



Improvement of granule softening and constipation function of Job's-tears via emzymatization

You-Seok Lee*, Sun-Kyung Lee, Soo-Hyun Ji, Gyeong-Suk Jo,
 Jeong-Hwa Kang

Jellanamdo Agricultural Research and Extension Services, Naju 58213, Korea

효소처리 울무의 연화도 향상 및 변비개선 효과

이유석* · 이선경 · 지수현 · 조경숙 · 강정화
 전라남도농업기술원

Abstract

The recent increase in elderly population has contributed to the increasing interest in the foods for the elderly. This research focuses on softening the texture of job's-tear granules by enzyme treatment and the evaluation of their constipation improvement function via *in vivo* evaluation using mouse models. After enzyme treatment, the Job's-tears exhibited a marked softening with a 70% reduction of hardness upon alternating treatment with commercial amylase and protease for 2 hours at 0.1% concentrations. Microstructure analysis with scanning electron microscopy revealed the degree of collapse of the Job's-tear granules and the level of tissue degradation. Constipation was induced using loperamide, and the relief effect of softened Job's-tears was determined over three dosage (500, 1,000, 2,000 mg/kg) using the data from the number of feces, and blood tests in the mouse model. The optimum dose of the enzymatized Job's-tears was determined to be 500 mg/kg (EA500), which effectively improve excretion movement without liver toxicity. Compared with the control group, oral administration of enzymatized Job's-tear resulted in higher fecal moisture content, higher fecal numbers, and increased length and width of intestinal epithelial cells in the mucous membranes. In conclusion, softened Job's-tears were successfully produced by enzyme treatment, and their constipation relief function was confirmed in a mouse model. The results of the present investigation are expected to contribute to the development of foods for the elderly.

Key words : Job's-tear, enzyme softening, function of constipation improvement, elderly foods

서 론

최근 의료기술의 발달로 평균수명이 늘어남에 따라 2018년 우리나라 총인구 중 65세 이상 고령자가 차지하는 비율은 14.3%로 1975년 3.5% 대비 지속적으로 증가하여 2030년 24.5%, 2050년까지 38.1% 수준에 이를 것으로 전망되고 있으며, 특히 전남의 경우 2018년 고령자의 비율이 21.8%로

이미 초고령사회로 진입한 상태이다(1). 이러한 고령인구의 증가는 인지기능, 기억력, 학습능력 등 지적기능 저하 뿐만 아니라 만성질환에 따른 기능장애 및 활동성 저하, 저작, 연하 및 소화 기능 장애 발생 그리고 영양성분 흡수 및 대사 기능 저하 등 신체적 기능저하를 수반하게 되어 사회적 문제점으로 대두되고 있다(2,3). 또한, 65세 이상 인구의 영양상태 조사 결과(4) 노인인구의 14.5%가 영양섭취 부족 상태이며 특히, 고령자에게 부족하기 쉬운 영양소는 칼슘, 단백질, 비타민, 무기질 등이 보고되고 있다(5). 이러한 인구 고령화 추세로 인해 고령친화식품에 대한 관심이 증대하면서 국내 대기업을 중심으로 다양한 고령자용 식품에 대한 연구가 활발하게 진행 되고 있다. 지금까지 고령친화식품에 대한 연구는 주로 영양상태(6), 기호도 조

*Corresponding author. E-mail : majorfood@korea.kr
 Phone : 82-61-330-2513, Fax : 82-61-336-4076
 Received 12 August 2019; Revised 25 August 2019; Accepted 26 August 2019.
 Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

사(7)에 대한 연구가 진행되었으며, 식재료 연화에 대한 연구로는 채소류를 대상으로 한 효소처리가 주를 이루고 있으며(8-12), 이 외에 분쇄 후 재성형(13), 감압(14) 등의 연구가 보고되고 있다.

한편, 울무(*Coix lacryma-jobi* L.)는 화분과에 속하는 1년 초로서 열대, 아열대, 온대남부에서 재배되며 다른 곡류에 비하여 고단백, 고지방의 곡류이고 섬유소 뿐 만 아니라 Ca, Fe, Vit B₁, Vit B₂ 등이 풍부하여 건강식품으로 알려져 있다. 또한 혈장콜레스테롤 및 중성지방 함량을 저하시키고 조직과 혈장 간의 콜레스테롤 재분배를 담당하는 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시켜 전체적인 지질대사에 관여하는 것으로 보고되고 있으며(15), 항암작용, 혈당강화작용, 면역세포 활성화작용 등이 알려져 영양학적 측면 뿐 만 아니라 기능성 측면에서도 각광을 받고 있다(16).

