

치커리추출물 첨가가 *in vitro* 전분가수분해를 및 정상성인의 혈당반응에 미치는 영향

이정선* · 신현경

*한림대학교 자연과학 연구소, 한림대학교 식품영양학과

Effects of Addition of Chicory Extract on Starch Hydrolysis *in vitro* and Glucose Response in Healthy Subjects

Jung-Sun Lee* and Hyun-Kyung Shin

*Institute of Natural Science, Hallym University

Department of Food Science and Nutrition, Hallym University

Abstract

This study determined the effects of addition of chicory extract on the rate of starch hydrolysis *in vitro* and blood glucose response in healthy subjects. The rate of corn starch hydrolysis in the presence or absence of chicory extract was determined in an *in vitro* enzyme/dialysis system for 2hr. Additions of dried or roasted chicory extract (5%, w/w) to corn starch solution reduced the starch hydrolysis and significantly ($p < 0.05$) decreased the area under hydrolysis curve by 16% and 18%, respectively. Groups of five to nine volunteers underwent 60 g glucose tolerance tests (GTT) with 2.5, 5, 10, 20% (w/w) dried or roasted chicory extracts. The addition of chicory extracts significantly ($p < 0.05$) reduced blood glucose concentration during the GTT and reduced the mean peak rise and area under blood glucose curve. The glycemic indices of all dried chicory extract, 5~20% roasted chicory extract groups were significantly decreased compared with glucose control. Chicory extract is therefore likely to be useful in modifying postprandial hyperglycemia.

Key words: chicory extract, starch hydrolysis, glucose response

서 론

치커리뿌리의 유효성분으로 알려진 이눌린은 저장 탄수화물로서 치커리 건조중량의 약 65~70%를 차지한다. 이눌린의 구조는 D-fructose가 $\beta(2-1)$ 결합을 하고 비환원성 말단기에 D-glucose가 $\alpha(1-2)$ 결합을 하고 있으며, 이눌린은 치커리 이외에도 돼지감자, 양파, 우엉, 생강, 다알리아, 아스파라거스 등에서 발견된다⁽¹⁾. 이러한 이눌린의 함량 및 구조는 식품의 종류에 따라 달라지며^(2,4), 중합도(degree of polymerization)는 3부터 100까지 다양하고⁽⁵⁾, 중합도 2이상부터 20이하인 이눌린을 fructooligosaccharide로 정의하고 있다. 이중 치커리뿌리는 중합도가 적은 fructooligosaccharide와 중합도 20이상인 이눌린을 약 절반씩 함유하고 있으며, 이러한 당들의 함량 및 중합도는 수확시기, 저장조건

및 가공조건에 따라 다소간의 영향을 받는 것으로 알려져 있다⁽⁶⁾.

비소화성 다당류는 식이에 대한 혈당 및 인슐린반응을 감소시키고, 식이섬유는 전분의 흡수를 감소킴으로써 당뇨병환자의 치료에 유용한 것으로 알려져 있다^(7,8). 체내의 소화효소에 의해 가수분해되지 않는 fructooligosaccharide는 인체에 미치는 여러 작용면에서 수용성식이섬유와 유사하지만 수용성식이섬유와는 달리 무기질과의 결합능이 없으며, 단맛이 있고, 물에는 완전히 용해되지만 함량의 증가와 비례적으로 점도가 증가하지 않으며, 물리적으로도 안정하다⁽⁹⁾.

Fructooligosaccharide를 섭취했을때 인체에 미치는 가장 유익한 효과는 장내에서 *bifidobacteria*의 성장을 촉진시키는 발효적 특성때문인 것으로 알려져 있다. 이러한 장내발효에 의해 생성된 발효생성물인 short-chain fatty acids (acetate, propionate, butyrate)는 체내 당질 및 지질대사를 개선시켜줄 뿐만아니라⁽¹⁰⁾, 장내에서의 칼슘, 철, 마그네슘 및 아연의 흡수를 증가시키는

Corresponding author: Hyun-Kyung Shin, Department of Food Science and Nutrition, Hallym University, 1 Ockchon-dong, Chunchon, Kangwon-do 200-702, Korea

것으로 보고되어 있다⁽¹¹⁾. 이외에도 *in situ* intestinal perfusion 방법을 이용한 실험에서 치커리의 수용성추출물 및 이눌린은 점성의 수용성식이섬유와 같이 소장에서 포도당 흡수를 감소시킨다고 하였다⁽¹²⁾.

현재, 성인병예방 및 건강증진을 위한 목적으로 대체 감미료 및 기능성 식품으로써 합성 oligosaccharide의 이용이 증가되고 있는 실정이다⁽⁹⁾. 그러므로 자연계에 존재하는 fructooligosaccharide는 천연소재로서 그 활용방안이 클 것으로 기대된다. 따라서 지금까지 보고된 fructooligosaccharide의 식품·영양학적인 면을 토대로 하여 혈당조절식품으로서의 이용가능성을 조사하기 위하여 우선 치커리뿌리로부터 수용성의 유효성분을 추출하여 치커리 추출물첨가가 *in vitro* 전분가수분해율에 미치는 영향 및 정상성인에게 섭취시켰을 때 혈당반응에 미치는 영향을 연구하였다.

재료 및 방법

치커리 추출물 제조

본 실험에 사용한 치커리(*Chicorium intybus*)는 강원도 인제군에서 1995년 수확된 것으로 뿌리를 절편한 후 건조한 것과 볶은 것을 각각 분쇄하고 이 가루로 수용성 추출물을 제조하였다. 즉, 치커리 가루를 추출용 용기에 물과 함께 넣고 60~80°C에서 저어주면서 치커리의 유효성분을 추출하였으며 최종농도는 30 brix였다. 치커리 추출물은 시료로 사용하기 전까지 -20°C 냉동고에 보관하였다.

