영양과

Effect of Honey on the Change of Enzyme Activity in Rats

Dong-Hyun Chung, Seung-Hwa Baek*, and Sung-Soo Park**

Korean Apiculture Co., National Livestock Cooperative Federation, In-Chon 405-310, Korea

* College of Life Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea

** Dept. of Food Nutrition, Song Won Junior College, Kwangju 502-210, Korea

Abstract

The purpose of the study was to find an effect of honey on the enzyme activity of Sprague Dawley rats. All experimental rats were fed ad libitum for seven weeks with 68% saccharide diet and at same time fed administratively with 10% and 20% water solution of acacia, sumac, polyflower honey, and sucrose, respectively. The level of LDH activity in serum of rat taken diet with acasia, sumac, and polyflower honey were increased in comparison with the control group. The level of α -HBDH activity in serum of rat taken diet with acasia, sumac, polyflower honey, and sugar solution were increased than that other honey solution. The level of GOT and GPT activity in serum was increased by the feeding of solution of 20% acacia honey. The level of ICD activity in serum of rat taken diet with sumac honey was increased but was decreased notably by the feeding of polyflower honey. The level of G-6-P DH activity in whole blood of rat taken diet with honey solutions were decreased, but the level of aldolase activity in serum of rat taken diet with honey solutions were increased.

Key words : honey, LDH, α -HBDH, GOT, GPT, ICD, G-6-P DH, PHI, aldolase

서 론

천연 당류인 벌꿀은 생산량이 적어 옛부터 진귀한 식품으로 여기에 피로회복 및 약용으로 이용하였으나 양봉기술의 발전에 의하여 생산량이 증가되어 이의 소비 촉진을 위하여 물, 우유, 빵, 과실에 첨가하거나 과자의 풍미와 빛깔을 내는데, 벌꿀 발효음료 개발, 화장품 원료, 의약품 원료 등으로 이용하고자 많은 연구들이 진행되고 있다. 벌꿀의 성분은 밀원에 따라 품질의 차이가 있으나 일반적으로 포도당과 과당이 각각 35~40%, 설탕, 맥아당, raffinose, 기타 oligo당이 2~4%, 단백질, 아미노산, 유기산, 무기질, 효소 등이 미량 존재하며 이중 과당이 제일 많이 함유된 것으로 밝혀져 있다. 이러한 벌꿀의 효능을 구명하기 위하여 정상인, 당뇨병 환자 그리고 실험동물을 대상으로 연구한 결과 당내성과 혈압하강 등에 효과가 있다고 주장하고 있다.

Ischiguro 등¹⁾은 벌꿀을 흰쥐에게 섭취시킨 결과 설탕

탕을 섭취한 흰쥐보다 체중이 20g 정도 더 많이 증가하였으며, 토끼에서는 벌꿀이 포도당과 과당을 정맥주사한 경우보다 혈당량이 더 많이 감소하였고, 벌꿀을 경구 투여한 경우는 일과성의 고혈당증도 유발되었다고 보고하였다.

Coppini 등²⁾은 흰쥐와 토끼에 벌꿀 및 포도당을 정맥주사한 결과 포도당보다 벌꿀이 혈당량을 더 많이 감소시켰으나 간장세포의 당원합성은 증가되었다고 보고하였고, Goldschmidt 등³⁾은 토끼 체중을 기준하여 정맥주사한 결과 4mg/kg은 혈당량이 감소되나 10mg/kg이면 혈당량이 증가되었다고 보고하였다.

Bonet 등⁴⁾은 벌꿀이 제 II형 당뇨병환자의 혈당조절 능력과 insulin분비에 영향을 미치지 않은 것으로 보고하였으나, Khalidi 등⁵⁾은 벌꿀이 제 I형 당뇨병환자의 혈당량에는 영향을 미치지 않았으나 제 II형 당뇨병환자의 혈당량에는 영향을 끼쳐 포도당과 당 혼합물을 공급 받은 환자보다 혈당량은 30~120분, insulin 함량은 60

~120분 후에 유의적으로 감소되었다고 보고하였다.

Tobiasch 등⁶⁾은 당뇨병 환자에게 벌꿀을 투여한 결과 설탕보다 혈당곡선이 현저하게 저하되었고 벌꿀 10~20g을 첨가하여 식사한 결과 대사의 균형을 유지할 수 있었다고 하였고, Lenzi 등⁷⁾은 정상인과 간장과 심장병 환자 및 당뇨병 환자에게 벌꿀 10~20ml을 정맥주사한 결과 40~120분 후에 혈당과 pyruvic acid의 증가는 포도당을 정맥주사한 것보다 더 억제되었으나 젖산은 증가되었다고 보고하였으며, Albanese 등⁸⁾은 정상인, 당뇨병 환자, 관상동맥폐색 환자, 당뇨병 합병증 환자 그리고 회복기 환자에게 1.16g/체중kg의 벌꿀과 1g/체중kg의 포도당을 경구투여한 경우 정상인에서는 당내성의 변화가 없었으나 환자들에서는 벌꿀의 투여가 당내성을 크게 상승시켰다고 보고하였다. 그러나 Stadler 등⁹⁾은 벌꿀이 당뇨병에 치료효과가 없다고 주장하였다.

Steyn¹⁰⁾은 벌꿀이 관상동맥을 확장시키고 혈압을 저하시킨다고 보고하였으며, Chemnitius 등^{11,12)}은 벌꿀이 static sensitivity와 유두근의 수축 그리고 관상동맥의 혈류량을 증가시킬 뿐만 아니라 벌꿀 중의 acetylcholine과 cholinergic factor 그리고 무기질 등이 심장의 투과성을 증가시킨다고 보고하였다^{12,14)}. Blechschmidt 등¹⁵⁾은 화분을 제거한 벌꿀이 정상인의 혈압을 저하시켰다고 보고하였으나, Saueiwein 등^{16,17)}은 벌꿀이 정상인의 수축기 혈압을 증가시켰다고 보고하였으며, Hall 등¹⁸⁾은 수축기의 혈압을 증가시키지 않았다고 보고하였다.

El-Baz Rihan 등¹⁹⁾은 벌꿀이 혈청중의 총 지질과 총 콜레스테롤 함량을 증가시켰다고 보고하였다.

