

## 메밀추출물 첨가가 *In Vitro* 전분가수분해율 및 정상성인의 혈당반응에 미치는 영향

<sup>†</sup>이명현 · 이정선\* · 이태현\*\* · 구재근\*\*\* · 이영철\*\*\*\*  
정승원\*\*\*\* · 남궁배\*\*\*\* · 양희철\*\*\*\*

한림성심대학 식품영양과, \*한림대학교 식의약품의 효능평가 및 기능성소재개발센터  
\*\*세인 네트워크, \*\*\*군산대학교 식품생명공학과, \*\*\*\*한국식품연구원, \*\*\*\*\*애드팜영농조합법인

### Effects of Added Buckwheat(*Fagopyrum esculentum*) Extract on Starch Hydrolysis *In Vitro* and Glucose Responses in Healthy Subjects

<sup>†</sup>Myung Heon Lee, Jung Sun Lee\*, Tae Hun Lee\*\*, Jae Geun Koo\*\*\*, Young Chul Lee\*\*\*\*  
Seung Weon Jeong\*\*\*\*, Bae Nahngung\*\*\*\* and Hee Chul Yang\*\*\*\*\*

Dept. of Food & Nutrition, Hallym College, Chuncheon 200-702, Korea

\*RIC, Hallym University, Chuncheon 200-702, Korea

\*\*SEIN NW, Yongin 448-803, Korea

\*\*\*Dept. of Food Science & Biotechnology, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

\*\*\*\*Korea Food Research Institute, Sungnam 463-746, Korea

\*\*\*\*\*Addfarm Agricultural Union, Pyeongchang 232-933, Korea

#### Abstract

This study determined the effects of added buckwheat extract on the rate of corn starch hydrolysis *in vitro* as well as blood glucose responses through its supplementation in healthy subjects. The rate of corn starch hydrolysis in the presence or absence of various buckwheat extracts was determined in an *in vitro* enzyme/dialysis system for 2 hr. The buckwheat was extracted by water, ethanol(40%, 70%, 100%) and methanol(40%, 70%, 100%), respectively. Twenty percent(w/w) additions of the ethanol, methanol and water buckwheat extract to corn starch solution significantly reduced the starch hydrolysis at every minute for 2 hr( $p<0.05$ ). The calculated hydrolysis indices of the buckwheat extracts were in the order of 100% ethanol extract(50), 100% methanol(54), 40% ethanol(58), 40% methanol(62), 70% methanol(64), 70% ethanol(68), water (82). For the blood glucose response study, groups of 12 volunteers were given 50 g of boiled rice with or without buckwheat extract(10% and 20% of starch weight) using the 100%, 70%, and 40% ethanol extracts, respectively. The addition of each buckwheat ethanol extract significantly reduced blood glucose concentrations at three or more points during 2 hr and also reduced the mean peak rise and area under the blood glucose curve( $p<0.05$ ). The calculated glycemic index(GI) values for all ethanol buckwheat extract groups were significantly decreased compared to the control(rice). At the concentrations of 20%, the buckwheat 100% ethanol extracts lowered the GI by 68%. The 100% ethanol extract was more effective than the 70% and 40% extracts for reducing GI. Therefore, the 100% ethanol buckwheat extract would be the most therapeutically useful in modifying postprandial hyperglycemia.

Key words: buckwheat extract, glycemic index, starch hydrolysis, blood glucose.

<sup>†</sup> Corresponding author: Myung Heon Lee, Dept. of Food & Nutrition, Hallym College, Chuncheon 200-711, Korea. Tel: +82-33-240-9233, Fax: +82-33-240-9085, E-mail: mhlee@hsc.ac.kr

## 서 론

인체에서 탄수화물 식품 섭취 후 보이는 다양한 혈당반응은 당뇨병과 관련하여 많은 주목을 받고 있다. 이러한 식사 후의 혈당반응은 탄수화물 흡수율에 의해 영향을 받을 수 있다고 보고되었다(Jenkins 등 1978). 소장외의  $\alpha$ -glucosidase[EC 3.2.1.20]와 췌장의  $\alpha$ -amylase[EC 3.2.1.1]는 탄수화물 소화와 있어서 중요한 효소이다. 특히  $\alpha$ -amylase는 전분, glycogen, 다른 탄수화물의  $\alpha$ -D-(1,4)-glucan 결합을 분해하는 효소로서 인체나 동물 등에서 탄수화물 함유식품의 소화작용에 필수적인 요소이다. 이러한 효소들의 활성을 억제하는 효소저해제는 탄수화물의 소화와 흡수를 지연시켜 식후 고혈당을 억제하는데 효과적이다(Mooradian & Thurman 1999). 식품 내에 존재하는 여러 종류의 식이섬유와 다양한 형태의 전분을 이용한 실험들에서 식품의 *in vitro* 전분소화율의 차이는 인체 내 혈당반응과도 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되었다(Karlström 등 1988; Holm & Björck 1992). 이와 관련하여 당뇨병 및 비만 등과 같이 탄수화물과 관련된 질병 치료를 위해 당의 소화, 흡수를 제어할 목적으로  $\alpha$ -amylase 저해제에 대한 연구들이 진행되어 왔다. 식물에서 보고된  $\alpha$ -amylase 저해제는 밀(LanKisch M 등 1998), 보리(Moon 등 1998), 두류(Chun 등 2001), 과일(McDougall 등 2005) 등에서 유래한 것으로 다양한 식물에 존재하는 물질인 것으로 보고되고 있다.