In vitro 전분가수분해율 측정 및 전분가수분해지수의 계산

*In vitro*에서 치커리추출물 첨가가 옥수수전분의 가수분해율에 미치는 영향은 Tovar 등⁽¹³⁾의 방법을 응용하여 측정하였다. 즉 2.5% (w/w)에 해당하는 전분을 0.05 M phosphate buffer에 녹인후 100°C에서 약 10분간 호화시켰다. 호화된 전분용액을 실온까지 식힌 후 5 mL의 전분용액, 0.01 g의 α -amylase (28 Unit/mg, type VI-B, porcine pancreas, Sigma), 고형분함량으로 전분의 5% (w/w)에 해당하는 건조치커리 및 볶은치커리추출물을 각각 dialysis bag (M.W. 12,000 cut off)에 넣었다. 37°C로 맞추어진 130 mL의 0.05 M phosphate buffer (pH 6.9)가 담긴 비이커에 dialysis bag을 넣고 2시간동안 37°C를 유지시키면서 가수분해된 glucose가 dialysis bag 밖의 phosphate buffer로 유리되도록 일정한 속도로 저어주면서 전분을 가수분해시켰다. 전분가수분해율을 시간별로 측정하기위해 가수분

해 시작후 15, 30, 60, 90 및 120분에 각각 phosphate buffer 1 mL을 취하여 유리된 glucose를 DNS 방법⁽¹⁴⁾으로 측정하였다. 표준곡선은 glucose을 기준으로 하였으며, 전분가수분해율은 시료의 총전분함량에 대한 가수분해된 전분의 %로 나타내었고, 대조군은 치커리추출물을 넣지 않고 옥수수전분과 α -amylase만 가한 후 전분가수분해율을 측정하였다. 옥수수전분의 가수분해율과 치커리추출물 첨가시 옥수수전분의 가수분해율을 비교하기 위해 2시간동안 가수분해된 곡선의 아래 면적을 각각 구하였으며, 대조군의 가수분해곡선 면적과 치커리추출물 첨가시 옥수수전분의 가수분해 곡선면적을 비교하여 백분율로 나타낸 전분가수분해지수(hydrolysis index, HI)를 다음과 같이 구하였다⁽¹⁵⁾.

$$HI = \frac{\text{Area of the starch hydrolysis curve when addition of chicory extracts}}{\text{Area of the starch hydrolysis curve}} \times 100$$

실험대상자 및 실험시도

*In vivo*의 혈당반응은 정상성인을 대상으로 하였으며, 각 실험군들의 대상자수, 체질량지수 및 포도당 내응성 실험에서의 공복시 혈당 및 혈당반응면적은 Table 1과 같다.

모든 실험군들의 신체질량지수(body mass index, BMI) 및 공복시 혈당은 Table 1에서와 같이 유의적인 차이가 없었다. 또한 포도당용액을(60 g/300 mL) 섭취시켰을때 혈당반응면적은 모든 군에서 유의적인 차이가 없었다. 따라서 본 실험은 모든 군에서 혈당반응의 결과에 영향을 미칠 수 있는 비만을 나타내지 않았으며 당내응성도 정상인 것으로 확인되었다.

실험대조군으로는 물 300 mL에 포도당 60 g을 용해시킨 포도당용액을 섭취시켰으며 건조치커리 및 볶은치커리추출물을 고형분량으로 계산하여 포도당의 2.5, 5, 10, 20% (w/w)에 해당되는 치커리추출물을 실험당일 포도당용액에 첨가하고 이들을 각각 건조치커리군 및 볶은치커리군이라 하였다.

혈당 측정 및 혈당지수(glycemic index, GI)의 계산

실험대상자들은 실험 전날부터 체혈시까지 12시간 절식하였으며, 실험당일 아침 손끝에서 채혈하여 공복시 혈당을 측정한 후 실험용액을 대상자들에게 무작위로 섭취시켰다. 실험용액 섭취후 15, 30, 60, 90, 120 및 150분에 각각 채혈하여 혈당을 측정하였으며 실험이 끝나기 전 2시간 30분 동안은 금연하고 가벼운 일상활동만 하였다.

혈당측정은 혈당측정계(Johnson & Johnson Co.,

Table 1. Characteristics of the normal subjects, fasting blood glucose and area under the blood glucose curve of the 60 g glucose tolerance test

Group	No. of subject	Sex		Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)	Fasting ¹⁾ blood glucose (mg/dL)	Area under ¹⁾ blood glucose curve (min · mg/dL)
		M	F						
glucose+									
2.5% dried chicory ext.	8	0	8	22	162±1	54±2	20.5±0.7	80±2	4099±359
5% dried chicory ext.	7	1	6	21	163±2	53±2	20.1±0.8	79±2	3935±457
10% dried chicory ext.	8	1	7	21	163±1	54±2	20.3±0.8	79±1	3802±329
20% dried chicory ext.	6	0	6	22	164±2	56±2	20.8±0.8	80±2	3743±417
2.5% roasted chicory ext.	9	5	4	24	168±2	59±3	21.0±0.7	80±1	3043±266
5% roasted chicory ext.	7	3	4	24	167±2	59±4	21.2±0.8	80±2	3286±256
10% roasted chicory ext.	5	1	4	22	164±2	56±2	21.0±0.9	79±2	3766±509
20% roasted chicory ext.	6	1	5	22	164±2	54±2	19.9±0.7	82±2	3387±284

¹⁾60 g glucose tolerance test

Values of number of subject, sex and age are mean, values of others mean ± SE.

