

회  
종  
연구보고서

20040573

탄수화물계 지방 대체물 modified waxy  
potato starch 개발 및 이용 연구

Development of fat replacer made by  
modified waxy potato starch

연구기관  
호서대학교

농림자료실



0012421

농림부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “탄수화물계 지방 대체물 modified waxy potato starch 개발 및 이용 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006년 5 월 24 일

주관연구기관명 : 호서대학교  
총괄연구책임자 : 송 은 승  
세부연구책임자 : 강 명 화  
연 구 원 : 정 혜 경  
연 구 원 : 우 나 리 야  
연 구 원 : 김 현 정  
연 구 원 : 김 은 경  
연 구 원 : 이 은 상  
연 구 원 : 박 수 진  
연 구 원 : 김 태 수  
연 구 원 : 허 영 회  
연 구 원 : 김 하 나  
연 구 원 : 이 재 순

# 요 약 문

## I. 제 목

탄수화물계 지방 대체물 modified waxy potato starch 개발 및 이용 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

지방함량, 열량 감소, 우수한 품질 그리고 경제적인 가격에 부응하는 적합한 제품을 제조하기 위해서는 우수한 가공적성, 원가절감, 소비자의 욕구충족과 같은 여러 요인에 충족되는 제품의 개발이 필요하다. 지방대체물질은 제품의 안전성과 품질을 유지할 수 있으며 또한 여러 분야에서 적용되고 실용화된 식품으로 개발되어야 한다. 또한 다양한 용도로 사용될 수 있어야 하며 앞으로 상업화될 새로운 분야의 신소재자원이 될 수 있다.

본 연구에서는 감자로부터 지방대체물로 사용할 수 있는 waxy modified starch를 제조, 생리활성을 구명하였으며 저열량 식품, 저지방 식품을 개발가능성을 제시하고자 하였다. 우리나라 감자 원료로 한 저열량, 저지방 제품화를 위한 소재로 탄수화물계 지방 대체제를 개발하였으며, 지방대체물질의 새로운 수요를 창출하는 것으로 개대한다. 지방 대체물을 국내에서 생산된 작물을 원료로 생산하여 국산화를 성공시켜 관련 제품을 개발하고 이들을 지방대체물로 사용하여 제조한 가공식품에서의 비만 억제효과를 구명하며, 부작용 또는 독성이 없는 안전한 탄수화물계 지방 대체제로써 저열량, 저지방 식품을 개발가능성을 제시하고자 한다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. Modified waxy potato starch 전분 개발 및 가공식품 개발
  - 1) 감자 전분의 특성 규명
  - 2) 최적 전분 분리법 확립
  - 3) Modified starch의 가공적성 규명
  - 4) 저지방 가공식품 개발
2. Modified waxy potato starch의 생리활성 규명
  - 1) Modified waxy potato starch의 high fat diet 유도비만흰쥐에 미치는 효과 규명
  - 2) Modified waxy potato starch를 이용한 가공식품이 체중에 미치는 영향

### Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

#### 1. Modified waxy potato starch 전분 개발 및 가공식품 개발

감자전분을 원료로 하여 화학적 변성처리, 물리적 처리방법에 의해 변성전분을 제조하였다. 최적 수율처리법 확립을 위해 수분에 의한 전분 추출법과 알칼리처리법을 이용하여 전분을 분리하였다. 일반 감자와 알감자는 수분 침지법에 의한 전분 수율이 높게 나타났다. 따라서 품종에 따른 전분수율도 일반감자(GP)에 비해 알감자(SP)가 높게 측정되어 전분생산 응용에서 품종간의 차이가 있음을 알 수 있었으며, 생산 공정의 선택 조건을 제시할 수 있었다. 물리, 화학적 변성 처리 방법을 달리하여 제조한 변성전분의 수율은 DF, HTP > HPR > EZ > AC > H40 순이었으며, 화학적인 변성처리법 보다는 물리적인 변성처리법이 높은 수율을 나타내었다.

처리방법을 달리한 변성전분을 SEM으로 관찰한 결과 EZ는 둥근 타원의 모양이 찌그러진 듯한 형상을 나타냈으며, 화학적 처리에 의해 변성 처리한 H40, AC, HPR는 시판 지방대체물인 NL과 유사한 형태를 보였다.

x-ray 회절도에 의한 전분의 모양은 변성전분 AC, DF, H40는 일반전분과 유사한 B, C형의 피크를 관찰할 수 있었으나 고온 열처리에 의해 변성된 HTP와 EZ 변성전분은 비결정 형태를 나타내었다. 화학적 처리방법으로 제조된 변성전분 HPR은 다른 변성전분에 비해 매우 특이한 피크를 나타냈으며, v형의 구조를 나타내었다. 즉 전분입자를 살펴볼 때 변성전의 경우 전분의 표면이 매끄럽고 규칙적이었으나 변성 전분의 대부분이 전분 입자가 불규칙한 작은 조각형태의 모습을 띠거나 구형이 손실되었다.

일반전분의 아밀로펙틴 함량은 SP, GPS순이었고, 변성전분은 H40 > HPR > EZ의 순으로 아밀로펙틴의 함량이 높았다. 입자 크기 별 분포도를 나타낸 결과, 거의 유사한 경향을 보였으며, 변성전분이 매우 미세한 크기를 나타내었다.

전분변성 방법에 따른 호화도 측정의 결과는 GPS에 비해 SPS의 호화도가 매우 높게 측정되었다. 또한 변성방법을 달리하여 제조한 변성전분은 H40이 매우 높았으며 HPR, EZ의 순이었다.

변성전분의 수분결합능력은 산, 열처리 변성 방법으로 처리한 H40의 경우 280%의 높은 수분 결합력을 보였으며, HTP가 270%이었다. 변성 전분 제조시 열처리에 의한 변성전분들이 높은 수분결합력을 보였다.

일반전분과 변성전분을 10%농도의 gel로 제조하여 점도를 측정할 결과 일반 감자전분 GPS, SPS는  $30.33, 29.55 \times 10^3$  centi poise의 매우 높은 점도를 나타내었다. H40, HPR은  $138.60, 31.60 \times 10^3 \times$  centi poise로 측정되었다. 또한 전분의 열량은 SPS가 2.0 Kcal/g 으로 매우 낮은 열량으로 측정되었으며, 일반전분인 GPS가 3.0 Kcal/g 인데 비해 화학적 처리에 의한 변성전분은 H40, HPR이 각각 2.4, 2.5Kcal/g으로 열량이 저하되었다.

변성전분을 이용하여 기존의 유지함유식품에 일정비율로 전분과 변성전분의 호화상태의 gel로써 대체하여 식품의 가공적성을 실험하였다.

마요네즈의 제조시 식용유에 대해 10~50%의 변성전분의 gel을 대

체하여 제조한 결과, 열량은 50% 대체 시 약 44~45%의 감소효과를 보여 저지방 식품으로써의 가능성을 제시할 수 있었다. Brookfield viscometer로 마요네즈의 점도를 측정된 결과 H40를 첨가한 마요네즈가 높은 점도를 나타냈었고 H40 > HPR > SPS > EZ의 화학적 변성 전분 대체군의 점도도 높았다. 마요네즈의 물성은 일반적으로 전분대체물질로써 유지를 대체한 경우, 대체비율이 증가함에 따라 모든 측정항목에서 감소되는 경향을 보였다. 전분과 변성전분으로 대체하여 제조한 저지방 마요네즈의 유효안정성은 시판 전분인 NL이 50%대체시 92.7% 가장 높았으며, 변성전분으로 대체한 결과, H40, HPR의 첨가군이 91.8, 91.6 %로 일반전분 SPS와 GPS 91.6, 90.5%보다 다소 높은 경향을 보여주었다.

유지를 대체하여 제조한 저지방 마요네즈의 소비자 기호도 조사를 실시한 결과 변성전분으로 대체한 제품이 GPS, SPS와 같은 일반 전분 대체제품보다 높은 선호도를 나타내었으며, 시판지방대체물 NL이 가장 높은 선호도를 보였고, H40, EZ, HTP 첨가 제품이 선호도가 높은 제품으로 평가되었다.

쿠키제조시 버터에 대한 전분과 변성전분의 호화 gel을 대체하여 제조하여 베이커리 제품에 대한 변성전분의 지방대체 가능성을 모색하였다. 변성전분을 사용하지 않은 대조군의 굽기손실율이 12.50%로 가장 낮았으며, EZ-S와 H40-S로 대체한 쿠키군이 각각 14.63, 14.89%인 반면, 변성하지 않은 SPS의 제품은 16.67%로 쿠키 손실율이 가장 높았다.

쿠키의 물성을 측정된 결과, 응집성은 대조군에 비해 변성전분의 첨가군 H40-S, EZ-S 군간의 큰 차이를 나타내지 않았으나 SPS가 높게 측정되었다. 감성은 대조군에 비하여 전분처리군이 모두 높게 측정되었으며, 특히 EZ-S군이 가장 높았다. 씹힘성은 대조군에 비해 전분처리군이 모두 높게 측정되었으며 EZ-S군이 매우 높은 경향을 보여주었다. 경도의 경우도 전분대체군 모두 대조군에 비해 높은 경도를 나타내었으며 H40 처리군에서 매우 높은 경도를 측정할 수 있었다. 탄력성은 EZ-S > H40-S > NR(control)>

SPS의 순으로 측정되었다. 과쇄성은 대조군이 매우 높은 반면 EZ-S군이 제일 낮은 경향을 나타내었다.

DSC에 의한 호화열을 측정하여 전분간의 호화특성을 비교한 결과 SPS는 75.88℃에서 호화가 시작되었으며 peak온도는 72.08℃, 종료온도는 82.46으로 측정되어 일반적인 전분에 비해 다소 높은 호화온도를 나타내었다. 한편 변성전분 H40-S, EZ-S는 각각 73.80~74.07℃, 71.97~77.61℃로 호화온도 범위가 낮아 전분의 변성처리에 따라 호화온도를 낮출 수 있을 것으로 예상된다.

변성전분과 일반전분으로 유지를 대체하여 제조한 저지방 쿠키의 관능검사 결과 맛은 대조군이 가장 높았으며 H40-S > SPS > EZ-S의 순이었으며 향은 SPS를 제외한 변성전분 처리군이 대조군과 유사한 선호도를 나타내었다. 색은 전분과 변성전분을 처리한 군이 갈색화가 대조군에 비해 낮은 형태를 띄어 선호도가 낮은 결과를 보여주었으며, 물성은 H40-S이 대조군과 유사한 선호도를 나타내었고 전체적인 기호도에서도 H40-S에서도 높은 선호도를 보여주었다. 따라서 H40-S으로 버터쿠키를 제조할 경우 소비자들에게 일반쿠키와 유사하면서 저지방 제품을 제공 할 수 있을 것으로 예상된다.

## 2. Modified waxy potato starch의 생리활성 규명

AIN-93 조성을 변형시켜 corn starch를 potato starch로 대체한 고지방식을 50일간 rat에 급여하여 비만을 유도한 후 일반감자전분 첨가 고지방식이군(GPS군), 알감자 전분 첨가 고지방식이군(SPS군), 효소처리에 의한 변성전분 첨가 고지방식이군(EZ군), 저온처리하여 변성시킨 전분첨가 고지방식이군(H40 군) 각 4군으로 나누어 전분을 달리하여 70일 급여 후 생리활성을 in vivo에서 살펴보았다. 그 결과, 체중증가량은 GPS, EZ, H40 군에서 차이가 없었으나, EZ군은 그에 비해 증가량이 적었고, 식이효율 또한 유의적으로 낮게 측정되었다. 비만 판정 지수인 Röhler index,

Lee index, T.M. index로 그리고 체지방 함량을 산출한 결과, 다른 군에 비해 SPS군의 비만 지수가 낮게 나타나 알감자 전분이 다른 첨가 전분에 비해 체중에 미치는 효과가 적다는 것을 알 수 있었다. 혈중 Glucose, TC, LDL-C level은 GPS군과 SPS 군이 유의적인 차이를 보이지 않았으나, EZ, H40 군에 비해 낮게 측정되었고, HDL-C level은 GPS군을 제외하고 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한, 동맥경화지수(Atherogenic Index)를 HDL-C, TC 함량으로 계산한 결과 H40이 다른 군에 비해 높게 측정되어 다른 전분 첨가 식이에 비해 H40군이 비만, 동맥경화에 미치는 영향도가 큼을 알 수 있었다. 혈청, 간, 신장의 MDA 생성량을 측정해 본 결과 H40 군이 혈청 MDA 생성량이 다른군에 비해 매우 높게 측정되었고, 간과 신장 조직에서는 EZ, H40 군이 다른군에 비해 유의적으로 낮은 함량을 나타냈다. 체내 항산화 기전에 대해 살펴본 결과, glutathion 함량은 각 조직별로 경향이 달랐으나, GP-x activity는 SPS 군에서 낮게 측정되었고, 이는 alkoxy radical, hydroxyl radical 등의 활성산소 억제로 지질과산화함량을 낮추는데 활발히 사용되었다고 사료되어 진다. 혈중 leptin 함량은 EZ 군, H40 군에서 유의적으로 높게 측정되었으며, SPS군, GPS군은 낮은 함량을 나타냈다. 따라서, 전분을 달리하여 첨가한 고지방 식이가 비만한 식이에 미치는 효과를 살펴본 결과, 알감자 전분을 100% 대치하여 제조한 SPS군을급여한 군에서 다른군에 비해 비만억제 효과를 나타냈다고 사료되어지며, 이를 토대로 알감자 전분을 이용 다양한 방법으로 변형시켜 (효소처리:EZ-S, 저온처리:H40-S) 30% 버터를 대치한 지방대체물로 사용, 쿠키를 제조하였으며, 이 쿠키를 9주동안 rat에 급여하여, in vivo 내에서의 생리활성을 측정해 보았다. 그 결과 4주째까지는 체중에 큰 차이를 보이지 않았으나, 5주째부터 서서히 EZ-S 군의 체중 증가량이 다른 군에 비해 낮았고, 식이효율 또한 유의적으로 낮게 측정되어 식이에 미치는 영향과 관계없이 체중 증가율이 적은 것을 알 수 있었다. 또한 TC 를 제외한 혈중 TG, LDL-C, glucose level, 이 다른군에 비해 EZ-S군에서 낮

은 경향을 보였으며, 간 조직내 TL, TC, TG 함량 또한 EZ-S군이 낮게 측정되었다. 혈청 및 간, 신장 조직내 MDA 생성량 또한 EZ-S군이 낮게 나타났으며, H40-S 군이 유의적으로 높았으며, GP-X 활성 또한 EZ-S군에서 낮아 GP-x와 Ctalase 가 MDA 생성을 억제 시키는데 사용이 되었다고 사료된다. 혈중 leptin 농도 또한 EZ-S, H40-S 군이 다른 군에 비해 매우 낮은 함량을 나타냈다. 따라서, 알감자 전분을 효소처리하여 변성시킨 전분이 체중 효과가 높음을 알 수 있었으며, in vivo에서 또한 생리활성이 높은 것으로 사료되어 식품산업에의 적용 및 활용이 기대된다.

