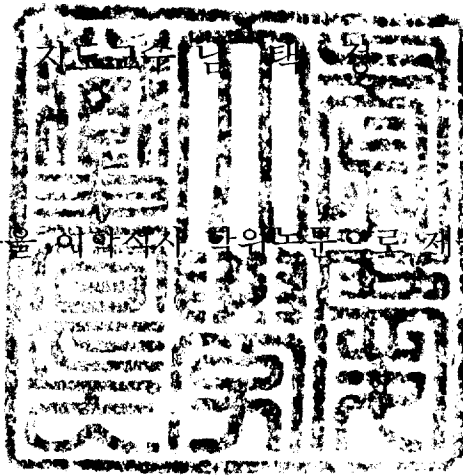


이학석사 학위논문

Polymannuronate 첨가에 의한
햄버거빵의 품질특성과 흰쥐의
지질대사에 미치는 영향



이 논문을 이학석사 학위논문으로 제출함

2005년 8월

부경대학교 대학원

식품생명과학과

조 인 선

조인선의 이학석사 학위논문을 인준함.

2005년 8월 31일

주 심 공학박사 류 홍 수



위 원 이학박사 류 은 순



위 원 농학박사 남 택 정



목 차

Abstract	1
I. 서론	3
II. 재료 및 방법	6
1. 재료	6
1) 시약 및 재료	6
2. 실험방법	6
1) Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 제조	6
2) Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 품질	10
(1) 발효높이 측정	10
(2) 발효손실을 측정	10
(3) Polymannuronate 첨가 dough의 pH 측정	10
(4) 햄버거빵의 부피 및 무게측정	10
(5) 햄버거빵의 굽기 손실을 측정	11
(6) 색차계를 이용한 햄버거빵의 색도측정	11
(7) Texture analyzer를 이용한 햄버거빵의 조직감 측정	11
(8) 일반성분분석	11
(9) 관능평가	12
3) Polymannuronate 첨가 햄버거빵이 흰쥐에 미치는 영향	12
(1) 실험식이 조제 및 실험동물 사육	12
① 실험식이의 조제	12

② 실험동물의 사육	14
③ 실험동물의 처리	14
(2) 실험동물 시료의 분석	14
① 혈청 및 간장조직 중의 중성지방 및 인지질	15
② 혈청 및 간장조직 중의 총콜레스테롤과 유리콜레스테롤 ...	15
③ 혈청 및 간장조직 중의 HDL- 및 LDL-콜레스테롤	15
④ 혈청 중의 혈당	16
⑤ 혈청 중의 GOT 및 GPT의 활성	16
⑥ 분변 중의 지질 분석	16
⑦ 분변 중의 총 담즙산 함량	16
⑧ 분변 중의 총 식이섬유 함량	17
⑨ 혈청 중의 leptin 분석	17
(a) 혈청 중의 leptin radioimmunoassay 측정	17
(b) 혈청 중의 leptin western blot	18
(3) 통계처리	19

III. 결과 및 고찰

1. Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 품질분석	20
1) Dough의 발효높이 측정	20
2) 발효손실을	22
3) Dough의 pH 측정	23
4) 햄버거빵의 부피 및 무게	25
5) 햄버거빵의 굽기 손실을	27
6) Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 색도 측정	29
7) Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 기계적인 조직감	31
8) Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 일반성분분석	33
9) 관능평가	36

2. Polymannuronate의 첨가가 흰쥐에 미치는 영향	38
1) 체중 변화와 식이섭취량과 식이효율	38
2) 장기의 중량	40
3) 혈청 및 간장 조직 중의 지질조성에 미치는 영향	42
(1) Triglyceride의 함량	42
(2) 인지질의 함량	42
(3) 총콜레스테롤의 함량	44
(4) 유리콜레스테롤의 함량	45
(5) HDL- 및 LDL-콜레스테롤의 함량	46
4) 혈청 중의 혈당 및 GOT와 GPT 활성에 미치는 영향	48
(1) 혈당의 함량	48
(2) GOT와 GPT의 활성	48
5) 분변 중의 조성	50
(1) 분변량	50
(2) 분변 중의 총콜레스테롤 함량	50
(3) 분변 중의 총 담즙산 함량	51
(4) 분변 중의 총 식이섬유 함량	52
6) 혈청 중의 leptin의 함량	54
IV. 결론 및 요약	57
V. 참고 문헌	59

**Quality Characteristics and Dietary Effects
of Hamburger Buns Added Polymannuronate
on the Lipid Metabolism in Rats**

Ihn-Seon Joh

*Department of Food and Life Science, Graduate school,
Pukyong National University*

Abstract

Alginic acid, a kind of dietary fiber, is not slaked, has no value as nutrient and decreases the body's utilization ratio of nutrients, but it is known to prevent obesity, hyperlipemia, arteriosclerosis, constipation, and colon cancer and so on. Especially, in cases of low molecularizing alginic acid, polymannuronate, it was more effective on serum and liver lipid metabolism improvement, such as cholesterol decline in high cholesterol groups. Previously we have shown that polymannuronate has a lipid decrease effect and preventive role in colon cancer. As well, polymannuronate treated adipocytes were inhibited differentiation, triggered a decreased leptin expression. This study was conducted to increase the pleasure of dietary life and to improve nutritional quality. To improve the quality of hamburger buns, it has to add polymannuronate, an excellent physiology activity material which has the high blood control function in seaweeds. In this research, wheat flour in a standard hamburger buns formulation was partially replaced with

polymannuronate at levels of 5%, 10% and 15%. Also we added gluten at levels of 0%, 3% and 6% to help expansion of dough and specific loaf volume of bread. When hamburger buns was fermented, pH value was increased as the contents of polymannuronate and gluten do. The appearance of hamburger buns showed the size difference by increasing polymannuronate and gluten contents. The crumb lightness of hamburger buns was decreased by increasing polymannuronate. Texture characteristics, such as hardness, gumminess, chewiness were decreased by adding polymannuronate. The result of sensory evaluation for hamburger buns showed that polymannuronate 5% group containing gluten 6% was the most excellent, but polymannuronate 10% group containing gluten 6% was not significantly different from polymannuronate 5% group containing gluten 6%.

Twenty male SD rats was divided into 2 groups. Control group was fed M's hamburgers, and experimental group was fed hamburgers which substituted for polymannuronate 10% containing gluten 6% buns. The triglyceride and phospholipid level in the serum of rats has increased in the control diet group, total cholesterol reduced in the polymannuronate diet group and the content of the free cholesterol level have a tendency such as total cholesterol level. GOT activity of the serum was no different in two group. This study demonstrated that polymannuronate has beneficial effects on lipid metabolism and usefulness from a commercial point of view.

I. 서 론

우리나라 식생활의 변화는 사회의 다변화, 국제화, 기계문명화, 환경오염 등의 문제와 관련하여 점점 그 양상이 가속화되고 있다. 전통음식은 간편화되고 있으며, 또한 현대인들은 인스턴트식품과 가공식품을 비롯한 실용적이고 간편한 요리를 선호하게 되었다(Mo, 1986). 서구식 식습관과 외래식품의 범람으로 천연식품과 전통음식 위주의 식생활 패턴에서 인스턴트식품, 가공식품, 패스트푸드화가 증가하는 경향으로 변해가고 있는 실정이다(KFRI, 1990). 패스트푸드는 주문하면 곧바로 음식이 제공되는 신속성이 특징이며, 바쁘게 생활하는 현대인들에게 먹기에 간편하고 비교적 저렴한 가격에 판매할 목적으로 개발된 음식으로 햄버거, 핫도그, 도넛, 피자, 닭튀김, 감자튀김 등을 포함한다(안창근, 1985).

특히 청소년층을 중심으로 즉석식품 문화가 번창함에 따라 햄버거를 포함한 패스트푸드가 식사 대용식으로 차지하는 비중이 증대하고 있다. 그러나 햄버거는 장기간 섭취하게 되면 여러 가지의 건강상의 문제점들을 일으킨다 (이현옥, 2000). 동물성 지방과 에너지, 식염의 과잉 섭취뿐만 아니라 비타민과 무기질의 섭취부족 등 영양소 섭취의 불균형을 초래하여 이에 따른 질병발생 유형과 사망원인이 크게 변화하고 있다. 즉, 1인당 동물성 식품소비량이 현저히 늘어났으며, 식생활이 서구화되고 외식의 기회가 잦아짐에 따라 지방함량이 많고 식이섬유 함량이 적은 가공식품의 섭취가 증가하게 되었다. 그 결과로 체중과다나 비만증이 점차적으로 증가하고 있으며, 이에 따른 우리나라의 주요 사망원인에도 영향을 미쳐 최근 순환기 질환, 암 등의 주된 사망원인으로 드러나고 있다.

비만이나 순환기 질환 및 암 등을 방지하기 위해서는 섭취 에너지를 줄이고 운동을 통하여 소비 에너지를 증가시켜 체내에 피하지방이 축적되지 않도록 해야 한다. 식이섬유는 소화되지 않아 영양적 가치가 없고 영양소의 흡수를 저해하는 단점이 있으나 비만·고지혈증·동맥경화·변

비 및 대장암 등을 예방하는 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 가공식품에는 식이섬유를 첨가하고 있고, 식이섬유의 생리작용에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(Van, 1978; Huh *et al.*, 1993; Tasi *et al.*, 1976).

수용성 식이 섬유인 알긴산은 미역이나 다시마와 같은 갈조류의 성분 중 30-40%를 차지하는 해조다당류의 일종으로 화학적으로 탄수화물에 속하지만 전분섬유소와는 달리 poly β -D-mannuronate와 poly α -L-guluronate의 heteropoly-saccharide로 이루어진 단위에 유리 카르복실기를 가진 천연고분자 물질로 강한 반응성을 가지며 각종 무기질과 치환반응을 일으키는 것으로 알려져 있다(Standford., 1983; Haug *et al.*, 1974; Nishide *et al.*, 1988). 알긴산은 대개 산이나 알칼리로 가수분해하는 방법을 많이 사용하는데, 이들 추출방법에 따라 구성당의 조성 및 물리적 성질의 변화가 일어난다. 다시마에서 추출한 알긴산의 경우 D-mannuronate의 많은 희분이 Ca와 K의 이온 교환능이 낮았다(Haug *et al.*, 1959). Iso *et al.* (1978)은 일본 연안의 다시마와 툯 등에서 추출한 알긴산의 함량과 점도 및 분자량에 관하여 보고하였으며, Fujihara *et al.* (1989)은 모자반으로부터 추출한 알긴산을 여러 가지 조건으로 부분가수분해시킨 후 점도와 분자량을 측정하여 그 상관관계를 구하였다. 이처럼 알긴산은 추출방법 및 구성당의 조성 등에 의하여 점성, 용해성 및 유화능 등의 물성이 좌우되며, 더욱이 이 같은 물성은 D-mannuronate와 L-guluronate 및 각각 구성당 block의 상대적인 비율에 의하여서도 많은 영향을 받는다고 알려져 있다.

Tsuji *et al.* (1968)은 이러한 알긴산은 다른 영양성분의 체내 이용률을 저하시키는 반면, 혈청 중의 총콜레스테롤과 중성지방의 함량을 감소시켜 동맥경화 및 고지혈증에 효과적일 뿐만 아니라 피하지방의 축적과 비만을 해소시키는 작용도 가진다고 하였다. 특히, L-polyguluronate와 D-polymannuronate를 많이 함유하는 알긴산을 각각 구분하여 흰쥐에 급이시킨 결과 D-polymannuronate가 많이 함유된 급이군에서 혈청

및 간장 콜레스테롤 지하 등 지질대사 개선에 더 효과가 있었다(Suzuki *et al.*, 1993). 또한 알긴산을 부분적으로 가수분해하여 저분자화할 경우, 그 효과가 증대되었다 (Lee *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1998). 이러한 가능성을 바탕으로 현재 알긴산을 비롯한 polymannuronate는 식품산업, 식품과학, 그리고 의학적인 목적으로 널리 이용되면서 수년간 새로운 기능성 물질로 각광을 받고 있다. 특히 알긴산으로부터 유래된 저분자 40 kDa의 polymannuronate를 4주간 흰쥐에게 급이했을 때 흰쥐의 혈청내 중성지질과 총콜레스테롤을 감소시키는 등 지질개선 효과가 우수하며, 3T3-L1 지방세포에 polymannuronate를 처리하였을 때 지방세포로의 분화억제효과를 나타내었고, 특히 HT-29 대장암세포에서는 암세포 성장을 저해시키는 효과도 나타나고 있다. 따라서, polymannuronate를 실제 식생활에 활용하여 기능성이 부가된 건강보조식품으로 개발하기 위하여 패스트푸드 중의 하나인 햄버거용 빵에 첨가함으로써 햄버거의 영양적 가치를 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 본 실험을 계획하였다. 즉, 햄버거용 빵에 40 kDa의 polymannuronate를 첨가하여 빵 자체의 물성이나 맛에는 변화를 주지 않으면서, 햄버거에 함유된 지질이 체내 흡수되는 것을 최대한 억제할 수 있는 polymannuronate의 첨가량을 검토하여 제조된 빵으로 햄버거를 만들어 동물실험을 통해 지질개선효과를 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

1) 시약 및 재료

본 실험에 사용된 polymannuronate(M.W. 40kDa)는 (주) KBP(경기도, 평택소재)로부터 제공받아 실험에 사용하였다. 제빵실험에 사용된 재료는 밀가루는 1등급 강력 밀가루(삼양사), 설탕은 삼양사, 이스트는 Jenico(주) 생이스트, 탈지분유는 서울우유, 소금은 해표 꽃소금, 버터는 New Zealand Butter Compound, 계란은 실험당일 부산 남구 문현동에 소재한 메가마트에서 구입하여 사용하였다. 동물실험에 사용된 측정용 kit는 WAKO (WAKO, Japan), 신양화학 (신양화학, Korea)제품을 사용하였으며, Leptin RIA Kit (Linco Research, USA)는 Linco제품을 사용하였다. Amyloglucosidase는 Sigma (Sigma Chemical Co., USA)제품을 사용하였으며, 그 외의 유기용매와 같은 일반시약은 특급시약을 사용하였다.