이상에서 검토한 것과 같이 벌꿀은 정상인, 당뇨병 환자 및 동물 등에서 당내성, 혈압하강작용에 효과가 있다고 하는 일시적인 변화에 대한 연구로 국한되어 있을 뿐 당대사에 관여하는 효소의 변화에 대한 연구는 그리 많지 않다.

따라서 본 연구는 벌꿀을 장기간 투여했을 때 흰쥐의 효소활성에 미치는 영향을 구명하기 위해 고과당식을 투여한 흰쥐에 설탕, 아카시아, 붉나무 및 잡화 벌꿀을 각각 10%와 20%의 수용액으로 만들어 7주간 섭취시킨 뒤 효소활성 변화를 측정하여 그 결과를 얻었기에 보고한다.

재료 및 방법

1. 실험식이 및 동물사육

설탕은 백설탕(제일제당 Co. 제)을 사용하였으며,

벌꿀은 양봉밀로써 아카시아 벌꿀과 붉나무 벌꿀을 각각 경기도 과천시 가평에서 1988년 6월과 9월중에 채밀하여 냉장고에 보관하였다가 사용하였다. 그리고 잡화 벌꿀은 시중제품인 한국양봉업협동조합에서 구입한 제품을 사용하였다.

실험식은 정상군인 A군에서는 흰쥐 사육용 고품사료(신촌사료 Co. 제)와 수도물을, 대조군인 B군에서는 고과당식이와 수도물을, 실험군인 C-J군은 고과당식이

Table 1. The composition of experimental diets

Diet group	Diet type	Drinking type	No. of rats	Week
A	S.D ¹⁾	water	6	7
B	H.F ²⁾	water	6	7
C	H.F	10% S.S ³⁾	6	7
D	H.F	20% S.S	6	7
E	H.F	10%A.H.S ⁴⁾	6	7
F	H.F	20% A.H.S	6	7
G	H.F	10%S.H.S ⁵⁾	6	7
H	H.F	20% S.H.S	6	7
I	H.F	10%P.H.S ⁶⁾	5	7
J	H.F	20% P.H.S	5	7

¹⁾ S.D : Standard diet, ²⁾ H.F : High fructose diet, ³⁾ S.S : Sucrose solution, ⁴⁾ A.H.S : Acacia honey solution, ⁵⁾ S.H.S : Sumac honey solution, ⁶⁾ P.H.S : Pol-yflower honey solution.

Table 2. The composition of high fructose diet

Component	%
Fructose ¹⁾	68.0
Casein ²⁾	21.7
DL-Methionine ³⁾	0.3
Soybean oil ⁴⁾	2.0
Mineral mixture ⁵⁾	4.0
Vitamin mixture ⁶⁾	1.0
Powdered cellulose ⁷⁾	3.0

¹⁾ Fluka Chemic A.G., LTD, Switzerland

²⁾ Hayashi Pure Cemical Industries, LTD, Japan

³⁾ BDH Chemicals LTD, Poole, England

⁴⁾ Dong Bang oil

⁵⁾ Mineral mixture(mg /diet 100g)

NaCl ; 0.173, MgSO₄ · 7H₂O: 0.266, NaH₂PO₄ · H₂O: 0.347, KH₂PO₄: 0.954, CaH₄(PO₄)₂ · H₂O: 0.54, CaC₃H₆O₃: 1.3, FeC₆H₇O₈: 0.118

⁶⁾ Vitamin mixture (mg /diet 100g)

Retinal palmitate: 1200(I.U), Cholecalciferol: 240(I.U), Thiamin HCl: 1.5, Riboflavin: 1.5, Pyridoxine HCl: 1.0, Cyanocobalamin: 0.5(μg), dl-μ-Tocopherol: 10.0, Menadione: 0.20, Biotin: 0.01, d-Pantothenic acid calcium: 20, P-Aminobenzoic acid: 10.0, Nicotinamide: 10.0, Inosite: 15.0, folic acid: 0.2, Choline chloride: 300

⁷⁾ Sigma Chemical Co., USA

와 함께 음료수로써 설탕 또는 벌꿀을 수도물로 녹여 용액상태로 사용하였다.

즉 C, D군에서는 각각 10%와 20% 설탕 용액을, E, F군에서는 각각 10%와 20% 아카시아 벌꿀용액을, G, H군에서는 각각 10%와 20% 붉나무 벌꿀용액을, 그리고 I, J군에서는 각각 10%와 20% 잡화벌꿀용액을 섭취시켰다.

이때 실험식이 조성은 Table 1과 같았으며, 고과당식이 조성은 Table 2와 같았다.

실험동물은 Sprague-Dawley계 흰쥐(체중 $125.0 \pm 7.0g$, ♂)를 고형사료로 12일간 적응시킨 후 체중이 가급적 고르게 10개군으로 나누어 Table 1의 실험식이로 7주간 자유롭게 섭취시키면서 설탕과 벌꿀 수용액 그리고 수도물은 아침마다 공급하여 신선도를 유지시켰다. 물과 사료의 섭취량은 매일, 체중 증가량은 주 1회 측정하였다.

2. 채 혈

실험식이로 7주간 사육한 흰쥐를 15시간 절식시킨 후 에테르마취 하에서 심장천자(heart puncture)로 채취한 혈액(약 2.5ml)을 EDTA 시험관에 넣어 잘 혼합시킨 다음 즉시 냉장고에 보관한 것을 전혈시료로 사용하였다. 그리고 나머지 혈액을 응고시킨 후 혈청을 얻기 위해서 3,000rpm 에서 15분간 원심분리하여 얻어진 혈청을 $-25^{\circ}C$ 냉동실에 보관하면서 분석에 사용하였다.

3. 벌꿀의 성분 분석

실험기간중 음료수로 섭취한 아카시아와 붉나무 그리고 잡화 벌꿀의 일반성분과 당성분은 다음과 같이 분석하였다.

수분은 refractometer method²⁰⁾, 조단백질은 microKjeldahl method²⁰⁾, 회분은 direct incineration method, pH는 pH meter, 산도는 0.1N-NaOH titration method, hydroxymethylfurfural(HMF)은 UV-spectrophotometer method²⁰⁾로 측정하였다.