곡류의 세포벽은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 펙틴, 리그닌 및 당단백질 등의 고분자 물질로 되어 있으며 대부분 공유결합, 수소결합 등을 통하여 강하게 결합되어 소화흡수 효율이 낮을 뿐 아니라 무기질, 비타민 및 생리활성물질들도 생체 이용성이 매우 낮아 실질적인 생리활성 효과를 기대하기 힘든 것으로 알려져 있다(17). 세포벽의 수용화 방법으로는 산이나 알칼리 처리와 같은 화학적 방법이 있지만 식품생산 공정에서 적용하는데 제한점이 많아 거의 사용되지 않으며 주로 세포벽성분을 가수분해하는 cellulase, hemicellulase, pectinase 등의 효소를 사용하는 방법이 사용되고 있으며, 이외에도 autoclaving, popping, blanching, 압출성형 등 주로 가열처리에 의한 식물조직의 결합력을 약화시키는 방법들이 사용되기도 한다(17).

따라서 본 연구에서는 인구구조 변화에 따른 고령친화식품 개발을 위한 선행연구로서 고단백, 고지방 곡류로 영양학적으로 매우 우수하며 약용으로도 사용되는 울무의 효소처리에 의한 연화효과 및 변비개선 효능에 대해 검토하고 그 결과를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 효소처리

본 실험에 사용한 울무(Job's tears, *Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf)는 시중에서 구입하여 사용하였다. 울무 연화 및 배변개선 효능평가를 위한 효소처리는 울무 100 g에 1 L의 증류수를 넣고 선행연구를 통해 선발(data not shown)된 상업용 α -amylase와 protease(Biosis, Busan, Korea)를 효소:시료 = 0.1:100(v/v)의 농도로 첨가한 후 50°C에서 1, 2, 3시간동안 교반, 침지하면서 반응시켰다.

연화도 측정

효소 처리된 울무의 경도는 Texture Analyzer(TA-XT

plus, Stable Micro System, Surrey, England)를 이용하여 최소 20회 이상 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 즉, cylindrical type probe(Φ 5 mm)를 이용하여 test speed 2 mm/sec, strain 70% compression 조건으로 측정하였다. 연화도는 Lee(14)의 방법을 변형하여 효소 처리한 시료의 경도가 효소 처리 하지 않은 시료의 경도보다 낮은 정도를 상대적으로 나타낸 값으로 아래의 식과 같이 계산하여 나타내었다.

$$\text{연화도}(\%) = (1 - \text{처리 후 경도} / \text{처리 전 경도}) \times 100$$

주사전자현미경을 이용한 형태학적 변화 관찰

효소처리에 따른 울무의 형태변화를 관찰하기 위해 복합 효소 처리 즉시 2% glutaraldehyde/2% formaldehyde in 0.1 M sodium cacodylate buffer(pH 7.0) 고정액을 넣고 2시간 동안 4°C에 두었다가 0.1 M sodium cacodylate buffer(pH 7.0)를 이용하여 3회 세척하고 에탄올로 순차적으로 탈수하였다. 탈수된 시료를 -80°C에서 급속 동결 후 동결건조하여 현미경 관찰 시료로 사용하였다. 건조된 시료를 stub에 분산시키고 140 Å 두께로 gold coating하여 전도성을 갖게 한 다음 주사전자현미경(Field emission scanning electron microscope, JSM-7500F+EDS, JEOL Ltd., Tokyo, Japan)으로 2,000배 확대하여 관찰하였다.

