KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 26, No. 6, pp. 799~804(1994)

구약감자 Glucomannan의 이화학적 특성

김남수 · 지수경 · 목철균 · 김승호
한국식품개발연구원

Physicochemical Properties of Konjac Glucomannan

Namsoo Kim, Soo-Kyung Ji, Chulkyoon Mok and Seung-Ho Kim
Korea Food Research Institute

Abstract

A 0.625% dispersion of the pretreated konjac (*Amorphophallus konjac*) flour was treated with 3 volumes of ethanol and the precipitate was dried at room temperature to produce purified glucomannan in 67.2% yield. Konjac glucomannan was analyzed for proximate composition and the contents of total dietary fiber and minerals. TLC analysis with a mobile phase of isopropanol : H_2O (4 : 1, v/v) revealed the presence of mannose and glucose as component sugars. The molecular mass of konjac glucomannan was in the range between 240 and 370 kDa as determined by HPLC with a Protein Pak 300SW column. Water holding capacity of konjac glucomannan was greater than those of most other gums except guar and xanthan gums. Konjac glucomannan accelerated foam formation of bovine serum albumin. As the concentration of konjac glucomannan increased up to 2%, maximum viscosity increased drastically, whereas the swelling time at maximum viscosity decreased. When swelling temperature increased, maximum viscosity and the swelling time at maximum viscosity decreased simultaneously.

Key words: konjac glucomannan, physicochemical properties

서 론

식이섬유는 사람의 장내효소에 의하여 분해되지 않는 식물세포 성분으로 효소분해를 받지 않는다는 공통적인 생리적 특성을 공유하는 다양한 구조를 지닌 물질들의 복합체를 지칭한다[1]. 식이섬유에 속하는 대부분의 물질들은 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 펙틴 등과 같은 탄수화물인 반면 페놀성 화합물인 리그닌은 식이섬유로 현재 널리 정의되는 유일한 비탄수화물성 물질이다[1,2].

식이섬유의 섭취정도는 식습관, 성별, 연령, 생활방식 등에 따라 큰 편차를 보이고 있으며 일반적으로 소득수준이 높아질수록 식이섬유의 섭취는 줄어든다고 알려지고 있다[3]. 미국 실험생물학회연맹의 식이섬유 1일 섭취권장량은 20~35g이나 현재 미국인의 1일 식이섬유 섭취량은 10~15g에 지나지 않으며 이로 인한 각종 성인병의 만연은 미국에서 심각한 사회문제화되어 있는 실정이다[3-5]. 한편 식습관상 비교적 식이섬유 섭취가 높은 동양에서도 이러한 현상은 예외는 아니어서 일본인의 경우 식이섬유 섭취량은 1일 17~25g으로 2차 세계대전 직후와 비교시 5~10g이 감소한 것으로 보고되고 있다[3,6]. 국내의 경우에도 식이섬유 섭취에 관한 체계적인 통계자료가 부족한 상황이지만 최근 식생활의 급속한 서구화로 식이섬유의 섭취 부족이 국민건강과 관련된 중요한 쟁점으로 부각되었으며 변비, 대장암 등이 증가하고 있는 사실이 언론보도를 통해 확인되고 있다.

이와 같이 날로 감소추세에 있는 식이섬유의 섭취량을 증진시켜 국민건강에 기여하기 위해서는 현대인의 감각에 맞게 식이섬유 함유 제품의 다양화와 고급화로 소비자의 다양한 욕구를 충족시켜 주는 동시에 국민일반이 손쉽게 섭취할 수 있는 고기능성 식이섬유소재 및 이를 이용한 제품의 개발이 필요하다. 신규 수용성 식이섬유소재의 개발은 이런 측면에서 볼 때 매우 중요하다 할 수 있다[6,7].

본 연구에서는 구약감자에 존재하는 양질의 수용성 식이섬유소재인 glucomannan의 이화학적 특성을 구명하였기에 결과로서 보고하고자 한다.

재료 및 방법

공시재료

공시재료인 구약감자분말은 김포소재 대진상사로부터 구입하여 실험에 사용하였다.