벌꿀 중의 당성분^{20,21)}은 high performance liquid chromatography(HPLC)를 이용하여 분석하였다. 즉, 벌꿀을 가제로 여과한 다음 2g을 증류수로 녹여 전체의 양을 100ml로 정용한 용액을 여과(Millipore 0.45 μ m)한 액 15 μ l를 HPLC(Waters Model 244, U.S.A)에 주입하여 다음과 같은 조건으로 column은 μ -Bondapak/carbohydrate column (300 \times 3.9mm I.D. waters), mobile phase는 acetonitrile : H₂O (75:25, v/v), solvent flow rate는 1.5ml/min, detector는 R. I. 를 이용하여 분석하였다. 벌꿀중의 일반

Table 3. The composition of general and sugar analysis in honey

Component	Acacia	Sumac	Polyflower
Moisture (%)	18.00	19.50	20.50
Crude protein (%)	0.24	0.25	0.27
Ash (%)	0.19	0.17	0.20
pH	4.06	4.60	3.89
Acidity (meq/kg)	7.20	17.70	6.70
HMF (mg/kg) ¹⁾	1.90	0.50	35.10
Fructose (%)	43.70	37.30	39.10
Glucose (%)	30.40	38.50	31.70
Sucrose (%)	0.51	0.53	2.50
Maltose (%)	2.00	2.00	2.00
Unknown (%)	4.96	1.75	3.73

¹⁾ HMF : Hydroxymethylfurfural

Table 4. The composition ratio on saccharide contents in honey

Component	Acacia	Sumac	Polyflower
Fructose (%) ¹⁾	53.58	46.58	49.48
Glucose (%)	37.27	48.08	40.12
Sucrose (%)	0.63	0.66	3.16
Maltose (%)	2.45	2.49	2.53
Unknown (%)	6.08	2.19	4.72
F/G ratio ²⁾	1.43	0.96	1.23

¹⁾ % : unit % dry weight

²⁾ F/G ratio : Fructose /glucose ratio

성분 및 당성분 비율은 Table 3, 4와 같았다.

4. 전혈 및 혈청중의 효소 활성

전혈중 glucose-6-phosphate dehydrogenase(G-6-P DH) 활성은 kinetic법²²⁾(Sigma Co. kit, No. 345-UV, U.S.A)으로 340nm에서 NADPH의 흡광도 증가율을 측정하였다. 이 때 hemoglobin(Hb)은 G-6-P DH/Hb 의 활성도를 구하기 위해 Van Kampan-ziflstras cyanmethemoglobin법(영동시약 Co. kit, Korea)으로 측정하였다.

혈청중 α -hydroxybutyrate dehydrogenase(α -H-BDH) 활성은 2-oxobutyrate start procedure 법²³⁾(Sigma Co. kit, No. DG 120-UV, U.S.A), 젖산탈수소 효소(lactic dehydrogenase ; LDH) 활성은 lactate substrate diphorase법(Wako Co. kit, Japan)²⁴⁾, glutamic oxaloacetic transaminase(GOT)와 glutamic pyruvic transaminase(GPT) 활성은 Reitman-Frankel법(Wako Co. kit, Japan)²⁵⁾, aldolase 활성은 colorimetric법²⁶⁾(Sigma Co. kit, No. 752 U.S.A), phosphohexose isomerase(PHI) 활성은 kinetic법²⁷⁾(Sigma Co. kit, No. 355-UV), isocitrate

dehydrogenase(ICD) 활성은 colorimetric 법²⁸⁾(Sigma Co. kit, No. 176 U.S.A)으로 측정하였다.

5. 통계처리 방법

모든 실험성적의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test를 적용하였다²⁹⁾.

결 과

1. 체중, 식이 섭취량 및 물 섭취량의 변화

7주간 사육한 흰쥐의 체중변화와 식이 섭취량 등의 변화는 Table 5와 같았다.

1일 평균 체중증가량은 대조군(B)이 4.8g/day으로 정상군(A)의 5.8g/day보다 낮았으며, 설탕 및 벌꿀용액을 섭취한 실험군(C, D, E, F, G, H, I, J)에서는 20% 아카시아와 잡화 벌꿀용액을 섭취한 F군과 J군을 제외하고 B군과 비슷한 수준이었다. 그러나 F군은 3.2g/day으로 가장 낮았으며, J군은 7.1g/day으로 가장 높아 F군과 J군만이 차이가 인정($P < 0.01$)되었고 그의 실험군들간에는 유의적인 차이는 없었다.

성장율은 대조군(B)이 113.5%로 정상군(A)의 132.1%보다 낮았다. 설탕 용액을 섭취한 C군과 D군은 각각 109.9, 107.7로 B군보다 낮았으나 벌꿀용액을 섭취한 E-J군에서는 117.7~149.0%로 대조군(B)보다 높았다. 또한 벌꿀용액 섭취군에서는 설탕용액 섭취군보다 높은 수준을 나타냈으나 20% 아카시아 벌꿀용액을 섭취한 F군에서는 86.4%로 가장 낮았다.

식이 섭취량은 대조군(B)이 9.1g/day으로 정상군(A)의 7.2g/day과 설탕(E, F), 아카시아꿀(G, F), 붉나무꿀(G, H), 잡화꿀(I) 용액 섭취 실험군의 5.9~8.5g/day보다 유의적($P < 0.05$)으로 높았으나, 잡화꿀20% 섭취한 J군은 8.5g/day이어서 유의성이 없었다. 또한 아카시아, 붉나무, 잡화벌꿀 용액을 섭취한 E-J군중 20% 아카시아 벌꿀용액 섭취군인 F군의 6.5g/day 제외하고 6.8~8.5g/day으로 설탕용액을 각각 10, 20% 섭취한 C군과 D군의 6.6, 5.9g/day보다 높았으나 10% 아카시아와 잡화 벌꿀용액 섭취군인 E군과 I군에서만 유의성($P < 0.05$)이 있었다.