2. 실험방법

1) Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 제조

polymannuronate 첨가 햄버거빵은 직접반죽법(straight dough method)으로 만들었다. 빵제조를 위한 배합율은 베이커 백분율(Baker's %, 배종호 외, 1999)을 기준으로 하였으며 Table 1에 나타내었고 제조공정은 Figure 1에 나타내었다. 대조군은 밀가루 100%로 제조하였고 실험군은 밀가루에 polymannuronate를 5%, 10%, 15%첨가한 군과 여기에 활성 글루텐을 0%, 3%, 6% 첨가한 군으로 분류하고 물을 제외한 나머지 재료는 동일한 양으로 계산하였다. 버터를 제외한 전 재료를 dough mixer(신신제과제빵기계공업사)에 넣고 저속으로 수화시킨 후,

쿨링업 단계에 버터를 넣고 중속으로 15분간 반죽하였다. 1차 발효온도는 32℃, 상대습도가 75%에서 발효기(신일공업사)로 1시간 30분동안 발효시켰다. 중간발효는 분할을 55g으로 한 후 실온에서 15분간 발효시켰고, 2차발효는 성형 후 팬닝한 반죽을 온도 35℃, 상대습도 80%에서 1시간동안 발효시켰다. 2차 발효가 끝난 dough는 상단 195℃, 하단 150℃ 온도의 전기데크 오븐(신신공업사)에서 10분간 구웠으며 실온에서 1시간 냉각 후 빵의 품질특성 실험에 사용하였다.

Table 1. Formula of hamburger buns added polymannuronate and gluten

Ingredient	Control	P5%G0% ¹	P10%G0%	P15%G0%	P5%G3%	P10%G3%	P15%G3%	P5%G6%	P10%G6%	P15%G6%
Flour	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Yeast	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Sugar	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Salt	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Non-fat dry milk	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Butter	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Egg	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Water	38	42	46	50	45.6	49.6	53.6	49.2	53.2	57.2
Polymannuronate	0	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Gluten	0	0	0	0	3	3	3	6	6	6

¹ P5%G0% : polymannuronate 5% + gluten 0%, P10%G0% : polymannuronate 10% + gluten 0%,

P15%G0% : polymannuronate 15% + gluten 0%, P5%G3% : polymannuronate 5% + gluten 3%,

P10%G3% : polymannuronate 10% + gluten 3%, P15%G3% : polymannuronate 15% + gluten 3%,

P5%G6% : polymannuronate 5% + gluten 6%, P10%G6% : polymannuronate 10%+gluten 6%,

P15%G6% : polymannuronate 15% + gluten 6%.

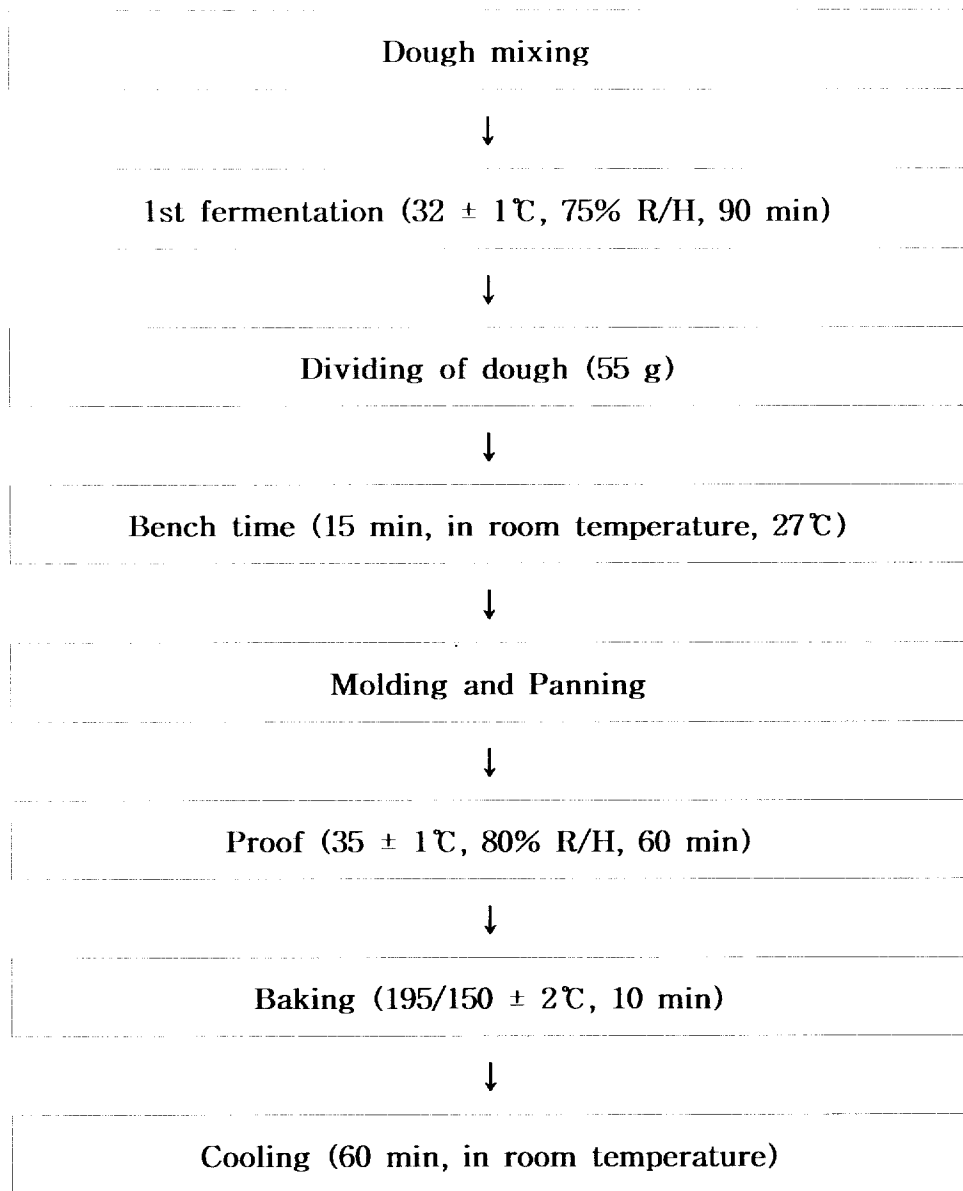


Fig. 1. Manufacturing process of bread by straight dough method

2) Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 품질

(1) Polymannuronate 첨가 dough의 발효높이 측정

혼합직후의 dough에서 10 g을 채취한 후 실험조작이 용이하도록 덧가루를 바르고 100 ml mass cylinder에 넣어 1차 발효가 끝난 직후에 둥글게 올라온 dough 윗부분을 평평하게 하여 cylinder의 눈금을 읽어 부피 (ml)를 측정하였다.

(2) 발효손실을 측정

혼합한 후의 1차발효 손실율은 본 반죽이 끝난 직후 분할하여 반죽의 무게를 측정하고, 발효실에 넣어 1시간 30분동안 발효시킨 후 무게를 측정하였다.

$$\text{발효손실율(\%)} = \frac{(\text{반죽중량} - \text{발효후의 반죽중량}) \times 100}{\text{반죽중량}}$$

(3) Polymannuronate 첨가 dough의 pH 측정

햄버거빵의 반죽을 완료한 직후, 1차 발효한 dough와 2차 발효한 dough에서 각각 10 g을 채취하여 -20℃에서 냉동시켰다. 24시간에 지난 후 증류수 50 ml와 함께 homogenizer로 3,000 rpm에서 5분간 균질화하여 그 혼탁액을 pH meter (accumet model 15, Fisher Scientific, USA)로 측정하였다.

(4) 햄버거빵의 부피 및 무게측정

굽기가 끝난 햄버거빵을 실온에서 1시간 동안 냉각한 후 무게를 측정하였고, 빵의 부피는 좁쌀을 이용한 종자치환법으로 측정하였다. 이로부터 햄버거빵의 비용적 (specific loaf volume(cm^3/g))은 부피를 빵무게로 나누어 표시하였다.

(5) 햄버거빵의 굽기 손실을 측정

굽기가 끝난 햄버거빵의 굽기 손실율은 반죽이 끝난 후 반죽의 중량을 측정하고, 오븐에서 구운 다음 1시간이 경과한 후에 최종 햄버거빵의 중량을 측정한 다음 아래의 공식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{굽기손실율(\%)} = \frac{(\text{1차 발효후의 반죽중량} - \text{최종제품의 무게}) \times 100}{\text{최종제품의 무게}}$$

(6) 색차계를 이용한 햄버거빵의 색도측정

색도는 color difference meter (JC 801, Color Techno System Co., Japan)를 사용하여 L값 (명도), a값 (적색도) 및 b값 (황색도)를 측정하였다. 이 때 표준백판은 L = 93.73, a = -0.12, b = 0.11의 백색 calibration plate를 사용하였다. 방냉 후 24시간이 지난 햄버거빵은 빵의 껍질을 제외한 crumb 부분을 분쇄하여 시료로 사용하였다.

(7) Texture analyzer를 이용한 햄버거빵의 조직감 측정

방냉한 후 밀봉하여 24시간이 지난 햄버거빵을 texture analyzer(T1-AT2, SMS Co., UK)를 사용하여 측정하였다. Pretest 5.0mm/sec, distance 10%, trigger 20g, probe 25.4mm DIA cylinder aluminium의 조건으로 compression test를 3회 반복 측정하여 그 평균 값을 구하였다. 시료는 햄버거빵의 중심을 1.5 × 1.5 × 2 cm³의 크기로 잘라 사용하였다.

(8) 일반성분 분석

햄버거빵의 일반성분분석은 AOAC법에 따라 정량하였다. 즉 수분은 상압가열건조법, 조회분 함량은 건식회화법, 조단백질 정량은 semimicro Kjeldahl 질소정량법 (질소계수 6.25), 조지방은 soxhlet 추출

법으로 측정하였다. 식이섭유의 함량은 사료영양연구소 (부경대 소재)에 의뢰하였다.

(9) 관능평가

제조된 빵의 품질평가는 부경대학교 실무전산 수업을 듣는 학생과 식품생명과학과 학생 87명(남학생 35명, 여학생 52명)을 대상으로 기호도 평가를 실시하였다. 학생들에게는 사전에 어떤 정보도 제공하지 않았으며 실험군에 따라서 1주일의 간격을 두어서 3번에 걸쳐 9점 척도법으로 “매우 좋다”를 9점~“매우 싫다”를 1점으로 평가하였으며 색상, 향, 조직감, 맛, 전반적인 기호도에 대하여 측정하였다.

3) Polymannuronate 첨가 햄버거빵이 흰쥐에 미치는 영향

(1) 실험동물 사료

① 실험식이의 조제

polymannuronate 첨가 햄버거빵 식이와 시중의 M사 햄버거를 실험 식이로 하였다. 흰쥐에게 급이할 실험식이를 제조하기 위하여 실험군은 polymannuronate첨가 햄버거 buns를 제조한 후, M사의 햄버거 빵을 polymannuronate 첨가 햄버거 buns로 대체, 분쇄하여 동결건조하였다. 이에 대한 기초식이는 M사의 햄버거를 동일하게 분쇄하여 동결건조한 후 사용하였다. 여기에 Mineral mixture, Vitamin mixture, Choline chloride, Methionine을 Table 2에서 제시한 대로 혼합하여 -20℃에 보관하였다.

Table 2. Formulation of experimental diets

(g/kg)

Constituents	Test animal group ¹	
	Control ²	Polyman
Hamburger powder	950	0
Polymannuronate H. P. ³	0	950
Mineral mixture	35	35
Vitamin mixture	10	10
Choline chloride	2	2
Methionine	3	3

¹ Test animal: Strain, Sparague Dawley age, 4 weeks; average body weight: 80±5g; feeding period, 4 weeks by experimental diet after 5 days of basal diet.

² Codes of experimental diet. Control, fed the M's hamburger diet; Polyman, fed the hamburger diet containing the polymannuronate.

³ H. P. : Hamburger Powder.

② 실험동물의 사육

실험동물의 실험식은 기초식이, polymannuronate 식이로 구분하여 실시하였다. 동물실험은 샘타코(주)에서 분양받은 4주령 된 Sparague Dawley계 숫쥐(체중 $80 \pm 5g$)를 사용하였다. 각 10마리씩 분류하여 연립식 사육케이지에 넣고, 일반사료로서 5일간 순치 예비사육한 후에 기초식과 polymannuronate를 함유하는 식이를 급이하였다. 식이는 20℃ 냉동고에 보관하였으며 급이하기 전 30분간 실온에 방치하였다. 예비사육 및 본 사육기간 중의 식이는 쥐 체중의 15%를 급이하였고, 물은 자유급이(*ad libitum*) 섭취시켰으며, 사육기간 중에는 체중과 섭취량을 일정시간에 칭량·급이 하였다. 그리고 사육실 온도($22 \pm 1^\circ C$), 습도($50 \pm 10\%$) 및 명암(12시간, 08:00~18:00 주기로 조명)을 엄격히 조절하였다.