USA)로 2회 반복하여 측정하였으며, 혈당반응결과를 대조군인 포도당과 비교하기 위해서 Jenkins 등⁽¹⁶⁾의 방법에서의 같이 포도당용액 섭취후 2시간 30분 동안의 혈당반응면적과 치커리추출물첨가용액 섭취후의 혈당반응면적을 비교하여 백분율로 계산한 것을 혈당지수(GI)로 나타내었다.

$$GI = \frac{\text{Blood glucose area when addition of chicory extract to glucose}}{\text{Blood glucose area after ingestion of the glucose}} \times 100$$

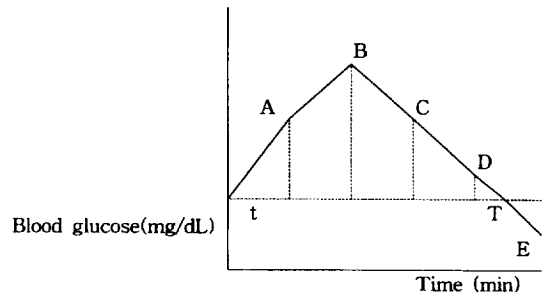
혈당반응면적은 Wolever 등⁽¹⁷⁾의 방법에서의 같이 공복시 혈당이 혈당면적에 영향을 미치지 않도록 실험용액 섭취후 증가된 혈당면적만을 계산하였다. 혈당값이 모두 공복시 혈당값 이상 일때의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Area} = \frac{At}{2} + At + \frac{(B-A)t}{2} + Bt + \frac{(C-B)t}{2} + Ct + \frac{(D-C)t}{2} + Dt + \frac{(E-D)t}{2}$$

A. B. C. D. E: 시간별로 측정된 각 혈당값과 공복시 혈당값과의 차이

t: 혈액을 채취한 시간 간격(분)

D가 0 이상 (공복시 혈당 이상)이고 E가 0 이하 (공복시 혈당 이하)일때에는 아래의 그림에서 처럼 D와 E를 직선으로 이은 후 얻어지는 T값, 즉 혈당(D)측정 이후부터 혈당이 공복시 혈당까지 감소될때까지의 시간은 비례식을 이용하여 계산하였다.



$T = Dt / (D + |E|)$ 따라서 D와 E사이의 공복시 혈당위의 면적은 $DT/2 = D^2t/2(D + |E|)$ 이다. 따라서 전반적인 식을 요약하면 아래의 공식과 같다.

$$\text{Area} = (A+B+C+D/2)t + D^2t/2(D+|E|)$$

한편, 본 실험에서는 시료의 소화·흡수 형태를 대조군과 비교하여 분석하기 위해서 left area ratio(LAR)와 right area ratio(RAR)을 계산하였다. 혈당반응면적 중 30분을 기준으로하여 공복시부터 30분까지의 면적을 왼쪽면적, 30분 이후부터 150분까지의 면적을 오른쪽면적이라고 하였을때 포도당용액 섭취시 왼쪽면적에 대한 시료용액 섭취시 왼쪽면적의 비율을 LAR이라 하고, 포도당용액 섭취시 오른쪽 면적에 대한 시료용액 섭취시 오른쪽면적의 비율을 RAR이라 하였다.

실험자료의 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 SAS computer program⁽¹⁸⁾을 이용하여 분석하였으며 실험결과와는 평균과 표준오차를 구하였다. In vitro의 실험결과 및 in vivo의 혈당값과 GI 결과는 p<0.05 수준에서

Duncan's multiple range test를 실시하여 실험군들 사이의 통계적 유의성을 검증하였으며, *in vivo* 결과중 최대 혈당값, 최대 혈당값을 나타낸 시간, 왼쪽면적, 오른쪽면적, 총면적 및 LAR과 RAR은 대조군과 비교하여 student's t-test로 실험군들의 통계적 유의성을 검증하였다. 또한 LAR 및 RAR과 GI와의 상관관계는 Pearson correlation coefficients로 확인하였다.

결과 및 고찰

*In vitro*에서 치커리추출물 첨가가 전분의 가수분해율에 미치는 영향

옥수수전분 용액에 5% (w/w) 건조치커리 및 볶은치커리추출물을 각각 첨가했을 때 *in vitro* 전분가수분해율은 Fig. 1과 같다. 건조치커리 및 볶은치커리군의 전분가수분해율은 모든 시간대에서 대조군의 전분가수분해율보다 유의하게 낮았으며(p<0.05), 건조치커리군과 볶은치커리군 사이에 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. Fig. 1에서 나타난 전분가수분해 곡선의 아래면적을 나타낸 가수분해면적 그리고 실험군의 가수분해면적을 대조군의 가수분해곡선면적의 백분율로 나타낸 가수분해지수(HI)는 Table 2와 같다. *In vitro*에서 2시간동안의 가수분해면적은 대조군과 비교하여 5% 건조치커리군과 5% 볶은치커리군에서 각각 16%, 18%씩 유의하게 감소하였으며(p<0.05), 가수분해지수도 5% 건조치커리군과 각각 15%, 18% 유의하게 감소하였다(p<0.05).

일반적으로 여러 종류의 식이섬유가 영양소의 소화와 흡수를 저해한다고 알려져 있으며^(19,21), 특히 guar

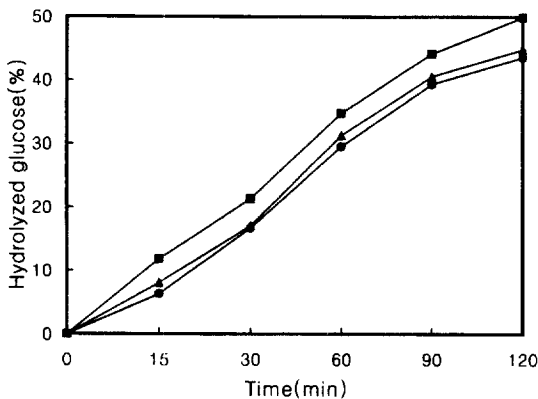


Fig. 1. *In vitro* rate of starch hydrolysis with and without addition of chicory extract for 120 min. ■—■: starch, ●—●: starch+5% dried chicory ext., ▲—▲: starch + 5% roasted chicory ext.