배변개선 효능평가를 위한 용량결정 시험

효소처리 울무의 배변개선 유효성 평가를 위해 0.1%의 amylase와 protease 복합효소를 2시간 처리하여 동결건조 후 마쇄하여 시료로 사용하였다. 배변개선 효능평가에 앞서 용량결정 시험을 선행하였으며 이를 위해 500, 1,000 및 2,000 mg/kg 농도별 효소처리 울무 시료를 실험동물에 7일간 경구 투여하며 체중 증가량, 분변 개수, 소화관 이동을 및 혈청 생화학분석을 실시하였다. 실험에 사용된 동물은 ICR mouse(Samtako Bio Korea, Osan, Korea) 10주령 모델(수컷)을 분양받아 7일간 온도(26.11±0.15°C), 습도(50.12±0.93%) 및 12시간의(07:00-19:00) 조명(150-300 lux) 시간 조건에서 순화·사육을 거쳐 사용하였고 실험 6일째 N군을 제외한 나머지 군에 loperamide 5 mg/kg(1% tween 80/saline)을 투여하여 변비를 유도하였다. 본 실험은 (주)동남의화학연구원 동물윤리위원회의 허가를 받은 후 진행하였다(승인번호: SEMI-18-010).

분변의 중량 및 개수 측정을 위해 실험 시작 후 각 실험동물의 분변을 5일간 매일 수거하였으며, 1마리당 분변의 중량 및 개수를 측정하였다. 소화관 이동률은 16시간 절식 후 loperamide를 투여한 다음 0.5% phenol red를 경구 투여 후 처치하여 총 장 길이의 phenol red 이동을 측정하였으며 아래의 식에 의해 산출하였다. 시료 농도에 따른 독성검사를 위해 실험동물에서 얻어진 혈액을 약 30분간 실온에서

방치 후 3,000 rpm에서 원심 분리하여 혈장을 얻고, 분리된 혈장은 생화학분석기(Roche LTD, Basel, Switzerland)를 이용하여 간 독성을 나타내는 혈중 지표인 aspartate transaminase(AST)와 alanine transaminase(ALT)를 분석하였다.

$$\text{소화관 이동률(\%)} = (\text{전체 장 길이} - \text{phenol red 이동거리}) / \text{전체 장 길이} \times 100$$

In vivo 상에서의 배변개선 효능평가 시험

배변 개선 평가시 농도는 용량결정 시험을 통해 500 mg/kg으로 설정하였으며 효능평가에 사용한 실험동물은 정상군(Normal, N), 변비 유도군(Control, C), 양성 대조군(차전자피복합물 120 mg/kg, Positive control, PC), 울무투여군(Job's-tear 500 mg/kg, A500), 효소처리 울무투여군(Enzymatized Job's-tear 500 mg/kg, EA500)로 나누어 각 5마리씩 실험하였으며 분변의 개수 및 수분함량, 소화관 이동률, H&E 염색을 이용한 장 내 상피세포 관찰을 통해 평가하였다. 분변의 개수, 소화관 이동률은 용량 결정 시험과 동일한 방법으로 수행하였으며 분변의 수분함량은 각군의 시료 투여 후 1시간 뒤 loperamide 5 mg/kg을 경구 투여하여 변비를 유도한 다음 8시간 동안 분변 채취 후 105°C에서 48시간 건조한 무게를 측정하여 계산하였다.

통계처리

본 실험 결과에 대한 통계분석은 XLSTAT(version 2019, Addinosoft, Paris, France)를 사용하였다. 연화도 및 배변 개선 효능평가 시험 결과는 평균치와 표준편차로 나타내었으며 각 시료의 유의성은 분산분석(ANOVA t-test)을 실시하였고, 평균값에 대한 사후검정은 유의수준 5%에서 Duncan's multiple range test를 사용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

효소처리에 따른 연화도 변화

고령친화식품 개발을 위한 울무의 경도저하를 위해 복합 효소에 0-3시간 침지하면서 1시간 간격으로 경도를 측정하였으며 이 값으로 도출된 연화도는 Fig. 1과 같다. 효소처리 울무의 연화도는 1시간 처리시 61%, 2시간 처리시 70%로 1시간 처리에 비해 유의적인 증가가 있었으나 3시간 처리 시에는 69%로 2시간 처리와 유의적 차이를 나타내지 않아 울무의 연화도 향상을 위한 복합효소 처리는 50°C에서 2시간 처리가 적합할 것으로 사료된다. 이러한 경도저하에 따른 연화도 향상은 효소처리에 의해 울무 내부의 결합력이 약해졌기 때문에 나타나는 현상이며, 특히 울무의 경우 단백질 함량이 높아 protease 처리에 의한 단백질 결합들이