식이효율은 대조군(B)이 0.18로 정상군(A), 설탕, 아카시아, 붉나무, 잡화꿀을 섭취한 실험군보다도 낮았다. 실험군인 설탕과 붉나무 및 잡화 벌꿀용액을 섭취한 C, D, G, H, I, J군에서는 0.23~0.35로 아카시아 벌꿀용액 섭취군인 E군과 F군의 각각 0.21, 0.19보다 높았으나 유의성은 없었다.

물 섭취량과 상대적인 간장 중량을 측정된 결과는 Table 6과 같았다.

물섭취량은 대조군(B)이 10.4ml/day로 정상군(A)의 13.2ml/day보다 낮았고 그의 모든 실험군은 14.1~25.6ml/day로 대조군(B)보다 유의적($p < 0.05$)으로 높았으나 20% 섭취군들과는 유의성이 없었다. 10% 설탕과 각각의 벌꿀용액을 섭취한 C, E, G, I군 20% 설탕과 각각의 벌꿀용액을 섭취한 D, F, H, J군 보다 물을 더 섭취한 것으로 나타나 유의성($P < 0.05$)이 인정되었다.

Table 5. Effects of experimental diet B.W.G., G.R., F.I. and F.E.R. in male rats

Diet group*	Body weight		B.W.G. ¹⁾ (g/day)	G.R. ²⁾ (%)	F.I. ³⁾ (g/day)	F.E.R. ⁴⁾
	Initial (g)	Final (g)				
A	186.6 ± 3.72 ^a	433.3 ± 50.63 ^a	5.8 ± 1.76 ^{ab}	132.1	7.2 ± 1.13 ^{abc}	0.24 ± 0.08
B	179.1 ± 1.86 ^{ab}	382.5 ± 22.12 ^{ab}	4.8 ± 1.76 ^{ab}	113.5	9.1 ± 0.15 ^a	0.18 ± 0.08
C	168.3 ± 3.72 ^{bc}	353.3 ± 50.22 ^{bc}	4.3 ± 1.85 ^{ab}	109.9	6.6 ± 0.69 ^{bc}	0.25 ± 0.12
D	169.1 ± 3.43 ^{bc}	351.6 ± 30.91 ^{bc}	4.3 ± 1.99 ^{ab}	107.7	5.9 ± 1.94 ^c	0.28 ± 0.11
E	164.5 ± 5.33 ^c	356.6 ± 22.11 ^{bc}	4.5 ± 1.89 ^{ab}	117.7	7.9 ± 0.71 ^{abc}	0.21 ± 0.09
F	159.1 ± 1.86 ^{cd}	296.6 ± 28.96 ^c	3.2 ± 2.20 ^b	86.4	6.5 ± 1.71 ^{bc}	0.19 ± 0.11
G	150.8 ± 1.86 ^{de}	340.0 ± 27.98 ^{bc}	4.5 ± 1.31 ^{ab}	125.4	7.4 ± 0.97 ^{abc}	0.23 ± 0.07
H	148.3 ± 5.52 ^{de}	350.0 ± 16.07 ^{bc}	4.7 ± 1.76 ^{ab}	136.0	6.8 ± 0.86 ^{abc}	0.26 ± 0.09
I	141.6 ± 4.71 ^{ef}	342.0 ± 22.49 ^{bc}	5.7 ± 2.42 ^{ab}	141.5	8.2 ± 0.47 ^{abc}	0.28 ± 0.14
J	135.0 ± 10.40 ^f	336.2 ± 25.34 ^{bc}	7.1 ± 2.14 ^a	149.0	8.5 ± 1.93 ^{ab}	0.35 ± 0.10

*Diet group are the same as shown Table 1

¹⁾ B.W.G. : Body weight gain (g/day)

²⁾ G.R. : Growth rate [body weight gain(final-initial) /initial weight] × 100

³⁾ F.I. : Food intake (g/100g body weight/day)

⁴⁾ F.E.R. : Food efficiency ratio (weight gain/food intake)

Means with the same lettered superscripts within a column's are not significantly different above 5% level by Duncan's multiple range test

Table 6. Effects of experimental diet on W.I. and R.L.W. in male rats

Diet group*	W.I. ¹⁾ (ml/day)	R.L.W. ²⁾ (g)
A	13.2 ± 1.43 ^{cd}	2.6 ± 0.23 ^b
B	10.4 ± 1.43 ^d	3.1 ± 0.25 ^b
C	25.6 ± 4.29 ^a	3.1 ± 0.78 ^b
D	15.2 ± 1.79 ^{cd}	3.3 ± 0.37 ^b
E	18.9 ± 0.94 ^{bc}	3.3 ± 0.32 ^b
F	14.1 ± 1.23 ^{cd}	4.5 ± 0.22 ^a
G	24.4 ± 3.88 ^{ab}	3.3 ± 0.43 ^b
H	14.1 ± 1.01 ^{cd}	2.9 ± 0.27 ^b
I	24.3 ± 3.89 ^{ab}	3.0 ± 0.47 ^b
J	15.2 ± 0.86 ^{cd}	3.1 ± 0.40 ^b

¹⁾ W.I. : Water intake (ml / 100g body weight / day)

²⁾ R.L.W. : Relative liver weight: [(liver weight / body weight) × 100]

Means with the same lettered superscripts within a column's are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test

*Diet group are the same as shown Table 1

간장중량은 대조군(B)이 3.1g으로 정상군(A)의 2.6g과 비슷한 수준이었으며 설탕용액과 각각의 벌꿀용액을 섭취한 C-J군은 2.9~3.3g으로 대조군(B)과 비슷한 수준이었으나, 20% 아카시아 벌꿀용액을 섭취한 F군에서는 4.5g으로 모든 실험군보다 유의적(p<0.01)으로 증가되었다.

2. 혈청중 LDH, α-HBDH, GOT 및 GPT 활성

혈청중 LDH, α-HBDH, GOT 및 GPT 활성도를 분석한 결과는 Table 7과 같았다.