메밀(*Fagopyrum esculentum* Mönch)은 전 세계적으로 재배되고 있는 일년생 초본으로 많은 나라들에서 섭취되고 있는 작물이다. 메밀의 단백질은 높은 생물가를 가지고 있을 뿐 아니라, 혈청과 간의 콜레스테롤 농도를 낮추고, 콜레스테롤 대사를 변화시켜 담석 형성을 예방하며(Tomotake 등 2000), 메밀은 당뇨병(Lee 등 1995), 고혈압(Lee 등 2000; Kim 등 2003), 비만(Lee 등 1999)과 관상심장 질환 및 암(Chao 등 2002; Hertog 등 1995)과 같은 질병을 예방 치료하는데 유용한 효과가 있는 것으로 보고되었다. 또한 메밀은 항산화능을 갖는 여러 종류의 flavonoid를 다량 함유하고(Oomah & Mazza 1996), 항바이러스 및 면역 증진 효과와 관련이 되는 phytosterol을 함유하고 있고(Li & Zhang 2001), 메밀추출물을 이용한 실험에서 면역 활성을 높인다고 보고되기도 하였다(Ryu & Kim 2008).

본 연구는 지금까지 보고된 것과 같이 인체에 유용한 메밀의 기능성 식품으로서의 이용성을 높이기 위해 메밀알곡에서 에탄올, 메탄올, 물로 추출한 메밀추출물을 이용하여 *in vitro*에서  $\alpha$ -amylase에 의한 전분가수분해율을 확인하고 *in vivo*에서 우리의 주식인 쌀밥과 함께 정상성인에게 섭취시켰을 때 혈당에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 메밀추출물 제조

메밀곡립(*Fagopyrum esculentum* Mönch)은 강원도 평창군 봉평메밀특산단지에서 생산된 것을 구하였으며, 메밀 곡립을 정선한 후 양질의 알곡만을 채취하여 분쇄기로 열 발생을 최소화하면서 분쇄한 다음 80 mesh 표준망체를 통과시켜 메밀가루를 제조하였다. 분쇄한 메밀가루를 물, 40%, 70%, 100% 에탄올 및 40%, 70%, 100% 메탄올로 각각 추출하여 용매별로 가용성 추출물을 추출하고, 원심분리(1,500×g, 30분)한 후 진공 농축, 동결 건조하여 메밀추출물을 제조하였다.

### 2. *In Vitro* 전분가수분해율 측정 및 전분가수분해 지수

*In vitro*에서 메밀추출물 첨가가 옥수수전분의 가수분해율에 미치는 영향은 Tovar 등(1990)의 방법을 이용하였다. 즉 2.5%(w/w)에 해당하는 옥수수전분을 0.05 M phosphate buffer에 녹인 후 100°C에서 약 10분간 호화시켰다. 호화된 전분용액을 실온까지 식힌 후 5 ml의 전분용액과 0.01 g  $\alpha$ -amylase (28 Unit/mg, type VI-B, porcine pancreas, Sigma), 고형분 함량으로 전분의 20%(w/w)에 해당하는 메밀추출물을 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 온도를 유지시키면서 2시간 동안 일정한 속도로 저어주었다. 이때 dialysis bag 안의 전분은 가수분해되고 분해된 glucose가 밖의 phosphate buffer 용액으로 유리된다. 위의 조건에서 가수분해된 전분을 시간별로 측정하기 위해 가수분해 시작 후 15, 30, 60, 90 및 120분에 각각 phosphate buffer 1 ml씩을 취하여 유리된 glucose를 DNS 방법으로 측정하였다. 표준곡선은 glucose를 기준으로 하였으며, 전분가수분해율은 가수분해된 전분, 즉 포도당 함량(mg%)으로 나타내었고, 대조군은 메밀추출물을 넣지 않고 옥수수전분과  $\alpha$ -amylase만 가한 후 전분가수분해율을 측정하였다. 대조군인 옥수수전분의 가수분해율과 옥수수전분에 메밀추출물을 첨가한 실험군의 전분가수분해율을 비교하기 위해 2시간 동안 가수분해된 곡선의 아래 면적을 각각 구하였으며, 또한 대조군과 실험군의 전분 가수분해곡선 면적을 비교하여 백분율로 나타낸 전분 가수분해 지수(hydrolysis index, HI)를 다음과 같이 구하였다(Granfeldt 등 1994).