끊어지면서 연화효과가 상승되었을 것으로 추정된다. Shin 등(17)은 압출성형과 효소처리를 하였을 때 곡류내부의 결합력이 약화되어 수분용해지수 및 분산성 향상이 뚜렷하였으며 기존에 세포벽 내부의 조직에 갇혀있던 다양한 식품 및 생리활성 물질을 유리 및 활성화시킴으로써 곡류의 기능성을 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 또한 Kim 등(8)은 저작이 힘든 고령자를 위한 가래떡 개발을 위해 glucoamylase와 pullulanase의 혼합전분분해 효소를 처리한 결과 효소에 의해 쌀 전분이 분해되어 떡의 경도를 낮추면서 노화를 지연시켜 고령자 섭취에 적합한 부드러운 조직의 가래떡을 개발할 수 있을 것으로 전망하였다. 따라서 본 연구의 결과 복합효소를 처리하여 울무의 경도를 낮출 수 있으며 섭취에 어려움이 있는 고령자 대상 고령친화식품개발이 가능할 것으로 사료된다.

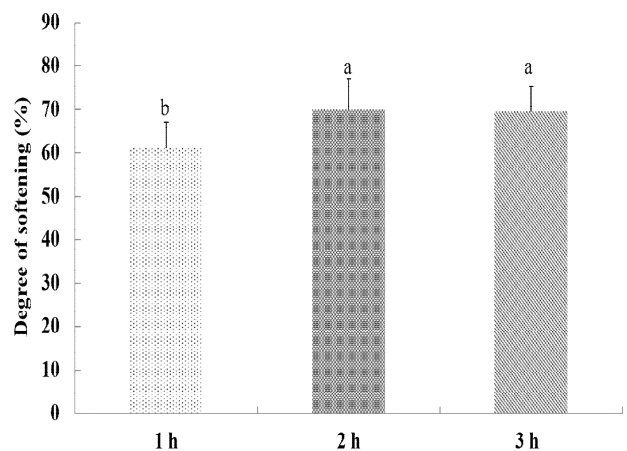


Fig. 1. Effect of enzyme treatment on degree of softening of Job's-tear treatment time.

Values represent the mean±SD (n=20). Means with different letters above a bar significantly different at p<0.05.

효소처리에 따른 울무의 형태학적 변화

효소처리 울무의 형태학적 특성을 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 2와 같이 효소 처리 시간이 길어질수록 전분 및 단백질 입자의 표면에 다공성 구조가 생성되며 일부 입자는 조직의 형태 변화가 관찰되었다. 울무의 전분 입자 형태는 6각형, 8각형 및 구형을 이루고 있으며 주로 입경 8-10 μm 정도의 구형의 형태가 많이 관찰되었으며 처리시간이 길어질수록 다공성 구조가 증가하는 경향을 뚜렷하게 관찰할 수 있었다. 효소처리 울무의 이러한 다공성 구조 생성은 amylase와 protease에 의해 내부 입자가 분해되어 나타나는 현상으로 곡류 입자 내부의 조직이 형성해져 경도가 감소하고 소화율이 증대되는 결과를 뒷받침할 수 있을 것으로 사료된다. Kim 등(9)은 열처리 당근을 효소처리 후 전자현미경으로 내부구조를 관찰하였을 때 일부 세포벽의 파괴가 일어나고 연화효과가 작용할 수 있는 표면적이 넓어져 효과적으로 연화되었음을 보고하였으며 Reyes 등

(18) 또한 데치기 및 열풍건조 등의 전처리를 달리하여 세포 벽의 파괴와 세포간 공극 크기의 증가 등을 SEM 이미지로 비교한 바 있다.

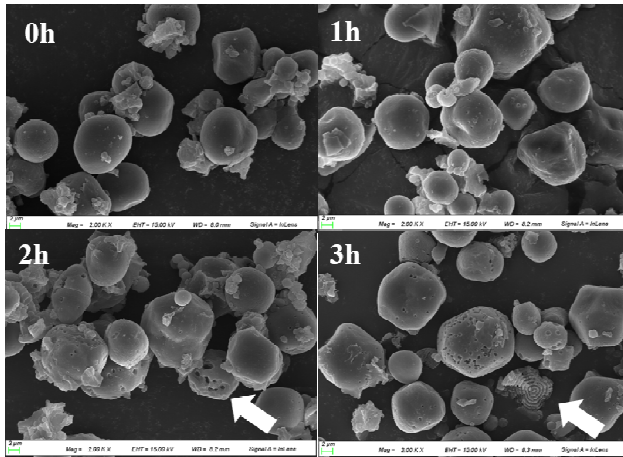


Fig. 2. Scanning electron microphotographs of enzyme treated Job's-tear ($\times 2,000$).