혈청 LDH 활성은 대조군(B)이 1919.9 unit로 정상군(A)의 1987.3 unit보다 약간 낮았으나 유의성은 인정되지 않았고 설탕, 아카시아, 붉나무, 잡화 꿀을 섭취한 실험군에서는 1,620.9~2,142.3unit로 C군만이 유의성(P<0.05)이 인정되었으며, 그외는 B군보다 높은 수준이었으나 유의성은 없었다. 그러나 실험군인 D-J군에서 1,975.4~2,142.3 unit로 10% 설탕용액 섭취군 C군의 1,620.2 unit보다 유의적(p<0.05)으로 높았다. 또한 각각의 벌꿀용액을 섭취한 E-J군 중에서 아카시아 벌꿀용액을 섭취한 G군과 I군만이 서로 또는 다른 군들 사이에서 유의성이 인정되었다(P<0.05).

혈청 α-HBDH 활성은 대조군(B)이 263.2 unit /l로 정상군(A)의 297.2 unit /l보다 낮았으나 유의성이 없었고 설탕 및 벌꿀을 각각 섭취한 실험군에서는 287.3~398.5 unit /l로 대조군(B)보다 높은 수준이었으며 10% 붉나무 벌꿀용액을 섭취한 G군만 유의성(p<0.05)이 있었다. 또한 설탕과 붉나무 벌꿀용액을 섭취한 C, D, G, H군에서는 325.5~398.5 unit /l로 아카시아와 잡화 벌꿀용액 섭취군 E, F, I, J군의 280.0~328.4 unit /l보다 E군의 328.4 unit /l를 제외하고 높은 수준을 나타냈다. 특히 10% 붉나무 벌꿀 용액을 섭취한 G군에서 가장 높은 수준이었으며 B, F, I 군에 대해서 유의성(p<0.05)이 있었다.

Table 7. Effects of experimental diet on LDH, α-HBDH, GOT and GPT activity in serum of male rats

(Mean ± S.D)

Diet group*	LDH ¹⁾ (Wroblewskis unit) R.T. ⁵⁾ : 37°C	α-HBDH ²⁾ (unit /l) R.T. : 37°C ⁵⁾	GOT ³⁾ (Karmen's unit) R.T. : 37°C	GPT ⁴⁾ (Karmen's unit) R.T. : 37°C
A	1987.3 ± 18.5 ^b	297.2 ± 80.6 ^{ab}	118.0 ± 20.68 ^b	42.1 ± 11.14 ^b
B	1919.9 ± 147.6 ^b	263.2 ± 46.1 ^b	124.0 ± 16.24 ^b	41.9 ± 7.36 ^b
C	1620.9 ± 69.3 ^c	330.3 ± 44.8 ^{ab}	118.6 ± 7.88 ^b	25.3 ± 5.12 ^b
D	1978.0 ± 46.7 ^b	336.2 ± 60.2 ^{ab}	133.2 ± 10.42 ^b	33.6 ± 6.04 ^b
E	2028.2 ± 101.0 ^{ab}	328.4 ± 51.5 ^{ab}	125.3 ± 7.18 ^b	36.3 ± 7.06 ^b
F	2037.8 ± 72.5 ^{ab}	280.0 ± 51.5 ^b	162.3 ± 6.14 ^a	63.3 ± 17.30 ^a
G	1975.4 ± 58.1 ^b	398.5 ± 56.8 ^a	140.1 ± 16.50 ^{ab}	35.3 ± 6.58 ^b
H	2054.6 ± 59.2 ^{ab}	325.5 ± 72.5 ^{ab}	119.3 ± 10.16 ^b	28.2 ± 8.12 ^b
I	2142.3 ± 12.8 ^a	287.3 ± 30.8 ^b	141.6 ± 10.06 ^{ab}	38.2 ± 7.92 ^b
J	2061.9 ± 56.4 ^{ab}	309.2 ± 32.5 ^{ab}	123.5 ± 16.56 ^b	30.2 ± 4.26 ^b

¹⁾ LDH : Lactic dehydrogenase

²⁾ α-HBDH : α-Hydroxybutyrate dehydrogenase

³⁾ GOT : Glutamic oxaloacetic transaminase

⁴⁾ GPT : Glutamic pyruvic transaminase

⁵⁾ R.T. : Reaction temperature

*Diet group are the same as shown Table 1

Means with the same lettered superscripts within a column's are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test

혈청 GOT 활성은 대조군(B)이 124.0 unit로 정상군(A)의 118.0 unit 보다 약간 높았으나 유의성은 없었다. 실험군인 C, D, E, F, H, J군은 대조군(B)과 비슷하였으며 G, I군은 대조군(B)보다 약간 높은 수준이었으나 유의성은 없었다. 그러나 설당과 벌꿀용액 섭취군 사이에서는 큰 차이가 없었으나 20% 아카시아 벌꿀용액을 섭취한 F군에서는 162.3 unit로 모든 군보다 유의적($p < 0.05$)으로 가장 높은 수준을 나타냈다. 혈청 GPT 활성은 대조군(B)이 41.9 unit로 정상군(A)의 42.1 unit와 비슷한 수준을 나타냈으나, 설당 및 벌꿀용액을 섭취한 C, D, E, G, H, I, J군이 25.3~38.2 unit 범위로 B군보다 낮아 유의성은 없었으나 20% 벌꿀용액을 섭취한 F군은 63.3 unit로 다른 벌꿀용액 섭취군보다 높은 수준을 나타내 유의성($p < 0.05$)이 인정되었다.

3. 혈청중 aldolase, PHI, ICD 및 전혈 G-6-P DH 활성

혈청 aldolase, PHI, ICD 및 전혈 G-6-P DH 활성도를 분석한 결과는 Table 8과 같았다.

혈청 aldolase 활성은 대조군(B)이 29.7 unit/ml로 정상군(A), 설당 및 벌꿀 섭취군(C-J)은 21.8~33.4 unit/ml 범위로 유의성을 인정할 수 없었으나 20% 아카시아 벌꿀 용액을 섭취한 F군에서 가장 낮았다. 벌꿀용액 섭취군인 E, J군에서는 10% 붉나무 벌꿀용액 섭취군인 G군의 31.6 unit/ml를 제외하고 21.8~29.7

unit/ml로 설당용액 섭취군인 C군과 D군의 33.4, 30.6 unit/ml보다 낮았고 아카시아 벌꿀용액을 섭취한 F군이 C, G군에 대해서 유의성($p < 0.05$)이 있었다.