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

### 3. 정상성인 혈당반응 실험대상자 및 실험식이

**Table 1. The experimental groups and diet**

Group	No. of subject	Experimental diet
Control(rice)	12	Rice containing 50 g carbohydrate portions
Rice+4010	12	Rice+10%(w/w) of carbohydrate of 40% ethanol buckwheat ext.
Rice+4020	12	Rice+20%(w/w) of carbohydrate of 40% ethanol buckwheat ext.
Rice+7010	12	Rice+10%(w/w) of carbohydrate of 70% ethanol buckwheat ext.
Rice+7020	12	Rice+20%(w/w) of carbohydrate of 70% ethanol buckwheat ext.
Rice+10010	12	Rice+10%(w/w) of carbohydrate of 100% ethanol buckwheat ext.
Rice+10020	12	Rice+20%(w/w) of carbohydrate of 100% ethanol buckwheat ext.

*In vivo*에서 메밀추출물의 섭취가 정상성인의 혈당반응에 미치는 영향에 관한 실험의 실험군은 Table 1에서와 같았다. 대상자들은 Table 2와 같이 평균 연령 25세이며, 정상성인 12명을 대상으로 하였다. 실험대상자의 평균 체중은 57 kg이었으며, 신체질량지수(body mass index, BMI)는 21.1 kg/m<sup>2</sup>이었다. 공복 시 혈당은 Table 3과 같이 각 실험군 별로 실험기간 중에 유의적인 차이가 없었다.

*In vivo* 실험시료는 40%, 70% 100% 에탄올 가용성 메밀추출물로 하였다. 백미(일반미)는 최근에 도정된 쌀을 시중에서 구입하였으며, 이 쌀을 3회 씻고 물기를 제거한 후 쌀 무게당 일정량의 물을 붓고 전기밥솥으로 밥을 지었다. 밥을 지은 후 1시간 정도 완전히 식히고 1인 일회 실험분량이 전분 50 g이 되도록 무게를 재어 뚜껑이 있는 용기에 밥을 담고 호화된 전분의 변화를 최소화하기 위해 급속냉동이 가능한 -70°C 냉동고에 저장하였다. 냉동된 밥은 실험 당일 꺼내서 전자레인지에서 정해진 시간 동안 해동하여 섭취시켰다. 실험에 사용

된 일반미는 일시에 구입하여 모두 같은 것을 사용했으며, 실험기간 동안 쌀은 비닐팩에 넣고 밀봉해서 냉장온도에 보관하였다. 1회 밥을 짓는 양은 3일분 정도로 하고 밥을 짓는 방법 및 물의 양, 냉동기간, 해동시간 등 모든 실험조건은 매 실험마다 동일하게 하였다.

#### 4. 혈당측정 및 혈당지수(Glycemic Index, GI) 계산

실험대상자들은 실험 전날부터 실험 시작까지 12시간 동안 절식하도록 하였으며, 실험 당일 아침 공복상태로 손끝에서 채혈하여 공복 혈당을 측정하였다. 실험군 별로 1인 분량의 쌀밥을 10분 이내에 먹도록 한 다음, 물 200 ml에 용해시켜 준비해 놓은 10%(w/w)와 20%(w/w)의 메밀추출물을 각각 섭취하도록 하고, 100 ml의 물로 시료가 남지 않도록 완전히 마시도록 하였다. 실험식이 섭취 후 15분, 30분, 60분, 90분 및 120분에 각각 손끝에서 채혈하여 혈당측정계(Johnson & Johnson Co., USA)로 2회 반복하여 혈당을 측정하였으며, 실험 전 30분부터 실험이 끝날 때까지 2시간 30분 동안은 금연하게 하고 가벼운 일상 활동만 하게 하였다.

혈당반응면적은 Wolever 등(1991)의 방법에서와 같이 공복시 혈당이 혈당면적에 영향을 미치지 않도록 실험식이 섭취 후 증가된 혈당면적만을 계산하였다. 혈당 값이 모두 공복시 혈당 값 이상일 때의 계산식은 다음과 같다.

$$\text{Area} = \frac{A_t}{2} + \frac{(B-A)t}{2} + \frac{(C-B)t}{2} + \frac{(D-C)t}{2} + \frac{(E-D)t}{2}$$

A~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)일 때에는 Fig. 1에서와 같이 D와 E를 직선으로 이은 후 얻어지는 T값, 즉 혈당(D)측정 이후부터 혈당이 공복시 혈당까지 감소될 때까지의 시간은 비례식을 이용하여 계산하였다.

**Table 2. Characteristics of the normal subjects**

Sex		Age	Height	Weight	BMI
M	F	(year)	(cm)	(kg)	(kg/m <sup>2</sup> )
3	9	25±2	165±2	57±3	21.1±0.9

Values of age, height, weight and BMI are mean±SE.

**Table 3. Fasting blood glucose of the subjects**

Group	Fasting blood glucose (mg/dl)
Control(rice)	86.5±1.3
Rice+4010	86.1±1.9
Rice+4020	86.2±1.6
Rice+7010	83.8±1.9
Rice+7020	85.4±1.0
Rice+10010	84.2±2.5
Rice+10020	85.4±2.1

Values of mean±SE.