알감자 전분을 효소처리하여 변성시킨 변성전분은 체내 무독화 하며, 이를 지방대체물로 사용하여 제조한 쿠키는 체중 감소 효과 및 in vivo 상활성 또한 높게 측정되었다.

따라서 탄수화물계 대체소재의 하나인 감자변성전분은 단순히 식품내에서 기존의 탄수화물이 갖는 특성을 대체한다는 측면 뿐 아니라 유용한 생리활성의 결과를 토대로 연구개발 및 산업적 적용이 활발하게 지속적으로 이루어져야 할것이다. 특히 저열량 탄수화물 소재로서 다당류의 이용은 지방대체제소서의 기능성에 중점을 둔 식품개발가능성을 제시할 수 있으며 지방의 텍스처나 향미에 영향을 미치지 않은 식품으로써의 개발도 함께 이루어져 식품의 관능성과 소비자의 선호도를 높은 제품으로 승화시켜야 할것이다. 식품에 지방을 대체할 수 있는 물질을 첨가하여 지방의 함량을 감소시키고 결과적으로 소비자들이 지방의 섭취를 줄임으로써 비만을 예방하고자 의도에 맞도록 건강 지향 식품으로써의 위상을 높일 수 있다. 따라서 기존의 품질을 유지하면서 지방의 함량을 줄일 수 있는 소재 및 관련제품에 대한 연구개발을 앞으로도 지속적으로 이행할 예정이다.

# Summary

## I. Title

Development of fat replacer made by waxy potato starch

## II. Objective and necessity of research and development

Producing waxy modified starch out of potato to use it as fat replacer, this study examined closely physiological activation and intended to present the possibility of developing low-calorie food and low-fat food. Developing carbohydrate fat replacer as materials for low-calorie and low-fat food made of Korean potato, it is expected that the new demand of fat replacer will be created. Since fat replacer can keep the safety and quality of products and can be applied to many areas and developed to be practical food, it is expected to be usable for diverse uses. Furthermore, it may be also new materials resource of new area to be commercialized in the future. Producing domestically fat replacer by using domestically produced grains as materials, I intend to develop related products, to examine obesity-inhibiting effect and to present possibility of developing low-calorie and low-fat food from safe carbohydrate fat replacer (without side effect and toxicity).

## III. Contents and scope of research and development

1. Developing modified waxy potato starch and processed food
  - 1) Examining the property of potato starch
  - 2) Establishing the optimum method to separate starch

- 3) Identifying the appropriateness of processing modified starch
  - 4) Developing processed food in low fat
2. Examining the physiological activation of modified waxy potato starch
    - 1) Effect of cookies by modified waxy potato starch on the weight
    - 2) Examining the effect of high fat diet by modified waxy potato starch to induced, obese and white mouse

#### **IV. Suggestion on the result and utilization of research and development**

##### **1. Developing modified waxy potato starch and processed food**

Potato starch was modified by chemical and physical modification. Potato starch was separated by using starch extraction method of water and alkali processing method to establish the optimum yield treatment method in different starch extraction method. In the case of general potato and small potato, the starch yield by water digestion was high. Thus, SP showed higher starch yield for each species than GP, presenting the difference in the application of starch production among species. Furthermore, the selecting condition of production process could be presented. While yield of modified starch produced by different physical and chemical modification method was in the order of DF, HTP > HPR > EZ > AC > H40 , physical modified method rather than chemical modified showed higher yield.

Observing modified starch (treated in different method) by

SEM, EZ showed shape of deformed round oval, HT, AC, HPR showed shape similar to that of NL, the commercial fat replacer.

In the modified starch such as AC, DF, H40, peak in B and C type similar to those of general starch was found, but HTP, EZ showed non-crystalline shape. Compared to other modified starch, HPR, the chemically produced denatured starch showed very peculiar peak and structure in V-form. Namely, while the surface of starch before modified treatment was smooth and regular in the starch granule, most of denatured starch showed shape of irregular and small pieces or lost globular form.

While the order of contents of amylopectin was in the order of SP > GPS in general starch and H40 > HPR > EZ > APS > AC > HTP showed extremely high contents. The degree of distribution for each particle size showed almost similar tendency, modified starch showed very minute size

Measuring the degree of gelatinization per the modified method, the degree of gelatinization of SPS as much higher than that of GPS. In the case of modified starch produced by different modified method, H40 was the highest value and followed in the order of HPR, EZ .

The water binding activity of modified starch was 280% in H40. When producing modified starch, the thermally treated modified starch showed high water binding activity ability.

Measuring viscosity by producing general starch and modified starch as gel of 10% concentration, the GP, SP starch showed very high viscosity of 30.30,  $29.55 \times 10^3$  centi poise . Showing viscosity of 38.60,  $31.60 \times 10^3$  centi poise, the modified

starch was in the order of H40, HPR. While the calorie of starch of SPS was measured to be 2.0 Kcal/g, very low calorie and that of GPS was 3.0, those of chemically modified starch, H40, HPR showed 2.4, 2.5 Kcal/g respectively, suggesting that calorie is decreased by modified treatment.

The appropriateness of processing food was experimented by substituting the existing oil and fat containing food with saturated gel of starch and modified starch in constant rate through utilization of modified starch.

When producing mayonnaise by substituting edible oil with gel of modified starch in 10-50%, calorie was reduced by 44~45% when substituted by 50%, suggesting the potential of low-fat food. Measuring viscosity of mayonnaise by Brookfield viscometer, the mayonnaise with H40 showed high viscosity and the chemical modified starch group of HPR, EZ also showed high viscosity. Generally, the material property of mayonnaise tended to reduce in all measured items when oil and fat are substituted by starch substituting materials and the substituting materials increase. When it comes to the emulsification stability of mayonnaise with starch substituting materials, emulsification stability of all mayonnaise with starch substituting materials is lower than that of compared group.

While the group with NL as commercial fat replacer showed emulsification stability which was slightly higher than group with modified starch and the substitution group of H40, HPR showed higher emulsification stability. Sensory evaluation for low-fat mayonnaise by substituting oil the products substituted by modified starch was more preferred than general starch substituting products

such as GPS, SPS. While NL as commercially fat replacer showed the high preference, products with H40, EZ, HTP were also highly preferred.

Producing cookie by substituting saturated gel of starch and modified starch for butter, I checked whether fat of modified starch could be substituted for bakery products.

The baking loss rate of each group is as follows: compared group without modified starch-12.50% (the lowest); cookie group substituted by EZ-S and H40-S -14.63% and 14.89% respectively; SPS products that are not modified - 16.67% (the highest).

Measuring the material property of cookie, the cohesiveness did not show larger difference between additional groups of modified starch, H40-S and EZ-S than compared group and SPS showed high measured value. While the group processed by starch showed higher gumminess than compared group, EZ-S group showed the highest value. While the group processed by starch showed higher chewing property than compared group, EZ-S group showed very high tendency. All groups with substituted starch showed higher hardness than compared group. Especially, H40-S processing group showed very high hardness. Springiness was measured in the order of EZ-S >H40-S> NR(control)> SPS. In the fragmentation property, compared group showed very high value, EZ-S group showed the lowest tendency.

Comparing the saturation property between starches by measuring gelatinization heat temperature with DSC, SPS began at 75.88°C with peak temperature at 72.08°C and termination temperature at 82.46°C. Thus, gelatinization temperature was

somewhat higher than general starch. Since the range of gelatinization temperature of modified starch, H40-S and EZ-S were low at 73.80~74.07°C and 71.97~77.61°C respectively, it is expected that gelatinization temperature can be lowered, depending on the modified temperature.

According to the sensory test of low-fat cookie produced by substituting modified starch and general starch with butter, the taste of compared group was best, showing the order of H40-S > SPS > EZ-S. In the item of fragrance, group processed by modified starch except SPS showed similar preference with compared group. The group processed by starch and modified starch showed lower trend of brown color than compared group, suggesting low preference. In the material property, H40-S showed similar preference with that of compared group and high preference in general preference. Thus, if H40-S is used to produce butter cookie, low fat product similar to general cookie can be provided to consumers.

## **2. Examining the physiological activation of modified waxy potato starch**

Feeding rats high fat food composed of potato starch instead of corn starch by transforming AIN-93 composition for 50 days to make them obese, I divided them into 4 groups, i.e., GPS group, SPS group, EZ group and H40 group. Then, feeding them for 70 days with different starch for each group, I observed their physiological activation in vivo. As a result, there was no difference in the increment of weight in the groups of GPS, EZ and H40. Meanwhile, EZ group showed less increment than them and the

measured value of dietary efficiency was also low. Calculating obesity judgment index, Röhrer index, Lee index, T.M. index and body fat contents, the obesity index of SPS group was lower than other groups, which suggested that the starch of SP affected weight less than other additive starch. While GPS group and SPS group did not show significant difference in blood Glucose, TC, LDL-C level, their measured values were lower than those of EZ, H40 group. In HDL-C level, no significant difference was found except GPS group. Furthermore, calculating Atherogenic Index by HDL-C, TC contents, H40 showed higher measured value than other groups, suggesting that H40 group affects obesity and arteriosclerosis more than other starch added diet. Measuring the MDA formation quantity in serum, liver and kidney, the serum MDA formation quantity of H40 was measured to be much higher than other groups. In the tissue of liver and kidney, EZ, H40 group showed significantly lower contents than other groups. Examining acid-proof mechanism in the body, the contents of glutathion showed different tendency in each tissue, but the measured value of GP-x activity was low in SPS group, which suggested that the suppression of active oxygen such as alkoxy radical, hydroxyl radical, etc., actively contributed to the reduction of lipid peroxide contents. The leptin contents in the blood was measured significantly high in EZ group and H40 group and low in SPS group and GPS group. Thus, examining the effect that high fat food with modified starch has on the obese food, the group fed by SPS produced by substituting SP starch by 100% seemed to have obesity suppressing effect compared to other groups. On the basis of this result, I denatured SP starch in diverse methods (enzyme

treatment :EZ-S, low temperature treatment: H40-S) and produced cookie by using it as fat substitute replacing 30% butter. Then, feeding rat this cookie for 9 weeks, I measured the physiological activation in vivo. As a result, there was no big difference in weight until the 4th week, but the weight increment of EZ-S group gradually became lower than other groups from the 5th week. Since the measured value of dietary efficiency was also low significantly, it was found that increment of weight was low irrespective of influence on diet. Moreover, EZ-S group showed lower blood TG, LDL-C, glucose level than other groups except TC and the contents of TL, TC, TG in the liver tissue was also measured low in the EZ-S. The formation quantity of MDA in serum, liver and kidney was also found low in EZ-S group and significantly high in H40-S group. Since the GP-X activation was also low in EZ-S group, it seems that GP-x and Ctalase contribute to the suppression of MDA formation. The leptin concentration in the blood was also found much lower in EZ-S, H40-S group than other groups. Thus, it turned out that the starch denatured by treating SP starch with enzyme is quite effective in weight. As the denatured starch seems to have high physiological activation in vivo, it is expected to be applied and utilized in the food industry.

The modified starch by various treatment, SPS with enzyme is detoxified in the body and the cookie produced by using it as substitute for fat showed high measured value in reducing body weight and activation in vivo. Thus, they could be very useful as substitute for fat that substitutes the fat used in large quantity for confectionery and bakery.

Therefore, research and development and industrial application shall be actively and constantly made, considering that potato modified starch, one of the substitute materials in the family of carbohydrate does not merely substitute the characteristics of existing carbohydrate but has useful result of physiological activation. Especially, using polysaccharide as low calorie carbohydrate material can suggest the potential of developing food focusing on the function of substitute for fat. It is necessary to develop food that doesn't affect texture or flavor of fat so that it can be product with high sense and consumer satisfaction. Reducing the fat contents by adding materials that fat replacer in the food and eventually reducing consumer's ingestion of fat, health -oriented food can be placed at high position in accordance with the intention to prevent obesity. Therefore, research and development for materials and related products which maintain the existing quality and reduce fat contents will be constantly performed in the future.