혈청 PHI 활성은 대조군(B)이 416.5 unit/l로 정상군(A)의 484.5 unit/l보다 낮았으나 유의성은 없었으며 설당 및 벌꿀을 섭취한 실험군(C-J)중 J군을 제외한($p < 0.05$) 모든 군이 B군과 비슷한 수준이며 아카시아와 잡화 벌꿀용액을 섭취한 E, F, I, J군에서는 345.5~399.7 unit/l로 설당과 붉나무 벌꿀용액 섭취군인 C, D, G, H군의 410.8~420.8 unit/l보다 낮았으나 유의성은 없었다.

혈청 ICD 활성은 대조군(B)이 656.6 unit/ml로 정상군(A)의 668.6 unit/ml와 비슷한 수준이었으나 유의성이 없었다. 설당과 붉나무 벌꿀용액을 섭취한 C, D, G, H군에서는 664.4~765.0 unit/ml로 아카시아와 잡화 벌꿀용액을 섭취한 E, F, I, J군의 531.0~594.1 unit/ml보다 높았으나 20% 설당용액을 섭취한 D군만이 아카시아와 잡화 벌꿀용액 섭취군인 E, I, J군 사이에서 유의성($p < 0.05$)이 있었다.

전혈중 G-6-P DH 활성은 대조군(B)이 11.31 unit/g·Hb로 정상군(A)의 9.94 unit/g·Hb보다 높았으나 유의성은 없었다. 그러나 대조군(B)에 비하여 설당 및 벌꿀 용액을 섭취한 군의 효소 활성이 설당, 아카시아꿀, 잡화꿀, 붉나무꿀 순으로 낮아지는 경향을 보였고 10% 아카시아꿀 용액을 섭취한 E군이 10~20% 붉나무꿀 및 잡화꿀 용액 섭취군(G, H, I, J)

Table 8. Effects of experimental diet on Aldolase, PHI, ICD in serum and G-6-P DH activity in whole blood of male rats (Mean \pm SD)

Diet group*	Aldolase (unit/ml) R.T. ⁴⁾ : 37°C	PHI ¹⁾ (unit/l) R.T.: 37°C	ICD ²⁾ (unit/ml) R.T.: 37°C	G-6-P DH ³⁾ (unit/g, Hb) R.T.: 37°C
A	22.3 \pm 4.62 ^{bc}	484.5 \pm 10.0 ^a	668.6 \pm 94.7 ^{abc}	9.94 \pm 4.83 ^{ab}
B	29.7 \pm 4.34 ^{abc}	416.5 \pm 64.4 ^{ab}	656.6 \pm 116.0 ^{abc}	11.3 \pm 3.82 ^a
C	33.4 \pm 2.25 ^a	420.8 \pm 24.9 ^{ab}	664.4 \pm 67.1 ^{abc}	7.84 \pm 1.98 ^{ab}
D	30.6 \pm 2.00 ^{bc}	410.8 \pm 29.3 ^{ab}	765.0 \pm 65.5 ^a	6.56 \pm 1.33 ^{ab}
E	28.4 \pm 3.55 ^{abc}	389.1 \pm 51.6 ^{ab}	578.3 \pm 105.8 ^{bc}	5.09 \pm 1.02 ^b
F	21.8 \pm 6.46 ^c	386.2 \pm 36.0 ^{ab}	594.1 \pm 100.1 ^{abc}	5.53 \pm 2.31 ^{ab}
G	31.6 \pm 4.35 ^{ab}	418.3 \pm 24.6 ^{ab}	743.3 \pm 110.2 ^{ab}	4.53 \pm 0.46 ^b
H	29.7 \pm 2.28 ^{bc}	416.3 \pm 13.9 ^{ab}	696.4 \pm 72.4 ^{abc}	5.11 \pm 0.42 ^b
I	28.7 \pm 6.80 ^{abc}	399.7 \pm 34.2 ^{ab}	531.0 \pm 91.4 ^c	4.83 \pm 1.82 ^b
J	25.9 \pm 8.33 ^{abc}	345.5 \pm 64.0 ^b	540.0 \pm 63.0 ^c	5.21 \pm 0.41 ^b

¹⁾ PHI : phosphohexose isomerase

²⁾ ICD : Isocitrate dehydrogenase

³⁾ G-6-P DH : glucose-6-phosphate dehydrogenase

⁴⁾ R.T. : Reaction temperature

*Diet group are the same as shown Table 1

Means with the same lettered superscripts within a column's are not significantly different above 5% level by Duncan's multiple range test

간에 유의성($P < 0.05$)이 인정되었다.

고 찰

1. 체중의 변화

Isciguro 등¹⁾과 El-Baz Rihan 등¹⁹⁾은 설탕보다 벌꿀 첨가식이 흰쥐의 체중을 더 증가시켰다고 보고하였고, MacRae 등³⁰⁾과 Tuovnen 등³¹⁾은 과당 첨가식이 흰쥐의 성장을 억제하였다고 보고하였으나 본 실험에서는 벌꿀섭취가 설탕섭취보다 흰쥐의 체중을 더 증가시킨 것으로 나타났다.

El-Baz Rihan 등¹⁹⁾은 정상인 흰쥐에 벌꿀, 전분, 설탕 및 포도당을 표준식이에 각각 75%로 첨가하여 3개월간 섭취시킨 결과 간장 중량은 벌꿀과 설탕용액 섭취군에서 각각 4.4, 2.7g으로 벌꿀용액 섭취가 간장 중량을 더 증가시켰다고 하였으나 본 실험에서는 20% 아카시아 벌꿀용액을 섭취한 F군을 제외하고 설탕용액 섭취군(C, D)과 벌꿀용액 섭취군(E~J) 사이에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. 혈청중 LDH, α -HBDH, GOT 및 GPT 활성도

혈청 LDH, α -HBDH 활성은 전보³²⁾에 나타낸 바와 같이 각각 전혈 lactate와 혈청 β -hydroxybutyrate의 함량의 증감과 비례하는 경향이였다.