Table 2. Area under the hydrolysis curve and hydrolysis index for starch with and without addition of chicory extract

Group	Area under the hydrolysis curve (0~120 min)	Hydrolysis index (%)
starch	3777 ± 56 ^a	100 ± 0 ^a
starch+ 5% dried chicory ext.	3190 ± 128 ^b	85 ± 3 ^b
5% roasted chicory ext.	3098 ± 135 ^b	82 ± 4 ^b

Values are mean ± SE.

Any two means in the same column followed by the same superscripts are not significantly different (p<0.05).

gum이나 pectin과 같은 점성의 다당류는 소장관에서 탄수화물과 전분의 가수분해를 지연시킨다고 보고되었다⁽²²⁾. 이들 다당류가 영양소의 소화를 저해하는 여러 요인 중 한가지는 소화로 직접 작용하는 소화효소 활성을 변화시키는 것이다⁽²³⁾. 실제로 3개월간 10% oligosaccharide를 섭취한 쥐에 있어서 소장의 sucrase와 maltase 활성이 감소되어 이당류의 소화가 감소되었으며, 또한 *in vitro*에서 정제된 식이섬유와 고섬유식이 원은 α-amylase의 활성을 변화시켰다^(24,25). 본 실험의 결과 건조치커리 및 볶은치커리추출물은 전분의 가수분해율을 저하시킨 것으로 나타났으며 따라서 가수분해 효소인 α-amylase의 활성을 감소시킨 것으로 생각된다.

치커리추출물 첨가가 정상인의 혈당반응에 미치는 영향

포도당용액과 치커리추출물첨가용액 섭취후 건조치커리군의 혈당반응은 Fig. 2에서 보는바와 같이 공복시 혈당은 모든 군에서 유의적인 차이가 없었으나 치커리추출물첨가용액 섭취 15분 후의 혈당값은 대조군이 127 mg/dL로 가장 높았으며 2.5, 5, 10, 20% 건조치커리군은 각각 115, 105, 110, 112 mg/dL로 대조군과 비교하여 모든 건조치커리군의 혈당이 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 치커리추출물첨가용액 섭취후 30분의 혈당값은 대조군이 139 mg/dL로 가장 높았으며 2.5, 5, 10, 20% 건조치커리군에서 각각 124, 111, 128, 123 mg/dL로 대조군과 비교하여 5% 건조치커리군에서만 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 치커리추출물첨가용액 섭취 60분후의 혈당값은 대조군에서 가장 높았으며(111 mg/dL), 2.5, 5, 10, 20% 건조치커리군은 각각 107, 124, 104, 106 mg/dL로 대조군과 비교하여 낮은 경향을 나타내었다. 치커리추출물첨가용액 섭취후 90분의 혈당값은 대조군과 비교해서 5, 10%

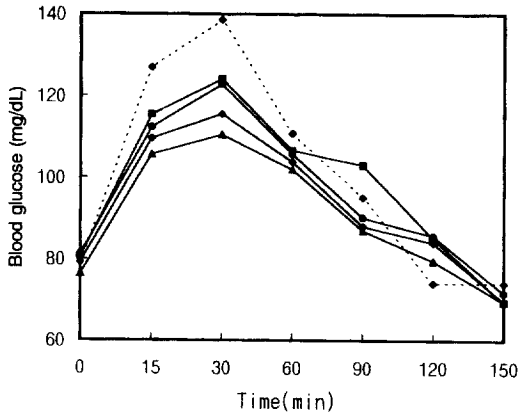


Fig. 2. The mean blood glucose response in normal subjects after ingestion of glucose (60 g/300 mL) with and without addition of dried chicory extract. ◆··◆: glucose, ■—■: glucose+2.5% dried chicory ext., ▲—▲: glucose+5% dried chicory ext., ◆—◆: glucose+10% dried chicory ext., ●—●: glucose+20% dried chicory ext.

건조치커리군에서 각각 87, 88 mg/dL로 유의적으로 낮았다. 치커리추출물첨가용액 섭취후 120분과 150분에서는 대조군과 실험군들간의 혈당변화에 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

포도당용액과 치커리추출물첨가용액 섭취후 볶은 치커리군의 혈당반응은 Fig. 3과 같이 치커리추출물첨가용액 섭취전 공복시 혈당은 모든 군에서 유의적인 차이가 없었다. 치커리추출물첨가용액 섭취 15분후의 혈당값은 2.5, 5, 10, 20% 볶은치커리군에서 각각 125, 115, 108, 111 mg/dL로 대조군의 127 mg/dL와 비교했을 때 10, 20% 볶은치커리군에서 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 2.5, 5, 10% 볶은치커리군은 같은 농도의 건조치커리군보다 혈당값이 높게 나타났다. 치커리추출물첨가용액 섭취 30분후의 혈당값은 2.5, 5, 10, 20% 볶은치커리군에서 각각 131, 132, 122, 115 mg/dL로 대조군인 138 mg/dL과 비교했을 때 20% 볶은치커리군에서만 유의적으로 낮게 나타났다. 치커리추출물첨가용액 섭취 60분후의 혈당값은 2.5, 5, 10, 20% 볶은치커리군에서 각각 99, 102, 107, 94 mg/dL로 대조군 130 mg/dL과 비교해서 20% 볶은치커리군에서만 유의적으로 낮게 나타났다. 치커리추출물첨가용액 섭취후 90분부터 150분까지의 혈당변화는 대조군과 볶은치커리군간의 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다.