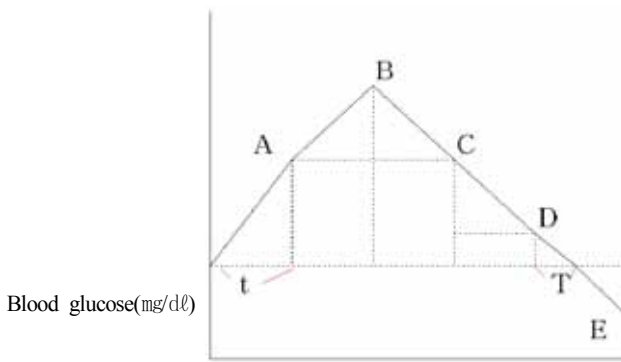


Fig. 1. Blood glucose response curve.

$T=Dt/(D+E)$  따라서 D와 E 사이의 공복시 혈당 위의 면적은  $DT/2=D^2t/2(D+E)$ 이다. 따라서 전반적인 식을 요약하면 다음 공식과 같다.

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

혈당지수(glycemic index, GI)는 Jenkins 등(1981)의 방법에서와 같이 쌀밥과 메밀추출물 섭취 후 2시간 동안의 혈당반응면적을 비교하여 백분율로 계산하였다.

$$\text{GI}=\frac{\text{Blood glucose area when addition of buckwheat extract to rice}}{\text{Blood glucose area after ingestion of the rice(control)}} \times 100$$

## 5. 실험자료의 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과의 통계적 유의성은 SAS computer program을 이용하여 분석하였으며, 실험결과는 평균과 표준오차를 구하였다. *In vitro*의 실험결과 및 *in vivo*의 혈당값과 GI 결과는  $p<0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 실험군들 사이의 통계적 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

1. *In Vitro*에서 메밀추출물 첨가에 따른 전분가수분해율 가용성 옥수수전분에 물, 40%, 70%, 100% 에탄올 및 40%, 70%, 100% 메탄올 가용성 메밀추출물 시료를 각각 20%(w/w) 첨가하고  $\alpha$ -amylase로 반응시킨 후 전분의 가수분해율을 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 2와 같다.

*In vitro*에서 2시간 동안의 전분 가수분해 결과, 각 시간대의 전분가수분해율은 대조군에 비하여 모든 메밀추출물군에서 감소하였다. 30분대에서는 대조군과 비교하여 모든 메밀추출물군에서 전분가수분해율이 유의적으로 감소하였으며

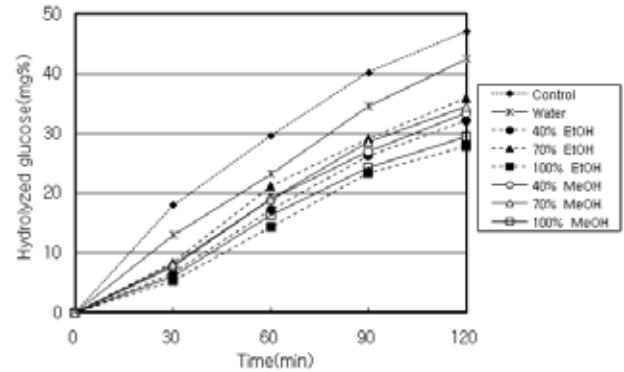


Fig. 2. *In vitro* rate of starch hydrolysis with or without addition of 20% buckwheat extract for 120 min.

( $p<0.05$ ), 특히 에탄올 100%와 메탄올 100% 메밀추출물에서 가장 크게 감소하였다. 전분 가수분해 60분대에는 대조군과 비교하여 에탄올 40%, 70%, 100% 메밀추출물에서 각각 42%, 28%, 51% 유의적으로 감소하였으며, 메탄올 40%, 70%, 100% 메밀추출물에서 각각 36%, 36%, 45% 유의적으로 감소하였다( $p<0.05$ ). 전분 가수분해 90분대에는 대조군과 비교하여 에탄올 40%, 70%, 100% 메밀추출물에서 각각 35%, 27%, 42% 유의적으로 감소하였으며, 메탄올 40%, 70%, 100% 메밀추출물에서는 각각 33%, 29%, 39% 유의적으로 감소하였다( $p<0.05$ ). 전분 가수분해 120분대에는 대조군과 비교하여 에탄올 40%, 70%, 100% 메밀추출물에서 각각 32%, 24%, 41% 유의적으로 감소하였다( $p<0.05$ ). 대조군에 대한 실험군들의 전분 가수분해율 저하 효과는 100% 에탄올>100% 메탄올>40% 에탄올>40% 메탄올>70% 메탄올>70% 에탄올>물 순으로 나타났다.

대조군과 실험군의 2시간 동안의 가수분해 직선의 아래 면적을 비교하여 나타낸 전분 가수분해지수는 Fig. 3에서와 같았다.

대조군의 전분 가수분해지수와 비교하여 물추출물은 18% 감소하였으며, 40%, 70%, 100% 에탄올추출물은 각각 42%, 32%, 50% 유의적으로 감소하였고 40%, 70%, 100% 메탄올추출물은 각각 38%, 36%, 46% 유의적으로 감소하였다( $p<0.05$ ).