배변 개선 효능평가를 위한 용량 결정 시험

배변 개선 효능평가를 위한 용량 결정을 위해 복합효소가 처리된 울무를 500, 1,000, 2,000 mg/kg 농도로 7일간 투여하면서 체중증가량, 분변 개수 및 소화관 이동률을 검토하였고 그 결과는 Table 1, 2와 같다. 농도별 효소처리 울무를 7일간 투여하는 동안 체중 변화 및 증가에서는 처리군에 상관없이 치료 전과 후 모두 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 변비 유도 후 실험동물의 변의 개수를 비교하였을 때 N군에 비하여 C군의 변 개수가 유의적으로 ($p < 0.001$) 감소하여 변비가 유발된 것을 확인할 수 있었으며 효소처리 울무 처리군에서는 EA500과 EA1000 처리군에서 분변 개수가 유의적($p < 0.001$)으로 증가하였다. Phenol red의 장관 산포를 통한 소화관 이동률을 측정된 결과 N군의 이동률 53.6 \pm 15.6%에 비하여, loperamide 단독 투여한 C군의 이동률의 경우 21.9 \pm 3.2%로 감소하여 변비가 유발되었음을 알 수 있었으며 C군과 비교하였을 때 EA500에서

Table 1. Effect of enzyme treatment of Job's-tear on body weight in loperamide-induced constipation mice

Group ¹⁾	Initial	Final
N	40.2 \pm 0.5 ^{n.s}	41.0 \pm 1.2 ^{n.s}
C	40.3 \pm 2.2	41.3 \pm 1.7
EA500	42.9 \pm 2.2	39.0 \pm 0.3
EA1000	39.9 \pm 2.0	38.8 \pm 0.5
EA2000	40.7 \pm 2.3	40.0 \pm 0.7

¹⁾N, normal group; C, control group; EA500, 1,000, 2,000 (enzyme treated Job's-tear 500, 1,000, 2,000 mg/kg treatment groups).

²⁾n.s.: not significant.

증가하는 경향은 있었으나 유의적인 차이는 없었다. 실험동물의 복부 대정맥에서 채취한 혈장의 AST, ALT를 측정된 결과 7일간 효소처리 울무를 투여하는 동안 전체 처리군에서 유의적 차이가 없어 간 독성은 나타나지 않음을 확인할 수 있었다(data not shown). 이상의 결과를 종합해 볼 때 효소처리 울무의 배변개선 효능평가 시험을 위해서는 간 독성이 나타나지 않으면서 분변 개수 증가 등 배변개선 효능에 효과가 있는 것으로 보이는 500 mg/kg 용량 처리가 가장 적합할 것으로 판단되어 *in vivo*상의 배변개선 효능평가 시험을 위한 농도로 설정하였다.

Table 2. Effect of enzyme treatment of Job's-tear on number of feces and small intestinal transit (SIT) in loperamide-induced constipation mice

Group ¹⁾	Number of feces (ea)	SIT (%)
N	37.3 \pm 3.2 ²⁾	53.6 \pm 15.6
C	11.0 \pm 3.6	21.9 \pm 3.2
EA500	30.0 \pm 5.0 [†]	28.1 \pm 6.5
EA1000	31.0 \pm 3.6 [†]	25.2 \pm 7.7
EA2000	17.7 \pm 2.5 [*]	26.9 \pm 4.2

¹⁾N, normal group; C, control group; EA500, 1,000, 2,000 (enzyme treated Job's-tear 500, 1,000, 2,000 mg/kg treatment groups).