③ 실험동물의 처리

실험동물의 처리는 실험사육 최종일에 15시간 동안 절식시킨 후에 단두하여 채혈하였고, 각 혈액시료는 얼음 중에 1시간 방치한 후에 원심분리 (3,000 rpm, 15 min, 4℃)하여 취한 혈청을 저온 ($-70^\circ C$)에 보관하면서 실험에 사용하였다. 그리고 간장, 신장, 비장, 심장, 소장, 대장, 맹장을 별도로 적출하여 생리식염수로 씻은 후, 그 무게를 칭량하였다. 이때 간장은 즉시 액체질소에 넣어 급속동결시킨 후 실험에 사용할 때까지 $-70^\circ C$ 에 보관하였다. 분변은 실험종료 전 7일간 metabolic cage로부터 수집하였다.

(2) 실험동물 시료의 분석

총콜레스테롤, 유리콜레스테롤, HDL-과 LDL-콜레스테롤, 중성지질 및 인지질, 혈당, GOT, GPT의 분석시료 중, 혈청은 저온보관중의 시료를 그대로 분석하였다. 간장분석시료는 간장조직 1 g을 취하여 마쇄한

후, hexan : isopropanol 혼액 (3:1, v/v)으로 지질을 추출하고 N₂ gas 로 농축하였다. 농축한 시료는 chloroform : methanol 혼액 (2:1, v/v) 1 ml에 용해하여 분석용 시료로 사용하였다.

① 혈청 중의 중성지질 및 인지질

혈청 중의 중성지질의 농도는 추출시료 각 10 μ l를 취하여 TRYGLYZYME-V "Eiken" kit (신양화학, Korea)를 써서 Enzymatic 방법으로, 인지질의 농도는 추출시료 각 10 μ l를 취하여 Phospholipid C-test kit (Wako, Japan)를 사용하여 콜린 옥시데이즈·DAOS법으로 반응시켜 분광광도계 (Ultrospec 2001 pro, Amersham Phamacia biotech, England)로 각각 측정하였다.

② 혈청 및 간장조직 중의 총콜레스테롤과 유리콜레스테롤

혈청과 간장조직 중의 총콜레스테롤과 유리콜레스테롤은 추출시료 각 10 μ l를 취하여 총 콜레스테롤 측정용 CHOLESTE ZYME-V "Eiken" kit(신양화학, Korea)를 써서 Enzymatic COD법으로, 유리콜레스테롤은 Free cholesterol C-test kit (Wako, Japan)를 사용하여 콜레스테롤 옥시데이즈·페놀법으로 반응시켜 분광광도계 (Ultrospec 2001 pro, Amersham Phamacia biotech, England)로 각각 측정하였다.

③ 혈청 중의 HDL- 및 LDL-콜레스테롤

혈청 중의 HDL-콜레스테롤의 농도는 추출시료 각 100 μ l를 취하여 HDL-C555 kit (신양화학, Korea)를 사용하여 phosphotungstic acid Mg⁺⁺ 헤파린·망간 결합 침전법으로 반응시켜 분광광도계 (Ultrospec 2001 pro, Amersham Phamacia biotech, England)로 측정하였으며, LDL-콜레스테롤은 서울의과학연구소 (SCL)에 분석을 의뢰하였다.

④ 혈청 중의 혈당

Enzymatic glucose oxidase와 peroxidase법에 따라 제조된 혈당측정용 GL ZYME "Eiken" kit (신양화학, Korea)을 사용하여 분광광도계(Ultrospec 2001 pro, Amersham Phamacia biotech, England)로 500 nm에서 측정하였다.

⑤ 혈청 중의 GOT 및 GPT의 활성

Reitman-Frankel의 방법에 따라 제조된 Glutamic oxaloacetic transaminase(GOT) 및 Glutamic pyruvic transaminase(GPT) 활성측정용 혈청 transaminase 측정 kit(신양화학, Korea)를 사용하여 분광광도계(Ultrospec 2001 pro, Amersham Phamacia biotech, England)로 505 nm에서 측정하였다.

⑥ 분변 중의 지질 분석

분변 시료 중 0.5 g을 취하여 chloroform : methanol (3:1, v/v) 15 ml로 지질을 추출하고 여액을 회수하여 N₂ gas로 용매를 증발시킨 후 1 g 당 chloroform : methanol (2:1, v/v) 혼합액을 1ml 첨가하여 완전히 용해시킨 후 총콜레스테롤 분석용 시료로 혈청과 동일한 방법으로 측정하였다.

⑦ 분변 중의 총 담즙산 함량

분변 중의 총 담즙산의 함량을 측정하기 위해 다음과 같이 실험하였다 (Crowell and MacDonald; 1980). 즉, 마쇄한 0.2 g의 분변에 4% KOH/glycerol 1 ml을 첨가하여 20분간 121℃에서 습열멸균하고 20% NaCl을 첨가하여 ether로 2회 추출하였다. 추출한 잔사에 HCl 1.2 ml를 첨가하여 산성화 (pH 1~2) 시킨 후 ether 5 ml로 4회 추출하여 상층액을 회수하였다. 상층액을 N₂ gas로 용매를 증발시켜 methanol : H₂O

(5:1, v/v) 혼합액 1 ml에 녹였다. 이것을 총 담즙산 test kit (Wako, Japan)를 이용하여 효소비색법으로 측정하였다.

⑧ 분변 중의 총 식이섬유 함량

분변 중의 총 식이섬유 함량은 AOAC법을 약간 변형하여 Enzymatic Gravimetric method로 측정하였다. 분변 시료 중 0.5 g을 취하여 chloroform : methanol (3:1, v/v) 15 ml로 지질을 추출한 후 여액은 버리고 잔사에 증류수 10 ml를 첨가하여 95°C water bath에서 15분 가열한 후 55°C water bath에서 15분 냉각시켰다. 여기에 250 μ l의 amyloglucosidase (Sigma)를 가하여 55°C에서 1시간 30분, 95°C에서 30분 동안 water bath서 가열한 후, 여과한 여액에 250 μ l의 amyloglucosidase를 넣어 55°C에서 1시간 30분 가온하였다. 그런 다음, 실온에서 1시간 방치 후 alcohol과 acetone으로 탈수하여 잔사를 회수하고 건조하여 함량을 구한 다음, 525°C 회화로에 4시간 회화시켜 회분을 구하였다. 즉, 분변 당 회분 함량에서 수분 함량의 차를 분변 중의 총 식이섬유소로 하였다.

⑨ 혈청 중의 leptin 분석

① 혈청 중의 leptin radioimmunoassay (RIA) 측정

혈청 중으로 분비된 leptin의 농도를 측정하고자 125 I를 이용한 LEPTIN RIA KIT(Linco Research, Inc, USA)로 측정하였다 (Ma *et al.*, 1996). 측정용 tube에 0.05% Triton X-100, 0.08% sodium azide, 0.025M EDTA, 1% BSA가 함유된 pH 7.4의 0.05 M phosphosaline (assay buffer)용액 100 μ l를 취하여 standard, control, 그리고 각 군별로 회수한 혈청을 100 μ l씩 넣었다. Kit 내에 포함된 Rat Leptin Antibody를 각각 100 μ l씩 넣은 다음, 잘 혼합하여 실온에서 24시간 반응시켰다. 그 반응액에 125 I-Rat Leptin Tracer를 100 μ l 넣은 후, 잘 혼

함하여 실온에서 다시 24시간 반응시켰다. 24시간 후에 precipitating Reagent 1 ml씩 첨가하여 잘 혼합한 후 4°C에 20분간 방치하였다가 원심분리 (3000rpm, 30min, 4°C)하였다. 상층액을 제거한 tube를 gamma counter(Wallac 1470 wizard, Amersham Pharmacia Biotech, England)에서 1분 간격으로 radio activity를 측정하였으며 ng/ml으로 나타내었다.

⑥ 혈청 중의 leptin western blot

혈청 중의 leptin western blot은 혈청 1 μ l를 취하여 최종농도가 3 \times Laemmi sample buffer와 0.1M DDT가 되도록 희석하여 전기영동 샘플로 사용하였다. 12.5% polyacrylamide gel에 loading시켜 분리된 단백질은 Immobilon-P membrane (Millipore, pore size; 0.1 μ m, USA)으로 옮겼다. 이때 표준 분자량은 rainbow high molecular marker (Amersham)를 사용하였다. 분리된 단백질은 Super Signal West Pico Chemiluminescent Substrate (PIERCE, Biotechnology, Inc., USA)를 이용하여 leptin 단백질 발현을 확인하였다. 1% BSA를 함유하는 1 \times TBS-T (Tris-buffered saline; 20 mM Tris-base, 137 mM NaCl, 1 M HCl)에서 1시간 blocking한 다음, TBS-T (Tris-buffered saline containing 0.1% Tween 20; 20 mM Tris base, 137 mM NaCl, 1 M HCl, 0.1% Tween 20, pH 7.6)로 10분간 세척하였다. 세척한 membrane에 leptin 1차 항체 (Anti-leptin polyclonal rabbit IgG, Santa Cruz Biotechnology Inc., USA)를 TBS-T에 1:1,000으로 희석하여 실온에서 2시간 반응시켰다. TBS-T로 15분간 2번 세척한 후 peroxidase labelled anti rabbit antibodies 2차 항체 (1:1,000)를 사용하여 실온에서 1시간 30분 반응시켰다. 2차 항체로 반응시킨 membrane은 TBS-T로 15분간 2번 세척하고 Super Signal West Pico Stable Peroxide Solution과 Super Signal West Pico Luminol/Enhancer Solution을 사용하여

KODAK X-ray 필름에 감광시켰다. X-ray 필름을 현상하여 leptin의 protein expression 수준을 밴드로 확인하였다.

(3) 통계처리

모든 실험은 3회이상 반복하였으며 실험결과를 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 처리하였고, 통계분석 평균치와 표준편차 (mean \pm S.D)로 나타내었으며 ANOVA Test와 Duncan's multiple range test로 시료간의 유의성을 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 품질분석

1) Dough의 발효높이 측정

반죽한 dough 10 g을 mass cylinder에 넣어 1차 발효가 끝난 직후의 부피를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 발효전에 10 g을 넣은 대조군의 부피가 발효 후 37 ml 인 것에 비해 polymannuronate 첨가량이 증가할수록 1차 발효높이는 감소하였는데 이는 다시마 가루를 식빵에 첨가했을 때 발효높이가 감소했다는 Kwon *et al.* (2003)의 연구와 일치하였다. 반면 글루텐의 첨가량이 증가할수록 발효높이는 다소 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 활성 글루텐이 가스 셀구조를 보다 안정화 시킴으로써 발효부피를 증가시키고 최종 제품의 부피증가에 도움이 됨을 알 수 있다. 또한 부피는 pH가 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내는데, polymannuronate의 첨가비율이 증가하면서 pH가 상승하여 가스 발생력이 적은 것으로 사료된다.

Table 3. Dough volume changes in experimental hamburger buns

Samples ¹	Before fermentation(g)	After fermentation(ml)	Difference
Control	10	37	27
P5% G0%	10	36	26
P10% G0%	10	31	21
P15% G0%	10	27	17
P5% G3%	10	36	26
P10% G3%	10	32	22
P15% G3%	10	30	20
P5% G6%	10	37	27
P10% G6%	10	34	24
P15% G6%	10	33	23

¹ Refer to the footnote of Table 1.

2) 발효손실율

반죽의 발효손실율은 발효기에 넣기 전의 반죽중량과 꺼낸 후의 차이로 산출하였다 (Table 4). 100% 밀가루만 사용한 대조군에서는 0.5%의 손실을 나타내었으나 polymannuronate의 첨가비율을 증가시킴으로 인해 5%, 10%, 15% 군에서 각각 0.47%, 0.43%, 0.42%로 발효손실율이 다소 감소하였다. 반면 글루텐 증가량에 따라 발효손실율 또한 다소 증가하여 polymannuronate 5% 첨가하였을때, 3%와 6% 글루텐에서 각각 0.51%, 0.54%를 나타내었다.

Table 4. Effect of experimental hamburger buns dough on the fermentation loss rate

	(%)
Samples ¹	Fermentation loss rate
Control	0.50
P5%G0%	0.47
P10%G0%	0.43
P15%G0%	0.42
P5%G3%	0.51
P10%G3%	0.49
P15%G3%	0.50
P5%G6%	0.54
P10%G6%	0.53
P15%G6%	0.49

¹ Refer to the footnote of Table 1.

3) Dough의 pH 측정

Table 5는 밀가루에 polymannuronate를 각각 5, 10, 15%로 첨가하고 또한 활성글루텐을 0, 3, 6%를 첨가하여 반죽을 완료한 뒤, 1차 발효한 dough와 2차 발효한 dough에서 각각 pH를 측정한 결과이다. 전체적으로 반죽직후 보다는 2차 발효가 끝났을때 pH가 낮았다. 그리고 대조군에 비해 polymannuronate와 활성 글루텐 첨가량이 증가할수록 pH가 상승하는 경향을 나타내었다. 또한 전체적으로는 반죽직후 보다는 2차 발효가 끝났을 때 pH가 감소하였다. 이는 dough 발효의 진행과 함께 각종 유기산이 생성되어 pH가 점차적으로 저하된 것이다 (배종호 외, 제과제빵학, 1999).