이러한 결과로 볼 때 메밀추출물 첨가에 의해 *in vitro*  $\alpha$ -amylase 전분가수분해율은 상당히 저해 받는 것으로 나타났으며, 물추출물의 경우 에탄올 및 메탄올 메밀추출물의 저해율과 비교해서 낮았다. 또한 추출용매 농도에 따른 결과는 에탄올, 메탄올 모두 100%, 40% 70% 순으로 확인되었다. 용매를 이용하여 유효성분을 추출하는 실험은 물을 주로 이용하는데, 본 실험에서는 메밀이 함유하는 다양한 알코올용해

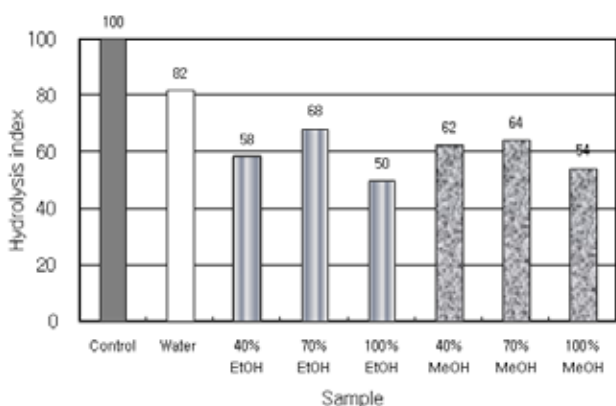


Fig. 3. Hydrolysis index for starch with or without addition of buckwheat extract

성 성분들을 고려하여 농도별 에탄올 용액도 이용하였다. 한편, 추출 용매인 에탄올, 메탄올 모두 70% 용액보다 40% 용액으로 추출했을 때 저해율이 더 높게 나타난 이유는 본 실험의 결과만으로 알기는 어렵기 때문에 추후 용매별 추출물의 성분 실험 등의 연구를 더 진행해 봐야 할 것으로 사료된다.

본 연구와 유사한 방법으로 기장, 수수, 울무, 메밀의 전분 가수분해율을 측정 한 Lee(2006)는 시료들 중 메밀의 전분 가수분해율이 가장 낮았으며, 시료를 열처리 했을 때 모든 시료들의 전분가수분해율은 열처리 하지 않았을 때보다 증가되었으며, 시료 중 메밀이 가장 낮았다고 보고한 바 있다. 메밀 곡립의 주성분은 탄수화물이지만 탄수화물의 소화와 흡수를 저해할 수 있는 많은 성분들이 메밀 자체 내에 함유되어 있는 것으로 보고되고 있다(Krkošková & Mrázová 2005).

한편, Beesley 등(1985)은 콩에서 분리한 수용성의 whey를 콩전분에 첨가하면 전분의 소화율이 크게 낮아졌다고 보고하였는데, 이는 콩의 수용성 whey에 전분소화율을 낮출 수 있는 성분들이 함유되어 있기 때문인 것으로 보고되고 있다(Thompson 1988). 또한 밀전분이나 빵에 정제된 tannin을 첨가했을 때 사람의 타액에 함유된  $\alpha$ -amylase에 의한 전분가수분해율을 감소시킨 것으로 보고되었으며(Thompson 등 1986), *in vitro*에서 정제된 식이섬유와 고섬유식이원들은  $\alpha$ -amylase의 활성을 낮추었고(Dunaif & Schneemann 1981; Ikeda & Kusano 1983), 최근 보고에 의하면 여러 종류의 flavonoids 성분 중 luteolin, myricetin, quercetin은 췌장의  $\alpha$ -amylase 활성을 저해하는 것으로 보고되었다(Tadera 등 2006). 이처럼  $\alpha$ -amylase의 활성저해와 관련하여 *in vitro* 전분가수분해율과 역의 상관관계가 있는 성분으로는 phytic acid, lectin, polyphenols(tannins), flavonoids 등이 알려지고 있다(Rea 등 1985; Tadera 등 2006; Thompson 등 1984, 1988; Yoon 등 1983).

## 2. 메밀추출물의 첨가에 의한 인체 내 혈당 및 혈당지수

*In vitro* 실험결과에 따라서 메밀추출물의 섭취에 따른 정상인의 혈당반응 및 혈당지수에 미치는 영향은 40%, 70%와 100% 에탄올가용성 메밀추출물에 한하여 실시하였다. 쌀밥(대조군) 및 쌀밥에 메밀추출물을 첨가한 실험시료 섭취 후 2시간 동안의 혈당반응은 Fig. 4와 같았다.