시약

구약감자 glucomannan의 분자질량 측정용 dextran

Corresponding author: Namsoo Kim, Korea Food Research Institute, Songnam, Korea

표준품, 각종 검류, 식이섬유 분석용 kit 등은 시그마사(St. Louis, MO)의 것이었으며 HPLC 및 TLC 분석용 매는 Merck사(Darmstadt, Germany)로부터 구입·사용하였다. 수용성 식이섬유소재인 Litesse(polydextrose)는 한국화이자사에서 분양받은 것이었다. 실험에 사용된 기타의 시약들은 시약특급 혹은 일급의 것으로서 시중 판매상으로부터 구입하여 사용하였다.

구약감자분말 정제

구약감자분말의 예비정제는 Sugiyama 등의 방법[8]에 의하여 행하였다. 예비정제된 구약감자분말을 증류수에 0.625% 농도로 가한 후 120 rpm으로 하룻밤 교반하면서 glucomannan 현탁액을 만들고 진공여과를 행하여 전분질 등의 비용해성분 및 기타 불순물을 제거하였다. 여과액에 ethanol을 1 : 3(v/v) 비율로 첨가한 후 잘 흔들어주고 하룻밤 정치시켜 glucomannan을 응결시켰다. 325 메쉬의 표준망체를 통과시켜 용매를 분리시킨 후 98% ethanol을 사용하여 glucomannan 응결물을 3회 씻어주었다. Spatula로 눌러주어 glucomannan 응결물로부터 용매를 가능한한 많이 제거하였다. Hood 안에서 실온 건조시킨 후 유발을 사용하여 미세하게 분쇄하여 정제 glucomannan을 제조하였다.

화학성분 분석

일반성분 분석은 AOAC법[9]에 의하여 2반복 측정하였으며 총식이섬유 함량은 Sigma사의 분석법[10]에 의하여 측정하였다. 구약감자 glucomannan 중의 단백질 및 전분의 존재여부는 ninhydrin법[11]과 iodine법[12]에 의하여 확인하였다. Glucomannan 함량은 6 M trifluoroacetic acid(TFA) 가수분해[13] 후 dinitrosalicylic acid(DNS)법에 의한 환원당 정량[14]을 행하고 factor 0.93을 곱하여 계산하였다[15]. 무기이온 분석은 JY 38 plus inductively coupled plasma(Jobin Yvon Instrument S.A., Longjumeau, France)에 의하여 행하였다.

당조성 분석

앞서 언급된 6 M TFA 가수분해시 얻어지는 가수분해물을 다음과 같이 전처리한 후 TLC 분석을 행하였다. 즉 mixed bed resin의 일종인 Amberlite MB-1A 1g과 구약감자 glucomannan 가수분해물 6 ml를 50 ml 삼각플라스크에 가하고 실온에서 하룻밤 저속진탕한 후 8번 여지(Schleicher and Schuell, Inc., Keene, NH)로 여과하여 분석용 시료로 하였다. 사용된 plate는 Merck사의 Kiesel gel 60G plate(20×20 cm, 0.25 mm 두께)였으며 분리능을 향상시키기 위하여 사용 전에 0.2 M NaH_2PO_4로 전개하여 침윤처리한 후 실온에서 24시간 건조하고 105℃ dry oven에서 1시간 활성화시켰다. 시료 20 μl (20~160 μg)를 spotting하고 isopropanol-H_2O(4 : 1, v/v)을 이동상으로 하여 전개시킨 후 실온에서 건조시키고 10 N H_2SO_4을 분무하였다. 그 직후 105℃ dry oven에서 30분간 탄화시켜 mannose와 glucose의 spot를 확인하였다. 이때 2, 4, 6 mg/ml 농도의 mannose와 glucose 혼합물을 표준품으로 사용하였다.

분자질량 측정

구약감자 glucomannan의 분자질량은 Waters사(Milford, MA)의 HPLC 시스템(model 510)으로 분석하였다. 이때 Protein Pak 300SW 겔 여과 column(Waters사, 7.5×300 mm)이 사용되었으며 eluent는 0.05 M sodium phosphate buffer(pH 7.2), 유속은 0.5 ml/min였고 피크 측정은 Waters사의 refractive index detector로 행하였다. 정제 glucomannan을 eluent에 0.5% 농도로 현탁시키고 5분간 초음파처리한 후[16] 0.2 μm 막 필터(Gelman Co.)를 통과한 용액 10~15 μl를 injection하여 분석하였다. 이때 marker로서는 각각의 분자질량이 503, 298, 74.2 kDa인 dextran이 사용되었으며 정제 glucomannan의 경우와 마찬가지로 eluent에 0.5% 농도로 용해시킨 후 HPLC 분석을 행하였다.