# CONTENTS

Chaper 1 Research objective -----	29
Paragraph 1. Research objective -----	29
Paragraph 2. Significance objective of research development -	30
Paragraph 3. Contents and scope of research and development -----	35
Chaper 2 Domestic and international trends of research and development -----	37
Chaper 3 Achievement of research and development and result -----	41
Paragraph 1 Developing modified waxy potato starch and processed food -----	41
1. Experimental material and methods -----	41
a. Characteristic of potato starch -----	41
1) Isolative methods of starch -----	41
2) X-ray patterns and scanning electron microphotographs -----	41
3) Contents of amylose and amylopectin -----	42
4) Particle size distribution of starch and modified starch-----	42
5) Gelatinigation of starch by $\beta$ -amylase pullase (BAP) -----	42
6) The water binding of activity -----	43
7) The viscosity of gel -----	44
8) Total calorie of starch -----	44

b. Manufacturre of modified starch -----	44
1) Select of potato spice -----	44
2) Manufacture of modified starch -----	44
2. Results -----	48
a. Yield of potato starch -----	48
b. Yield of modified potato starch -----	49
c. Scanning electron microphotographs of potato starches -----	49
d.X-ray patterns of starches -----	54
e. Amylose and amylopectin contents of modified potato starch -----	58
f. Particle size distribution of starch and modified starch -----	59
g.Gelatinigation of starch by $\beta$ -amylase pullase (BAP) -----	62
h. The water binding of activity of modified starch -	63
i. The viscosity of gel -----	65
Paragraph 2 Effect of Modified waxy potato starch on the weight loss in high fat diet-induced obese rats -----	68
1. Experimental material and methods -----	68
a . Experimental animal and fed -----	68
b . Collecting bloods and organs -----	69
c . Obesity index -----	72
d . Lipid levels in serum -----	72
e . Lipid levels in hepatic -----	72
f . Amino transferase -----	72

g .	Glucose level -----	73
h .	Serum, liver and kidney peroxidation -----	73
i .	Antioxidative activity (in vivo) -----	74
j .	Leptin levels inserum -----	75
k .	Statistics -----	75
2.	Results -----	75
a .	Body weight -----	75
b .	Fed effect ratio -----	76
c .	Organs weight -----	77
d .	Obesity index -----	78
e .	Lipid levels in serum -----	81
f .	Composition of lipid in liver -----	83
g .	Amino transferase activity -----	84
h .	Glucose level -----	85
i .	Serum, liver and kidney peroxidation -----	86
j .	Antioxidative activity (in vivo) -----	87
k .	Leptin level in serum -----	92
Paragraph 3	Low fat food made by modified starch-----	95
1.	Materials and method -----	95
a .	Low fat mayonnaise made by modified starch -----	96
1)	Color index and rheological of low fat mayonnaise made by different modified starch -----	96
2)	Emulsion stability of low fat mayonnaise made by modified starch -----	97
3)	Sensory evaluation -----	98
b .	Low fat cookies made by modified waxy potato starch -----	98

1) Baking losses of cookies made by modified starch	-----100
2) Color index of cookies made by modified starch	----- 100
3) The rheological characteristics of cookie	-----101
4) DSC thermograms of the modified starches	---101
2. The characteristics of low fat food processing	----- 103
a . The characteristics of low fat mayonnaise	
made by modified starch	----- 103
1) The caloriel and decrease ratio of mayonnaise	
made with starch and modified starch	----- 103
2) Color index and rheological of low fat mayonnaise	
made by different modified starch	----- 105
3) Emulsion stability of low fat mayonnaise made by	
modified starch	----- 110
4) Sensory characteristics of low fat mayonnaise made	
by modified starch	----- 112
b . Low fat cookies made by modified waxy potato starch	
	----- 114
1) The external shape of low fat cookie	----- 115
2) Baking losses of cookies made by modified starch	
	----- 115
3) Color index of cookies made by modified starch	
	----- 116
4) The rheological characteristics of cookie	----- 116
5) DSC thermograms of the modified starches	--- 118
6) The Sensorry evaluation of cookie made by	

modified starch-----	121
Paragraph 4 Effect of industry food added modified waxy potato starch on weight loss in rats -----	122
1. Experimental material and methods -----	122
a . Experimental animal and fed -----	122
b . Collecting bloods and organ -----	125
c . Obesity index -----	125
d . Lipid composition of serum -----	125
e . Lipid pattern in liver -----	126
f . Amino transferase -----	126
g . Glucose level -----	126
h . Serum, liver and kidney peroxidation -----	126
i . Antioxidative activity(in vivo) -----	127
j . Leptin levels in serum -----	128
k . Statistics -----	128
2. Results -----	129
a . Body weight -----	129
b . Total intake and fed effect ratio -----	130
c . Organs weight -----	130
d . Obesity index -----	131
e . Lipid composition of serum -----	132
f . Lipid pattern of liver -----	135
g . Amino transferase activity -----	135
h . Glucose level -----	134
i . Lipid peroxidation -----	137
j . Antioxidative activity(in vivo) -----	139
k . Leptin levels in serum -----	142

Paragraph 5 The production of large scale of modified waxy potato starch and food made by modified waxy potato starch -----	145
1. The production of large scale of modified waxy potato starch -----	145
a . The manufacture processing of modified starch by acid treatment -----	145
b .The manufacture processing of modified starch by enzyme -----	146
2. Development of food made by modified potato starch	
a . Low fat mayonnaise -----	147
b . Confectionery made by modified starch -----	147
Chapter 4. Achievement and contribution to relevant area ----	150
Chapter 5. Application of results -----	151
Chapter 6. Technology information collected overseas -----	156
Chapter 7. Reference -----	171

## 목 차

제 1 장 연구개발 과제의 개요 -----	29
제 1 절 연구개발의 목적 -----	29
제 2 절 연구개발의 필요성 -----	30
제 3 절 연구의 개발 내용 및 범위 -----	35
제 2 장 국내외 기술개발 현황 -----	37
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과 -----	41
제 1 절 Modified waxy potato starch를 이용한 생리활성 규명 및 가공식품 개발 : 탄수화물계 지방대체물 개발법 확립 -----	41
1. 실험 재료 및 방법 -----	41
가. 감자전분의 특성 및 성분 비교 -----	41
1) 전분 분리법 -----	41
2) X-ray 회절도 및 주사전자현미경 촬영 -----	41
3) 아밀로오스와 아밀로펙틴의 함량 -----	42
4) 입도 분석 -----	42
5) $\beta$ -amylase pullase(BAP)법을 이용한 호화도 측정---	42
6) 수분결합능력 -----	42
7) Gel 점도 측정 -----	43
8) 총 전분의 칼로리 -----	43
나. 변성전분 제조 -----	44
1) 감자 품종 선발 -----	44
2) 변성 전분 제조방법 -----	44
2. 결과 및 고찰 -----	48

가. 전분 수율 -----	48
나. 변성방법에 따른 전분 수율 -----	49
다. 주사전자현미경에 의한 전분의 형태 관찰 -----	49
라. x-ray 회절도 -----	54
마. 변성전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량 -----	58
바. 입도 분석 -----	59
사. BAP에 의한 호화도 -----	62
아. 변성전분의 수분결합 능력 -----	63
자. Gel 점도 -----	65
차. 전분과 처리방법을 달리한 전분 열량 -----	67
제 2 절 Modified waxy potato starch의 high fat diet 유도비만흰쥐 에 미치는 효과 규명 -----	68
1. 실험재료 및 방법 -----	68
가. 실험동물 및 식이 -----	68
나. 혈액과 장기의 채취 -----	69
다. 비만지수 평가 -----	72
라. 혈청지질 패턴 분석 -----	72
마. 간조직 내 지질 함량 -----	72
바. Amino transferase -----	73
사. Glucose -----	73
아. 혈청과 조직 내 지질과산화도 -----	73
자. 항산화능 측정 -----	74
차. 혈청 leptin 농도 -----	75
카. 통계처리 -----	75
2. 결 과 -----	75
가. 체중변화 -----	75
나. 총 식이섭취량과 식이효율 -----	76

다 . 장기무게 -----	77
라 . 비만지수 평가 -----	78
마 . 혈청 지질패턴 -----	81
바 . 간 조직 내 지질함량 -----	83
사 . Amino transferase 활성 -----	84
아 . Glucose level -----	85
자 . 지질 과산화도 -----	86
차 . 항산화능 -----	87
카 . 혈중 leptin 농도 -----	92
제 3 절 변성전분을 이용한 저지방 가공식품 제조 -----	95
1. 실험재료 및 방법 -----	95
가 . 지방대체물을 이용한 마요네즈 제조 -----	95
1) 마요네즈의 색도 및 물성 측정 -----	96
2) 마요네즈의 유화안정성 및 점도 측정 -----	97
3) 관능검사 -----	98
나 . 변성 전분을 이용한 저지방 쿠키의 제조 -----	98
1) 쿠키의 굽기 손실을 측정 -----	100
2) 변성감자전분을 첨가한 제품의 색도 측정 -----	100
3) 변성감자전분을 첨가한 제품의 물성 -----	101
4) 전분의 호화 -----	103
2. 변성전분을 이용한 저지방 가공 식품의 가공 특성 결과 -----	103
가 . 변성전분을 이용한 저지방 마요네즈 특성 -----	103
1) 변성전분을 이용한 저지방 마요네즈의 열량 감소 효과 -----	103
2) 저지방 마요네즈의 색도 및 물성 -----	105
3) 저지방 마요네즈의 유화 안정성 -----	110

4) 저지방 마요네즈의 관능검사 -----	112
나 . Modified waxy potato starch를 이용한 저지방 쿠키 제조 -----	114
1) 저지방 쿠키의 외형촬영 -----	115
2) 저열량 쿠키의 굽기손실을 -----	115
3) 저지방 쿠키의 색도 비교 -----	116
4) 저지방 쿠키의 물성적 특성 -----	116
5) 쿠키제조시 첨가한 변성전분의 호화특성 -----	118
6) 쿠키의 관능검사 -----	121
제 4 절 Modified waxy potato starch 첨가 가공식품이 비만에 미치는 영향 -----	122
1. 실험재료 및 방법 -----	122
가 . 실험동물 및 식이 -----	122
나 . 혈액과 장기의 채취 -----	125
다 . 비만지수 평가 -----	125
라 . 혈청지질 패턴 분석 -----	125
마 . 간조직 내 지질 함량 -----	126
바 . Amino transferase -----	126
사 . Glucose level -----	126
아 . 혈청과 조직 내 지질과산화도 -----	126
자 . 항산화능 측정 -----	127
차 . 혈청 leptin 농도 -----	128
카 . 통계처리 -----	129
2. 실험결과 -----	129
가 . 체중 변화량 -----	130
나 . 총 식이섭취량과 식이효율 -----	130
다 . 장기무게 -----	128

라 . 비만지수 평가 -----	131
마 . 혈청 지질패턴 -----	133
바 . 간 조직내 지질함량 -----	135
사 . Amino transferase 활성 -----	135
아 . Glucose level -----	136
자 . 지질 과산화도 -----	137
차 . 항산화능 -----	139
카 . 혈중 leptin 농도 -----	142
제 5 절 Modified waxy potato starch 대량생산 공정 및 modified waxy potato starch 이용 가공식품 개발 -----	145
1. Modified waxy potato starch 대량생산 공정 -----	145
가 . 산처리에 의한 변성전분 생산 공정 -----	145
나 . 효소처리에 의한 변성전분 생산 공정 -----	144
2. Modified waxy potato starch 이용 가공식품 개발 -----	146
가 . 저지방 마요네즈 -----	147
나 . 변성전분을 이용한 스낵제품 -----	147
제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 -----	150
제 5장 연구개발의 활용계획 -----	151
제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 -----	156
제 7장 참고문헌 -----	171

# 제 1 장 연구개발 과제의 개요

## 제 1절 연구개발의 목적

식이지방의 과도한 섭취로 인한 여러 가지 건강상의 문제의 발생되고 있으며, 최소한 지방 또는 열량을 가진 식품에 대한 소비자의 욕구를 증가되고 있다. 이에 식품산업계는 지방을 대체할 수 있는 신소재 개발에 대한 연구가 이루어지게 되었다.

지방대체물질은 유지 고유의 특성인 향미, 조직, 유화성, 응집성, 부작성, 윤향성 및 크림성 등 유지와 비슷한 texture를 나타내며, 열량을 공급하지 않거나, 저 열량의 소재이다. 현재 미국에서는 지방 열량의 1/2에 이하인 4Kcal/g의 칼로리를 가진 전분변형제품 즉 쌀, 옥수수, 보리 및 밀로부터 각종 효소 및 화학약품을 이용한 지방대체물질이 개발되어 실제 식품산업체에서 응용되고 되고 있다. 지방대체물질의 종류로는 단백질계 지방대체물질(protein-based fat substitutes), 탄수화물계 지방대체물질(carbohydrate-based fat substitutes), 지방계 지방대체물질(fat-based fat substitutes), 합성계 지방대체물질(synthetic-based fat substitutes)으로 분류되며 응용가능한 식품은 주로 salad dressing, cheese, cake, mayonnaise 등의 제품을 대체 하는데 사용되어 지고 있으나, 우리나라에는 아직 매우 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 감자의 전분을 이용하여 식품에 응용할 수 있는 다양한 특성을 지닌 변성전분을 제조하여 저지방 식품을 개발 가공하였으며, 동물실험에 의한 체중저하효과를 규명하고자 하였다. 또한 변성전분의 전분분리방법과 변성방법을 달리하여 변성전분 제조 공정에 따른 경쟁력을 지닐 수 있는 최적 조건을 모색하고자 하였으며 개발된 감자 변성전분을 식품에 응용하여 저지방 식품을 제조하여 제품의 이화학적 품질 특성, 기계적 관능적 특성을 측정하고, 동물실험을 통하여 저지방식품의 효과를 검증하였다.

탄수화물계의 대표적인 지방대체물질인 변성전분(modified starch)은 저열량 식품 가공에 이용되며, 물성 향상과 저장성 향상 및 비용절감의 효과를 기대할 수 있다. 특히 주식이 탄수화물인 우리나라에서는 탄수화물계 식품의 생산량은 많으나, 가공에 이용되는 식품은 수입에 의존하고 있어 탄수화물계 식품을 이용, 지방대체물 개발 및 이를 이용한 저지방 식품의 개발하고자 하였다. 따라서 식품에 적합하고 안전한 변성전분의 개발 가능성을 모색하고, 상품화 가능한 소재로써의 활용방법과 부가가치가 높은 식품 개발이 가능한 소재로써 가치가 부여될 것으로 생각된다.

## 제 2절 연구개발의 필요성

감자는 AD200년경 페루에서 처음 이용된 이래 오랫동안 인류가 이용해온 식량자원 중 하나이다. 감자전분은 1811년 미국 New England에서 전분으로 처음 생산되었으며 19세기에는 가장 중요한 전분이었다. 그 후 20세기 초반부터 감자는 주로 포테이토칩, 프렌치 프라이 등의 기호식품의 원료로 사용되면서 값싸고 구하기 쉬운 옥수수 전분이 그 자리를 차지하게 되었다(Alexander RJ 1995). 그러나 감자전분이 갖는 독특한 성질로 인해 그 필요성은 식품산업에서 매우 중요한 위치를 가지고 있다. 즉 감자전분은 옥수수 전분에 비해 증점제(thickening agent)로 이용하기 좋으며, 호화액이 매우 투명하고 젤형성 잘 일어난다. 또한 대부분의 곡류전분과는 달리 특유의 향과 맛을 지니지 않아 향이 얇은 식품(mild flavored foods)에 사용하기 적합한데 이는 감자전분에 잔존하는 단백질 함량이 적기 때문이다. 감자전분을 변형시킨 변성전분은 견고한 망상구조를 형성하여 내열성, 내산성 등의 특성을 가지며(Rutenberg MU & Solarek D, 1984), 젤 강도를 증가시킨다(김향숙&이영은, 1996).