일본제빵연구소 (제빵이론과 실제, 1980)에서는 반죽중 가스발생력에 영향을 주는 요인으로, 이스트의 양과 질, 당의 종류와 양을 지적하고 있다. 그 외에도 효소력, 손상전분량, yeast food의 종류 및 양, 식염량, 반죽의 pH 등이 거론되고 있다. 반죽중에는 이들 요인이 개별적으로 작용하는 것 뿐만이 아니라 서로 복잡한 상호작용을 통해 가스를 발생시킨다. 특히 반죽의 pH는 낮을수록 가스발생량은 많아지지만, pH 4.0 이하에서는 오히려 적어지게 된다. 발효는 유기화합물이 효소에 의해 혹은 화학적으로 분해되는 것을 말한다. 발효시에 당분이 효모의 zymase의 작용으로 알코올과 탄산가스, 유기산을 생성하는데, 이 유기산에 의해 발효후의 dough pH가 낮아지게 된다. 본 실험의 결과도 이와 관련이 있는 것으로 보인다. 즉, 반죽의 pH가 낮아짐에 따라 가스발생력이 커지는데, 이는 polymannuronate 첨가량이 증가할수록 pH도 상승하여 빵의 부피를 감소시키는 경향과 일치하였다 (Owen R. Fennema, 1999).

Table 5. Changes in pH values of experimental hamburger buns dough after fermentation

Samples ¹	After mixing	After fermentation	After proof
Control	6.07	5.61	5.42
P5%G0%	6.12	5.64	5.57
P10%G0%	6.23	5.94	5.64
P15%G0%	6.39	6.08	5.87
P5%G3%	6.31	5.99	5.79
P10%G3%	6.68	6.38	6.15
P15%G3%	7.07	6.62	6.32
P5%G6%	6.60	6.10	5.74
P10%G6%	6.92	6.51	6.25
P15%G6%	7.22	6.81	6.53

¹ Refer to the footnote of Table 1.

4) 햄버거빵의 부피 및 무게

빵의 부피는 빵의 품질평가에 있어서 중요한 지표로 단백질의 함량과 질, 반죽의 특성과 발효량에 의해서 결정된다. 일반적으로 빵의 부피가 양호하다면 단백질의 함량이 높거나 질이 좋은 단백질을 보유하고 있기 때문이다. 반죽표면에 신장성과 탄력성을 갖는 얇은 피막이 형성되고, 발효과정에서 생성되는 가스를 포집하여 빵의 부피가 증가하게 된다. 그리고 부피가 증가함에 따라 기공이 일정하게 커지고 조직감이 좋아지며 제품이 부드러워 식감이 좋게 된다. 동일한 분할량에서는 부피가 증가하여야 제빵용 밀가루로 제빵적성이 좋다 (정동식 외, 2002). Table 6 은 polymannuronate와 글루텐을 각각의 비율로 첨가하여 구운 빵을 1 시간 방냉하여 무게를 측정하고 좁쌀을 이용한 종자치환법으로 부피를 측정한 것이다. 대조군의 부피가 312 cm³인 것에 비해 polymannuronate 만 15% 첨가한 군은 231 cm³로 현저히 감소하였다. 반면 polymannuronate 첨가량은 15%로 동일하나 활성 글루텐을 6%첨가한 군의 부피는 293 cm³으로 많은 양이 증가하였다. 이는 Choi *et al.* (2005) 이 냉동시키지 않은 반죽에 활성 글루텐의 첨가량을 증가시켰을 때 부피가 커졌다는 연구결과와 일치하였다. 즉, polymannuronate의 첨가로 인해 밀단백질의 양이 상대적으로 감소하여, 빵의 품질특성이 나빠지는 것을 글루텐을 첨가함으로써 그 품질을 개선할 수 있었다.

Table 6. Changes in volume of experimental hamburger buns

Samples ¹	Volume(cm ³)	Weight(g)	Specific loaf volume(cm ³ /g)
Control	312	48.9	6.38
P5%G0%	306	48.7	6.28
P10%G0%	297	49.4	6.01
P15%G0%	231	49.6	4.65
P5%G3%	331	48.8	6.78
P10%G3%	292	49.5	5.90
P15%G3%	266	49.8	5.34
P5%G6%	323	49.4	6.54
P10%G6%	310	49.3	6.29
P15%G6%	293	49.9	5.87

¹ Refer to the footnote of Table 1.

5) 햄버거빵의 굽기손실율

햄버거빵의 굽기손실율은 오븐에 넣기 전의 반죽중량과 오븐에서 꺼낸 후의 제품중량의 차이를 산출하였다. Polymannuronate를 5%, 10%, 15% 첨가했을 경우, 대조군에 비해서 11.45%, 10.18%, 9.82%로 감소하는 경향을 나타내었다. Polymannuronate 함량을 5%로 동일하게 하고 갈루텐 함량을 0%, 3%, 6% 로 첨가했을 때에도 11.45%, 11.27%, 10.18%로 역시 감소하는 경향을 나타내었다. 한·불제과제빵기술학원(1994)은 굽기에 의한 중량감소의 원인이 수분증발과 주로 발효로 생성된 휘발성 물질 때문이라고 보고하였는데, 이것은 반죽의 pH가 낮아 발효높이가 높았던 대조군의 굽기손실율이 높은 것과 일치하였다.

Table 7. Effect of experimental hamburger buns on baking loss rate

Samples ¹	Dough weight(g)	Bread weight(g)	Baking loss(%)
Control	55	48.9	11.09
P5%G0%	55	48.7	11.45
P10%G0%	55	49.4	10.18
P15%G0%	55	49.6	9.82
P5%G3%	55	48.8	11.27
P10%G3%	55	49.5	10.00
P15%G3%	55	49.8	9.45
P5%G6%	55	49.4	10.18
P10%G6%	55	49.3	10.36
P15%G6%	55	49.9	9.27

¹ Refer to the footnote of Table 1.

6) Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 색도 측정

Table 8은 polymannuronate와 활성 글루텐의 첨가량을 달리한 햄버거빵의 색도를 나타낸 것이다. 명도를 나타내는 L값은 대조군에서 80.22로 나타났는데, 5%, 10%, 15% polymannuronate 첨가군의 경우 각각 81.06, 79.49, 77.63으로 첨가량이 증가할수록 다소 감소하였다. 또한 활성글루텐의 첨가량이 증가할수록 명도가 감소하여 polymannuronate와 같은 경향을 나타내었다. 적색도를 나타내는 a값은 대조군이 1.10으로 나타났고, polymannuronate를 5%, 10%, 15% 첨가했을 경우 -1.03, -0.48, -0.53으로 감소하였다. Polymannuronate 함량이 5%로 같은 경우는 글루텐 함량을 0%, 3%로 첨가했을 때, -1.03, 1.06으로 유의적인 차이를 보이진 않았다. 그러나 글루텐 함량이 6%일 때는 -0.56으로, 유의적인 감소를 나타내었다. 황색도를 나타내는 b값도 대조군이 18.06로 나타났고, polymannuronate를 5%, 10%, 15% 첨가했을 경우는 22.14, 20.37, 21.12로 감소하였다가 다시 증가하였다. Polymannuronate 함량은 5%로 동일하되, 글루텐 함량을 0%, 3%, 6%로 달리 첨가했을 때에도 22.14, 20.10, 18.76으로 감소한 것으로 나타나 polymannuronate와 글루텐의 첨가량이 증가할수록 빵의 색이 짙어짐을 알 수 있었다. 이는 Chae (2003)가 polymannuronate의 첨가량을 증가 시킴에 따라 식빵의 명도가 감소했다는 결과와 일치하였다.

Table 8. Color value of experimental hamburger buns crumb

Samples ¹	L ²	a	b
Control	80.22±0.73 ^{ab}	-1.10±0.03 ^a	18.06±0.07 ^{cd}
P5%G0%	81.06±0.41 ^a	-1.03±0.07 ^a	22.14±0.08 ^a
P10%G0%	79.49±0.25 ^b	-0.48±0.27 ^b	20.37±0.65 ^b
P15%G0%	77.63±0.39 ^{cd}	-0.53±0.06 ^b	21.12±0.20 ^{ab}
P5%G3%	78.17±0.13 ^c	-1.06±0.11 ^a	20.10±0.78 ^b
P10%G3%	77.10±0.05 ^d	-0.51±0.12 ^b	17.24±0.44 ^d
P15%G3%	77.15±0.02 ^d	-0.51±0.08 ^b	17.69±0.88 ^{cd}
P5%G6%	76.10±0.54 ^c	-0.56±0.01 ^b	18.76±0.27 ^c
P10%G6%	74.27±0.06 ^f	-0.39±0.21 ^b	17.78±0.01 ^{cd}
P15%G6%	74.32±0.54 ^f	-0.37±0.06 ^b	18.28±0.02 ^{cd}

¹ Refer to the footnote of Table 1.

² L : Lightness value, a : Redness-Greenness value, b : Blueness-Yellowness value.

^{a,b,c,d,e,f} Means in each column with different superscript letters are significantly different(P<0.05) by Duncan's multiple range test.

7) Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 기계적인 조직감

Polymannuronate의 농도를 달리하여 제조한 햄버거빵의 조직감을 측정하였다 (Table 9). Polymannuronate만 첨가한 빵에서는 견고성이 감소하였으나, 글루텐 첨가시에는 polymannuronate의 증가량에 따라 감소하였다가 다시 증가하였다. 반면 탄력성은 첨가군에 따라 차이가 없었다. 응집성 또한 탄력성과 마찬가지로 첨가군에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다. 침착성과 씹힘성은 polymannuronate를 첨가했을 때 감소하였으나 글루텐을 첨가했을 때 polymannuronate의 증가량에 따라 감소하였다가 다시 증가하여 탄력성과 동일한 결과를 나타내었다.

Table 9. Texture of experimental hamburger buns

Samples ¹	Hardness	Springness	Cohesiveness	Gumming _{ss}	Chewness
Control	269.77±3.01 ^a	1.01±0.03 ^a	0.48±0.02 ^a	128.62±1.89 ^a	129.66±1.60 ^a
P5%G0%	230.20±0.30 ^b	1.00±0.01 ^a	0.44±0.01 ^{de}	102.05±1.61 ^b	102.06±2.58 ^b
P10%G0%	187.87±12.84 ^c	1.01±0.01 ^a	0.44±0.01 ^{de}	83.21±3.82 ^{cd}	83.88±3.16 ^{bcd}
P15%G0%	159.39±8.84 ^c	1.01±0.02 ^a	0.43±0.02 ^c	68.08±3.53 ^d	68.73±3.68 ^d
P5%G3%	168.05±10.99 ^c	1.01±0.01 ^a	0.47±0.03 ^{ab}	79.27±5.57 ^{cd}	79.64±4.79 ^{cd}
P10%G3%	187.09±3.67 ^c	1.21±0.08 ^b	0.46±0.05 ^{abcd}	84.45±2.49 ^{bcd}	97.41±3.39 ^{bc}
P15%G3%	159.34±10.66 ^c	0.99±0.04 ^a	0.46±0.01 ^{bcd}	72.37±3.38 ^{cd}	71.95±3.62 ^d
P5%G6%	189.68±25.88 ^{bc}	0.96±0.03 ^a	0.47±0.04 ^{abc}	88.46±11.36 ^{bc}	85.26±10.69 ^{bcd}
P10%G6%	158.49±19.05 ^c	1.01±0.01 ^a	0.45±0.01 ^{cd}	71.70±8.48 ^{cd}	72.28±7.89 ^d
P15%G6%	190.26±4.98 ^{bc}	1.01±0.04 ^a	0.45±0.02 ^{cd}	85.88±2.51 ^{bcd}	86.76±2.84 ^{bcd}

¹ Refer to the footnote of Table 1.

a,b,c,d, means in each column with different superscript letters are significantly different (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

8) Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 일반성분분석

Table 10은 polymannuronate의 농도를 달리하여 제조한 햄버거빵을 실온에서 1시간 냉각시킨 후 일반성분을 분석한 결과이다. 대조군으로서 강력 밀가루만을 사용한 햄버거 빵의 수분함량은 30.08%로 나타났는데, polymannuronate의 첨가비율이 증가함에 따라 수분함량도 증가하였다. 회분은 대조군에서 0.93%였는데, 수분함량의 증가패턴과 동일한 경향을 나타내었다. 그리고 단백질 함량은 polymannuronate의 첨가량이 증가하였을때 약간 감소하였으나, 글루텐 첨가량의 증가에 따라 증가하였다. 또, 지방함량 역시 큰 차이는 없었으나, polymannuronate와 글루텐의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 흰쥐에게 식이로 제공한 햄버거의 일반성분을 분석한 결과를 Table 11에 나타내었다. 대조군인 시중 M사 햄버거의 총식이섬유 함량은 0.8%였다. 반면, 실험군인 polymannuronate를 첨가한 햄버거 buns로 햄버거빵을 대체한 햄버거의 총식이섬유 함량은 6.0%로 대조군에 비해 실험군의 총식이섬유의 함량이 급격히 증가하였다.

Table 10. Proximate composition of experimental hamburger buns

Samples ¹	Moisture	Crude ash	Crude protein	Crude lipid	Carbohydrate ²
Control	30.08	0.93	10.81	8.21	49.97
P5%G0%	29.10	1.60	11.27	8.80	49.23
P10%G0%	30.61	2.27	10.63	8.27	48.22
P15%G0%	31.93	2.93	10.32	6.93	47.89
P5%G3%	29.61	1.87	11.96	7.33	49.23
P10%G3%	31.85	2.27	11.15	6.91	47.82
P15%G3%	32.09	2.80	10.87	6.82	47.42
P5%G6%	31.77	1.73	12.63	6.90	46.97
P10%G6%	33.18	2.00	12.16	6.81	45.85
P15%G6%	33.21	2.80	11.30	6.47	46.22

¹ Refer to the footnote of Table 1.