공복 시 혈당은 모든 군에서 유의적인 차이가 없었다. 실험식이 섭취 후 15분대의 혈당치는 대조군에서 100 mg/dL로 가장 높았으며, 대조군과 비교하여 다른 실험군은 모두 낮은 경향을 보였다. 실험식이 섭취 후 30분대의 혈당치 또한 대조군에서 127 mg/dL로 가장 높았으며, rice-7010군 122 mg/dL, rice-7020군 124 mg/dL, rice-10010군 120 mg/dL, rice-10020군 121 mg/dL이며, 실험군들 간의 유의적인 차이는 없었다. 실험식이 섭취 후 60분대의 혈당치는 대조군과 비교하여 rice-4010군과 rice-4020군에서는 감소하는 경향을 보였으며, rice-7010군, rice-7020군, rice-10010군, rice-10020군에서 각각 15, 10, 17, 20 mg/dL씩 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 실험식이 섭취 후 90분대의 혈당치는 대조군과 비교하여 rice-4010군, rice-4020군, rice-7010군, rice-10010군, rice-10020군에서 각각 8, 8, 9, 11, 12 mg/dL씩 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 실험식이 섭취 후 120분대의 혈당치는 대조군과 비교하여 rice-4010군, rice-10010군, rice-10020군에서 각각 유의적으로 8, 12, 14 mg/dL 감소하였으며( $p < 0.05$ ), rice-4020군, rice-7010군, rice-7020군은 각각 6, 5, 6 mg/dL 감소하는 경향을 보였다. 본 실험결과에서 혈당은 식후 30분에 최고치를 보였으며, 그 이후에는 감소하였는데, 쌀밥에 메밀에탄올추출물을 첨가해서 섭취한 실험군들의 식후 혈당반응은 식후 30~120분에 대조군의 혈당반응보다 감소율이 보다 큰 것으로 나타났다.

쌀밥(대조군) 섭취 후 2시간 동안의 혈당반응면적에 대한 쌀밥에 메밀추출물을 첨가한 후의 혈당반응면적을 비교하여 백분율로 계산한 혈당지수는 Fig. 5와 같았다.

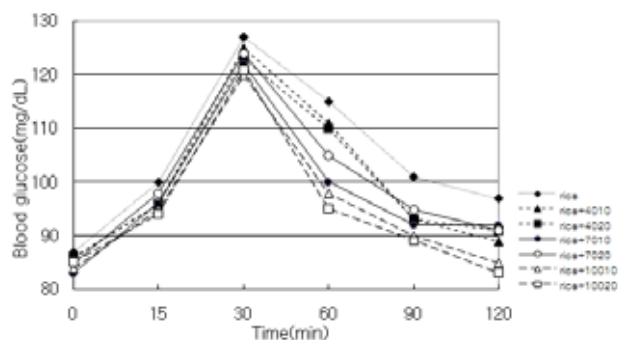
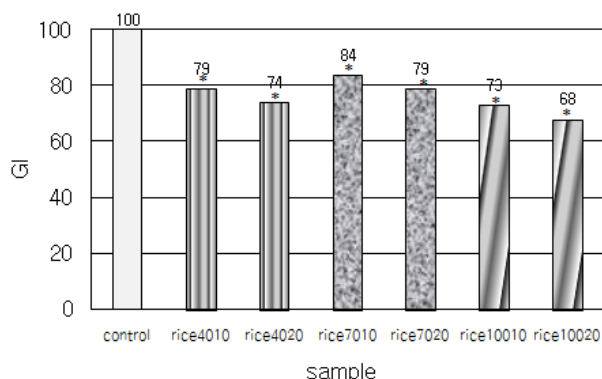


Fig. 4. The mean of blood glucose response in normal subjects after intake of test meal with or without addition of buckwheat extract.



**Fig. 5. The mean glycemic index(GI) of rice with or without addition of buckwheat extract in normal subjects**  
\*Significantly different compared with rice( $p < 0.05$ ).

대조군인 쌀밥군의 혈당지수 100과 비교해 보았을 때 rice-4010군은 79, rice-4020군 74, rice-7010군 84, rice-7020군 79, rice-10010군 73, rice-10020군은 68로 모두 대조군보다 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ).

본 실험결과, 쌀밥에 메밀 에탄올추출물의 첨가에 의한 혈당 저하 효과는 100% 에탄올>40% 에탄올>70% 에탄올 순이었으며, 메밀 에탄올추출물의 첨가량에 비례하여 혈당의 저하율도 큰 것으로 나타났다. 이 결과는 *in vitro*  $\alpha$ -amylase에 의한 전분가수분해율과도 같은 결과로서 이는 메밀이 함유한 성분 중 물에 녹는 성분보다는 에탄올에 녹는 성분이 탄수화물의 소화와 흡수를 보다 더 저해하는 것으로 생각된다.

Kang 등(2001)은 조리된 메밀밥과 쌀밥을 각각 정상성인에게 섭취시킨 후 2시간 동안의 혈당 및 인슐린 반응을 보았을 때 메밀군이 쌀밥군보다 유의하게 낮았다고 보고한 바 있다. 또한 메밀은 다른 여러 종류의 곡류 및 탄수화물 식품과 비교했을 때에도 혈당지수가 낮은 식품으로 보고되었다(Jenkins 등 1981).