따라서 천연감자전분의 특성을 개선하고 이화학적 처리에 의한 변성전분을 제조하여 식품에 응용하며, 변성전분의 지방대체가능성을 모색하였다. 적절한 건강과 영양, 유지에 대한 관심의 고조로 총지방섭취량을 줄일 수 있는 지방대체물질이 지속적으로 개발되고 있으나 오랜 기간 익숙해져온 식사습관을 변화시키는 것이 개발의 가장 큰 어려움이며, 특히 대체 지방을 사용함으로써 나타나는 식품의 외형, 풍미, 맛, 텍스처의 변화에 기인하여 지방이 제공하는 독특한 식감이 상실되는 문제점이 있다. 그러나 소비자들은 식품에 대체지방을 사용하여 열량 및 지방의 섭취를 줄이는 동시에 식품의 물성이나 기호성 등이 크게 변하지 않는 새로운 대체지방을 원하게 되었다. 이러한 요구에 부응하여 학계와 유지산업계는 지방의 기능을 유지하면서 이상적인 낮은 열량의 새로운 대체유지 개발과 실용화에 많은 노력을 기울이게

되었다. 따라서 지방함량, 열량 감소, 우수한 품질 그리고 경제적인 가격에 부응하는 제품이 절실히 요구되며 이에 적합한 제품을 제조하기 위해서는 우수한 가공적성, 원가절감, 소비자의 욕구충족과 같은 여러 요인에 적합한 제품의 개발이 필요하다. 대체지방은 제품의 안전성과 품질을 유지할 수 있으며 또한 여러 분야에서 적용되고 실용화된 식품으로 개발되어야 하고 아주 다양한 용도로 사용될 수 있어야 하는 것으로 앞으로 상업화될 새로운 분야의 신소재자원이 될 수 있다.

최근 지방이 지니는 각종 기능적 특징, 즉 식품의 맛과 텍스처를 향상시키는 반면에 지방의 섭취량을 감소시키는 대체지방의 요구 증가로 새로운 유지의 개발과 대체지방의 이용이 서서히 증가되고 있으며(Krisstine N, 1997) 미국에서는 40여종의 다양한 대체지방이 특허 출원되었고 FAD의 승인을 받은 제품들이 출시되고 있다(Sanchez C *et al*, 1995).

대체지방은 CALO-Fat이란 이름으로 미국 유지학회에서 처음 발표되었으며 열량이 중성지방보다도 훨씬 적은 0~5Kcal/g이다(Rekha S *et al*, 1991). 이들 대체지방은 천연유지의 맛과 느낌, 그리고 외향, 냄새가 비슷하여야 하고 독성이 없으며 대사산물이 체내에서 이용되지 못하는 경우에는 완전히 배설되어 불쾌감이나 설사 등 다른 건강상의 문제가 없어야 한다.

또한 이러한 제품들은 저열량식이나 저지방 식이가 필요한 사람들에게 식이요법을 계획대로 실천하지 못하는데서 오는 신체적, 심리적 상실감을 완화시켜 줄 수 있을 것으로 보고 되고 있다(Frey AM & Setser CS, 1992) 저지방식품의 시장은 매년 1000개 이상의 무지방, 저지방 제품이 시판되고 있고(Donald E, 1997), 미국에 살고 있는 성인 1500만명을 대상으로 조사한 결과 성인 4명당 3명이 저열량, 저지방 식품을 하루에 1회 또는 2회 이상 사용하는 것으로 조사되었다(Armbrister WL & Setser C S, 1994). 소비자들이 저칼로리 식품을 선호하는 가장 큰 이유는 건강한 신체를 유지하기 위함이고 반면에 저칼로리 식품을 좋아하지 않는 이유는 맛의 저하인 것으로 나타냈다.

가공식품은 현대인의 식생활에 대중화되어 소비량이 증가하고 있는 추세이다 이들 식품은 설탕과 지방의 함량이 높은 식품으로 영양상 불균형을 초래할 수 있고 과도한 비만으로 인한 다양한 성인병이 발병 우려가 있다. 이를 개선하기위한 여러 가지 방법을 제시하고 있으나 지방을 대체하거나, 열량을 낮출 수 있는 뚜렷한 방안을 제시하지 못하고 있는 실정이고 비만으로 인한 정신적 고통 및 경제적 손실이 매우 크다. 이미 서구에서는 지방과 설탕의 과잉 섭취로 인한 각종 성인병, 비만 증세를 보임에 따라 저열량 다이어트 식이나 설탕 또는 지방을 대체할 수 있는 식품 개발에 많은 연구를 하고 있으나 우리나라에서는 천연 감미료를 이용한 설탕대체제를 적용한 저열량 레이어 케익 등으로 신종 당질 감미료를 이용한 제과 제빵에 관한 연구는 진행되고 있으나 지방 대체물에 대한 연구 및 대체제 개발은 매우 미흡한 실정이다. 특히 지방 대체물질은 고온에서 사용할 수 없는 등의 사용의 제약이 있어 세계 각국의 식품회사에서는 지방의 색상, 향미 및 기능성을 지니면서 칼로리가 전혀 없거나 적은 유지 대체물질의 개발하려고 노력하고 있다. 대표적인 지방대체물질의 하나인 maltodextrin은 3.8kcal/g이며, 감자전분을 효소로 가수분해하여 분무 건조한 탄수화물계 지방대체물로 저열량 케익을 제조하는데 쓰이고 있으며, 쇼트닝 대신 사용하여도 양질의 케익을 제조 할 수 있음을 보고하였다(Song ES, 2001). Hydrolyzed oat flour는 오토의 겨 및 외피의 전분부분을 효소에 의해 부분적으로 가수분해하여 생산하며, 1kcal/g를 내는 탄수화물계 지방대체제로서 중성지방과 유사한 식감을 가지고, 초고온에서 가공 가능하며, 저열량 레이어케익을 제조 관능검사 및 물성검사를 통해 매우 우수한 품질을 보고하였으며, 탄수화물계 지방대체물을 이용한 저열량 식품의 개발의 가능성을 시사하였다.

과거의 저지방 식품개발은 lean meat의 사용과 같이 단순히 지방을 줄이려는 방법을 사용하였으나 최근에는 식품의 texture가 변화하는 등 문제점이 발생하여 지방이 제공하는 mouth feel 또는 creamy taste, 입안

에서의 바람직한 촉감 및 필수지방산 및 기능성 성분 제공 등 여러 가지 기능을 수행하는 지방 대체물질이 다양한 식품에서 요구되고 있다.

본 연구에서는 감자로부터 지방대체물로 사용할 수 있는 waxy modified starch를 제조. 생리활성을 구명하였으며 저열량 식품, 저지방 식품을 개발가능성을 제시하고자 한다.

우리나라 감자 원료로 한 저열량, 저지방 제품화를 위한 소재로 탄수화물계 지방 대체제를 개발하였으며, 지방대체물의 새로운 수요를 창출하는 것으로 개대한다. 지방 대체물을 국내에서 생산된 작물을 원료로 생산하여 국산화를 성공시켜 관련 제품을 개발하고 이들을 유도비만 환취에게 직접 투여하여 비만 억제효과를 구명하며, 부작용 또는 독성이 없는 안전한 탄수화물계 지방 대체제로써 저열량, 저지방 식품을 개발가능성을 제시하고자 한다.

## 제 3절 연구의 개발 내용 및 범위

### 1. 품종별 감자 및 전분의 이화학적 특성 비교

품종 별 감자의 전분의 amylose와 amylopectin 함량을 비교하였으며, 가공적성에 적합한 호화도 및 노화도를 측정하였다. 전분분리법을 물리, 화학적처리에 따른 전분의 특성을 SEM, X-ray 회절도로 촬영하여 비교하여 최적 품종을 선발하고, 가공적성에 적합한 감자전분 분리법을 확립하였다.

### 2. Modified waxy potato starch를 이용한 가공식품 개발

탄수화물계 지방대체물의 생산법 확립을 위하여 효소처리, 물리, 화학적 처리법에 따른 전분 수율을 비교 하였다. 이들 변성 전분의 이화학적 특성을 비교하여 가공적성을 규명하였다.

변성전분을 이용한 저지방, 저열량 식품으로써의 개발하였으며, 제품의 물리 화학적 특성 및 관능검사를 실시하였다.

### 3. Modified waxy potato starch의 생리 활성 규명

High fat diet으로 유도비만흰쥐에 변성전분의 효과 규명한다. 즉 체중 증가량,식이섭취량, 비만지수 판정, 지질 패턴 분석, GOT, GPT, 과산화 지질생성량, leptin 농도를 측정하였다.

### 4. Modified waxy potato starch를 지방대체물로 사용한 가공식품(쿠키)이 체중에 미치는 영향

Modified waxy potato starch를 지방대체물로 사용하여 가공식품에 첨가 했을 때 이가 흰쥐에서 체중에 미치는 영향을 측정한다. 체중 증가량, 식이섭취량, 비만지수 판정, 지질 패턴 분석, GOT, GPT, 과산화지질생성

물, 항산화 기전, leptin 농도 측정으로 비만 억제 기전을 확인하였다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 1. 탄수화물계 지방 대체물질의 기술개발

이미 오래전부터 탄수화물계 소재들은 지방 대체물질로 일부 혹은 전체를 대체하여 사용되고 있었다. 탄수화물계 지방대체물질의 소재로는 gum, modified starch, maltodextrin, polydextrose, dextrin, cellulose 등이 이용되고 있다. 이들은 대체로 hydrocolloid성 물질로 수용액에서도 점도를 증가시키거나 gel을 형성하여 긴 사슬의 고분자 물질을 만들고 점도를 증가시켜 농후제, 유화안정제, 거품안정제 등의 기능성을 제공한다. Maltodextrin의 경우 4Kcal/g의 에너지를 내어 에너지 감소효과는 없지만 대체물질로 사용할 경우 물과 3:1로 혼합하여 사용하므로 1Kcal/g의 에너지를 내는 결과를 주면서 질감과 부드러움을 제공해 준다.

Cellulose, pectin, gum 등의 섬유소 등은 적은 양만을 사용하여도 식품의 점도에 영향을 주며 전분의 1/10만 사용하여도 효과를 나타낼 수 있다고 보고하고 있다(Lipid Research Clinics Program, 1984). 전분을 기초로 한 지방대체물질은 1990년 이후 꾸준히 개발되고 있으며 주로 마가린, 프로스팅, 저지방 유제품, 치즈, 냉동디저트류 등에 사용되고 있다(Cho S Y *et al.*, 2000). 특히 빵, 케익류 등의 전자과 가열시 발생하는 경화현상을 억제할 수 있다.

또한 대두, 쌀, 옥수수, 밀의 고섬유 부분의 불용성 섬유소로부터 제조한 지방대체물질은 무지방식품에서보다 저지방식품에 효과적이며 gel의 형태로 초콜릿, 브라우니, 치즈 등의 제조에 이용되고 있다(J. Gordon, 1997). 그러나 저지방식품, 무지방식품의 대체물질로 사용되는 탄수화물계 지방대체물질은 튀김매체로는 사용하기 어렵고, 수분활성도를 높임으로써 제품의 저장기간을 단축시키며, 제품의 향미에 바람직하지 않은 영향을 주는 단점이

있다. 그러나 이들 탄수화물계 지방대체물질은 튀김유로 사용하기가 어렵고 association-water content가 높아 제품의 수분활성도를 증가시켜 최종제품의 저장기간을 감소시키는 큰 단점이 있고, 제품의 flavor profile에 영향을 주는 결점을 가지나 안정성에 대한 논란은 크게 일지 않고 있다.

이미 상업화되어 출시된 제품들로는 maltodextrin, rice flour, modified food starch, hydro oat flour 등이 있으며 이들은 유화제로 사용할 경우 지방의 계면장력을 감소시키고 반죽의 효과를 높여준다.

최근 여러 가지 단점을 개선한 지방대체물질들이 개발되고, 이들 제품들은 전분을 직접 사용하거나 때로는 변성전분을 사용하기도 한다. 대표적으로 Waxy maize starch는 전분을 산에 의해 가수분해하여 미세한 분말을 만든 후 높은 압력하에서 물과 함께 섞어 줌으로써 물층에 매우 작은 입자들이 망구조를 형성하게 한 것으로, 이 제품은 튀김에는 적당하지 않으나 비교적 넓은 온도에서 안정하므로 저지방 마아가린, 유제품, 치즈, 간식류 등에 사용되고 있다(Duxbury DD, 1991).

전분을 기초로 한 지방 대체물질들이 많이 사용되고 있지만 이들은 지방의 첨가량을 변화시킴으로써 지방 특유의 기능인 바람직한 식품의 외형, 냄새, 맛 및 질감 등에 변화를 나타냄으로써 지방이 제공하는 독특한 식감, 질감 및 포만감에 많은 문제점이 있다. (Miller RA, 1993).

지방대체물이 증가할수록 케익 반죽의 공기 혼입을 돕고 점도를 증가시키며 쇼트닝의 양이 증가할수록 케이크의 변형력이 감소하여 연해졌다는 실험 결과가 보고 된 바 있다(Lisa *et al*, 1991). 그러나 케이크와 같은 베이커리류는 주로 지방과 설탕을 다량 함유하여 열량이 매우 높아 기능성과 저열량 식품을 선호하는 소비자들의 변화된 기호를 충족시키기에는 매우 어렵다. 고열량 식품의 단점을 보완하면서 지방질이 식품에 부여하는 각종 기능적 특성을 제공하는 저열량, 저콜레스테롤 대체제품 개발에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.(Kim & Lee 1997). 지방을 사용하는 전통적 제조 방법에 유지와 유사한 질감과 향미 특성을 지니고 있고, 물리,

화학적으로 변형시킨 개선된 지방대체물들은 식품의 안정성, 크림성, 수분 보유력을 증가시켜야 지방 대체사용이 가능할 것이라고 제안하고 있다 (Paula A *et al* ,1994).