² 100-(Moisture + Crude ash + Crude protein + Crude lipid).

Table 11. Proximate composition and total dietary fiber content of hamburger

Samples	Moisture	Crude ash	Crude protein	Crude lipid	TDF ¹	N-free extract ²
M's hamburger	42.4	1.9	13.3	11.4	0.8	30.2
Polymannuronate hamburger	43.2	2.0	14.8	10.4	6.0	23.6

¹ Total dietary fiber.

² 100-(Moisture + Crude ash + Crude protein + Crude lipid + TDF).

9) 관능검사

Polymannuronate와 활성글루텐을 첨가하여 제조한 햄버거빵의 기호도검사를 9점 척도법 (“매우 좋다”를 9점~“매우 싫다”를 1점)으로 평가하였다 (Table 11). Polymannuronate 첨가량이 증가할수록 색의 기호도와 색차계에 의한 값이 감소하였는데, 이것은 polymannuronate의 첨가로 빵의 색이 짙어져서 기호도가 낮아진 것으로 사료된다. 그리고 향미와 조직감에 대한 기호도 또한 색의 기호도와 동일한 경향으로, 대조군에 비해서 polymannuronate 첨가군에서 감소하였다. 맛의 기호도 역시 향과 색, 조직감과 같은 경향으로 나타났으나, 글루텐 6%군에서 폴리만 5%군과 10%군의 경우 대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 전반적인 기호도는 polymannuronate 5% 글루텐 6%군이 대조군과 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 polymannuronate 10% 글루텐 6%군 역시 향이나 조직감, 맛에서 대조군과 유의적인 차이가 없었다. 따라서 polymannuronate 함량이 높으면서 전반적인 소비자 기호도에서 유의적인 차이가 없는 polymannuronate 10%, 글루텐 6%군을 흰쥐에게 식이로 급이하였다.

Table 12. Sensory evaluation of experimental hamburger buns

Samples	Color	Flavor	Texture	Taste	Overall acceptance
Control	6.71 ^a	6.33 ^a	6.91 ^a	6.60 ^a	6.80 ^a
Polymannuronate 5%	6.11 ^b	6.11 ^{ab}	5.95 ^b	5.74 ^b	5.79 ^b
Gluten 0% Polymannuronate 10%	5.64 ^c	5.80 ^{bc}	5.30 ^c	5.51 ^{bc}	5.47 ^{bc}
Polymannuronate 15%	5.28 ^c	5.44 ^c	4.86 ^c	5.14 ^c	5.10 ^c
Control	6.69 ^a	5.92 ^a	6.52 ^a	6.39 ^a	6.49 ^a
Polymannuronate 5%	5.93 ^b	5.83 ^a	5.64 ^b	5.80 ^b	5.86 ^b
Gluten 3% Polymannuronate 10%	5.60 ^b	5.38 ^b	5.24 ^b	5.25 ^c	5.47 ^{bc}
Polymannuronate 15%	5.20 ^c	5.40 ^b	4.79 ^c	5.00 ^c	5.20 ^c
Control	6.39 ^a	5.82 ^a	5.90 ^a	5.74 ^a	6.07 ^a
Polymannuronate 5%	6.15 ^a	6.05 ^a	5.76 ^a	5.85 ^a	5.68 ^{ab}
Gluten 6% Polymannuronate 10%	5.55 ^b	5.78 ^a	5.55 ^a	5.48 ^a	5.59 ^b
Polymannuronate 15%	4.93 ^c	5.28 ^b	4.86 ^b	4.62 ^b	4.95 ^c

^{a,b,c} Means in each column with different superscript letters are significantly different (P<0.05) by Duncan's multiple range test.

2. Polymannuronate의 첨가가 흰쥐에 미치는 영향

1) 체중 변화와 식이섭취량과 식이효율

각각 실험동물을 구분하여 예비사육 5일, polymannuronate를 4주간 급여하면서 사육기간에 대한 체중 변화의 관계를 Table 13에 나타내었다. 체중의 증가는 각 실험군에서 약간의 차이를 나타내었으나, 유의적이진 않았다. 기초식이 및 실험식을 급여한 흰쥐의 초기체중과 사육 최종일의 체중증가량, 그리고 사육기간 중의 사료섭취량 및 식이효율을 Table 13에 나타내었다. 체중변동과 함께 식이섭취량을 계측한 결과, 전사육기간에 걸쳐 비슷하게 나타났으며, 식이효율 또한 동일한 경향으로 나타났다. Suzuki *et al.* (1993)은 5% 알긴산을 급여한 군의 체중증가가 기초 식이군에 비해 저하되었다고 보고하였고, Harmuth-Hoene *et al.* (1979)는 흰쥐에 알긴산을 섭취시켰을 때 사료 섭취량의 감소로 체중 증가량이 적어진다고 하였다. 다른 한편으로, Sung *et al.* (2000)은 해조류 첨가 사료의 동물실험에서 10일 정도의 짧은 사육기간에서는 뚜렷한 체중 억제 효과의 유의적인 차이를 보기 어렵다고 보고하였다. 본 실험에서도 polymannuronate 첨가군의 체중증가율이 다소 감소하는 것으로 나타나 polymannuronate를 장기간 섭취하면 체중감량 효과를 얻을 가능성이 충분히 있다고 예측되며, 보다 장기적인 사육 실험이 필요한 것으로 생각된다.

Table 13. Weight gains, feed intakes and its efficiency ratio in the rats fed the experimental diets

(Mean \pm S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Initial body weight (g)	125.77 \pm 2.81	124.90 \pm 3.49
Weight gain (g/4weeks)	184.78 \pm 8.22	181.80 \pm 9.80
Feed intake (g/day)	18.36 \pm 1.02	19.08 \pm 1.59
Feed efficiency ratio (%)	0.36 \pm 0.03	0.35 \pm 0.03

¹ Refer to the footnote of Table 2.

All data were calculated by Mean \pm S.D. for 10 individuals.

2) 장기의 중량

Table 4는 실험식이를 급여한 후 실험동물을 해부하여 각 실험군의 장기중량을 측정된 것이다. 간의 중량과 심장과 비장 및 신장은 각 군간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 대장과 소장외의 경우, 유의적이진 않지만 증가하는 경향을 나타내었고, 맹장의 경우는 polymannuronate 식이군이 대조군에 비하여 유의적으로 높게 나타났다. Wyatt *et al.* (1988)은 식이중 다당류의 종류와 함량 및 섭취기간에 따라, 맹장내 내용물의 중량과 소화기관의 무게에 영향을 미치며, 흰쥐에 부섭유식이와 밀겨를 먹었을 때 밀겨식사에서 대장무게가 증가하였다고 보고하였다. 그리고 다시마를 급여한 군에서 간, 췌장 및 신장의 중량에 있어서는 큰 차이가 없었던 반면, 맹장과 소장 및 대장의 크기는 유의적으로 크게 나타냈다 (Suzuki *et al.*, 1993). 뿐만 아니라 알긴산과 셀룰로오즈, 펙틴을 급여했을 때 소장의 길이는 큰 차이가 없었으나 대장의 경우 섭취된 섬유소 함량이 증가할수록 그 길이가 증가하는 경향을 나타내었는데 (Lee *et al.*, 1997), 본 연구의 결과와 일치함을 알 수 있었다.

Table 14. Weight of the organs in the rats fed the experimental diets

(Mean \pm S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Liver	10.46 \pm 0.79	10.58 \pm 0.41
Heart	1.11 \pm 0.10	1.16 \pm 0.17
Spleen	0.76 \pm 0.12	0.76 \pm 0.10
Kidney	2.41 \pm 0.23	2.53 \pm 0.18
Large Intestine	0.66 \pm 0.13	0.75 \pm 0.17
Small Intestine	3.77 \pm 0.59	4.16 \pm 0.60
Cecum	0.70 \pm 0.12	0.98 \pm 0.16**

¹ Refer to the footnote of Table 2.

All data were calculated by Mean \pm S.D. for 10 individuals.

Significantly different in student t-test from control(**p<0.01).

3) 혈청 및 간장 조직 중의 지질조성에 미치는 영향

(1) Triglyceride의 함량

사람은 에너지를 얻기 위하여 당질, 지질 및 단백질을 섭취하는데 필요이상으로 섭취된 잉여에너지는 triglyceride의 형태로 체내에 축적된다. 혈액 중에 콜레스테롤이 높거나 중성지방이 높은 경우를 고지혈증이라 하는데, 고지혈증 중 임상적으로 가장 문제시되고 있는 것은 고콜레스테롤 혈증과 고중성지방 혈증이다. 실험식이에 따른 혈청의 triglyceride의 함량을 Table 15에 나타내었다. 본 실험에서 혈청 중의 triglyceride의 양은 polymannuronate 식이군에서 대조군에 비해 유의적으로 낮게 나타났다. 이는 polymannuronate의 1차구조와 관련되어 저분자화될 때 유리 카르복실기 등 기능기들이 노출되어 장에서 담즙산과 결합하여 장내 흡수가 감소되고 체외로 배출되어 혈청의 triglyceride의 함량이 유의적으로 감소한 것으로 생각된다. 건강한 성인남자를 대상으로 일상식사에 다시마, 미역, 김 등의 해조류를 포함하여 섭취시켰을 때 혈중 콜레스테롤 및 중성지방의 농도가 감소하였고 (손 등, 1992), Choi et al. (1991)이 미역에서 추출한 알긴산을 투여한 경우에서도 중성지방이 감소한 것으로 나타났다. 그리고 Kinnunen *et al.* (1983) 및 Vigne *et al.* (1987)은 모세혈관벽에 존재하는 lipoprotein lipase가 triglyceride의 주요 운반체인 chylomicron과 VLDL의 분해를 촉진하여 혈청 중성지방의 농도가 감소한다고 보고하였다. 뿐만 아니라 글루코만난을 급이한 군에서도 중성지방의 농도가 감소한 것으로 나타났는데 (Venter *et al.*, 1990), 본 연구에서도 이와 유사한 결과를 초래하였다.

(2) 인지질의 함량

인지질은 동·식물의 세포막을 구성하는 중요한 성분으로 한 분자내에 친수성기와 소수성기를 가지고 있어서 강한 유화성이 있으므로 혈액 중에서는 지질을 수송하고 세포막에서는 물질수송의 조절 등 중요한 기

능을 하고 있다. Table 15는 실험식이에 따른 혈청 중의 인지질의 함량을 측정된 결과를 나타낸 것이다. Polymannuronate 식이군에서 대조군에 비해 유의적으로 낮은 경향을 나타내었다. 이는 중성지질의 경우와 마찬가지로 기능기들이 담즙산과 결합하여 체외로 배출되어 혈청의 인지질의 함량이 낮아진 것으로 생각된다. Jenkins *et al.* (1975)은 여러 가지 식이섬유 보충물을 당뇨병 환자의 식사에 첨가하여 섭취시킨 결과 점성을 가진 수용성 식이섬유가 당질 및 지질대사의 개선에 효과적이었다고 하였으며, Akiba *et al.* (1982)은 식이섬유의 섭취가 혈청 인지질의 농도를 낮춘다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다.

Table 15. Triglyceride and phospholipid levels in the serum of the rats fed the experimental diets

(Mean ± S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Triglyceride level (mg/dℓ)	100.87 ± 17.52	57.04 ± 12.02**
Phospholipid level (mg/dℓ)	148.69 ± 8.04	121.15 ± 5.02**

¹ Refer to the footnote of Table 2.

All data were calculated by Mean ± S.D. for 10 individuals.

Significantly different in student t-test from control(**p<0.01).

(3) 총콜레스테롤의 함량

콜레스테롤은 호르몬 및 신경세포를 만들고 유지하기 위해 필요한 물질로, 세포막의 필수 구성성분이다. 대부분의 콜레스테롤은 간장에서 합성되며 콜레스테롤의 합성이 조절되지 않으면 고지혈증의 원인이 되어 동맥경화 등의 질병을 유발한다. Table 16은 실험식이를 급이한 흰쥐의 혈청과 간장 중의 총콜레스테롤의 함량을 측정하는 것이다. Polymannuronate 식이군에서는 혈청과 간장 내 총콜레스테롤 함량이 대조군에 비하여 유의적으로 낮게 나타났다. 이 등 (2004)은 해조류인 뜸부기의 추출물을 투여했을 때 콜레스테롤과 중성지질의 억제효과가 있음을 보고하였고, 강 등 (1968)은 미역내의 다당류가 혈중 콜레스테롤과 중성지질 함량을 감소시켰다고 보고하였다, 그리고 김 (1983)은 식이내 미역 함량과 지방의 종류에 따른 영향에서 미역 첨가군이 비첨가군에 비해 혈중 콜레스테롤함량이 감소하였다. 뿐만 아니라 해조 음료 및 추출물을 투여했을 때에도 체중과 중성지질, 인지질, 총콜레스테롤, HDL-,LDL-콜레스테롤 등이 감소하였다 (주 등, 2003). 구아검, 펙틴, 아라빅검, 셀룰로즈, 밀겨 등을 쥐에게 섭취시켰을 때 펙틴의 혈중 콜레스테롤 저하효과가 가장 큰 것으로 나타났으며 (Tsai *et al.*, 1976), Ebihara *et al.*,(1989), Ikeda *et al.*, (1989)은 수용성 섬유가 콜레스테롤의 흡수에 중요한 역할을 함으로써 혈장 콜레스테롤 농도, 간 콜레스테롤과 담즙산 합성, 변중 콜레스테롤의 배설 등에 영향을 준다고 밝혔다. 또, Fernandez *et al.* (1990)은 고콜레스테롤 식이에 저농도인 1% 펙틴을 첨가한 결과, 혈장 VLDL-콜레스테롤이 약간 증가하였고, LDL- 및 HDL-콜레스테롤뿐만 아니라 간의 총 콜레스테롤 및 유리콜레스테롤이 현저히 감소하였음을 보고하였다. 이 외에 미역이나 김 혼합 식이는 당뇨 유발 흰쥐의 혈장 콜레스테롤을 유의적으로 저하시켰으며 (Lee *et al.*, 1996), 당뇨쥐에게 김과래 분말을 투여했을 때에도 중성지질과 총콜레스테롤이 감소되었다 (Lee *et al.*, 1996). Yang *et al.* (1996) 및 Kang

et al. (1994)은 해조류에서 추출한 sodium alginate 식이가 간장의 총 지질, 중성지질, 총 콜레스테롤 함량을 저하시켰다고 보고하였는데, 해조다당류 중 carrageenan의 급이 또한 흰쥐의 혈청과 간장 콜레스테롤을 저하시켰다 (Tsai *et al.*, 1976). 뿐만 아니라 Suzuki *et al.* (1993)의 연구에서는 알긴산을 급이한 군에서 혈청과 간장 중의 콜레스테롤이 저하되었고, 그 효과는 mannuronate가 많이 함유된 군에서 현저하게 나타났는데 본 연구의 결과에서도 마찬가지로 polymannuronate 식이군에서 유의으로 감소하였다.