수분결합력 측정

수분결합력(water binding capacity)은 Quinn과 Paton의 방법[17]을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 즉 무게를 알고 있는 50 ml 용량의 원심분리 tube에 시료 1g을 칭량한 후 소량의 증류수를 가하고 유리봉으로 완전히 섞어준 후 2,000×g에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리 후 상징액을 따라내고 무게를 측정하였다. 만일 상징액이 얻어지지 않으면 소량의 증류수를 추가로 가한 후 위의 공정을 반복하였다. 이때 수분결합력은 gH_2O/g sample로서 표시하였다.

거품특성 측정

Bovine serum albumin(BSA)과 같은 계면활성 단백질에 의하여 야기되는 거품의 형성정도와 안정성에 미치는 구약감자 glucomannan의 영향을 다른 검류와 비교하였으며 기존의 측정방법들[18,19]을 변형시켜 다음과 같이 실시하였다. 즉 50 ml graduated cylinder에 0.2% BSA 용액 20 ml를 가하고 여기에 5% $NaHCO_3$ 용액, 0.2% 시료현탁액을 각각 5 ml씩 순차적으로 첨가하였다. 위의 혼합물을 Omni 5000 double insulated homogenizer(Omni International, Waterbury, CT)로 15,000 rpm에서 30초간 교반하고 그 직후 거품부피를 측정하였다(거품생성능, foam capacity). 또한 일정시간 정치후의 거품부피를 측정하여 거품안정성(foam stability)으로 정의하였으며 이때 정치시간은 30분, 1, 2, 4시간 이었다.

팽윤특성 특성

구약감자 glucomannan의 팽윤특성은 Brabender사(Duisburg, Germany)의 amylograph에 의하여 측정하였다. 이때 사용된 시료의 부피는 450 ml로서 측정온도 25℃에서 시료의 농도를 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%로 변화시켜

Table 1. Chemical composition of konjac glucomannan

Content (%)	Konjac flour	Ethanol-purified konjac flour	Purified glucomannan
Moisture	12.4	12.0	12.9
Ash	4.1	1.6	0.3
Protein	3.7	1.4	0.3
Fat	—[a]	—[a]	—[a]
Total dietary fiber	80.7	82.2	97.1
Glucomannan	79.8	83.8	94.2

[a]Not detected

측정하였으며 시료농도 2.0%의 경우 37, 50℃ 에서도 측정하였다.

결과 및 고찰

화학성분

구약감자분말을 ethanol로 예비정제 후의 수율은 80.7 ± 1.3%(반복회수 2회)로서 기존의 보고[8]보다 약간 높았으며 예비정제 구약감자분말은 구약감자 특유의 냄새가 없는 무색의 분말이었다. 또한 예비정제 구약감자분말로부터 정제 glucomannan을 제조시의 수율은 67.2± 12.4 %(반복회수 2회)였다.

위와 같이 제조된 구약감자 glucomannan에 대하여 화학성분 분석을 행하였다(Table 1). 구약감자분말 및 예비정제 구약감자분말의 경우와 비교시 정제 glucomannan의 경우에는 회분과 단백질 함량이 현저히 준 반면 총식이섬유 함량은 97.1%로 늘어났다. 이 사실은 정제가 진행됨에 따라 색소, 전분질 등이 감소하면서 식이섬유 함량이 높아짐을 보여준다[20]. 이런 결과에 부합되게 정제 glucomannan에 대하여 ninhydrin과 iodine 검사를 행한 결과는 모두 음성으로 나타났다. Glucomannan 함량은 예비정제 구약감자분말 및 정제 glucomannan의 경우 각각 83.8, 94.2%로서 총식이섬유 함량 측정결과와 비슷하였고 기존의 보고[15]와도 일치하였다. 구약감자 glucomannan에는 potassium, calcium, phosphorus, magnesium 등이 주된 무기이온으로 존재함이 밝혀졌는데 정제 glucomannan의 경우 이들의 함량은 각각 1,095, 377, 262, 88 ppm이었다.