## 2. 국내외 관련기술의 현황과 문제점

식품에서 지방 함량을 줄임으로서 식품속의 지방 기능은 어려워지거나 소비자들은 열량 및 지방 섭취를 줄임과 동시에 식품의 texture를 변화시키지 않는 새로운 저지방이면서 지방이 아닌 대체유지를 원하게 되었으나 아직까지 우리나라에서는 대체유지 상품이 개발이 이루어지지 않은 실정이다. 최근 지방의 일부 또는 전체를 대신할 수 있는 물질로서 maltodextrin, rice flour, modified food starches, hydrolyzed oat flour 또는 polydextrose와 같은 다양한 탄수화물계 지방대체물이 개발됨에 따라, 식품산업계에서는 이들 지방대체물을 사용하여 칼로리를 낮추어 줄 수 있는 식품을 개발하고 이용성을 확대시키려는 연구가 다양한 각도로 이루어지고 있다. (Song *et al.*, 2001, Paula *et al.*, 1994).

전통적인 레이어 케이크를 제조하는데 사용되는 쇼트닝의 함량은 10-12%로, 지방첨가량이 많을수록 부드러운 정도와 풍미가 좋아지고 입자가 곱고 균일하게 되어 보다 촉촉한 질감을 갖게 되며(Moon SJ *et al.*, 1995, Donald KD *et al* .,1984), baking되는 동안 전분호화를 촉진하며, 단백질 응고가 나타날 때까지 케이크 반죽의 구조를 형성하여 준다.

Song 등(2002)은 탄수화물계 지방 대체물을 이용하여 저열량 레이어 케이크의 품질 개선에 관한 연구결과 당알콜계 지방 대체물인 폴리텍스트로스를 쇼트닝 중량에 대해 25% 대체 시 질감 및 외형에서 좋은 효과가 있는 것으로 보고하였다. 한편 hydrolyzed oat flour의 첨가량을 달리하여 제조된 저열량 레이어 케이크의 최적 첨가비율 결정을 위한 연구 결과 쇼트닝 대체 45%에서 기계적 측정결과 가장 우수하였고 지방 대체율이 크게 증가하여도 관능 평가에서 우수한 것으로 나타났다(Song *et al.*, 2002).

Kim 등(2001)은 소장에서 소화 흡수되지 않고 대장에서 발효되어 단쇄지방산을 생성하여 혈중 당, 인슐린 및 콜레스테롤 농도를 감소시키고 대장암 예방에 효과가 있는 것으로 나타난 저항 전분을 이용하여 질감이 우수한 케이크를 제조할 수 있다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 감자로부터 modified waxy potato starch를 개발하여 새로운 지방대체물을 개발하고 이들 대체물들의 저열량 효과를 구명하여 가공적성에 알맞는 저지방 또는 지방대체 저열량 기능성 식품을 개발을 시도하였다.

소비자들이 저열량 식품을 선호하는 가장 큰 이유는 건강을 유지하기 위한 것이나, 반면에 저열량 식품을 좋아하지 않는 이유는 제품의 맛의 저하인 것으로 나타났다. 지방함량저하, 열량감소, 우수한 품질을 유지하면서 경제적인 가격에 부응하는 제품을 개발이 절실히 요구되며 이에 적합한 제품을 제조하기 위해서는 우수한 가공적성, 원감절감, 소비자의 욕구 충족과 같은 여러 요인에 적합한 제품의 개발이 절실히 필요하다. 특히 주식이 탄수화물인 우리나라에서는 다른 영양소군의 식품보다는 전분류의 식품이 많이 생산되고 있기 때문에 탄수화물계 지방 대체물질의 이용도가 높을 것으로 예상된다. 탄수화물계 지방대체물질의 연구가 지속되어 소비자들에게 만족할 만한 제품으로서의 개발이 조속히 이루어 져야 할 것이며, 앞으로 상업화 될 새로운 분야의 신소재 자원으로 사용, 저열량 식품의 생산과 개발에 도움을 줄 수 있으며, 현대에 성인병 예방차원으로 국민건강증진에 기여할 것이다.

## 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 Modified waxy potato starch를 이용한 생리활성 규명 및 가공식품 개발 : 탄수화물계 지방대체물 개발법 확립

### 1. 실험 재료 및 방법

#### 가. 감자전분의 특성 및 성분 비교

##### 1) 전분 분리법

###### 1) 침지법을 이용한 전분 분리 방법

감자에 물을 가하여 마쇄 후 전분무게의 약 10배의 물을 가한 후 형겔자루로 걸러 물로 희석하면 전분을 침지시킨다. 전분이 침지되면 윗물을 버리고 침전물에 물을 부어 희석하여 재 침지 시킨다. 이 과정을 3-4 회 반복하여 전분이 더 이상 침전되지 않을 때까지 침지시킨 후 후 마지막으로 물을 걸러낸 후 침전 된 전분을 자연 건조시킨다.

###### 2) 알칼리 침지법을 이용한 전분 분리 방법

감자와 0.2% NaOH를 가하여 warning blender로 5min간 마쇄후 100-400 mech를 사용하여 잔사를 제거 한 다음 그 양의 5배의 0.2% NaOH를 가하여 전분을 침전시키고 pH 7.0-7.4 가 될 때까지 증류수로 반복 세척 후 건조시킨다.

##### 2) X-ray 회절도 및 주사전자현미경(scanning electron microscopy) 촬영

감자 전분을 300 mesh로 마쇄한 후 Owusu-Ansah 등의 방법 (Owsu *et al*, 1982)에 따라 X-ray diffraction meter를 이용하여 target : Cu-K $\alpha$ , filter : Ni, scanning speed : 5.0°/min의 조건으로 회전각도( $2\theta$ )

: 5°부터 40°까지 회전시켜 회절각도에 따른 피크의 위치로부터 결정형을 분석하였다.

감자전분을 100 mesh로 마쇄한 후 140Å 두께로 금도금을 한 후 주사전자현미경을 이용하여 15kV에서 200, 300, 1000, 3000배의 비율로 입자의 형태를 분석하였다. 즉, 입자의 형태는 감자전분을 300, 1000배의 비율로 관찰하였다.

### 3) 아밀로오스와 아밀로펙틴의 함량

감자전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량은 Williams 등의 방법 (Williams PC *et al*, 1970)에 따라 측정하였다. 보리 가루 20mg을 100ml 플라스크에 취하고, 0.5N KOH용액 10ml를 가하여 시료를 잘 분산시킨 다음 증류수를 가하여 100ml로 하였다. 이 용액을 10ml 취하여 0.1N HCl 5ml로 중화시킨 후 증류수를 가하여 45ml가 되게 하였다. 요오드 용액 (0.2% I<sub>2</sub>와 2% KI 혼합액) 0.5ml를 가하고 증류수로 전체가 50ml가 되게 한 후 실온에서 5분간 방치한 다음 625nm에서 흡광도를 측정하여 표준 곡선으로부터 아밀로오스 함량과 아밀로펙틴 함량을 구하였다.

$$\text{Amylopectin (\%)} = 100 - \text{Amylose (\%)}$$

### 4) 입도 분석

감자전분의 입도분석을 위해 100 mesh로 마쇄한 후 particle size analyser (HELOS, Germany)를 사용하여 분석하였다. Focal length : 100mm, beam length : 2.2mm의 조건으로 입도분석을 실시하였다.

### 5) β-amylase pullase(BAP)법을 이용한 호화도 측정

전분의 호화도를 측정하기 위하여 과량의 80% 알코올로 탈수한 후 감압 여과하여 상온에서 풍건하고 마쇄하여 100메쉬 체를 통과시켜 시료를 제

조하였다. 이와 같이 건조 탈습된 시료를 알칼리로 재호화시키고 대조군은 그대로 분산시킨 후  $\beta$ -amylase와 pullulase로 분해하여 생성된 maltose를 Somogyi-Nelson법으로 정량하고 두 처리구의 흡광도와 당함량의 차이에서 호화도를  $\beta$ -amylase pullulase(BAP)법(具照圭二, 1981)에 의해 다음과 같은 방법으로 측정하였다.

즉 시료전분 80mg과 증류수 8mL을 혼합하여 분산시키고 2mL 취한 후 시료구는 0.8M 아세트산 완충용액(pH 6.0) 25mL로 정용 하였으며 완전 호화구는 10N NaOH용액을 가하여 50℃ 항온수조에서 5분간 완전 호화 시켰다. 그 후 2N 아세트산 용액을 1mL 첨가하여 pH 6.0으로 조정하고 0.8M 아세트산 완충용액(pH 6.0)으로 25mL가 되게 정용 하였다. 각 처리구를 4mL씩 취하여  $\beta$ -amylase와 pullulase혼합액을 1m씩 첨가하고 40℃에서 30분 동안 항온수조에서 반응시켰다. 동시에 4mL의 시료에 가열처리한 실활효소 1mL을 첨가하여 공시험구로 제조하였다. 효소 반응 후 100℃의 수욕조에서 5분간 가열 처리하여 효소를 불활성화시키고 이 용액 1mL을 취하여 Somogyi - Nelson법에 따라 환원당 함량을 정량하였다.

$$\text{Degree of gelatinization} = \frac{A - a}{A' - a}$$

A : reduced sugar amounts of each sample

A' : reduced sugar amounts of completely gelatinized each sample

a : reduced sugar amounts of blank test each sample

## 6) 수분결합능력

감자 전분의 수분결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법(Medcalf DG&Gilles KA, 1965)에 따라 다음과 같이 측정하였다. 즉 전분 2g을 칭량하여 비이커에 취한 후 증류수 30mL를 가한 다음 1시간 동안 교반하였다. 현탁액을 항량한 튜브에 옮기고 증류수로 비이커를 세정하면서 50mL로

정용하여 원심분리(1000rpm, 30min)후 상정액은 제거하고 거꾸로 세워 1분 정도 유지시켰다. 침전된 보리의 무게(A)를 측정하여 보리와의 중량비로부터 수분결합능력을 계산하였다.

$$\text{수분결합능력}(\%) = \frac{A(g) - \text{시료의무게}(g)}{\text{시료의무게}(g)} \times 100$$

## 7) Gel 점도 측정

지방 대체물인 변성전분에 증류수를 첨가하여 10w/w% 농도의 반고체형으로 제조하여 paste를 제조하고 gel화 된 각각의 전분의 점도를 Brookfield viscometer(Model DV-I, Stoughton, MA)로 측정하였다

## 8) 총 전분의 칼로리

전분 시료 1g을 Bomb Calorimeter(PARR1266, U.S.A.)를 이용하여 칼로리를 측정하였음.

## 나. 변성전분 제조

### 1) 감자 품종 선발

Amylopectin함량, 전분 수율 및 가공적성 적합 품종의 일반감자, 알감자를 선발하여 변성 전분을 제조하였다.

### 2) 변성 전분 제조방법

#### ① Modified starch I(AC)

감자전분 100g에 증류수 400mL을 가하고 균일한 현탁액을 만들기 위해 25℃에서 1시간 동안 교반하였음. 1N-NaOH로 pH 8.0

으로 조정한 후 3% NaOH용액으로 pH8.0-8.4를 유지하면서 acetic anhydride를 전분량의 10%를 첨가하고 계속 교반하면서 10분간 더 반응시킨다. 반응이 끝난 후 slurry를 0.5N-HCl로 pH 4.5가 되도록 조절하고 여과한 후 시료에 95% ethanol 300mL를 가하여 부분적으로 건조시키고 산을 제거하였으며 여기서 얻어진 acetylation 감자전분을 건조하여 화학적 처리에 의한 변성 전분 시료로 사용하였다.

#### ② Modified starch II(H40)

2M-acetic acid를 시료의 30배가 되도록 가하여 40℃에서 각 2hr 반응 시키고 10배의 증류수를 사용하여 세척 후 여과시킨다. 여과된 시료에 아세톤을 사용하여 세척 후 재 여과한 후 증류수를 반복 사용하여 세척한 후 건조하여 화학적 처리에 의한 변성전분을 제조하였다.

#### ③ Modified starch III(EZ)

물에 침지시켜 수분을 흡수시킨 전분 중량에 대해 3배의 물을 가한 뒤 온도를 50-55℃로 조절한 다음 glucoamylase(Sumizyme, 新日本化學, Japan)를 전분 무수물로 환산하여 중량 당 0.075%가 되게 첨가하고 일정시간 반응시키고 나서 -70℃에서 동결시킨 다음 냉동건조 시켜 효소처리 변성전분으로 제조하였다.

#### ④ Modified starch IV(HPR)

감자전분 100g을 플라스크에 취하여 증류수 120mL에 NaOH 1.3g, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 15g을 가하여 혼합한 후 water bath에서 40℃로 유지하면서 propylene oxide를 전분량의 10%(v/w) 첨가하고 밀폐하여 40℃ shaking incubator에서 24시간동안 반응시켜 d-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로

중화한 후 원심분리 하였다. 여기서 생긴 starch cake을 1M-BaCl<sub>2</sub>를 indicator로 하여 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 없어질 때 까지 수세하여 건조시켜 화학적 처리에 의한 변성전분으로 제조하였다.

**⑤ Modified starch V(HTP)**

전분 시료 100g에 30%의 증류수를 혼합하여(w/w) 압력 1.5kg/cm<sup>2</sup>, 내부온도 121-123℃로 가온하여 15min 동안 반응시켜 물리적 처리에 의한 변성전분으로 제조하였다.

**⑥ Modified starch VI(DF)**

상온에서 2시간 물에 침지한 후 표면의 물기를 제거하고 나서 -70℃의 냉동고에서 냉동 후 실온에서 해동하는 조작을 반복하여 물리적 처리에 의한 변성전분으로 제조하였다.