(4) 유리콜레스테롤의 함량

신체내에서 콜레스테롤의 합성이 조절되는데 기본적으로 유리콜레스테롤의 합성은 식이로 흡수된 콜레스테롤의 양에 의해 조절된다. 만약 유리형 콜레스테롤이 과잉으로 공급되면 간에서 HMG-CoA 환원효소의 합성을 저해하여 콜레스테롤의 생합성을 차단하며, 두번째로는 간의 LDL 수용체 생산을 저해시켜 내외부로부터의 유리콜레스테롤의 공급을 차단한다. 마지막으로 ACAT효소를 활성화시킴으로써 유리콜레스테롤을 에스테르화된 콜레스테롤로 전환시키기도 한다. Table 16에서 나타낸 바와 같이, 혈청내 유리 콜레스테롤은 대조군에 비해 polymannuronate 식이군에서 감소되었다. 이는 총콜레스테롤과 마찬가지로 저분자화로 인한 기능기들의 노출증가로, 담즙산과 결합하여 체외로 배출하는 효과를 가져 온 것으로 생각된다. 알긴산의 경우, 흰쥐의 혈청 및 간장의 유리콜레스테롤을 감소시켰고 (Tsuji *et al.*, 1974), 박등(2001)은 흰쥐에 해조류 갈래곰보를 급이하였을 때 유리콜레스테롤 및 cholesteryl ester의 농도가 감소한다고 하였는데 이는 본 연구의 결과와도 일치한다.

(5) HDL- 및 LDL-콜레스테롤의 함량

HDL-콜레스테롤은 혈액을 통해 이동하면서 세포 내에 있는 여분의 콜레스테롤을 회수해서 간으로 이동시킨 후, 지방의 흡수를 돕는 담즙산으로 변화시킨다. Table 16에서 나타낸 바와 같이, 혈청에서의 HDL-콜레스테롤의 함량은 polymannuronate군에서 유의적으로 낮았다. HDL-콜레스테롤은 말초조직으로부터 콜레스테롤을 간장으로 운반하고 LDL-콜레스테롤이 혈관벽에 축적되는 것을 방지할 뿐만 아니라 혈관벽에 축적된 콜레스테롤을 제거하여 동맥경화를 방지한다고 알려져 있다(Nicoll *et al.*, 1980; Castelli *et al.*, 1986). Choi *et al.* (1991)은 미역의 알긴산 급이 시 LDL-콜레스테롤은 저하되고, HDL-콜레스테롤은 증가하는 효과가 있다고 보고하였다. Overton *et al.* (1994)은 HDL-콜레스테롤 농도에 미치는 해조류의 영향은 총콜레스테롤에 대한 것과 같은 경향을 보이는데 이는 쥐의 경우 혈중 콜레스테롤의 대부분이 HDL-콜레스테롤부분에 분포하고 있기 때문인 것으로 보인다고 하였다.

LDL-콜레스테롤은 혈관을 따라 순환하다가 세포에서 사용할 수 있도록 분해되지만 과다하게 들어 있을 경우 동맥 내부에 지방 침착물이 된다. 그 결과 동맥이 좁아져 산소 운반 혈액의 양이 줄어들게 되어 여러 심혈관계 질환을 유발한다. Kirby *et al.* (1981)은 고콜레스테롤혈증 시 수용성 식이섬유의 급여로 LDL-콜레스테롤 농도를 감소시켰다고 하였다. 특히 수용성 식이섬유인 펙틴, 검, mucilages, 해조류의 다당류 등은 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤의 농도를 낮추고 HDL-콜레스테롤의 농도를 높이는 효과가 있다고 하였다(Yang *et al.*, 1996; Park *et al.*, 1994; Kang *et al.*, 1994; Fernandez *et al.*, 1990). 본 연구에서는 LDL-콜레스테롤의 값을 Table 16에 나타내었는데 polymannuronate 식이군에서 대조군에 비해 낮은 값을 나타내었다. 이 값은 유의적인 차이를 보이지는 않았고 또한 130 mg/dl 미만의 정상적인 범위이내의 값

으로, 짧은 사육기간과 여러 가지 다른 요인들에 의해 이러한 결과를 보인 것으로 사료된다.

Table 16. Cholesterol levels in the serum and liver of the rats fed the experimental diets

(Mean \pm S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Total cholesterol level		
Serum (mg/dl)	60.34 \pm 4.20	52.27 \pm 1.17**
Liver (mg/g)	76.26 \pm 6.74	46.81 \pm 6.03*
HDL-cholesterol level		
Serum (mg/dl)	43.40 \pm 2.99	49.87 \pm 3.47*
LDL-cholesterol level		
Serum (mg/dl)	5.38 \pm 1.19	6.14 \pm 0.69
Free cholesterol level		
Serum (mg/dl)	25.12 \pm 4.22	22.62 \pm 2.75

¹ Refer to the footnote of Table 2.

All data were calculated by Mean \pm S.D. for 10 individuals.

Significantly different in student t-test from control(*p<0.05, **p<0.01).

4) 혈청 중의 혈당 및 GOT와 GPT 활성에 미치는 영향

(1) 혈당의 함량

Jenkins *et al.* (1977)은 점질성 식이섭유를 섭취하였을 때 식후의 혈당 및 인슐린의 농도가 저하한다고 하였고, Torsdottir *et al.* (1991)은 해조류의 일종인 algae로부터 추출한 알긴산이 점성의 젤을 형성하여 위 배출시간을 지연시킴으로써 혈당을 저하시킨다고 보고하였다. 그러나 Blackburn *et al.* (1984)은 위 배출시간과는 무관하게 구아검을 포도당 용액과 함께 공장에 주입하여 장 내용물의 점성을 증가시켜 포도당의 장 흡수속도를 지연시킴으로써 혈당개선에 효과적임을 입증하였다. Table 17은 기초식이와 실험식을 급이한 흰쥐의 혈당함량을 측정한 것으로, 두 실험군 간의 유의적인 차이를 보이지 않았다.

(2) GOT와 GPT의 활성

기초식이와 실험식을 급이한 흰쥐에서 GOT와 GPT의 활성을 측정하였다 (Table 17). GOT과 GPT 모두 유의적인 차이를 보이지 않았으나, GPT 활성의 경우 polymannuronate 식이군에서 유의적으로 낮게 나타났다.

Table 17. Glucose levels, GOT and GPT in the serum of the rats fed the experimental diets

(Mean \pm S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Glucose level		
Serum (mg/dl)	122.76 \pm 8.81	127.98 \pm 7.87
Serum level		
GOT (Karmen)	206.36 \pm 14.08	193.93 \pm 13.82
GPT (Karmen)	44.26 \pm 5.08	29.00 \pm 5.35**

¹ Refer to the footnote of Table 2.

All data were calculated by Mean \pm S.D. for 10 individuals.

Significantly different in student t-test from control(**p<0.01).

5) 분변 중의 조성

(1) 일일 분변량

Table 18은 실험식이에 충분히 적응이 되었다고 생각되는 22일째부터 7일간의 분변을 수집하여 분석한 것이다. 수집한 변의 하루 평균 부피는 polymannuronate 식이군에서 유의적으로 증가하였다. 이는 식이섬유소 함량이 증가할수록 수분보유력, 장 내용물의 부피, 점성의 부여로 변량이 현저하게 많아진 것으로 생각된다. 불용성 식이섬유소인 보리겨가루의 공급시 장 통과시간이 감소하였고, 배변량이 증가하였으며, 수용성 식이섬유소 또한 점성도를 높혀 효과를 증대시켜 주었다 (Luton *et al.*, 1993). 또 펙틴, wheat bran, 셀룰로오즈 등은 변으로 지방과 단백질의 배설을 증가시킨다고 보고되고 있으며(Stock-Damge, 1983; Schneeman, 1982, Schneeman, 1980), 식이섬유의 섭취가 소화관내에서의 이동 시간에 영향을 미치는 것으로 나타났다 (Ikegami, 1990). Judd *et al.* (1985)은 펙틴과 같이 소장에서 젤을 형성하는 식이섬유는 소장내용물의 중량을 상승시키고 소장길이가 길어졌음을 보고하면서, 그 원인을 소장 장막층의 확장이라고 제안하였다. 즉, 젤을 밀어내는데 필요한 물리적인 힘의 증가로 인해 장막층이 확대되면서 소장의 중량 및 길이가 증가된 것이다. 그리고 Harmuth-Hoene *et al.* (1979)은 알긴산을 흰쥐에 급여하였을 때, 사료 섭취량의 감소로 체중 증가량이 감소하고 단백질과 지방 소화율의 감소로 분변량이 증가한다고 보고하였는데, 본 실험에서도 이와 동일한 결과를 나타내었다.

(2) 분변 중의 총콜레스테롤 함량

실험식이에 따른 분변 중의 콜레스테롤 함량을 측정하였다 (Table 18). 분변 중의 총콜레스테롤은 polymannuronate 식이군이 대조군에 비해 유의적으로 현저히 높게 나타났다. 식이섬유는 장내에서 콜레스테롤과 담즙산의 재흡수를 저해하는데, 식이섬유가 소화기에서 콜레스테롤

및 담즙산과 직접 결합하므로써 흡수가 억제되어 분변으로의 배설이 증가된다 (Mirttinen, 1987; Vahouny, 1978; Vahouny, 1987). Vahouny *et al.* (1980)은 펙틴과 같은 수용성 식이섬유는 높은 점성으로 인해 흰쥐의 소장에서 콜레스테롤과 중성지방의 흡수를 저해, 이들의 배설을 촉진하고, 또한 gel을 형성하는 식이섬유의 성질이 장관에서 콜레스테롤과 중성지방과 결합하여 이들의 배설을 증가시킴으로써 흡수를 억제하는 것으로 보고하였다. 그리고 임상실험에서 점성이 높은 식이섬유가 점성이 낮은 식이섬유에 비해 콜레스테롤 농도를 낮추었다 (Mirttinen *et al.*, 1987). 이러한 수용성 식이섬유의 영양소 흡수저해는 혈장 중성지방의 농도와 콜레스테롤 농도 및 간장중의 콜레스테롤 농도를 저하시키는 기작으로 보이며, 위의 연구결과와 일치하였다.

(3) 분변 중의 총 담즙산 함량

간은 대부분의 지단백질의 합성과 분해 특히, LDL-콜레스테롤과 VLDL의 운반조절, 내인성 콜레스테롤의 합성, 담즙산으로의 전환 혹은 담즙으로 배출시킴으로써, 콜레스테롤의 항상성을 조절한다. 식이섬유 특히 수용성 섬유소가 콜레스테롤을 저하시킬 수 있다는 보고가 거의 대부분인데, 이는 주로 섬유소들의 담즙산과의 결합능에 의한 것이라고 알려져 있다. 실험식이에 따른 분변 중의 총 담즙산 함량을 Table 18에 나타내었는데, polymannuronate 식이균에서 유의적으로 높은 것을 알 수 있었다. 식이섬유는 콜레스테롤 및 담즙산과 직접 결합하므로써 흡수가 억제되어 분변으로의 배설이 증가된다 (Mirttinen, 1987; Vahouny *et al.*, 1978; Vahouny *et al.*, 1987). 그 이유는 담즙산이 콜레스테롤로부터 합성되는 물질로서 체내 콜레스테롤이 체외로 배설되는 유일한 경로이기 때문이다. Willet *et al.* (1990)은 담즙산 조성에 변화를 주는 요인으로 지방과 섬유소의 섭취에 따른 것이라 제안하였으며, Kritchevsky *et al.* (1974)은 음식물의 장 통과시간이 짧아지면 담즙산

의 장간순환을 억제함으로써 총 담즙산량이 증가하는데, 섬유소에 따라 담즙산과의 결합정도가 다르다고 보고하였다. 그리고 수용성 해조 다당류인 carrageenan, 수용성 합성 섬유소인 polydextrose급여 군에서 흰쥐의 담즙산량이 α cellulose군보다 증가하였다 (장 등, 1994). Ebihara *et al.* (1989)은 콜레스테롤 저하효과가 없는 불용성 식이섬유인 셀룰로오스 또한 분변으로의 담즙 배설을 증가시킨다고 보고 하였다. 특히 Arjmandi *et al.* (1992)은 수용성 식이섬유가 높은 점성으로 인해 지질과 담즙산의 흡수저해가 증가된다고 보고하여, 본 연구결과와 동일함을 알 수 있었다.