크로마토그래피 양상

구약감자 glucomannan의 당조성 분석을 위하여 6 M TFA 가수분해물을 탈염후 TLC 분석을 행하였다. 여러 종류의 TLC 이동상을 검토한 결과 isopropanol-H_2O(4 : 1, v/v) 조건하에서만 양호한 분리결과를 얻을 수 있었다 (Fig. 1). 이때 R_f 0.31~0.38의 mannose spot, R_f 0.25~0.33의 glucose spot가 뚜렷하게 관찰되어 구성당이 mannose와 glucose임을 알 수 있었다. TLC scanner 실험시[21,22] 표준품 농도 6 mg/ml까지는 정량도 가능할 것으로 사료되어(자료 미제시) 본 실험에서 정립된 TLC 분석조건은 향후 구약감자 glucomannan 함량측정 및 구성당의 상대빈도를 측정하는 데 유용하게 사용될 수 있으리라고 여겨진다.

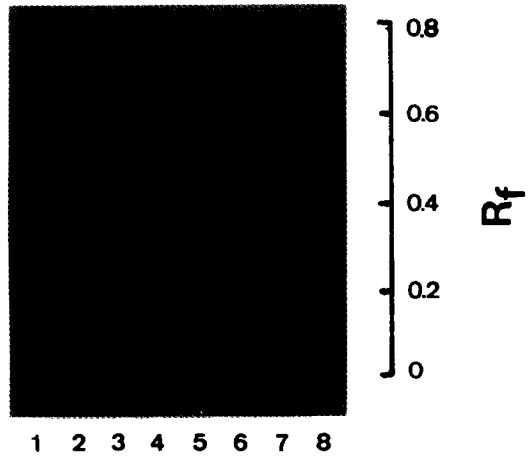

Fig. 1. TLC photograph of the hydrolyzates from konjac glucomannan
Lanes: 1, Glucose 2 mg/ml; 2, Mannose 2 mg/ml; 3, 4 and 5, Glucose plus mannose in 2, 4 and 6 mg/ml, respectively; 6, 7 and 8, Hydrolyzates of konjac flour, ethanol-purified konjac flour and purified glucomannan

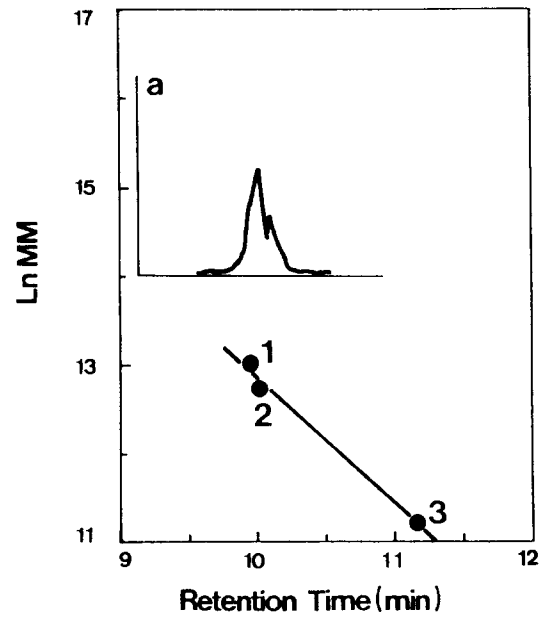

Fig. 2. Molecular mass estimation of konjac glucomannan with Protein Pak 300SW column
Molecular mass markers: 1, Dextran (503 kDa); 2, Dextran (298 kDa); 3, Dextran (74.2 kDa)

Table 2. Comparison of functional properties of konjac glucomannan with other gums of plant and microbial origins. Foam capacity of the control (BSA only) was 7.50 ml, whereas foam stability of the control after 0.5, 1, 2, and 4 hr were 6.00, 5.55, 4.70, and 2.70 ml, respectively. Statistical analysis was done with Duncan's multiple range test[24]. Small and capital letters indicate the results of between-sample and within-sample analyses. Values with different letters in the same column or row are significantly different ($\alpha<0.1$)