Table 1-1. List of used starch

Starch for fat replacer		Treatment Method
Commercial starch (fat replacer)	NL	N-LITEL L (National starch&Chemical Co., Singapore)
	APS	Avebe Potato Starch (Avebe Co., Netherlands)
Natural potato starch	GPS	General Potato Starch
	SPS	Small Potato Starch
Chemical modified starch	AC	treated by acetylation
	H40	treated at 40°C with acid
	EZ	treated by enzyme
	HPR	treated by propylation
Physical modified starch	HTP	treated by deep frozen at -70°C
	DF	treated with high temperature (120°C)and high pressure

Table 1-2 The characteristics of commercial fat replacer

Name of product		Manufacturing company	Application food
NL	N-LITE L	National starch&Chemical Co., Singapore	salad dressing soup, sauce
APS	Avebe Potato Starch	Avebe Co., (Netherlands)	noddle snack

## 2. 결과 및 고찰

### 가. 전분 수율

수분에 의한 전분 추출법과 알칼리처리법을 이용하여 전분을 분리하였다. 일반 감자와 알감자의 경우 알칼리 처리법에 비해 수분 침지법에 의한 전분 수율은 각각 12.10, 15.56%로 높게 나타났으며, 일반감자보다는 알감자의 전분 수율은 수분침지법으로 추출하였을 때의 전분수율이 높았다. 또한 품종에 따른 전분수율도 일반감자(GP)에 비해 알감자(SP)가 높게 측정되어 전분생산 응용에서 품종간의 차이가 있음을 알 수 있었으며, 생산 공정의 선택 조건을 제시할 수 있었다.

Table 1-2 . Yield of potato starch of treatment method

Treatment mothed	Yield (%)	
	GP	SP
Water	12.10	15.65
NaOH	9.85	12.79

#### 나. 변성방법에 따른 전분 수율

물리, 화학적 변성 처리 방법을 달리하여 제조한 변성전분의 수율은 DF, HTP > HPR > EZ > AC > H40 순으로 화학적인 변성처리법 보다는 물리적인 변성처리법이 높은 수율을 나타내었다.

Table 1-2 . Yield of modified potato starches of various treated mothed

Modified starches	Yield(%)
AC	77.54
H40	71.18
EZ	77.87
HPR	93.08
HTP	100.00
DF	100.00

#### 다. 주사전자현미경에 의한 전분의 형태 관찰

전분 분리처리법에 따라서는 전분의 형태에 SEM의 촬영 결과 크게 다르지 않았으며, 일반적인 전분의 형태인 둥근 타원형 모양을 관찰 할 수 있었다.

처리방법을 달리한 변성전분을 전자현미경으로 관찰한 결과 EZ는 둥근 타원의 모형이 찌그러진 듯한 형상을 특성을 관찰할 수 있었다. 화학적 처리, 즉 산과 열에 의해 변성처리한 H40, AC, HPR 변성전분은 시판 지방대체물인 NL과 유사한 형태를 보였다.

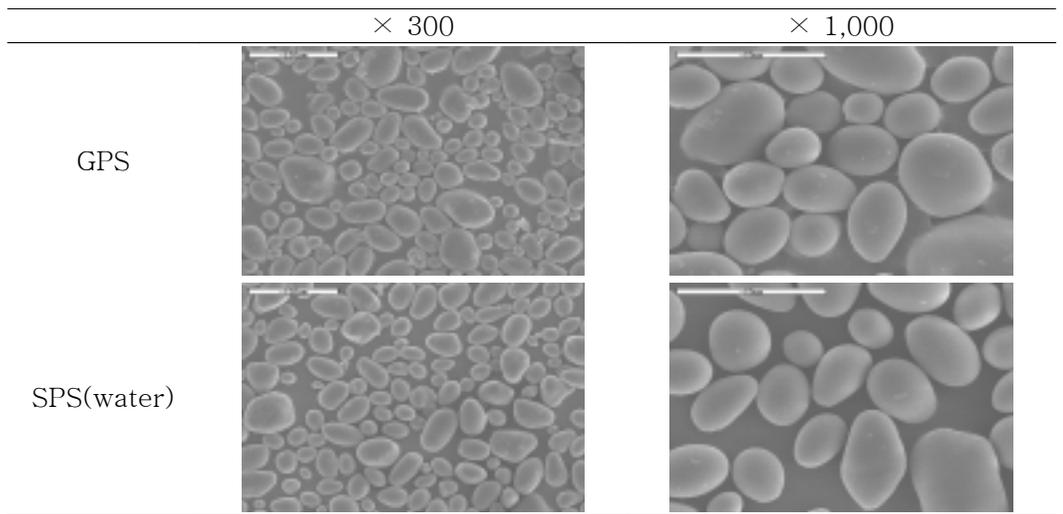


Fig. 1-1 Scanning electron microphotographs of potato starches

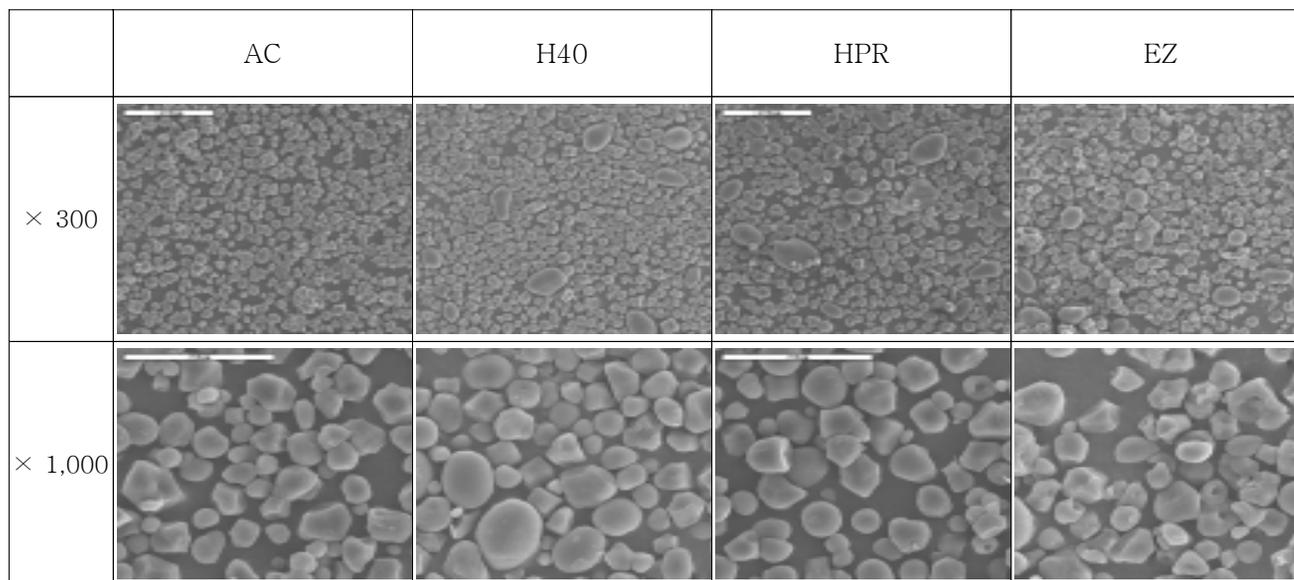


Fig. 1-2 Scanning electron microphotographs of modified potato starches made by chemical treatment

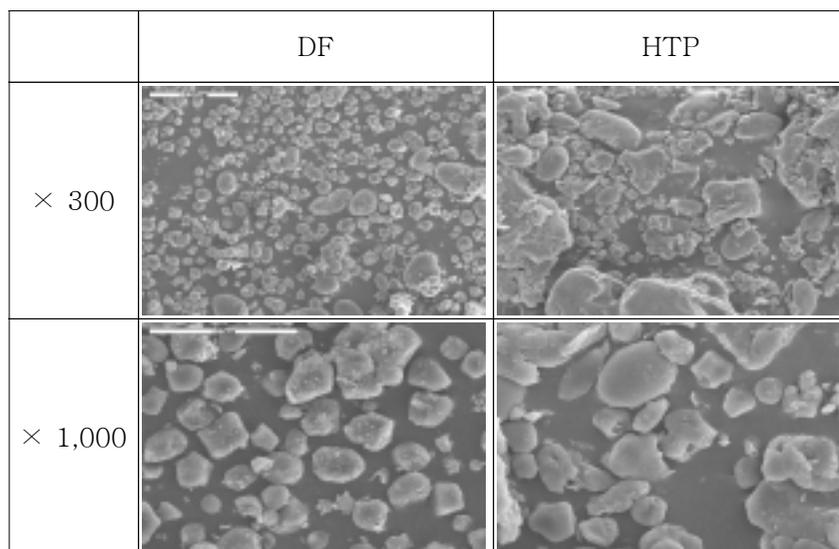


Fig. 1-3 Scanning electron microphotographs of modified potato starches made by physical treatment

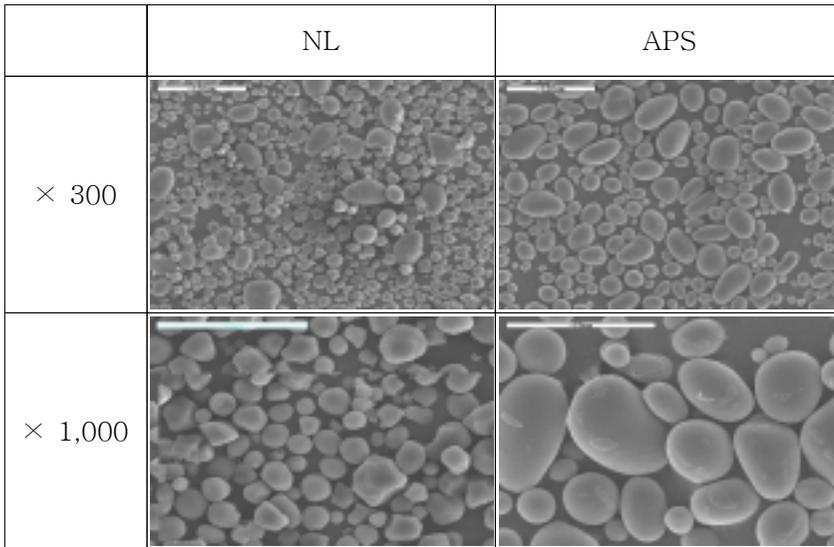


Fig. 1-4 Scanning electron microphotographs of commercial fat  
Replaces

## 라. x-ray 회절도

x-ray 회절도는 피크의 위치와 높이에 따라서 결정형이나 결정형의 강도를 나타내므로 결정성을 측정하는 방법으로서 전분의 연구에 널리 이용되고 있다. x-ray 회절도로 구분된 결정형구조로 전분의 형태를 분류하며, 곡류 전분은 A형, 괴(tuber), 과일(fruit), 줄기(stem)전분은 B형, 고구마 전분은 A와 B형의 혼합형인 C형을 보인다(Fig. 1-5). 이들 패턴은 결정격자 내에 채워진 전분분자 양식에 의하여, A형-아밀로오스와 B형-아밀로오스는 left-handed, parallel-stranded 이중 나선구조를 가지고 있으나 나선형의 결정격자와 수분함량이 달라 A형은 결정형의 구조가 치밀하고 수분이 적은 결정구조로 12 anhydrous glucose unit와 단위 세포당 4개의 물분자로 되어 있다. 그리고 B형은 결정구조 내에 공간이 있어 12 anhydrous glucose unit와 단위 세포당 36개의 물분자가 결합되어 있는 구조로 되어 있으며, C형은 그 중간에 속하는데 알칼리 아밀로오스를 80% 이상의 상대습도와 85-90°C 범위에 유지하면 A형-아밀로오스가 형성되는 반면 실온에 유지하면 B형-아밀로오스가 얻어진다고 하였다(Imberty A & Perez SA, 1988). 또한 전분의 결정성은 짧은 사슬들이 평형하게 집합체를 이루기 때문이며 주로 아밀로펙틴에서 기인한다고 하였다(French D, 1972)

알칼리 처리를 하여 분리한 전분과 수분 침지법을 사용한 경우의 전분의 결정형 정도에 차이가 나타나지 않았으며 일반적으로 B형의 피크를 관찰할 수 있었다(Fig. 1-6). 변성전분 AC, DF, H40는 일반전분과 유사한 B, C형의 회절피크를 관찰할 수 있었으나 고온 열처리에 의해 변성된 HTP와 EZ 변성전분은 비결정 형태를 나타내었다. 화학적 처리방법으로 제조된 변성전분 HPR은 다른 변성전분에 비해 매우 특이한 피크를 나타냈으며, v형의 구조를 나타내었다. 즉 전분입자는 변성전의 경우 전분의 표면이 매끄럽고 규칙적이었으나 변성 전분의 대부분이 전분 입자가 불규칙한 작은 조각형태의 모습을 띠거나 구형이 손실되었다. 이러한 모양이 나타나는 것은 효소, 산, 온도에 의해 전분입자의 규칙적인 helical 구조를 변형하여 형태의 변화가 있는 것으로

여겨진다.