(4) 분변 중의 총 식이섬유 함량

Table 18에서 실험식이에 따른 분변 중의 총 식이섬유 함량에 나타내었다. 분변 중의 총 식이섬유 함량은 polymannuronate 식이군에서 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타났으며, 이러한 경향은 식이섬유인 polymannuronate가 장내에서 발효되지 않고 대부분이 분변으로 배설되었기 때문이라고 보고한 Nyman *et al.* (1990)의 결과와 같은 경향을 나타내었다. 이 결과는 분변 중의 총 담즙산 함량과 일치하는 경향을 나타내었는데, 이는 식이섬유의 작용에 의해 소장에서 담즙산과 결합하여 분변으로 배설된 것으로 추측된다.

Table 18. Fecal cholesterol and total bile acids, and total dietary fiber (TDF) contents of the rats fed the experimental diets

(Mean \pm S.D.)

Test animal group ¹	Control	Polyman
Fecal (g/day)	0.98 \pm 0.09	1.23 \pm 0.13**
Total cholesterol (mg/g)	113.83 \pm 10.52	190.75 \pm 13.83**
Total bile acid (μ mol/g)	76.61 \pm 15.44	193.55 \pm 13.17**
TDF (g/g fecal)	0.063 \pm 0.006	0.080 \pm 0.003**

¹ Refer to the footnote of Table 2.

All data were calculated by Mean \pm S.D. for 10 individuals.

Significantly different in student t-test from control(**p<0.01).

6) 혈청 중의 leptin의 함량

실험식이에 따른 혈청 중의 leptin 발현과 분비에 미치는 영향을 살펴 보았다. 먼저 RIA 분석으로 혈청 중의 leptin 분비에 미치는 영향을 살펴 보았는데 (Fig 2), polymannuronate 식이군의 leptin 분비량이 대조군에서 보다 유의적으로 낮았다. 비만 조절에 있어서 leptin은 고지방식으로 비만을 유도했을 때 혈중 leptin 농도가 유의적으로 증가했으며 (Klein *et al.*, 1996; Frederich *et al.*, 1995; Reeves *et al.*, 1993), 이는 증가된 체지방 크기를 반영할 수 있다. 그러나 체지방 분포가 leptin 생성에 미치는 효과는 분명치 않다. Hanelen *et al.* (1998)은 혈장의 총 leptin 농도가 주로 피하지방에서 생성되는 leptin의 양에 따른다고 보고 하였으나, Alessi *et al.* (1997)은 피하지방과 복부지방에서 생성되는 leptin의 양은 차이가 없다고 나타내었다. 본 실험결과에서 일반 햄버거식이인 대조군의 경우 피하지방과 복부지방에서 생성되는 leptin의 양이 증가하였고 leptin 농도가 유의적으로 높았으나, polymannuronate 식이로 인하여 leptin 생성과 농도가 감소하였음을 확인할 수 있었다.

Fig. 3는 혈청 중의 leptin을 western blot으로 확인한 것이다. 분자량이 16 kDa인 leptin 밴드를 확인할 수 있었는데, polymannuronate 식이군이 대조군보다 약하게 나타났다. Ferderich *et al.* (1995)은 12주 동안의 고지방식이 섭취 시 지방조직에서 leptin 단백질의 증가를 보고하였는데, 고지방식이 섭취 시 나타나는 혈 중 leptin 농도의 증가는 비만 유전자 발현의 증가에 따른 것임을 시사하였다. Lonnqvist *et al.* (1997)과 Ostrund *et al.* (1996)은 사람과 동물을 대상으로 한 연구에서 대부분의 비만 대상자들에게서 정상에 비해 혈중 leptin 농도가 높다고 보고 하였다. 본 연구에서도 일반 햄버거식이인 대조군의 경우 혈중 leptin 농도가 유의적으로 증가하는 반면 polymannuronate 식이시 혈 중 leptin 농도가 감소하였는데, 이는 leptin 분비수준의 감소에 기인한 것으로 여겨진다.

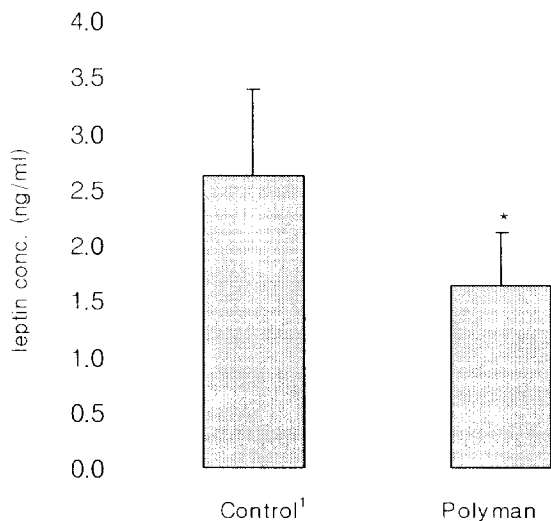


Fig. 2. The level of serum leptin in the experimental rats

The rats serum leptin were determined by RIA with reagents from Linco Research(St. Louis, MO, USA). The RIA mixtures, consisted of increasing concentrations of recombinant rat leptin diluted in assay buffer, anti-rat leptin antiserum(IgG rabbit anti leptin) and asssay buffer. The mixture was incubated for 24h at R.T., then ¹²⁵I-rat leptin was added and the mixture was further incubated for 24 h at R.T.. Following the addition of PEG(12.5%) and a goat anti-guinea IgG antibody and centrifugation(3,000rpm, 30 min, 4°C), the supernatants were discanted and radioactivity in the pellets was counted to determine bound radioactivity. Calculate the ng/ml of rat leptin in sample using automated data reduction procedures.

¹ Refer to the footnote of Table 2.

All data were calculated by Mean ± S.D. for 10 individuals.

*: Significantly different in student t-test from control(*p<0.05).

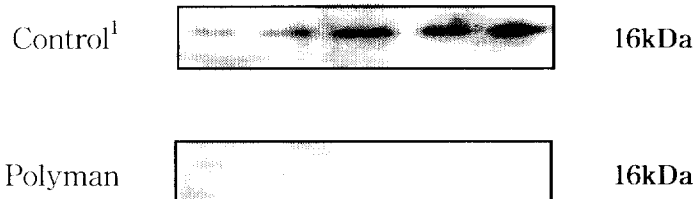


Fig. 3. Western blot for detecting leptin protein levels in the serum of rats

Serum was mixed with loading buffer and loaded onto an 12.5% polyacrylamide gel. After electrophoresis, proteins were transferred onto nitrocellulose membranes and blotted against primary Antibody. Membranes were washed and incubated with a 1: 1000 dilution of HRP-conjugated secondary Antibody. Protein bands were visualized by an enhanced chemiluminescence reaction. Experiments were performed at least three times with a representative experiment being shown.

¹Refer to the footnote of Table 2.

IV. 요약

본 연구는 미역, 다시마 등의 갈조류에 함유되어 있는 알긴산으로부터 저분자화시켜 만든 polymannuronate를 햄버거빵에 첨가했을 때 빵의 품질특성과 흰쥐에 급이하였을 때에 혈액 중 지질대사에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

I. Polymannuronate 첨가 햄버거빵의 품질분석

Polymannuronate를 햄버거빵에 첨가하여 그 품질특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 햄버거빵의 발효중에 일어나는 pH의 변화는 polymannuronate 첨가량이 증가할수록 높아지며 1차 발효 후의 dough의 부피변화에도 영향을 주었다. 또한 글루텐의 첨가량이 증가할수록 pH가 증가하였다. 한편 발효손실을 역시 polymannuronate의 첨가에 따라 감소하였다.
2. 햄버거빵의 부피를 좁쌀을 이용하여 종자치환법으로 측정한 결과, polymannuronate의 첨가량이 증가할수록 부피는 감소하였다.
3. Polymannuronate와 활성글루텐의 첨가량을 달리한 햄버거빵의 색도는 polymannuronate와 글루텐의 양이 증가할수록 백색도는 감소하였고, 적색도와 황색도 역시 같은 경향이였다.
4. 햄버거빵의 조직감을 측정한 결과는, 견고성은 polymannuronate 첨가량의 증가에 따라 감소하였고 탄력성은 첨가군에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 침착성, 씹힘성은 polymannuronate를 첨가했을 때 감소하였다.
5. Polymannuronate와 활성글루텐을 첨가하여 제조한 햄버거빵의 기호도검사 결과, 종합적인 면에서 polymannuronate 5%, 글루텐 6% 군이 대조군과 가장 유의적인 차이가 없었으나 polymannuronate

10%, 글루텐 6%군 역시 대조군과 큰 차이점은 나타내지 않았으므로 햄버거빵의 제조에 적합한 배합이라고 사료된다.

II. Polymannuronate의 첨가가 흰쥐에 미치는 영향

S.D.계 흰쥐를 기초식으로 5일간 순차한 후에 대조군, polymannuronate 식이군으로 나눠 4주간 사육하여 혈청과 간, 그리고 분변을 사용하여 분석한 결과,

1. 체중변화와 식이섭취량, 식이효율은 유의적인 차이를 보이지 않았다.
2. Polymannuronate의 급이에 따른 혈청에서의 중성지질과 인지질의 양은 대조군에서 높게 나타났다.
3. 혈청과 간장지질 중의 총콜레스테롤은 polymannuronate의 급이시 저하되었으며, 유리콜레스테롤의 함량은 총콜레스테롤과 비슷한 경향을 나타내었다. HDL-콜레스테롤의 함량은 polymannuronate 식이군이 높았고, LDL-콜레스테롤의 함량은 유의적인 차이를 나타내지 않았다.
4. 혈당은 두가지 식이섭취군 모두 비슷한 수준으로 나타났으며, 혈청중의 GOT와 GPT 활성도 유의적인 차이가 없었다.
5. Polymannuronate 식이군에서 일일 분변량, 분변의 총 담즙산 함량, 총 식이섬유 함량이 높게 많았다.
6. 혈청 중의 leptin 분비량과 단백질 발현은 polymannuronate 식이군에서 유의적으로 감소하였다.

V. 참고 문헌

- Akiba, Y. and Matsumoto, T. Effect of dietary fiber on lipid metabolism in liver and adipose tissue in chicks. *J Nut* 112 : 1577-1585, 1982
- Alessi, M. C., Peiretti, F., Henry, M., Nalbone, G. and Juhan-Vague, I. Production of plasminogen activator I by human adipose tissue : possible link between visceral fat accumulation and vascular disease. *Diabetes* 46 : 860-867, 1997
- AOAC. Official method of analysis, 15th ed., 1990
- Arjmandi, B. H., Ahn, J., Nathani, S. and Reeves, R. D. Dietary soluble fiber and cholesterol affect serum cholesterol concentration, hepatic portal venous short-chain fatty acid concentration and fecal sterol excretion in rats. *J Nutr* 122 : 246-253, 1992
- Blackburn, N. A., Redfern, J. S., Jarjis, H., Holgate, A. M., Hanning, I., Scarpello, J. H. B., Johnson, I. T. and Read, N. W. The mechanism of action of guar gum in improving glucose tolerance in man. *Clin Sci* 66 : 329-336, 1984
- Chae, D. J. Studies on the rheological properties of dough and quality of white pan bread added polymannuronic acid. *Kyung Hee University*, 2002
- Choi, D. R., Lee, J. H., Yoon, Y. C. and Lee, S. K. Effect of vital wheat gluten on the quality characteristics of the dough frozen after 1st fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol* 37(1) : 55-60, 2005
- Choi, J. H., Kim, J. I., Kim, I. S., Choi, J. S., Byun, D. S. and Yoon, T. H. Dose effect of brown algae (*Undaria pinnatifida*) on inhibitory action of obesity I. Effect on body weight, feed and growth efficiencies and metabolic body size. *Kor J Gerontol* 1 : 168-172, 1991
- Ebihara, K. and Schneeman, B. O. Interaction of bile acids, phospholipids, cholesterol and triglyceride with dietary fibers in the small intestine of rats. *J Nurt* 199 : 1100-1106, 1989
- Fernandez, M. L., Trejo, A. and McNamara, D. J. Pectin isolated from prickly paper modifies low density lipoprotein metabolism in