한편, *In vitro* 전분가수분해율을 낮추는 것으로 알려진 phytic acid, lectin, polyphenol 등을 사람에게 섭취시켰을 때 이들은 인체의 식후 혈당 곡선을 완만하게 낮추는 것으로 보고되었으며(Rea 등 1985; Thompson 등 1984; Yoon 등 1983), 여러 종류의 식이섬유가 영양소의 소화와 흡수를 저해하는 것도 잘 알려져 있다(Anderson & Lin Chen 1979). 지금까지 보고된 바와 같이 메밀은 혈당지수가 낮을 뿐만 아니라 메밀의 성분이 다른 탄수화물 식품의 혈당반응을 낮춰주는 특성을 고려할 때 메밀은 당뇨병자에게 유용한 식품으로 사료된다. 메밀은 현재 우리나라에서 국수와 부침용 등으로 주로 섭취되고 있으며, 메밀 재배가 비교적 많은 강원도 일부 지역에서는 메밀싹을 물로 추출한 메밀싹추출물을 시판하기도 한다. 이 외에 메밀을 이용한 식품의 종류가 한정되어 있고, 주

식으로도 다양하게 이용되지 못하고 있다. 따라서 메밀을 당뇨병 환자의 혈당저하를 위한 식품으로 폭 넓게 활용하기 위해서는 다양한 방법으로 섭취할 수 있도록 조리학적, 가공학적으로 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## 요약 및 결론

본 연구는 메밀추출물 첨가가 *in vitro*에서  $\alpha$ -amylase에 의한 전분가수분해율 및 정상성인에서의 혈당반응에 미치는 영향을 실험하였다. *In vitro* 실험에서 20%(w/w) 메밀에탄올추출물을 전분용액에 각각 첨가하고 2시간 동안 가수분해하면서 30, 60, 90, 120분에 각각 유리된 당을 측정하여 전분가수분해율 및 전분 가수분해지수를 구하였다. 정상성인을 대상으로 한 혈당반응 실험에서는 쌀밥(50 g, starch basis)을 섭취한 후 10%, 20%(w/w) 메밀에탄올추출물을 각각 100 ml 물에 녹여 마셨으며, 공복 시 혈당 및 실험식이 섭취 후 15, 30, 60, 90, 120분에 각각 혈당을 측정하고 혈당반응면적 및 혈당지수를 구하였다. 본 실험결과,  $\alpha$ -amylase에 의한 전분가수분해율은 측정된 모든 시간대에서 메밀에탄올추출물 첨가군에서 유의하게 낮았으며( $p < 0.05$ ), 전분가수분해지수는 물, 40% 에탄올, 70% 에탄올, 100% 에탄올추출물에서 12%, 42%, 32%, 50% 유의적으로 감소하였고, 40% 메탄올, 70% 메탄올, 100% 메탄올추출물에서 각각 38%, 36%, 46% 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 쌀밥과 함께 10%와 20% 메밀추출물을 각각 섭취하였을 때 모든 실험군에서 각 시간대의 혈당값과 혈당지수가 낮아졌다. 대조군인 쌀밥군의 혈당지수 100과 비교해 보았을 때 rice-4010군 79, rice-4020군 74, rice-7010군 84, rice-7020군 79, rice-10010군 73, rice-10020군 68로 모두 대조군보다 유의적으로 감소하였다( $p < 0.05$ ). 쌀밥 섭취와 비교하여 모든 메밀추출물은 혈당지수를 유의하게 감소시켰으며( $p < 0.05$ ), 특히 100%에탄올 메밀추출물군의 혈당지수 저하율이 가장 높았다. *In vitro* 및 *in vivo* 실험결과로 볼 때, 메밀에탄올추출물은 당뇨병 환자의 식후 혈당증가를 낮출 수 있는 항당뇨 소재로서 유용한 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