혈청 GOT와 GPT 활성은 설탕섭취군(C, D)과 벌꿀 섭취군(E~J) 사이에서는 서로 비슷한 수준이었으나 20% 아카시아 벌꿀용액을 섭취한 F군에서 가장 높은 것으로 나타나 다른 실험군보다 간장기능에 더 많은 영향을 미친 것으로 생각된다.

3. 혈청중 aldolase, PHI, ICD 및 전혈 G-6-P DH 활성도

흰쥐에 과당을 섭취시킨 결과 간장에 있어서 fructokinase와 aldolase 및 PHI 등과 지방합성 효소(lipogenic enzyme)인 G-6-P DH와 malate dehydrogenase 활성이 증가되었다고 보고하였다^{33,37)}.

한편 Cohen 등³⁸⁾은 유전적으로 당뇨병인을 가진 Albino 흰쥐에 있어서 해당계와 지방합성 효소의 활성은 감소되고 포도당 신생 효소의 활성은 증가되었다고 보고하였으며, Kitahara 등³⁹⁾도 streptozotocin으로 당뇨병을 일으킨 흰쥐의 간장에 있어서 포도당 이화작용(glucose catabolism)에 관련된 glucokinase, hexokinase, G-6-P DH, ICD 및 malic enzyme의 활성은 감소되고 포도당 신생 효소의 활성은 증가되었다고 보고하였다.

본 실험에서 있어서 aldolase는 해당계 중간효소로 fructose-1,6-diphosphate를 dihydroxy-acetone phosphate와 glyceraldehyde-3-phosphate로 전환시키는 효소인데, 이 효소의 활성은 10% 붉나무 벌꿀용액을 섭취한 G군을 제외하고 벌꿀용액 섭취는 설탕용액 섭취보다 혈청 aldolase 활성이 감소된 것으로 나타났다. 특히 20% 아카시아 벌꿀용액을 섭취한 F군에서 가장 낮았다.

PHI는 해당계 중간효소로 glucose-6-phosphate를 fructose-6-phosphate로 전환시키는 효소이고, ICD는 tricarboxylic acid(TCA) 회로 중간효소로 isocitrate를 α -ketoglutarate로 전환시키는 효소인데, 이 효소들의 활성은 Table 5를 보면 F/G 비가 각각 1.43, 1.23인 아카시아와 잡화 벌꿀섭취 F/G 비가 1.00, 0.96인 설탕과 붉나무 벌꿀섭취보다 감소된 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 설탕과 벌꿀중의 F/G 비와 역관계가 있다고 생각된다.

G-6-P DH는 hexose monophosphate(HMP) shunt에서 glucose-6-phosphate를 6-phospho gluconolactone으로 전환시키는 효소인데 이 효소의 활성은 설탕 섭취보다 벌꿀 섭취에서 더 감소된 것으로 나타났다.

이와 같이 aldolase, G-6-P DH 활성은 F/G 비와 관계없이 벌꿀 섭취군에서 낮은 경향이였으며, PHI와 ICD 활성은 F/G 비가 높은 벌꿀 섭취군에서 낮은 경향을 나타냈다. 이러한 결과는 Zakim 등³³⁾과 Sugawa-Katayama 등^{34,36)}, 그리고 Walter 등³⁷⁾이 흰쥐에 60~70%로 함유된 고과당식을 단기간 섭취시킨 경우에 간장의 해당계 및 지방합성 효소의 활성이 증가되었다는 보고와는 관련이 적은 것으로 생각되며, Cohen 등³⁸⁾의 흰쥐에 72% 함유된 고과당식을 장기간 섭취한 경우와 Kitahara 등³⁹⁾이 streptozotocin으로 당뇨병을 일으킨 흰쥐의 경우 간장의 해당계 및 지방합성 효소의 활성이 감소되었다는 보고와 유사한 결과로 생각되었다.

요 약

본 실험은 벌꿀이 흰쥐(Sprague Dawley, ♂)의 효소활성에 미치는 영향을 구명하고자 설탕, 아카시아, 붉나무 그리고 잡화벌꿀을 각각 10%와 20%의 수용액으로 만들어 7주간 섭취 한 후 벌꿀의 효과를 비교한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

LDH활성은 대조군에 비하여 아카시아꿀, 붉나무꿀, 잡화꿀용액 섭취군에서 증가하였다. α -HBDH활성은

설탕용액, 아카시아꿀, 붉나무꿀, 잡화꿀용액 섭취군이 대조군에 비하여 증가하였다. 벌꿀 섭취군 중 20% 아카시아꿀 용액만 GOT, GPT의 활성이 증가하였다. ICD 활성은 붉나무꿀 용액에서 증가하였으나 아카시아 및 잡화꿀 용액에서 뚜렷하게 감소되었다. 벌꿀용액 섭취는 PHI, 전혈 G-6-P DH 활성을 감소시켰으나, aldolase역가를 증가시키는 경향이였다.