Gum	Water binding capacity (gH_2O/g sample)	Foaming properties				
		Foam capacity (ml)	Foam stability (ml)			
			0.5 hr	1 hr	2 hr	4 hr
Konjac flour	18.15	9.45^{aA}	7.85^{aB}	6.25^{abC}	5.40^{aD}	2.40^{cdeE}
Ethanol-purified konjac flour	20.17	8.60^{abA}	6.25^{bcdB}	5.50^{bcC}	4.70^{bD}	2.25^{eE}
Purified glucomannan	21.10	8.65^{abA}	7.15^{abB}	6.80^{aB}	3.40^{efC}	1.95^{fD}
Gum xanthan	33.71	4.95^{dA}	3.90^{eB}	3.80^{dBC}	3.15^{fC}	2.30^{deD}
Gum guar	33.39	7.75^{bcA}	5.70^{dB}	5.20^{cC}	4.40^{bcD}	2.55^{bcE}
Gum karaya	17.14	7.80^{bcA}	6.50^{bcdB}	5.60^{bcC}	4.50^{bD}	2.60^{bcE}
Gum locust bean	14.63	7.35^{cA}	5.95^{cdB}	5.15^{cC}	4.55^{bD}	2.90^{aE}
Sodium alginate	12.37	8.50^{abA}	6.70^{bcB}	5.65^{bcC}	4.00^{cdD}	2.75^{abE}
Gum carrageenan	11.71	8.10^{bcA}	7.00^{abB}	5.85^{bcC}	3.65^{deD}	2.40^{cdeE}
Litesse	0.69	8.60^{abA}	7.00^{abB}	5.75^{bcC}	3.70^{deD}	2.50^{cdE}

정제 glucomannan에 대하여 HPLC 분석을 행한 결과 주 peak 및 보조 peak가 각각 1개 나타났으며 dextran 표준품으로 확인시(Fig. 2) 분자질량은 240~370 kDa 범위내에 있었다. 이 결과는 Tye의 보고치[20]와 비슷하나 구약감자 glucomannan의 분자질량이 1,000 kDa 안팎이라는 기존의 보고치[15,23]와는 크게 다른데 이는 본 실험에서는 시료를 초음파처리하여 glucomannan monomer만의 분자량을 측정한 데 그 원인이 있는 것으로 보인다[16]. Sepharose CL-4B를 사용한 관 크로마토그래피 결과도 HPLC 분석결과와 비슷하였다(자료 미제시).

기능특성

구약감자 glucomannan과 식물과 미생물 유래의 다른 검류의 기능특성을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 구약감자분말, 예비정제 구약감자분말, 정제 glucomannan의 수분결합력은 각각 18.15, 20.17, 21.10 gH_2O/g sample로서 정제도가 높으면 수분결합력도 이에 따라 증가하는 경향을 보여주었다. 다른 검류 중에서는 xanthan과 guar 검 만이 구약감자 glucomannan보다 높은 수분결합력을 보여주고 있었다. 한편 식이섬유음료에 널리 사용되고 있는 Litesse는 수분결합력이 0.69에 불과하였다[17].

식품계에는 다양한 종류의 단백질들이 존재하며 이들은 특유의 거품특성을 보이므로[19] 이들의 거품특성에 식이섬유원들이 어떤 영향을 끼치는지를 규명하는 것은 매우 중요하다 할 수 있다. 구약감자분말, 예비정제 구약감자분말, 정제 glucomannan의 거품생성능은 각각 9.45, 8.60, 8.65 ml로서 BSA 용액자체의 거품생성능보다 높아 구약감자 glucomannan이 BSA에 의한 거품생성을 촉진함을 알 수 있었다. 이러한 현상은 sodium alginate, carrageenan 검, Litesse의 경우에도 관찰되었다. 한편

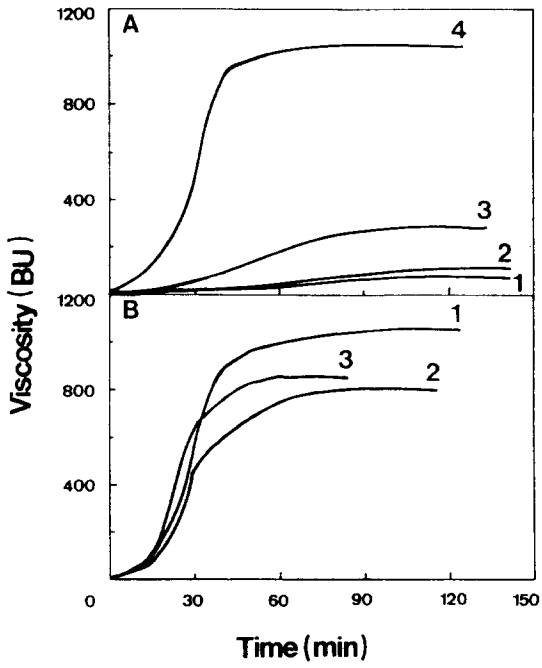

Fig. 3. Swelling properties of konjac glucomannan
Panel A: Temperature was adjusted to 25℃. 1, 0.5%; 2, 1.0%; 3, 1.5%; 4, 2.0%. Panel B: Concentration was adjusted to 2.0%. 1, 25℃; 2, 37℃; 3, 50℃