Anderson JW, Lin Chen WJ. 1979. Plant fiber. Carbohydrate and

- lipid metabolism. *Am J Clin Nutr* 32:346-363
- Beesley CM, Tompson LU, Tyler R, Jenkins DJA. 1985. Effect of legume whey fraction on *in vitro* starch digestibility, glycemic response and carbohydrate malabsorption. *Proc Can Fed Biol Soc* 28:90
- Bernadetta Krkošková, Zuzana Mrázová. 2005. Prophylactic components of buckwheat. *Food Res Int* 38:561-568
- Chao PL, Hsiu S, Hou Y. 2002. Flavonoids in herbs: biological fates and potential interactions with xenobiotics. *J of Food and Drug Anal* 10:219-228
- Chun SH, Ryu IH, Park ST, Lee KS. 2001. Purification of  $\alpha$ -amylase inhibitor from white kidney bean(*Phaseolus vulgaris*). *Korean J Food Sci Technol* 33:117-121
- Crapo PA, Reaven G, Olefsky J. 1977. Postprandial plasma-glucose and -insulin responses to different complex carbohydrate. *Diabetes* 26:1178-1183
- Dunaif G, Schneeman BO. 1981. The effect of dietary fiber on human pancreatic enzyme activity *in vitro*. *Am J Clin Nutr* 34:1034-1035
- Duncan DB. 1957. Multiple range test for correlated and heteroscedastic means. *Biometrics* 13:164-176
- Granfeldt Y, Liljeberg H, Drews A, Newman R, Bjork I. 1994. Glucose and insulin response to barley products: influence of food structure and amylose-amylopectin ratio. *Am J Clin Nutr* 59:1075-1082
- Hertog MG, Kromhout D, Aravanis C, Blackburn H, Buzina R, Fidanza F. 1995. Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in seven countries study. *Arch of Int Med* 15:381-386
- Ikeda K, Kusano T. 1983. *In vitro* inhibition of digestive enzymes by indigestible polysaccharides. *Cereal Chem* 60:260-263
- Jenkins DJA, Ghafari H, Wolever TMS. 1982. Relationship between rate of digestion of foods and post-prandial glycemia. *Diabetologia* 22:450-455
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Leeds AR. 1978(i). Dietary fibers, fibre analogues, and glucose tolerance: Importance of viscosity. *Br Med J* 1392-1394
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Feiiden H, Baldwin JM, Bowling AC, Newman HC, Jenkins AL, Goff DV. 1981. Glycemic index of foods: A physiological Basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 34:362-366
- Kang MJ, Kim JI, Jung SH, Kim HY, Kim JC. 2001. The effects of buckwheat on postprandial blood glucose and insulin levels in normal subjects. *Advance in Buckwheat Research (II):577-580*. Chunchon. Korea
- Kim DH, Lee GY, Kim NM, Lee JS. 2003. Physiological functionality of various extracts from danmemil and legumes. *Korean J Food & Nutr* 16:347-352
- Lankisch M, Layer P, Rizza RA, DiMagno EP. 1998. Acute postprandial gastrointestinal and metabolic effects of wheat amylase inhibitor(WAI) in normal, obese, and diabetic humans. *Pancreas* 17:176-181
- Lee JS, Lee MH, Chang YK, Ju JS, Son HS. 1995. Effects of buckwheat diet on serum glucose and lipid metabolism in NIDDM. *Korean J Nutrition* 28:809-816
- Lee JS, Park SJ, Sung KS, Han CK, Lee MH, Jung CW, Kwon TB. 2000. Effects of germinated buckwheat on blood pressure, plasma glucose and lipid levels on spontaneously hypertensive rats. *Korean J Food Sci Technol* 32:206-211
- Lee MH. 1999. A study on anti-obesity metabolic effects of the dehulled germinated- buckwheat grain. Ph D Thesis. Korea University of Seoul, Korea
- Lee YT. 2006. Effect of treatments on *in vitro* starch hydrolysis of selected grains. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:1102-1105
- Li S, Zhang QH. 2001. Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Food Sci & Nutr* 41:451-464
- McDougall GJ, Shpiro F, Dobson P, Smith P, Blake A, Stewart D. 2005. Different polyphenolic components of soft fruits inhibit  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase. *J Agric Food Chem* 53:2760-2766
- Mooradian AD, Thurman J. 1999. Drug therapy of postprandial hyperglycaemia. *Drug* 57:19-29
- Moon JS, Bae YI, Shim KH. 1998. The physicochemical properties of  $\alpha$ -amylase inhibitors from black bean and naked barley in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27:367-375
- Karlström B, Vessby B, Asp N-G, Ytterfors A. 1988. Effects of four meals with different kinds of dietary fibre on glucose metabolism in healthy subjects and non-insulin-dependent diabetic patients. *Eur J Clin Nutr* 42:519-526
- Oomah BD, Mazza G. 1996. Flavonoids and antioxidative activities in buckwheat. *J Agric Food Chem* 44:1746-1750
- Rea R, Thompson LU, Jenkins DJA. 1985. Lectins in foods and their relation to starch digestibility. *Nutr Res* 5:919-929
- Ryu HS, Kim HS. 2008. Studies on the effects of water extract from mixture of pine needles, sedum sarmentosum bunge, hijkiaorme, buchwheat and perlla leaves on the immune function activation. *Korean J Food & Nutr* 21:269-274

- Snow P, O'Dea K. 1981. Factors affecting the rate of hydrolysis of starch in food. *Am J Clin Nutr* 34:2721-2727
- Thompson LU. 1988. Antinutrients and blood glucose. *Food Technology* April:123-132
- Thompson LU, Yoon JH, Jenkins DJA, Wolever TMS, Jenkins AL. 1984. Relationship between polyphenol intake and blood glucose response of normal and diabetic individuals. *Am J Clin Nutr* 39:745-751
- Thompson LU, Price G, Mang G. 1986. Effect of phytic acid and tannins on the rate of protein starch digestion. *Cereal Foods World* 31:596
- Tomotake H, Shimaoka I, Kayashita J, Yokoyama F, Nakajoh M, Kato N. 2000. A buckwheat protein product suppresses gallstone formation and plasma cholesterol more strongly than soy protein isolate in hamsters. *J Nutr* 130:1670-1674
- Tover J, Bjorck IM, Asp NG. 1990. Analytical and nutritional implications of limited enzymic availability of starch in cooked red kidney beans. *J Agri Food Chem* 38:488-493
- Wolever TMS, Jenkins DJA, Josse RG. 1991. The glycemic index: methodology and implications. *Am J Clin Nutr* 54:846-854
- Yoon J, Thompson LU, Jenkins DJA. 1983. The effect of phytic acid on the vitro rate of starch digestion and blood glucose response. *Am J Clin Nutr* 38:835-842
- 
- (2009년 11월 7일 접수; 2009년 12월 15일 채택)