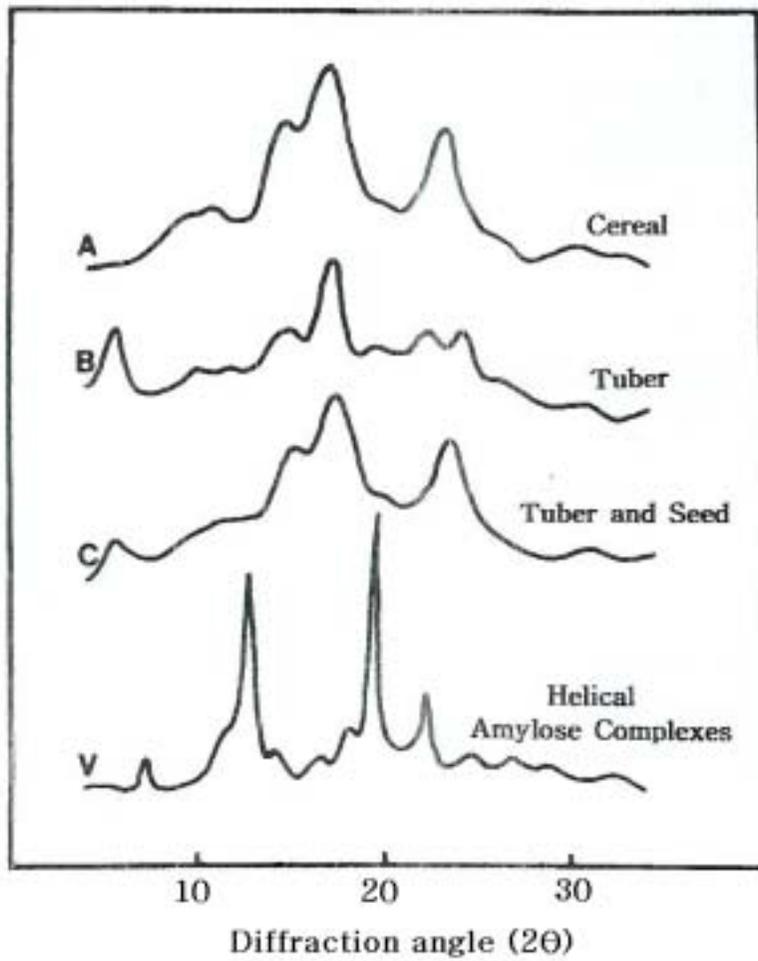


Fig.1-5 X-ray Diffraction Patterns of A, B, C and V-type Starches

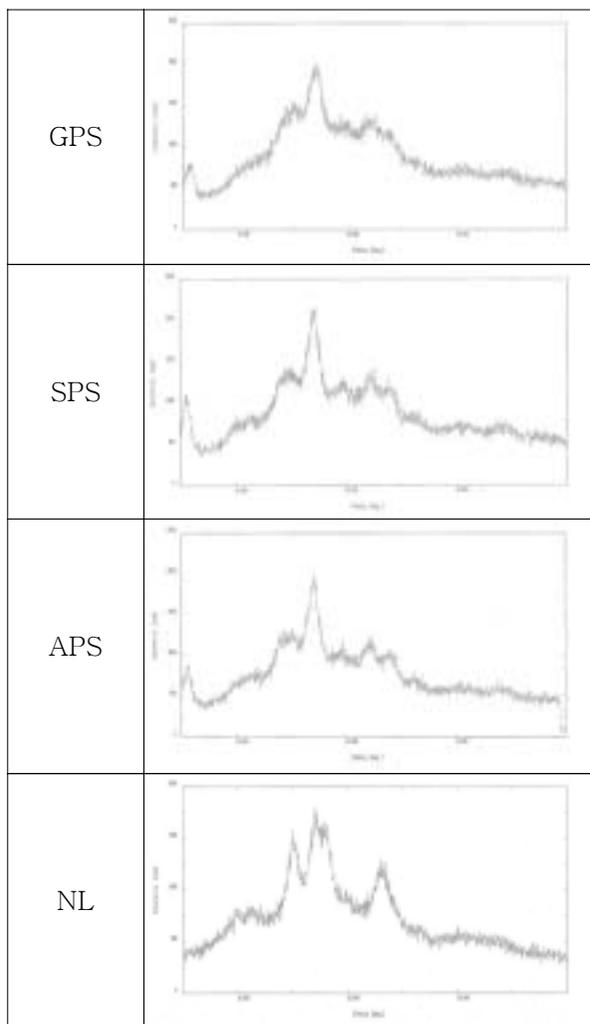


Fig . 1-6 X-ray patterns of general potato starches and commercial far replacer

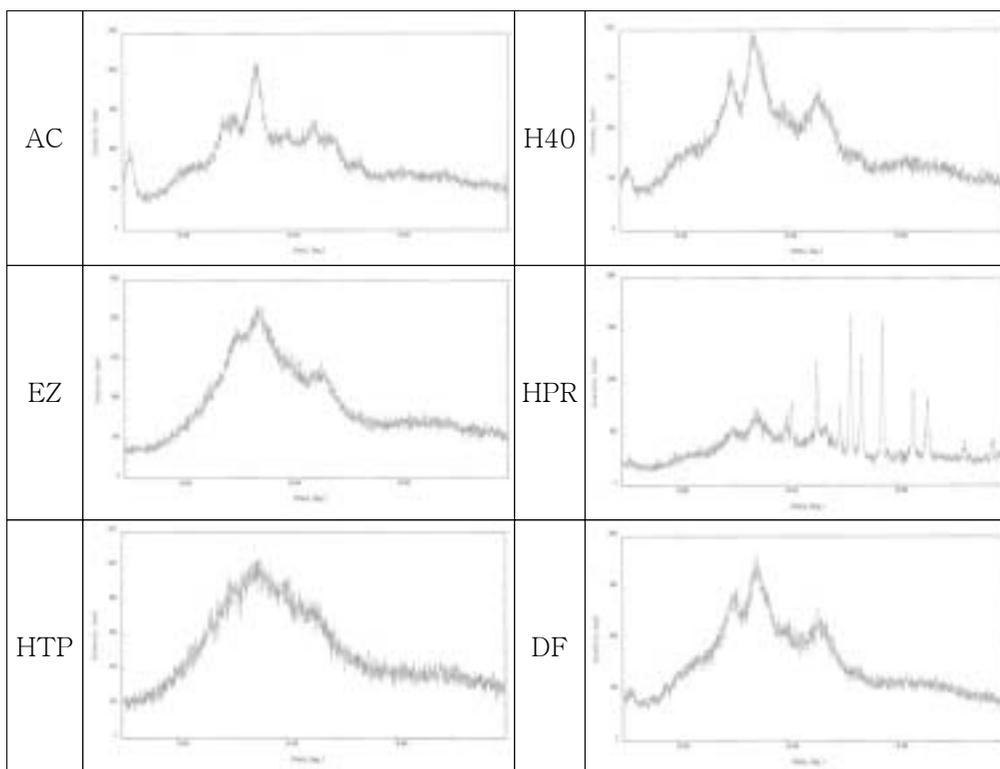


Fig . 1-7 X-ray patterns of modified potato starches

#### 마. 변성전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량

전분의 이화학적 특성을 결정지어주는 가장 큰 요인은 전분 입자 내의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성 비율이다. 일반적으로 아밀로오스 함량이 80-97%이면 고 아밀로펙틴, 75-80%이면 중 아밀로펙틴, 75% 이하이면 저 아밀로펙틴으로 분류되고, 고 아밀로펙틴의 전분 입자는 약하고 부서지기 쉬워서 조리시 쉽게 팽윤·분해된다(Sandhya RMR, 1995)

전분 처리방법에 따라 아밀로펙틴 함량은 다소 차이를 나타내어 수분침지법에 의해 제조된 전분의 아밀로펙틴 함량이 높았으며 일반감자보다는 알감자가 아밀로펙틴 함량이 높게 측정되었다.

일반전분은 SPS가 GPS보다 아밀로펙틴이 86.00% 함량이 높았다. 화학적 처리방법에 의해 제조된 변성전분 중 H40이 은 화학적 처리방법에 의해 제조된 H40이 87.16으로의 매우 높은 함량으로 측정 되었으며, HPR, EZ가 각각 84.96, 81.47로 측정되었고, APS > AC > HTP > DF > NL의 순으로 아밀로펙틴 함량을 측정하였다.

Table 1-3 . Amylose and amylopectin contents of potato starches

	Amylose (%)	Amylopectin (%)
GPS (Water)	17.28	82.72
GPS (NaOH)	21.56	78.44
SPS (Water)	14.00	86.00
SPS (NaOH)	18.00	82.00

Table 1-4 . Amylose and amylopectin contents of starch, commercial and modified starches

	Amylose (%)	Amylopectin (%)
GPS	14.28	85.72
SPS	14.00	86.00
NL	31.26	68.74
APS	23.30	76.70
AC	29.36	70.64
H40	12.84	87.16
EZ	18.53	81.47
HPR	15.04	84.96
HTP	29.77	70.23
DF	29.79	70.21

#### 바. 입도 분석

감자전분과 변성전분의 입자크기는 Table 1-5와 같이 분류하였다. 보리 가루의 입도분포는 가루의 paste 특성과 gel consistency 등의 이화학적 특성을 변화시킴으로써 최종제품의 품질에 직접적인 영향을 미치는 것으로 정확한 입도 크기를 파악하는 것이 중요하다(Lee HY & Kum JS, 1999)

D<sub>50</sub> 입도 분포도를 비교한 결과 GPS와 SPS 46.63과 39.18 $\mu$ m로 매우 높은 분포도를 나타내었으며 시판 지방대체물인 APS도 41.61 $\mu$ m로 높은 분포도를 나타내었다. 변성전분은 17.19~26.69 $\mu$ m의 입도 분포도를 나타내었다. 감자전분의 입자크기는 10~70 $\mu$ m이며 김 등(1996)에 의한 연구에서 산처리에 의한 변성전분의 크기가 20.5~25.6 $\mu$ m이었던 결과와 유사

하였다.

Table 1-5 Particle size distribution of starch and modified starch

	D <sub>50</sub> ( $\mu\text{m}$ )
GPS	46.63
SPS	39.18
NL	15.89
APS	41.61
AC	17.19
H40	ND
EZ	18.39
HPR	26.69
DF	18.34
HTP	ND

ND :not detected

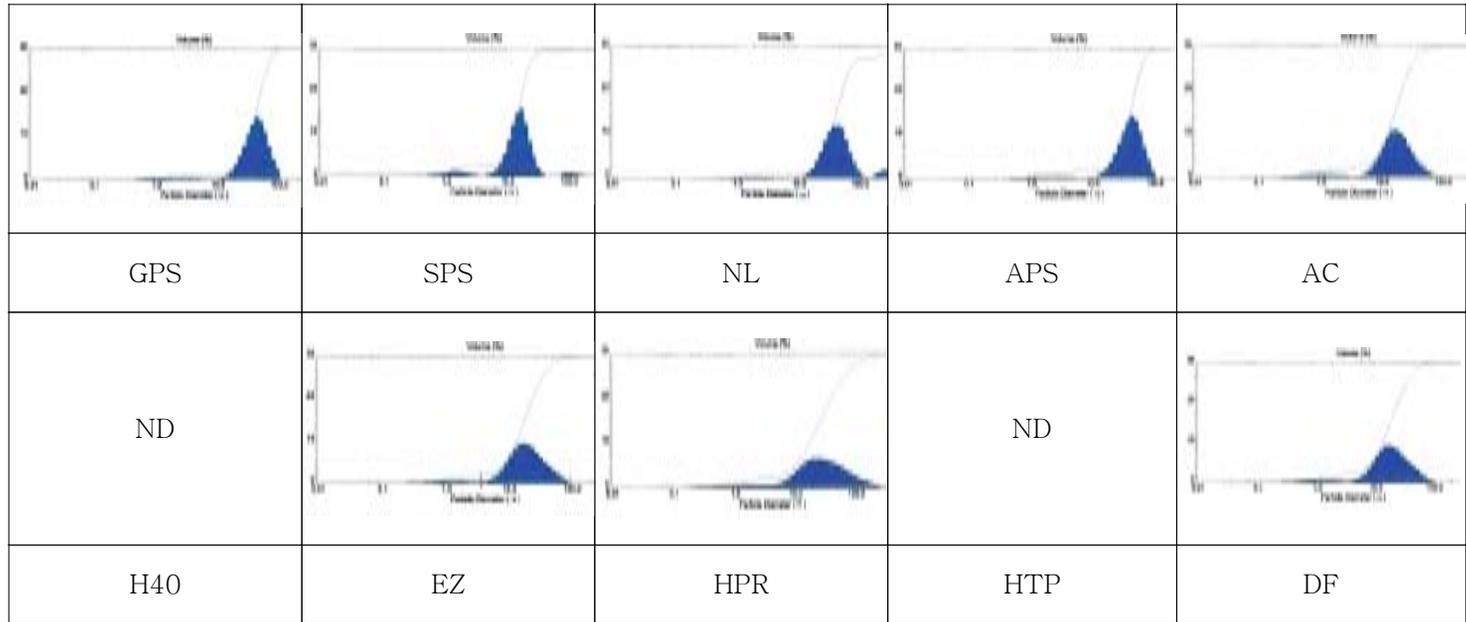


Fig. 1-7 Percent particle size distribution of starch and modified starches

#### 사. BAP에 의한 호화도

효소소화법인 BAP( $\beta$ -amylase pullulase)법에 의한 전분의 호화도 측정 결과는 다음 Fig. 1-8과 같다.

전분변성 방법에 따른 호화도 측정의 결과는 GPS와 SPS가 각각 86.72와 85.73%로 높은 호화특성을 보였다. 변성전분은 H40이 97.95로 매우 높은 호화특성을 나타내었으며, HPR, EZ의 순으로 호화도가 높았다. 호화특성이 높은 경향을 보인 것과 아밀로팩틴의 함량이 높은 감자전분, H40, EZ 변성전분과 유사한 경향을 보여 아밀로팩틴과 호화특성간의 상관관계가 있음을 알 수 있었다.

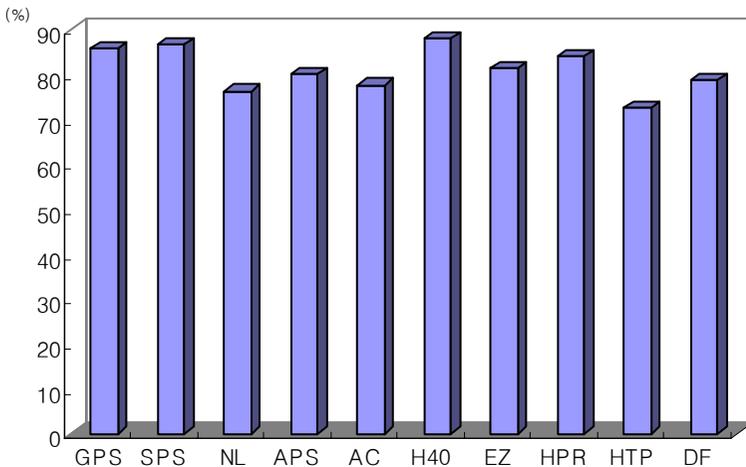


Fig. 1-8 Degrees of gelatinization and the comparison of potato starch and modified potato starch

#### 아. 변성전분의 수분결합 능력

수분결합능력은 전분입자의 수분흡수의 정도를 나타내는 것으로 전분입자 내에 분자들의 관여정도를 보여준 것이며, 같은 종류의 전분은 비슷한 수분결합능력을 가진다고 하였다(Leach HW, 1959). 일반적으로 아밀로펙틴은 아밀로오스보다 수분흡수력이 커서 메전분에 비해 찰전분의 수분결합능력이 크나 아밀로오스를 거의 함유하지 않는 찰전분의 차이는 아밀로펙틴의 구성상의 특징이라고 하였다(Kim HS *et al*, 1983). Beleia 등(1980)은 수분결합능력이 전분입자의 결정질 부분과 비결정질 부분의 비율에 따라 결정되며, 전분입자의 비결정부분이 많이 포함되면 더 많은 수분을 흡수할 수 있기 때문에 수분흡수율이 크다고 하였다.