²⁾* $p < 0.05$ vs. C, [†] $p < 0.001$ vs. C.

in vivo 상에서의 배변개선 효능평가 시험

효소 처리 울무의 배변 개선 효능평가를 위해 용량결정 시험에서 설정된 500 mg/kg 농도로 7일간 경구 투여하며 분변 개수, 수분함량 및 소화관 이동률, 장 내 상피세포 관찰을 하였으며 그 결과는 Fig. 3-5와 같다. 치료 처리에 따른 분변의 개수 및 수분함량 변화는 Fig. 3과 같이 변비 유발물질인 loperamide 투여 전 분변 개수는 군별 유의차가 발생하지 않았으며, 투여 후에는 N군을 제외한 나머지 군에서 유의적으로 감소하였다. 즉, 변비 유도군인 C군과 비교하였을 때 A500과 EA500 시료군에서 유의적으로 증가하였으나 A500과 EA500 처리군 간 유의적 차이는 관찰되지 않았다. 치료 투여 후 분변의 수분함량은 C군(14.5 \pm 1.6%)의 수분함량 대비 PC, A500, EA500 처리군에서 유의적으로 증가하는 경향이었으며 특히, EA500군(49 \pm 1.6%)은 A500군과도 유의적으로 분변 수분함량 증가 경향을 나타내어 효소처리 울무가 변비 증상을 일부 개선한 것으로 판단된다.

또한 소화관 이동률 확인을 위해 phenol red를 투여하여 이동길이를 확인 한 결과(Fig. 4) C군(21.9 \pm 6.8%)은 모든 군에 비해 loperamide 투여로 인해 장내 운동이 저하되었고 EA500군의 소화관 이동률은 32.8 \pm 8.0%로 증가하였으나 유의적 차이가 나타나지 않았다. 이는 효소처리 울무의 보수력이 커서 점성이 높은 겔을 형성하여 장 내용물을 증가시키고 통과시간을 지연시키는 것으로 사료된다(19). 일반

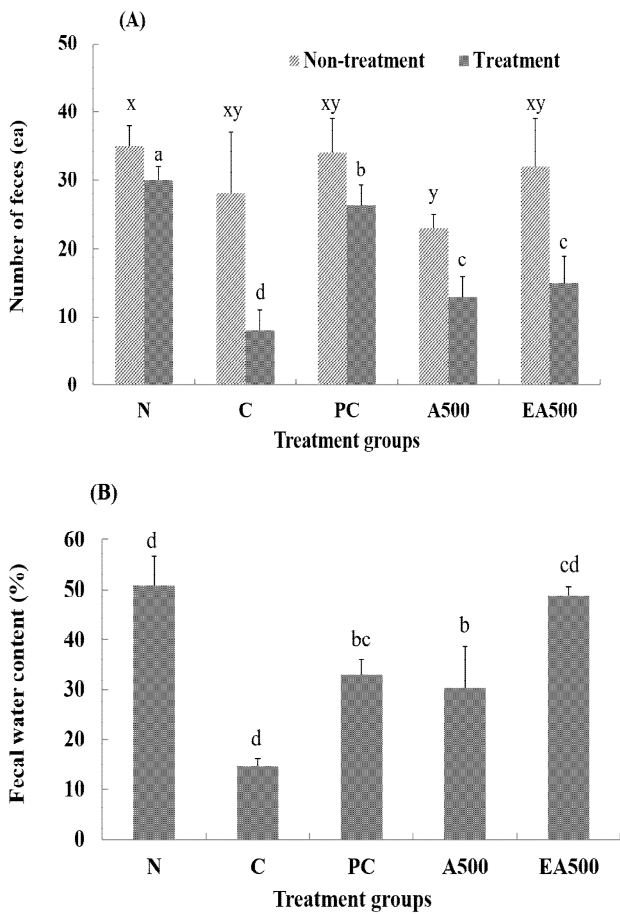


Fig. 3. Effects of enzymized Job's-tear on (A) number of fecal pellets and (B) fecal water content (%) in loperamide-induced constipation mice.

N, normal group; C, control group; PC, positive control group; A500, constipation with Job's-tear (500 mg/kg); EA500, constipation with enzymized Job's-tear (500 mg/kg). Values represent the mean±SD (n=5). Means with different letters above a bar significantly different at p<0.05.