참고문헌

- Ishiguro, I., Ikeno, T., and Matubara, H. : The effect of admistration of honey on the sugarmetabolism of rat and rabbit, *Gifu Yakka Daigaku Kiyō*, 21, 45 (1973).
- Coppini, L. : Chemical and histochemical studies on the glycogenesis activity of injectible extracts of honey, *Bologona*, 1, 119 (1956).
- Goldschmidt, S., Burkert, H., Gloxhubex, C., Grams, H. and Anders, C. : The influence of continuous intravenous infusion of honey and sugar solutions on the blood sugar level of rabbits, *Hoppe Seyler's Z. Physiol. Chem*, 300, 201 (1955).
- Bonet, F., Maardt, M. J., Costagliola, D., Blayo, A. and Slama, G. : Sucrose or honey at breakfast have no additional acute hyperglycemic effect over an isoglucidic amount of bread in type 2 diabetic patients, *Diabetologia*, 28, 213 (1985).
- Khalidi, A. A., Jawad, F. H., Tawfig, N. H. : Effects of bees honey, Zahdi data and its syrup on blood glucose and serum insulin of diabetics, *Nutr. Rep. Int.*, 21, 631 (1980).
- Tobiasch, V. and Kilian, P. : Reaction of diabetic patients to honey, *Deut. Z. Verdaungs- Stoffwechsellkrankh*, 13, 1 (1953).
- Lenzi, G. and Pellegrini, R. : Glucose and lactic acid and pyruvic acids of blood in humans after intravenous administration of solutions, *Riv. Med. Bologna*, 1, 79 (1955).
- Albanese, A. A., Lorenze, E. J. and Orto, L. A. : Effect of storkes on carbohydrate tolerance, *Geriatrics*, 23, 142 (1968).
- Stadler, H. : Comparison of the effect in the blood sugar of honey and invert sugar, *Deut. Z. Verdaungs- μ . Stoffwechsellkrankh*, 12, 108 (1952).
- Steyn, D. G. : Honey as a food and in the prevention and treatment of disease, *Vitalst Zivilisationskr*, 14, 161 (1969).
- Chemnitius, K. H., Pilz, H. and Pruffer, H. : The action of sugars and honey solutions on the isolated homothermal heart, papillary muscle, and atrium, *Arzneimittel-Forsch.*, 9, 151 (1959).
- Chemnitius, K. H. and Stiller, D. : Effects of various honeys on the static sensitivity and refractory time of the heart in homothermal animals, *Arch. Intern. Pharmacodyn.*, 128, 115 (1960).
- Klotzlicher, E. : Increase of permeability by bee honey and its relation to cardiac action, *Deut. Z. Verdaungs- μ . Stoffwechsellkrankh*, 11, 282 (1960).
- Schimert, G. : The specific circulatory effect of the injectable honey preparation M₂ Woelm and its clinical indication, *Med. Klin.* (Munch), 45, 65 (1950).
- Blechs Schmidt, W. : Injectable solutions of honey, *Med. Monatsschr.*, 4, 506 (1950).
- Sauerwein, E. : Effect of sugar and honey on the tonus of healthy persons, *Artz. U. Sport*, 3, 22 (1955).
- Sauerwein, E. : Effect of sugar and honey on the tone of the vegetative nervous system of healthy persons, *Deut. Med. Wochschr.*, 80, 968 (1955).
- Hall, C. E. and Hall, O. : Comparative ability of certain sugars and honey to enhance saline polydipsia and salt hypertension, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 122, 362 (1965).
- EL-Baz Rihan, Z., Lebshten, A. R. and Salem, M. S. : Effect of different sources of hexoses on carbohydrates and fat metabolism, *Ain Shams Med. J.*, 23, 565 (1972).
- A. O. A. C. : Official Methods of Analysis, 14th., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., (1984).
- Conrad, E. C. and Palmer, J. K. : Rapid analysis of carbohydrate by high pressure liquid chromatography, *Food Technol.*, 30, 84 (1976).
- Echler, G. : Determination of glucose-6-phosphate dehydrogenase levels in red cell preparations, *Am. J. Med. Technol.*, 49, 259 (1983).
- Ellis, G. and Goldberg, D. M. : Serum α -hydroxybutyrate dehydrogenase activity, *Am. J. Clin. Pathol.*, 56, 627 (1971).
- Wroblewski, F. and LaDue, J. S. : Lactic dehydrogenase activity in blood, *Proc. Soc. Exper. Biol. Med.*, 90, 210 (1955).
- Reitman, S. and Frankel, S. : A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxaloacetic and glutamic pyruvic transaminase, *Amer. J. Clin. Pathol.*, 28, 56 (1953).
- Laureen, S. M. and Harris, S. S. M. : Serum aldolase determination as a routine laboratory procedure, *Am. J. Med. Technol.*, 24, 99 (1958).
- Bueding, E. and Mackinnon, J. A. : Studies of the phosphoglucose isomerase of schistodoma mansoni, *J. Biol. Chem.*, 215, 507 (1955).
- Taylor, T. H. and Friedman, M. E. : Colorimetric determination of Serum isocitrate dehydrogenase comparison with a spectrophotometric procedure, *Clin. Chem.*, 6, 208 (1960).
- 이동우 : 보건통계학 방법, 신광출판사, 157 (1988).
- MacRae, A. R., Slinger, S. J. and Neudoerffer : Studies on carbohydrate digestibility and weight gain response in rat fed dietary sources, glucose or fructose, *Nutr. Metabol.*, 17, 37 (1974).
- Tuovinen, C. G. R. and Bender, A. E. : Some metabolic effects of prolonged feeding of starch, sucrose, fructose and carbohydrate free diet in the rat, *Nutr. Metabol.*, 19, 161 (1975).
- 정동현, 백승화, 김완태, 박성수 : 벌꿀 섭취가 흰쥐의 당 대사 변화에 끼치는 영향. *한국식품영양학회지*, 9(2) 189

- (1996).
33. Zakim, D., Pardini, R. S., Herman, R. H. and Sauberlich, H. E. : Mechanism for the differential effects of high carbohydrate diets on lipogenesis in rat liver, *Biochim. Biophys. Acta.*, **144**, 242 (1967).
 34. Sugawa-Katayama, Y. and Mirita, N. : Effects of a high fructose diet on lipogenesis enzyme activities in some organs of rats fed *ad libitum*, *J. Nutr.*, **105**, 1377 (1975).
 35. Sugawa-Katayama, Y., and Morita, N. : Effect of a high fructose diet on lipogenic enzyme activity of meal-fed rats, *J. Nutr.*, **107**, 534 (1977).
 36. Mukherjee, S., Basu, M. and Trivedi, K. : Effect of low dietary of glucose, fructose and sucrose of rat lipid metabolism, *J. Atheroscler. Res.*, **10**, 261 (1969).
 37. Walter, M. F. and Chaikoff, I. L. : Extent and patterns of adaption of enzyme activities in livers of normal rats fed diets high in glucose and fructose, *J. Biol. Chem.*, **235**, 554 (1960).
 38. Cohen, A. M., Teitelbaum, A. and Rosenman, E. : Diabetes induced by high fructose diet, *Metabolism*, **26**, 17 (1977).
 39. Kitahara, A., Toyata, T., Kakizaki, M. and Goto, Y. : Activities of hepatic enzymes in spontaneous diabetes rats produced by selective breeding of normal Wistar rats, *Tohoku J. Exp. Med.*, **126**, 7 (1960).
-

(1997년 3월 4일 접수)