치커리추출물첨가용액 섭취시 최고혈당값과 최고혈당값을 나타낸 시간은 Table 3에서와 같이 대조군과 비교하여 모든 건조치커리군과 5, 10, 20% 볶은치커리

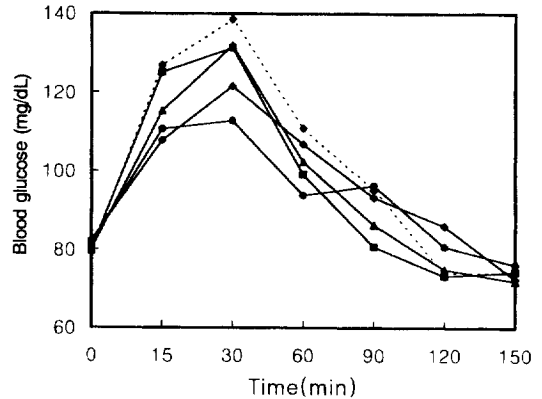


Fig. 3. The mean blood glucose response in normal subjects after ingestion of glucose (60 g/300 mL) with and without addition of roasted chicory extract. ◆··◆: glucose, ■—■: glucose+2.5% roasted chicory ext., ▲—▲: glucose+5% roasted chicory ext., ◆—◆: glucose+10% roasted chicory ext., ●—●: glucose+20% roasted chicory ext.

리군에서 최고혈당값이 유의적으로 감소하였다. 또한 최고혈당값을 나타낸 시간은 치커리추출물첨가용액 섭취후 30분 전후였으며, 10% 볶은치커리군을 제외한 모든 실험군에서 최고혈당값을 나타낸 시간은 대조군보다 늦어진 것으로 나타났다. 따라서 포도당용액 섭취시와 비교하여 건조치커리 및 볶은치커리추출물을 포도당용액에 첨가했을 때 혈당반응곡선은 완만해졌으며 최고혈당값을 나타내는 시간이 지연된 것으로 나타났다.

치커리추출물첨가용액 섭취후 혈당반응곡선의 왼쪽면적, 오른쪽면적 및 총면적은 Table 4에서 보는 바와 같이 포도당용액 섭취후 혈당곡선의 왼쪽면적과 비교하여 치커리추출물첨가용액 섭취후 왼쪽면적은 모든 실험군들에서 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 5, 10, 20% 건조치커리군과 5, 10, 20% 볶은치커리군에서 감소하는 경향을 나타내었다. 포도당용액 섭취후 혈당곡선의 오른쪽면적과 비교하여 치커리추출물첨가용액 섭취후 오른쪽면적은 2.5, 5, 10, 20% 건조치커리군에서 각각 36, 42, 41, 39% 정도씩 유의적으로 감소하였으며(p<0.05), 볶은치커리군의 경우도 2.5%와 20% 투여군에서 각각 21, 43%씩 유의하게 감소하였고(p<0.05, p<0.01) 다른 볶은치커리군도 감소하는 경향을 나타내었다. 포도당용액 섭취후 혈당곡선의 총면적과 비교하여 치커리추출물첨가용액 섭취후 총면적은 5, 10, 20% 건조치커리군에서 각각 38, 31, 32%씩 유의하게 감소하였으며(p<0.05), 20% 볶은치커리군에서 40% 유의하게 감소하였고(p<0.01) 다른

Table 3. Peak value and peak time after ingestion of test solutions

Group	Peak value (mg/dL)		Peak time (min)	
	Glucose	Sample	Glucose	Sample
glucose+				
2.5% dried chicory ext.	148±3	129±4**	26±2	36±9
5% dried chicory ext.	146±4	116±6**	26±3	32±8
10% dried chicory ext.	144±3	121±3***	26±2	34±6
20% dried chicory ext.	145±4	123±2**	28±3	30±0
glucose-				
2.5% roasted chicory ext.	143±4	135±5	23±3	25±3
5% roasted chicory ext.	147±4	133±5*	24±3	26±3
10% roasted chicory ext.	143±5	125±4*	27±3	27±3
20% roasted chicory ext.	144±4	116±2**	25±3	28±7

Values are mean ± SE.

*p<0.05, **p<0.001, ***p<0.0001.

Table 4. The areas under the curve after ingestion of test solutions

(min · mg/dL)

Group	Left Area		Right Area		Total area	
	Glucose	Sample	Glucose	Sample	Glucose	Sample
glucose+						
2.5% dried chicory ext.	994±132	1089±304	3105±249	2002±315*	4099±359	3091±448
5% dried chicory ext.	984±152	720±177	2951±350	1708±278*	3935±457	2428±314*
10% dried chicory ext.	934±109	908±217	2674±313	1583±251*	3608±354	2486±336*
20% dried chicory ext.	1000±122	883±95	2743±353	1666±252*	3743±417	2549±321*
glucose-						
2.5% roasted chicory ext.	833±136	873±146	2038±166	1609±92*	2871±227	2481±167
5% roasted chicory ext.	866±158	702±110	2199±165	1868±276	3065±222	2570±311
10% roasted chicory ext.	972±146	600±99	2794±427	1862±424	3766±509	2463±416
20% roasted chicory ext.	878±138	581±181	2510±235	1434±197**	3387±284	2017±190**

Values are mean ± SE.

*p<0.05, **p<0.01.

군들도 감소하는 경향을 나타내었다.