xanthan 검의 거품생성능은 4.95 ml로서 BSA 자체의 경우보다 현저하게 낮았는데 이는 xanthan 검이 BSA에 의한 거품생성을 억제함을 의미한다. 한편 경시적인 거품부피의 감소를 측정한 결과 시간의 경과에 따라 모든 경우에 있어 거품의 부피가 감소하였으며 구약감자

Table 3. Swelling properties of konjac glucomannan

Temperature (℃)	Concentration (%)	Maximum viscosity (BU)	Swelling time at maximum viscosity (min)
25	0.5	75	127
25	1.0	100	115
25	1.5	270	99
25	2.0	1060	91
37	2.0	800	85
50	2.0	860	63

glucomannan의 경우에도 4시간 후 73.8~77.5%에 이르는 거품부피 감소가 관찰되었다. 반면 xanthan 검의 경우에는 거품생성은 적었으나 경시적인 거품의 감소비율이 낮아 거품안정성이 높은 것으로 나타났다.

팽윤특성

예비정제 구약감자분말의 팽윤특성을 Brabender amylograph에 의하여 검토한 결과는 Fig. 3과 같고 그 결과를 요약하여 Table 3에 표시하였다. 실온에서 농도를 바꿔가며 실험하였을 때(Fig. 3, panel A) 모든 경우에서 점성증가는 sigmoidal pattern을 나타내어 초기에는 점성증가가 미미하며 어느 정도의 시간경과를 거쳐야 팽윤이 촉진되는 현상을 보여주었다. 이때 최대점도에 이르는 시간은 같은 온도조건에서는 농도가 높을수록 단축되었다(Table 3). 즉 시료농도 0.5%에서는 127분인 반면 시료농도가 2.0%로 증가하면 91분으로 36분 단축됨을 알 수 있었다. 이와같이 구약감자 glucomannan의 경우 점성이 일정한 휴지기를 거쳐 발현되는 현상은 구약감자 glucomannan sac의 팽윤이 서서히 일어나며 그 수화속도는 팽윤과정의 임계점에서 급격히 증대되어 진다는 사실을 시사하고 있다[20]. 시료농도를 1.5%에서 2.0%로 증가시키면 다른 경우에서 보다 현저한 점도증가가 나타남을 알 수 있었다. 시료의 농도를 2.0%로 고정하고 온도를 변화시켰을 때(Fig. 3, panel B)에도 팽윤곡선은 앞서와 같은 pattern을 보여주었으며 최대점도는 온도가 높을수록 대체로 감소하며 최대점도 발현시간은 온도가 높을수록 단축되어 50℃ 의 경우에는 25℃ 의 경우보다 28분이나 단축되었다.

요 약

구약감자(*Amorphophallus konjac*)로부터 glucomannan을 제조하고 그 이화학적 특성을 구명하였다. 예비정제 구약감자분말로부터 ethanol 침전법에 의하여 정제 glucomannan을 제조하였으며 이때의 수율은 67.2%였다. 구약감자 glucomannan에 대하여 일반성분, 총식이섬유, 미네랄 분석을 행하였다. Isopropanol : H_2O(4 : 1, v/v)을 전개용매로 하여 TLC 분석을 행하였을 때 mannose와 glucose가 성분당으로 확인되었으며 Protein Pak 300SW column을 사용하여 HPLC 분석시 분자질량은 240에서 370 kDa 범위내에 있었다. 구약감자 glucomannan의 수분결합력은 guar와 xanthan 검을 제외한 다른 검들의 경우보다 높았으며 bovine serum albumin 존재시의 거품생성능은 8.60~9.45 m*l*로서 단백질 자체의 경우보다 높았고 다른 검들의 경우보다도 높았다. 구약감자 glucomannan 농도를 2%까지 증가시켜 가며 팽윤특성을 보았을 때 최대점도는 농도의 증가에 따라 현저하게 증가한 반면 최대점도에 이르는 팽윤시간은 점차 감소함을 알 수 있었다. 일정농도에서 온도를 높이면 최대점도와 최대점도에 이르는 팽윤시간이 동시에 감소하였다.