- cholesterol- fed guinea pigs. *J Nutr* 120 : 1283, 1990
- Frederich, R. C., Hamann, A., Anderson, S., Lollmann, B., Iowell, B. B. and Filer, J. S. Leptin levels reflect body lipid content in mice : evidence for diet-induced resistance to leptin action. *Nature Med* 1 : 1311-1314, 1995
- Fujihara, M. and Nagume, T. Determination of the molecular weight of alginates by agarose gel filtration. *J Chromatography* 465 : 386-389, 1989
- Hannelen, V. V., Ericksson, P., Hoffstedt, J. and Amer, P. Leptin secretion from subcutaneous and visceral adipose tissue in women. *Diabetes* 47 : 913-917, 1998
- Harmuth-Hoene, A. E. and Schwerdtfeger, E. Effect of indigestible polysaccharides on protein digestibility and nitrogen retention in growing rats. *Nutr Metab* 23 : 399-407, 1979
- Haug, A. Fractionation of alginic acid. *Acta Chem Scand* 13 : 601-601, 1959
- Haug, A., Larsen, B. and Smidsrod, O. Uronic acid sequence in alginate from different sources. *Carbohydrate Research* 32 : 217-225, 1974
- Huh, K. B., Lee, J. H., Paik, I. K., Ajn, K. J., Jung, Y. J., Kim, M. J., Lee, H. C., Lee, Y. H. and Lee, Y. J. Influence of total abnormal fat accumulation on serum lipies and lipoproteins in Korean middle-aged men. *J Kor Nutr* 26 : 299-312, 1993
- Ikeda, L., Yomari, Y. and Sugano, M. Interrelated effects of dietary fiber and fat on lymphatic cholesterol and triglyceride absorption in rats. *J Nurt* 119 : 1383-1387, 1989
- Ikegami, S., Tsuchihashi, F., Harada, H., Tsuchihashi, N., Nishide, E. and Innami, S. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in the rats. *J Nutr* 120 : 353, 1990
- Iso, N., Mizuno, H., Onda, N., Saito, T., Aoyama, N. and Yokoyama, A. Solution properties of sodium alginate from brown seaweeds living along the coast of japan-II. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 44 : 1375-1379, 1978
- Jenkins, D. J. A., Leeds, A. R., Ciassul, M. A., Cochet, B. and Alberti, K. G. Decrease in postprandial insulin and glucose

- concentration by guar and pectin. *Am Intern Med* 86 : 20, 1977
- Jenkins, D. J. A., Leeds, A. R., Newton, C. and Cummings, J. H. Effect of pectin, guar gum and wheat fibre on serum-cholesterol. *Lancet* 2 : 1116-1118, 1975
- Judd, P. A. and Truswell, A. S. The hypocholesterolemic effects of pectins in rats. *Br J Nutr* 53 : 409-424, 1985
- Kang, H. J., M. J. Suh, E. H. Kim and Y. S. Song. Effect of sodium alginate and cellulose on fasting plasma lipoprotein composition and cholesterol metabolism in Rats(I). *J Korean Soc Food Nutr* 23(6) : 879-863, 1994
- Kang, H. J., M. J. Suh, E. H. Kim and Y. S. Song. Effect of sodium alginate and cellulose on postprandial plasma lipoprotein and cholesterol metabolism in Rats(II). *J Korean Soc Food Nutr* 23(6) : 887-893. 1994
- KFRI(Korean Food Research Institute), The Suggestion for Establishment of Korean Dietary Life, 1990
- Kinnunen, P. K., Virtanen, J. A. and Vainio, P. Lipoprotein lipase and hepatic endothelial lipase. *Atheroscler Rev* 11 : 65, 1983
- Kirby, R. W., Anderson, J. W. Sielig, B., Rees, E. D., Chen, W. L., Miller, R. E. and Kay, R. M. Oat bran intake selectively lowers serum low-density lipoprotein cholesterol concentration of hypercholesterolemic men. *Am J Clin Nutr* 34 : 824, 1981
- Klein, S., Coppack, S. W., Mohamed-Ali, V. and Landt, M. Adipose tissue leptin production and plasma leptin kinetics in humans. *Diabetes* 45 : 984-987, 1996
- Krichevsky, D. and Story, J. A. Binding of bile salt *in vitro* by nonnutritive fiber. *J Nutr* 104 : 462, 1974
- Kwon, E. A., Chang, M. J. and Kim, S. H. Quality characteristics of bread containing *Laminaria* powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32(3), 406-412, 2003
- Lee, D. S. Improved functionality of alginate from the edible brown algae by low-molecularization. *Pukyong National University*, 1997
- Lee, D. S., Kim, H. R. and Pyeun, J. H. Effect of low-molecularization on rheological properties of alginate. *J Korean Fish Soc* 31 : 82-89, 1988

- Lee, H. S., Choi, M. S., Lee, Y. K., Park, S. H. and Kim, Y. J. A study on the development of high-fiber supplements for the diabetic patients : Effect of seaweed supplementation on the lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *The Korean Nutrition Society* 29(3) : 296-306, 1996
- Lonnqvist, F., Nordfors, L., Jansson, M., Thorne A., Schalling, M. and Arner, P. Leptin secretion from adipose tissue in women. *J Clin Invest* 99 : 2398-2404, 1997
- Lupton, J. R. and Morin, J. L. Barly bran flour accelerates gastrointestinal transit time. *J Am Diet Assoc* 93 : 881-885, 1993
- Ma, Z. A., Gingerich, R. L., Santiago, J. V., Klein, S., Smith, H. C. and Landt, M. Analysis of human plasma leptin by radioimmunoassay. *Clin Chem* 42 : 942-946, 1996
- Mirttinen, T. A. Dietary fiber and lipids. *Am J Clin Nutr* 45 : 1237-1242, 1987
- Mo. S. M. Effect of Public Nutrition and Dietary life to Development of Out-Eating, J.of the Korean Nutrition Society, 19(2), 1986
- Nicoll, A., Miller, N. E., and Lewis, B. High density lipoprotein metabolism. *Adv Lipid Res* 17 : 53-105, 1980
- Nishide, E., Kinoshita, Y., Anzai, H. and Uchida, N. Distribution of hot-water extractable material, water-soluble alginate and alkali-soluble alginate in different parts of undaria pinnatifida. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54 : 1619-1622, 1988
- Nyman, M., Schweizer, T. F., Tyren, S., Reimann, S. and Asp, N. Fermentation of vegetable fiber in the intestinal tract of rats and effects on fecal bulking and bile acid excretion. *J Nutr* 120 : 459, 1990
- Ostrund, R. E., Yang, J. W., Klein, S. and Gingerich, R. Relation between plasma leptin concentration and body fat, gender, diet, age and metabolic covariates. *J Clin Endocrinol Metab* 81 ; 3903-3913, 1996
- Overton, P. D., Furlonger, N., Beety, J. M., Chakraborty, J., Tredger, J. A. and Morgan, L. M. The effects of dietary sugarbeet

- fibre and guar gum on lipid metabolism in Wistar rats. *Bri J Nutr* 72 : 385-395, 1994
- Owen R. Fennema, Food Chemistry, 1999
- Park, S. H., Lee, Y. K. and Lee, H. S. The effect of dietary fiber feeding on gastrointestinal functions and lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korea J Nutr* 27 : 311-322, 1994
- Reeves, P. G., Nielsen, F. H. and Fahey, G. C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents : final report of the american institute of nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123 : 1939-1951, 1993
- Schneeman, B. O. and Gallaher, D. Changes in small intestinal digestive enzyme activity and bile acids with dietary cellulose in rats. *J Nutr* 110 : 584, 1980
- Schneeman, B. O., Richter, B. D. and Jacobs, L. R. Response to dietary wheat bran in the exocrine pancreas and intestine of rats. *J Nutr* 112 : 283, 1982
- SPSS. Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA
- Stock-Damge, C., Bouchet, P., Dentinger, A., Aprahamian, M. and Grenier, J. F. Effect of dietary fiber supplementation on the secretory function of the exocrine pancreas in the dog. *Am J Clin Nutr* 38 : 843, 1983
- Sung, M. K., Han, K. H., Kwon, H. J., Park, Y. G. and Bu, S. Y. Effects of seatangle and seamustard intakes on carcinogen induced DNA adduct formation and the absorption of calcium and iron. *Korean J Nutr* 33 : 717-724, 2000
- Suzuki, T., Nakai, K., Yoshie, Y., Shirai, T. and Hirano, T. Digestibility of dietary fiber in brown alga, kombu, by rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59 : 879-884, 1993
- Suzuki, T., Nakai, K., Yoshie, Y., Shirai, T. and Hirano, T. Effects of sodium alginates rich in guluronic acid mannuronic acids on cholesterol levels and digestive organs of high-cholesterol-fed rats. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59 : 545-551, 1993
- Suzuki, T., Nakai, K., Yoshie, Y., Shirai, T. and Hirano, T. Seasonal variation in the dietary fiber content and molecular weight of

- soluble dietary fiber in brown alga. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59 : 1633, 1993
- Torsdottir, I., Alpsten, M., Goran, H., Sandberg, A. S. and Tolli, J. A small dose of soluble alginate-fiber effects postprandial glycemia and gastric emptying in humans with diabetes. *J Nutr* 121 : 795-799, 1991
- Tsai, A. C., Elias, J., Kelley, J. J., Lin, R. C. and Robson, J. R. K. Influence of certain dietary fibers on serum and tissue cholesterol level in rats. *J Nutr* 106 : 118-123, 1976
- Tsuji, E., Tsuji, K. and Suzuki, S. Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism (part 6) Effect of various polysaccharides on serum and liver cholesterol levels in cholesterol-fed rats. *Eiyogaku Zashi* 33 : 273-281, 1974
- Tsuji, K. and Tsuji, E. Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism (part 3) Effect of several polysaccharides on serum cholesterol levels in cholesterol-fed rats. *Eiyogaku Zashi* 32 : 155-160, 1974
- Tsuji, K., Horid, Y. and Tsuji, E. Effect of konjac flour diet on the endogenous cholesterol metabolism in rats. *Eiyogaku Zashi* 27 : 405-411, 1974
- Tsuji, K., Oshima, E., Matsuzaki, A., Nakamura, S. and Tezuka, T. Effect of polysaccharides on cholesterol metabolism (Part 1). Studies on konnyaku powder, sodium alginate and pectin. *Jap J Nutr* 26 : 113-122, 1968
- Vahouny, G. V., Khalafi, R. Satchithanandam, S., Watkins, D. W., Story, J. A., Cassidy, M. M., Kritchevsky, D. Dietary fiber supplementation and fecal bile acid, Neutral steroids and divalent cations in rats. *J Nutr* 117 : 2009-2015, 1987
- Vahouny, G. V., Roy, T., Gallo, L. L., Story, J. A., Kritchevsky, D. and Cassidy, M. M. Dietary fiber. III. Effects of chronic intake on cholesterol absorption and metabolism in the rat. *Am J Clin Nutr* 33 : 2182-2191, 1980
- Vahouny, G. V., Roy, T., Gallo, L. L., Story, J. and Kritchevsky, D. Dietary fiber and lymphatic absorption of cholesterol in the rat. *Am J Clin Nutr* 31 : s208-212, 1978
- Van Itallite, T. B. Dietary fiber and obesity. *Am J Clin Nutr* 31 :

S43-52, 1978

- Venter, C. S., Vorster, H. H. and Van Der Nest, D. G. Comparison between physiological effects of konjac-glucomannan and propionate in baboons fed "Western" diets. *J Nutr* 120 : 1046, 1990
- Vigine, J. L., Lairon, D., Borel, P., Portugal, D., Pauli, A., Hauton, J. and Lafont, H. Effect of pectin, wheat bran and cellulose on serum lipids and lipoproteins. *Br J Nutr* 58 : 405, 1987
- Willett, W., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Rosner, B. A. and Speizer, F. E. Relation of meat, fat and fiber intake to the risk of colon cancer in a prospective study among women. *New Eng J Med* 323(24) : 1664-1672, 1990
- Wyatt, G. M., Horn, N., Gee, J. M. and Johnson, I. T. Intestinal microflora and gastrointestinal adaptation in the rat in response to non-digestible dietary polysaccharides. *Br J Nutr* 60 : 197, 1988
- Yang, J. L., Suh M. J. and Song, Y. S. Effect of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol-fed Rats. *J. Korean Soc. Food Nutr* 25(3) : 392-398, 1996
- 강정호, 성낙용. 중양의학. 1968
- 김은주. 식이내 미역함량과 지방의 종류가 흰쥐의 체내 지방 대사에 미치는 영향. 이화여자대학교. 석사학위논문. 1983
- 박희연, 윤호동, 오은경. 해조류 갈래곰보가 고지방 식이를 급여한 흰쥐의 혈액 및 간장 지질 농도에 미치는 영향. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30(1) : 107-111, 2001
- 배종호, 배만중, 정인창, 신영자, 이봉희, 권오진, 황경수. 채과채빵학. 형설출판사. 1999
- 손홍수, 김현숙, 주진순. 해조류 섭취가 성인남자의 Na, Ca, K 흡수와 지질 대사에 미치는 영향. *한국영양식량학회지* 21 ; 471-477, 1992
- 안창근. 국내 외식산업의 현황과 전망, 식품공업, 1985
- 이연실, 정상훈, 이상현, 신국현. 해조류인 뜸부기의 추출물이 지질대사에 미치는 영향. *생약학회지* 35(2) : 143-146, 2004
- 이현옥. 안양지역 비만아의 영양상태 및 혈액성상에 관한 연구. *한국식품영양학회지*. 13(3). 2000
- 이형자, 황은희. 알긴산과 셀룰로오스 및 펙틴 수준이 흰쥐의 대장기능에

- 미치는 영향. 한국영양학회지 30(5) : 465-477, 1997
- 장수정. 식이섬유의 종류와 섭취수준이 고지방식을 섭취한 흰 쥐의 체내 지질대사에 미치는 영향. 서울대학교 석사학위논문, 1994
- 정동식, 이범수, 은종방. 흑미가루를 첨가한 식빵의 품질특성. 한국식품과학회지 34(2). 2002
- 제빵이론, 한·불제과제빵기술연구소. 1994
- 제빵이론과 실제, 일본빵기술연구소. 1980
- 주동식, 이진경, 최용석, 조순영, 제외권, 최종원. 해조 올리고당 음료의 고지혈증 유도 쥐에 있어서 혈청 및 간장의 지질 변화에 미치는 영향. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32(8) : 1364-1369, 2003