포도당용액과 치커리추출물첨가용액 섭취후 혈당지수는 Fig. 4와 같이 대조군의 혈당곡선 총면적을 100으로 하였을때 2.5, 5, 10, 20% 건조치커리군의 혈당지수는 77, 64, 64, 68%로 나타났으며 대조군과 비교하여 각각 33, 36, 36, 39%씩 감소되었다. 2.5, 5, 10, 20% 볶은치커리군의 혈당지수는 84, 80, 66, 61%로 나타났으며 포도당군과 비교하여 각각 16, 20, 34, 39%가 감소되었다. 본 실험결과에서 20% 볶은치커리군의 혈당감소 효과가 가장 좋았으며 20%를 제외하고는 볶은치커리보다 건조치커리에 의한 혈당감소 효과가 더 크게 나타났다. 실제로 치커리추출물을 식이로 섭취가능한 범위로는 10% (w/w) 이하일 것으로 생각된다. 건조치커리의 경우 20%에서 혈당강화 작용이 감소된 것은 치커리에서 혈당을 저하시킬 수 있는 유효성분인 이눌린의 최적 농도범위가 존재할 것으로 생각되고, 볶은치커리의 경우 볶은 과정에서 이눌린 분자 중 일부가 가수분해되어 이눌린함량이나 이눌린

분자중합도가 건조된 것과는 차이를 나타낸 것으로 생각된다.

포도당용액과 치커리추출물첨가용액 섭취후 혈당반응면적비는 Table 5와 같다.

대조군의 왼쪽면적이 1이었을때 모든 실험군의 왼쪽면적 비율은 감소된 경향을 보였으며 특히 10% 볶은치커리군에서는 0.51로 유의하게 낮은 것으로 나타났다.

대조군의 오른쪽면적이 1이었을때 볶은치커리군에서는 10, 20%에서만 유의하게 감소되었으며, 건조치커리군은 모든 군에서 유의하게 감소된 것으로 나타났다.

왼쪽면적과 오른쪽면적을 나누는 기준이었던 30분대에 대부분의 실험군에서 최고혈당값이 측정되었으며, 따라서 LAR은 혈당상승기에, RAR은 혈당감소기에 해당하는 면적이 된다. 한편, 혈당상승기는 주로 공장 회장에서 포도당이 흡수되는 단계이며, 혈당감소기는 조직세포로 당이 유입되는 단계일 것으로 추

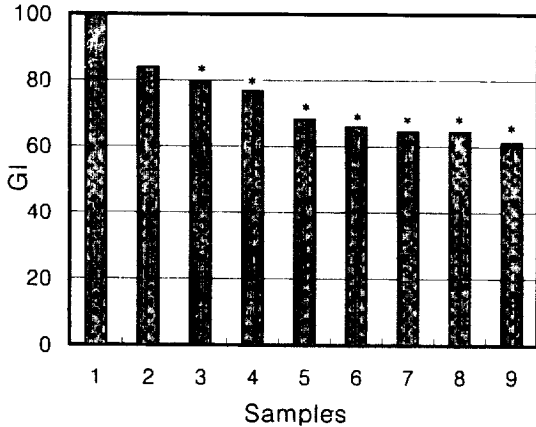


Fig. 4. The mean glycemic index (GI) of glucose (60 g/300 mL) with and without addition of chicory extract in normal subjects. *Significantly different compared with glucose ($p < 0.05$). 1: glucose, 2: glucose+2.5% roasted chicory ext., 3: glucose+5% roasted chicory ext., 4: glucose+2.5% dried chicory ext., 5: glucose+20% dried chicory ext., 6: glucose+10% roasted chicory ext., 7: glucose+10% dried chicory ext., 8: glucose+5% dried chicory ext., 9: glucose+20% roasted chicory ext.

정되고 있다⁽²⁶⁾. 본 실험에서는 LAR ($r = -0.3578$, $p < 0.005$)과 RAR ($r = 0.6604$, $p < 0.001$) 모두 GI와 유의적인 양의 상관관계를 보였지만 RAR과의 상관관계가 더 큰 것으로 나타나 치커리추출물이 혈당변화에 미치는 영향은 식후 30분 이후의 혈당감소기와 더 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다.

본 실험에서 건조치커리 및 볶은치커리추출물은 정상인이 포도당을 섭취했을 때 식후혈당을 감소시켜 2시간 30분 동안의 혈당반응곡선을 완만하게 하는 것으로 나타났다. 당뇨병자에 있어 소화·흡수가 빠른 식품은 혈당을 급상승시킬 뿐만 아니라 인슐린 및 다른 내분비물의 반응도 상승시킨다⁽²⁷⁾. 이러한 혈당의 상승은 당뇨병자의 합병증을 유발시키는 주요한 원인이 되며 당뇨병자에게 있어서 일상적인 혈당조절이 합병증예방에 무엇보다도 중요하다는 것은 잘 알려진 사실이다. Yamashita 등⁽²⁸⁾의 보고에 의하면 하루 8 g의 fructooligosaccharide를 인슐린비의존형 당뇨병자에게 섭취시켰을 때 공복시 혈당을 15 mg/dL 감소시켰으며, Rumessen 등⁽²⁹⁾의 보고에 의하면 fructan (fructooligosaccharide 및 이눌린)을 전분과 함께 섭취했을 때 혈당반응이 변화되었다. 즉, 50 g의 밀전분과 함께 fructan을 섭취시키면 밀전분만 섭취시켰을 때보다 공복시 혈당으로 감소되는 시간이 더 짧아졌다. 이것은 내분비호르몬인 insulin이나 C-peptide에 의한 작용은

Table 5. The left area ratios and right area ratios after ingestion of test solutions

Group	LAR ¹⁾	RAR ²⁾
glucose	1.00 ± 0.00 ^a	1.00 ± 0.00 ^a
glucose+		
2.5% dried chicory ext.	0.66 ± 0.09 ^{ab}	0.64 ± 0.07 ^b
5% dried chicory ext.	0.77 ± 0.16 ^{ab}	0.59 ± 0.09 ^b
10% dried chicory ext.	0.83 ± 0.24 ^{ab}	0.55 ± 0.07 ^b
20% dried chicory ext.	0.82 ± 0.11 ^{ab}	0.61 ± 0.04 ^b
2.5% roasted chicory ext.	0.86 ± 0.13 ^{ab}	0.77 ± 0.09 ^b
5% roasted chicory ext.	0.61 ± 0.08 ^{ab}	0.79 ± 0.13 ^b
10% roasted chicory ext.	0.51 ± 0.10 ^b	0.69 ± 0.14 ^b
20% roasted chicory ext.	0.58 ± 0.21 ^{ab}	0.61 ± 0.98 ^b

¹⁾ samples left area (0~30 min)/glucose left area (30~60 min).
²⁾ samples right area (0~30 min)/glucose right area (30~60 min).