감사의 말

본 연구는 1992년도 과학기술처 선도기술개발과제의 하나로 관련연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 본 연구 수행과정에 많은 도움을 주신 관계자 여러분께 감사드리고자 합니다.

문 헌

1. Trowell, H.C., Southgate, D.A.T., Wolever, T.M.S., Leeds, A.R., Gassull, M.A. and Jenkins, D.J.A.: Dietary fiber redefined. *Lancet*, 1, 967(1976)
2. Southgate, D.A.T.: Definitions and terminology of dietary fiber. In *Dietary Fiber in Health and Disease*, Vahouny, G. and Kritchevsky, D.(ed), Plenum Press, New York(1982)
3. Wisker, E., Feldheim, W., Pomeranz, Y. and Meuser, F.: Dietary fiber in cereals. *Adv. Cereal Sci. Technol.*, 7, 169(1985)
4. Glicksman, M.: Hydrocolloids and the search for the "oily grail". *Food Technol.*, **45**(10), 94(1991)
5. Lee, S.C. and Prosky, L.: Dietary fiber analysis for nutrition labeling. *Cereal Foods World*, **37**(10), 765 (1992)
6. 編輯部 : 技能性 素材の 開發の 現狀. 食品と 開發, **26** (4), 14(1991)
7. Hughes, J.S.: Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. *Food Technol.*, **45**(9), 122(1991)
8. Sugiyama, N., Shimahara, H. and Andoh, T.: Studies on mannan and related compounds. I. The purification of konjac mannan. *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **45**, 561(1972)
9. AOAC: In *Official Methods of Analysis*, 13th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.(1980)
10. Sigma Co.: Manual of total dietary fiber assay. *Sigma Tech. Bulletin No. TDFAB-2*(1993)
11. Franzen, K.L. and Kinsella, J.E.: Functional properties of succinylated and acetylated soy protein. *J. Agric. Food Chem.*, **24**(4), 788(1976)
12. Gilbert, G.A. and Spragg, S.P.: In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L.(ed), Academic Press, New York, Vol.4, p.168(1964)
13. Shiba, K., Ijitsu, T., Hara, H. and Okada, K.: Preparation and characterization of water-soluble hemicellu-

lose (arabinoxylan) from wheat bran. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **39**(12), 1147(1992)
14. Miller, G.L.: Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.*, **31**, 426 (1959)
15. Kishida, N.: Relationship between the quality of konjac flour and the molecular matter nature of konjac mannan. *Agric. Biol. Chem.*, **43**(11), 2391(1979)
16. Nishinari, K., Williams, P.A. and Phillips, G.O.: Review of the physicochemical characteristics and properties of konjac mannan. *Food Hydrocoll.*, **6**(2), 199(1992)
17. Quinn, J.R. and Paton, D.: A practical measurement of water hydration capacity of protein materials. *Cereal Chem.*, **56**(1), 38(1978)
18. Cui, W., Eskin, N.A.M. and Biliaderis, C.G.: Chemical and physical properties of yellow mustard (*Sinapis alba* L.) mucilage. *Food Chem.*, **46**, 169(1993)
19. Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S., Misaki, M., Toda, J., Wada, T. and Ishii, K.: Whipping and emulsifying properties of soybean products. *Agric. Biol. Chem.*, **36**(5), 719(1972)
20. Tye, R.J.: Konjac flour, properties and applications. *Food Technol.*, **45**(3), 87(1991)
21. Kim, N., Oh, S.L., Nam, Y.J., Min, B.Y. and Suh, K.B.: Comparative studies on the assay method of *Stevia* sweeteners. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **15**, 209(1983)
22. Kim, N., Kwon, D.Y., Hong, H.D., Mok, C., Kim, Y.J. and Nam, Y.J.: HPLC analysis of a backbone compound, β-benzyl-N-carbobenzoxy-L-aspartyl-D-alanine, of intense peptide sweeteners belonging to L-aspartyl-D-alanine amides. *Food Chem.*, **47**, 407(1993)
23. Kishida, N., Okimasu, S. and Kamata, T.: Molecular weight and intrinsic viscosity of konjac glucomannan. *Agric. Biol. Chem.*, **42**(9), 1645(1978)
24. SAS Institute Inc.: SAS/STAT Guide for Personal Computers, Cary, North Carolina (1987)

(1994년 10월 14일 접수)