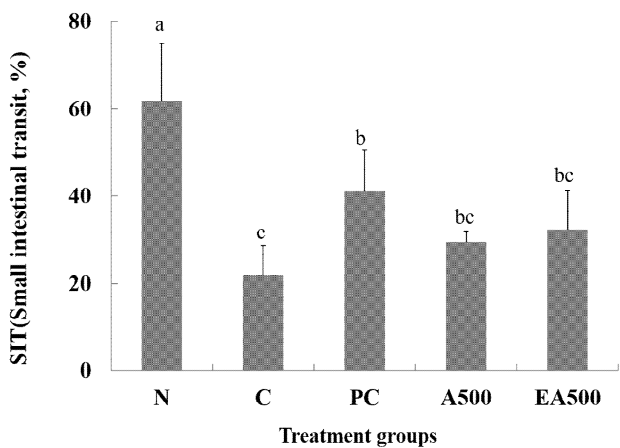


Fig. 4. Effects of enzymized Job's-tear on small intestinal transit (SIT) in loperamide-induced constipation mice.

N, normal group; C, control group; PC, positive control group; A500, constipation with Job's-tear (500 mg/kg); EA500, constipation with enzymized Job's-tear (500 mg/kg). Values represent the mean±SD (n=5). Means with different letters above a bar significantly different at p<0.05.

적으로 변비가 유도된 경우, 장운동 저하 뿐만 아니라, 점막의 길이 및 넓이가 감소된다(20)고 알려져 있어 H&E 염색을 통한 장 내 상피세포 관찰 결과 변비 유도군에 비해 N군을 포함한 효소처리 울무 처리군에서 점막의 길이와 넓이가 증가한 것으로 관찰되어 효소처리 울무를 섭취하는 경우 장 운동에도 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다. 이는 Marteau 등(21)이 보고한 변비 증상이 있는 노인에게 치커리 이눌린을 제공한 결과 치커리 이눌린이 장 내 발효를 통해 당을 분해하여 생성되는 유산과 초산이 장벽을 자극하여 장의 연동운동을 도와 변비 개선에 도움을 주었다는 보고와 같이 효소 처리 울무가 배변활동을 증진시켜 분변 수분함량 증가 및 소화관 이동을 증가에 따른 변비 개선 효과를 나타낼 수 있을 것으로 사료된다.

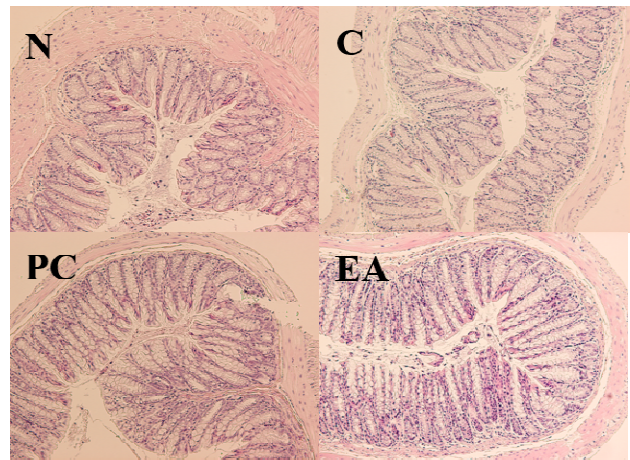


Fig. 5. Effects of enzymized Job's-tear on histology of colon tissue in loperamide-induced constipation mice (×100).

N, normal group; C, control group; PC, positive control group; EA, constipation with enzymized Job's-tear (500 mg/kg).

요 약

최근 고령인구의 증가로 고령친화식품에 대한 관심이 증대하여 영양학적으로 우수한 울무를 이용한 고령친화식품 개발을 위해 효소처리를 통해 연화도 향상 및 배변개선 효능을 검토하였다. 가장 효율적인 효소처리 시간을 구명하기 위해 상업용 amylase와 protease를 1시간 간격으로 1-3 시간 처리하였을 때 0.1% 농도로 2시간 처리 시 70%의 연화도를 나타내어 경도가 낮아졌으며 주사전자현미경으로 관찰하였을 때 울무 내부 입자가 분해되어 조직이 약해짐을 확인할 수 있었다. 배변개선 효능평가를 위해 효소처리된 울무를 각각 500 mg/kg, 1,000 mg/kg, 2,000 mg/kg 농도로 처리하였을 때 간독성이 나타나지 않으면서 분변 개수 증가 등 배변개선 효능에 효과가 있는 것으로 보이는 500 mg/kg의 농도를 최적 조건으로 결정하였다. 용량결정 시험으로 결정된 효소처리 울무 500 mg/kg을 경구 투여하여

배변개선 효능평가를 하였을 때 분변 개수와 수분함량이 증가하고 장 내 상피세포 접막의 길이와 넓이가 증가하여 장 운동에 도움을 준 것으로 관찰되었다. 이상의 결과로 보아 율무에 복합효소를 처리하는 경우 연화도를 증대시키고 변비개선에 효과가 있어 고령친화식품 소재로 활용이 가능 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 중소벤처기업부와 한국산업기술진흥원의 “지역특화산업육성사업(R&D, P0002997)”으로 수행된 연구 결과입니다.