Values are mean ± SE.

Any two means in the same column followed by the same superscripts are not significantly different ($p < 0.05$).

아니며 구강에서 맹장까지의 통과시간이 짧았기 때문인 것으로 설명하였다. 본 실험의 결과에서 치커리추출물이 혈당상승을 억제한 이유는 Kim 등⁽¹²⁾의 결과와도 관계되는 것으로 생각된다. 즉, 치커리의 수용성추출물이 쥐의 공장($p < 0.05$)에서 포도당의 흡수를 저해하였는데 이때 수용성추출물의 주성분은 이눌린이었으며, 이 이눌린이 포도당용액의 점도를 증가시켰고, 소장점막의 unstirred layer 두께를 증가시켰기 때문에 소장에서의 포도당 흡수를 감소시켰다고 하였다. 이외에도 Yamashita 등⁽²⁸⁾은 다음과 같이 세가지의 대사가능성을 주장하였다. 첫째, fructooligosaccharide는 소장점막의 표면에서 탄수화물과 같은 영양소와 결합하여 소장점막에서 영양소 흡수를 저해한다. 둘째, fructooligosaccharide는 장내균총을 변화시킴으로써 소장에서 탄수화물 소화작용을 변화시키고 흡수를 감소시켜 혈당농도가 감소하게 된다. 셋째, fructooligosaccharide를 섭취했을 때 구강에서 맹장까지의 통과시간을 변화시켜 영양소의 흡수율과 흡수속도를 감소시킨다. 한편, 일본에서 합성된 neosugar는 sucrose의 fructose 분자에 1~3개의 fructose를 β-2,1 결합으로 연결시켜 만든 fructooligosaccharide로써 자연계에 존재하는 fructooligosaccharide와 같이 인체내의 소화효소에 의해 단당류로 가수분해 되지 않기 때문에 체장에서의 insulin 분비에 영향을 미치지 못한다⁽³⁰⁾. 이런 neosugar를 건강한 정상성인에게 섭취시켰을 때 sucrose 섭취시와는 달리 2시간 동안의 혈당이나 인슐린 농도가 증가되지 않았다고 보고된바 있다. 따라서 본 실험의 결과로부터 치커리추출물의 섭취는 당뇨병자들의 식후

혈당조절에 유익한 영향을 미칠 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 치커리추출물 첨가가 *in vitro*에서 전분가수분해율 및 정상성인에서의 혈당반응에 미치는 영향을 실험하였다. *In vitro* 실험에서 고형분량으로 계산된 5% (w/w) 건조치커리 및 볶은치커리추출물을 전분용액에 각각 첨가하고 2시간 동안 가수분해시킨 후 15, 30, 60, 90, 120분에 각각 유리된 당을 측정하여 전분가수분해율 및 전분가수분해지수를 구하였다. 정상성인을 대상으로한 실험에서는 고형분량으로 계산된 2.5, 5, 10 및 20% (w/w) 건조치커리 및 볶은치커리추출물을 각각 포도당용액(60 g/300 mL)에 첨가하여 섭취시킨 다음 공복시 혈당 및 실험용액 섭취후 15, 30, 60, 90, 120, 150분에 각각 혈당을 측정하고 혈당반응면적 및 혈당지수를 구하였다. 본 실험결과, 전분에 5% 건조치커리 및 볶은치커리추출물 첨가는 2시간 동안의 전분가수분해율, 가수분해면적 및 가수분해지수를 유의하게 감소시켰으나($p < 0.05$), 건조치커리군과 볶은치커리군사이의 유의적인 차이는 없었다. 포도당용액에 2.5, 5, 10, 20% 건조치커리 및 볶은치커리추출물을 첨가했을때 모든 실험군에서 혈당곡선면적 및 최고혈당값은 낮아졌으며 최고혈당값을 나타내는 시간이 지연되는 경향을 보였다. 포도당 섭취시와 비교하여 모든 건조치커리군과 5, 10 및 20% 볶은치커리군의 혈당지수는 유의하게 감소되었으며($p < 0.05$), 특히 5 및 10% 건조치커리군의 혈당지수는 36%씩 감소되었고 20% 볶은치커리군의 경우 39% 감소되었다. *In vitro* 및 *in vivo* 실험결과로 볼때 치커리추출물첨가는 식후 혈당증가를 낮출 것으로 사료된다.