References

1. Korean Statistical Information Service: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1BPA002&vw_cd=&list_id=&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=E1. accessed July, 2019
2. Kim BK, Chun YG, Lee SH, Park DJ (2015) Emerging technology and institution of foods for the elderly. *Food Sci Ind*, 48, 28-36
3. Lee SJ (2015) Recent sensory and consumer studies for the development of texture modified foods for elderly. *Food Sci Ind*, 48, 13-19
4. National Health Statistics: https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/sub04/sub04_03.do?classType=7. accessed July, 2019
5. Chai YW (2010) Current status of food production technology for aged people. *Food Sci Ind*, 43, 87-101
6. Choi HS, Moon HK, Kim HY, Choi JS (2010) Evaluation of the health status and dietary intakes of the elderly in rural areas by dental status. *J Korean Diet Assoc*, 16, 22-38
7. Kwak TK, Kim HA, Paik JK, Jeon MS, Shin WS, Park KH, Park DS, Hong WS (2013) A study of consumer demands for menu development of senior-friendly food products-focusing on seniors in Seoul and Gyeonggi area. *Korean J Food Cook Sci*, 29, 257-265
8. Kim MY, Kim SJ, Hung Y (2018) Development and characterization of easily chewable Korean rice cake (*Garaedduk*) for elderly. *Korean J Food Nutr*, 31, 80-88
9. Kim SR, Kim SM, Chang JH, Han JA (2018) Pre-treatment effects on softening of carrot during enzyme immersion process. *Korean J Food Sci Technol*, 50, 292-296
10. Kim KH (2014) Optimization for enzyme treatments on the texture and digestibility of vegetable foods. MS Thesis, Chung-Ang University, Korea, p 4-36
11. Kim KI, Jo YJ, Kim SJ, Seo JH, Min SG, Cho HY, Shin JK, Choi MJ (2015) Effect of liposome coated hemicellulase on softening of a carrot. *Food Eng Prog*, 19, 369-376
12. Sakamoto K, Shibata K, Ishihara M (2006) Decreased hardness of dietary fiber-rich foods by the enzyme-infusion method. *Biosci Biotechnol Biochem*, 70, 1564-1570
13. Kim SJ, Joo NM (2014) Development of easily chewable and swallowable korean barbecue beef for the aged. *Korean J Food Nutr*, 27, 1175-1181
14. Lee HJ (2016) Development of impregnation technology for vitamin C fortification and tenderization of foods. MS Thesis, CHA University, Korea, p 1-59
15. Park JH, Lee KW, Sung KS, Kim SS, Cho KD, Lee BH, Han CK (2012) Effect of Diets with Job's tears and *Cudrania tricuspidata* leaf mixed-powder supplements on body fat and serum lipids levels in rats fed a high-fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 943-949
16. Chung HS, Youn KS (2006) Optimization of roasting process for preparation of water extracts from Job's tears (*Coicis lachryma-jobi*). *Korean J Food Preserv*, 13, 119-124
17. Shin HH, Lee SH, Park BS, Rhim TS, Hwang JK (2003) Solubilization of whole grains by extrusion and enzyme treatment. *Korean J Food SCI Technol*, 35, 849-855
18. Reyes A, Vega R, Bustos R, Aranedo C (2008) Effect of processing conditions on drying kinetics and particle microstructure of carrot. *Drying Technol*, 26, 1272-1285
19. Gordon DT (1992) The importance of total dietary fiber in human nutrition and health. *Korean J Nutr*, 25, 75-76
20. Cepinskas G, Specian RD, Kvietyts PR (1993) Adaptive cytoprotection in the small intestine: role of mucus. *Am J physiol*, 264, 921-927
21. Marteau P, Jacobs H, Cazaubiel M, Signoret C, Prevel JM, Housez B (2011) Effects of chicory inulin in constipated elderly people: a double-blind controlled trial. *Int J Food Sci Nutr*, 62, 164-170