문 헌

1. 김동훈 : 식품화학. 탐구당, p.319 (1988)
2. MacLeod, A.M. and Preece, I.A.: Studies of the free sugars of the barley grain. V. Comparison of sugars and fructosans with those of other cereals. *J. Inst. Brew*, **60**, 45 (1954)
3. Chubey, B.B. and Dorrel, D.G.: Jerusalem artichoke, a potential fructose crop for the prairies. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, **7**, 98 (1974)
4. Darbyshire, B. and Henry, R.J.: The distribution of fructans in onions. *New Phytol.*, **81**, 29 (1978)
5. Pollock, C.J., Hall, M.A. and Roberts, D.P.: Structural analysis of fructose polymers by gasliquid chromatography and gel filtration. *J. Chromatogr.*, **171**, 411 (1974)
6. Loo, J.V., Coussement, P., Leenheer, L.D., Hoebregs, H. and Smits, G.: On the presence of inulin and oligofructose as natural in the western diet. *Crit. Rev. in Food Sci. and Nutr.*, **35**, 525 (1995)
7. Jenkins, D.J.A., Wolever, T.M.S., Leeds, A.R., Gassull, M.A., Haisman, P., Dilawari, J., Goff, D.V., Metz, G.L. and Alberti, K.G.M.M.: Dietary Frbers, Fibre analogues, and glucose tolerance: importance of viscosity. *Bri. Med. J.*, **27**, 1392 (1978)
8. Hagander, B., Asp, N.-G., Efendie, S., Nilsson-Ehle, Lundquist, I. and Schersten, B.: Reduced glyceimic responses to beet fiber meal in non-insulin-dependent diabetics and its relation to plasma levels of pancreatic and gastrointestinal hormones. *Diabetes Res.*, **3**, 91 (1986)
9. Tomamatsu, H.: Health effects oligosaccharides, *Food Technol.*, Oct., **61** (1994)
10. Roberfroid, M.: Dietary fiber, inulin, and oligofructose: a review comparing their physiological effects. *Cri. Rev. in Food Sci. and Nutr.*, **33**(2), 103 (1993)
11. Delzenne, N., Aertssens, J., Verplaetse, H., Roccaro, M. and Roberfroid, M.: Effect of fermentable fructo-oligosaccharides on mineral, nitrogen and energy digestive balance in the rat. *Life Sci.*, **57**(17), 1579 (1995)
12. Kim, M.H. and Shin, H.K.: The water-soluble extract of chicory reduces glucose uptake from the perfused jejunum in rats. *J. Nutr.*, **126**, 2236 (1996)
13. Tovar, J., Bjorck, I. M. and Asp, N.-G.: Analytical and nutritional implications of limited enzymic availability of starch in cooked red kidney beans, *J. Agri. Food Chem.*, **38**, 488 (1990)
14. Hostettler, F., Borel, E. and Deuel, H.: Uber die reduktion der 3,5-dinitrosalicylsaure durch zucker, *Helv. Chim. Acta.*, **34**, 3231 (1951)
15. Granfeldt, Y., Liljeberg, H., Drews, A., Newman, R. and Bjork, I.: Glucose and insulin response to barley products : influence of food structure and amylose-amylopectin ratio, *Am. J. Clin. Nutr.*, **59**, 1075 (1994)
16. Jenkins, D.J.A., Wolever, T.M.S., Taylor, R.H., Barker, H., Feiciden, H., Baldwin, J.M., Bowling, A.C., Newman, H.C., Jenkins, A.L. and Goff, D.V.: Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohygrate exchange, *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 362 (1981)
17. Wolever, T.M.S., Jenkins, D.J.A. and Josse, R.G.: The glycemic index: methodology and implications. *Am. J. Clin. Nutr.*, **54**, 846 (1991)
18. 송문섭, 이영조, 조신섭, 김병천 : SAS를 이용한 통계자료분석-개정판-, 자유아카데미, (1993)
19. Anderson, J.W. and Lin Chen, W.-J.: Plant fiber. Carbohydrate and lipid metabolism. *Am. J. Clin. Nutr.*, **32**, 346 (1979)
20. Kaneko, K., Nishida, K., Yatsuda, J., Osa, S. and Koike, G.: Effect of fiber on protein, fat and calcium digestibilities and fecal cholesterol excretion. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **32**, 317 (1986)
21. Ink, S.L. and Hunt, H.D.: Nutritional implications of gums. *Food Technol.*, Jan., **77** (1989)
22. Tinker, L.F. and Schneeman, B.O.: The effects of guar gum or wheat bran on the disappearance of ¹⁴C-labeled starch from the rat gastrointestinal tract. *J. Nutr.*, **119**, 403 (1989)
23. Spiller, G.A.: *CRC handbook of dietary fiber in human nutrition*. 2nd ed., CRC Press, Tokyo, p.377 (1993)

24. Dunaif, G. and Schneeman, B.O.: The effect of dietary fiber on human pancreatic enzyme activity *in vitro*. *Am. J. Clin. Nutr.*, **34**, 1034 (1981)
 25. Ikeda, K. and Kusano, T.: *In vitro* inhibition of digestive enzymes by indigestible polysaccharides. *Cereal Chem.*, **60**, 260 (1983)
 26. Nishimune, T., Yakushiji, T., Sumimoto, T., Taguchi, S. S., Konishi, T., Nakahara, S., Ichikawa, T. and Kumita, N.: Glycemic response and fiber content of some foods. *Am. J. Clin. Nutr.*, **54**, 414 (1991)
 27. Coulston, A.M., Hollenbeck, C.B., Liu, G.C., William, R.A., Starich, G.H., Mazzaferri, E.L. and Reaven, G.M.: Effect of source of dietary carbohydrate on plasma glucose, Insulin, and gastric inhibitory polypeptide responses to test meals in subjects with non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Am. J. Clin. Nutr.*, **40**, 965 (1984)
 28. Yamashita, K., Kawai, K. and Itakura, M.: Effects of fructo-oligosaccharides on blood glucose and serum lipids in diabetic subjects. *Nutr. Res.*, **4**, 961 (1984)
 29. Rumessen, J.J., Bode, S., Hamberg, O. and Eivind, G.-H.: Fructans of jerusalem artichokes: intestinal transport, absorption, fermentation, and influence on blood glucose, insulin, and C-peptide responses in healthy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.*, **52**, 675 (1990)
 30. Oku, T.: Oligosaccharides with beneficial health effects: A Japanese perspective. *Nutr. Rev.*, **54**(11), S59 (1996)
-
- (1997년 8월 29일)