변성전분의 수분결합능력은 산, 열처리 변성 방법으로 처리한 H40의 경우 280%의 높은 수분 결합력을 보였으며, 감자전분 GPS, SPS는 250%이었다. HPR > APS > EZ > AC > NL의 순의 수분결합력을 나타내었다. 물리적 처리에 의한 DF, HTP가 가장 낮은 수분결합력을 나타내었다.

Table 1-6. Degrees of water binding activity of potato starch, modified potato starch and fat replacer

	Water binding activity(%)
GPS	250
SPS	250
NL	190
APS	210
AC	200
H40	280
EZ	210
HPR	240
HTP	150
DF	180

## 자. Gel 점도

전분호화액의 점도는 전분 입자의 팽윤정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량 및 구조의 차이, 결정정도에 의한다. 또한 전분의 호화는 전분과 물분자의 상호작용의 결과로서 물은 수소결합에 의하여 회합되어 있으나 온도가 높아질수록 단분자의 비율이 증가하고 회합정도가 낮은 물분자가 전분의 미세한 결정 가까이 까지 침입하여 고온에서 불안정하게 된 전분 분자의 수소결합에 파괴를 일으키는 것으로 알려져 있다. 이러한 과정에서 전분입자의 팽윤이 일어나고 아밀로도스 분자들이 용출되어 나오면서 전분의 분산액은 점도가 매우 큰 유백색의 콜로이드를 형성하여 일정한 전분농도 이상에서 생각하면 반고체 겔을 형성하게 된다.

일반 감자전분 SPS, GPS는 30.30, 29.55  $\times 10^3$  centi poise의 점도가 측정되었으며, H40과 HPR의 화학적 변성전분은 38.60, 31.60  $\times 10^3$  centi poise으로 매우 높은 점도를 측정할 수 있었다. 변성전분은 분자사슬을 가교시켜 전분입자내의 견고한 고분자 망상구조를 형성하고 겔 강도를 증가시킨다는 결과와 일치하였다(김향숙, 1987)

Table 1-7 The viscosity properties of starch and modified starch pastes

	viscosity ( $10^3\text{Cm poise}$ )
GPS	29.55
SPS	30.30
NL	17.10
APS	23.70
AC	14.10
H40	38.60
EZ	24.50
HPR	31.60
HTP	12.10
DF	15.40

#### 차. 전분과 처리방법을 달리한 전분 열량

Bomb calorie meter로 전분을 측정된 결과는 다음 Table 1-8과 같았다. 일반전분인 GPS가 3.0 Kcal/g인데 비해 알감자 전분인 SPS는 2.0 Kcal/g로 매우 낮은 열량을 보여 주어 주목할 만한 특성을 보여 주었다. 또한 화학적 변성처리에 의해 제조된 H40, HPR도 각각 2.0, 2.5 Kcal/g로 낮은 열량이 측정되어 이들 변성전분을 저지방, 저열량 가공식품에 응용한다면 식품의 열량을 저하시킬 수 있을 것으로 예상된다.

Table 1-8 The calorie of starch and modified starch pastes

	Kcal/g
GPS	3.0
SPS	2.0
NL	2.9
APS	2.6
AC	2.9
H40	2.4
EZ	3.3
HPR	2.5
HTP	3.0
DF	2.7

## 제 2 절 Modified waxy potato starch의 high fat diet 유도비만흰쥐에 미치는 효과 규명

### 1 . 실험재료 및 방법

#### 가 . 실험동물 및 식이

생후 3주령된 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐를 50마리 (주)대한 실험 동물에서 구입하여 실내온도  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ , 습도 55-60%, 12 hr light-dark cycle의 조건에서 표준식이와 물을 충분히 공급하면서 1주간 환경에 적응시킨 후 AIN-93G 식이를 기본으로 Table 2-1과 같이 100% corn starch를 potato starch로 대체한 casein 기본식이(대조군, n=10)와 기본 식이에 lard 10% 와 콜레스테롤 0.5%를 첨가한 고지방식이(실험군, n=40)를 조제한 식이를 42일간 급여하면서 비만을 유도하였다. 42일간의 비만 유도 후, 일반감자전분 첨가 고지방식이군(GPS 군), 알감자 전분 첨가 고지방식이군(SPS 군), 효소처리에 의한 변성전분 첨가 고지방식이군(EZ 군), 저온처리하여 변성시킨 전분 첨가 고지방식이군(H40 군) 각 4군으로 나누어, 비만 유도시 첨가하였던 potato starch를 각 군별 100% 대체하여 70일간 급여하였다. (Fig. 2-1)물과 식이는 자유롭게 급여할 수 있도록 하였다.

또한 식이 섭취량은 일주일에 3번 일정한 시각에 측정하였고, 체중은 1주일에 1회 같은 시각에 측정하였다. 사육기간 동안의 총 평균 식이 섭취량과 그 동안의 체중증가량을 계산하였고, 이를 토대로 식이효율(Food efficiency ratio : FFR)은 사육기간 동안의 체중증가량을 같은 기간 동안 섭취한 식이량으로 나누어 산출하였다.

$$\text{식이효율(FFR, \%)} = \frac{\text{총실험기간의 체중증가량(g)}}{\text{총실험기간의 식이섭취량(g)}} \times 100$$

#### 나 . 혈액과 장기의 채취

사육기간이 종료 된 실험동물은 12시간 절식 후, diethyl ether로 마취 시켜 복부를 개복한 후 간정맥에서 채혈하여 혈청으로 분리하여 사용하였다. 채취한 혈액은 원심분리관에 담아 24시간 냉장온도(4℃)에 방치 한 후 3500 rpm 15분간 원심 분리 후 혈청을 분리하여 -70℃ deep freezer에 보관하여 분석에 사용하였다. 간과 신장은 혈액을 채취 한 후 즉시 적출하여 차가운 0.1 mM phosphate buffer (pH 7.4)에 수차례 세척하여 연결조직을 제거 한 다음, filter paper로 물기를 제거하여 무게를 측정하고 분석 직전까지 -70℃ deep freezer에 보관하였다.

Table 2-1. Compositions of experimental diets

Component	High fat diet (n=40)				Control (n=10)
	GPS <sup>1)</sup>	SPS <sup>2)</sup>	EZ <sup>3)</sup>	H40 <sup>4)</sup>	
Carbohydrate	potato starch	34.375	34.375	34.375	44.875
	starch				
	Sucrose	15.0	15.0	15.0	15.0
	Cellulose	5.0	5.0	5.0	5.0
Lipid	Lard	10.0	10.0	10.0	10.0
	Corn oil	10.0	10.0	10.0	10.0
	Cholesterol	0.5	0.5	0.5	0.5
Protein	Casein	20.0	20.0	20.0	20.0
	Vitamin mixture <sup>5)</sup>	1.0	1.0	1.0	1.0
	Mineral mixture <sup>6)</sup>	3.5	3.5	3.5	3.5
	DL-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3
	Choline chloride	0.2	0.2	0.2	0.2
	Taurocholio acid	0.125	0.125	0.125	0.125
	Total	100	100	100	100

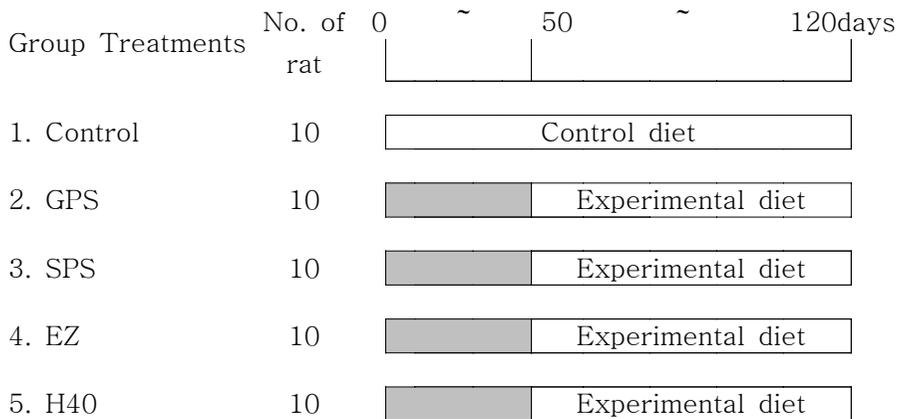
1) GPS : General potato starch 2) SPS : Small potato starch

3) EZ : modified potato starch by enzyme treatment

4) H40 : by temperature at 40°C

5) Composition of vitamin mixture (g/kg diet) : Vitamin A-acetate 100.0 (50,000 U), vitamin D<sub>3</sub> 0.25 (10,000 IU), vitamin-E acetate 500.0, vitamin K<sub>3</sub> 20.0, vitamin B<sub>1</sub>-HCl 120.0, vitamin B<sub>2</sub> 400.0, vitamin B<sub>6</sub>-HCl 80.0, vitamin B<sub>12</sub> 0.05, vitamin C 3,000.0, biotin 2.0, folic acid 20.0, calcium-pantothenate 500.0, para-amino-benzoic acid 600.0, nicotinic acid 600.0, inositol 600.0, choline-chloride 20,000m cellulose-powder 73,057.7

6) Composition of mixture(g/kg diet) : CaHPO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 0.43, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 34.31, NaCl 25.06, Fe-citrate 0.625, MgSO<sub>4</sub> 4.8764, ZnCl<sub>2</sub> 0.02, MnSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 0.121, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 0.156, KI 0.0005, CaCO<sub>3</sub> 29.29, (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O 0.0025, Cellulose-powder 5.1036



**Fig. 2-1 Experimental design for hight fat diet in rats.**

- 1) GPS : General potato starch
- 2) SPS : Small potato starch
- 3) EZ : modified potato starch by enzyme treatment
- 4) H40 : by temperature at 40°C

#### 다 . 비만지수 평가

4주간 비만 유도 후 그리고 실험식이 급여가 끝난 후 실험동물의 코에서 항문까지의 길이와 체중을 측정하여 Röhrer index, Lee index, T.M. index로 그리고 체지방 함량은 T.M. index를 이용하여 비만지수를 산출하였다. Röhrer index는  $\{\text{Body weight (g)} / \text{Naso-anal length (cm)}^3\} \times 10^3$ , Lee index는  $\{\text{Body weight (g)}^{1/3} / \text{Naso-anal length (cm)}\} \times 10^3$ , T.M. index는  $\text{Body weight (g)} / \text{Naso-anal length (cm)}^{2.823} \times 10^3$ , 식에 따라 계산하였으며, 체지방 함량은  $0.581 \times \text{T.M. index} - 22.03$ 으로 계산하였다(Kim HS and Chung JS 2001).

#### 라 . 혈청지질 패턴 분석

혈청 내 total cholesterol(TC), triglyceride(TG) 그리고 HDL-Cholesterol, LDL-Cholesterol 농도는 ADVIA 1650 (Jeol, Japan) 장비를 이용하여 측정하였다. 혈청의 HDL-Cholesterol 농도에 대한 LDL-Cholesterol 농도로 계산하여 나타내었으며, Atherogenic Index는 동맥경화 지수로서 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{Atherogenic Index} = \frac{\text{Total Cholesterol} - \text{HDL-Cholesterol}}{\text{HDL-Cholesterol}}$$

#### 마 . 간조직 내 지질 함량

간조직 내 총지방과 중성지방 함량은 (Yoon JS et al 1999)의 방법과 총 콜레스테롤 함량은 (Zak B 1968)으로 측정하였다.

#### 바 . Amino transferase

##### 1) GOP (L-Aspartate : 2-oxoglutarate amino transferase)

L-aspartic acid과  $\alpha$ -ketoglutaric acid이 반응하여 oxalacetic acid과

glutamic acid 으로 되는데 GOP가 작용을 한다. 이 원리를 이용하여, 반대 되는 반응 식 Oxalacetic acid과 NADH, H<sup>+</sup> 이 반응하여 Malate와 NAD<sup>+</sup>(Malate dehydrogenase) 반응에서 소비된 NADH( $\beta$ -Nicotinamide-adenine dinucleotide) 의 흡광도를 감소 속도를 AST (Randox, UK)Kit 를 사용, ADVIA 1650 (JEOL, JAPAN)에서 측정 하였다.

## 2) GPT (L-Alanine : 2-oxoglutarate amino transferase)

L-alanine과  $\alpha$ -ketoglutaric이 반응하여 pyruvic acid과 glutamic acid 으로 되는데 GPT가 소모된다. 이 원리를 역행하여, pyruvic acid, NADH ( $\beta$ -Nicotinamide-adenine dinucleotide), H<sup>+</sup> 이 Lactate, NAD<sup>+</sup>으로 되는데 LDH(Lactate dehydrogenase) 가 소모되는 반응을 이용하여, 반응에서 소비된 NADH 의 흡광도의 감소속도를 ALT (Randox, UK)Kit를 사용, ADVIA 1650 (JEOL, JAPAN)에서 GPT의 활성도를 측정하였다.

## 사 . Glucose

혈청의 glucose량은 포도당(GOD kit, Waco company)kit를 이용하여 분석하였다.

## 아 . 혈청과 조직 내 지질과산화도

### 1) 단백질 정량

단백질은 Lowry 법(Lowry et al 1951)을 사용하여 540nm에서 비색 정량 하였으며, 측정된 간, 신장 조직 및 cytosol의 단백질 함량은 각 효소들의 활성 계산에 사용되었다.

### 2) 과산화 지질 생성량 측정

과산화지질 생성량은 Ohkawa의 방법(Ohkawa H et al 1978)을 일부 변형하여 측정하였다.

## 자 . 항산화능 측정

### 1) 총 SH기 함량

pH 8.2인 0.2 M tris buffer, 0.01 M 5,5-Dithiobis-2-nitrobenzoic acid (DTNB), 간 균질액과 섞어 15분간 방치 한 다음, 원심한 후 412 nm에서 흡광도를 측정 하였다.(Sedlak T. and Lindsay RH 1968)

### 2) Glutathione의 함량

Cytosol 0.5 mL에 10 mM 5,5-Dithiobis-2-nitrobenzoic acid (DTNB stock solution) DTNB working solution을 4.5 mL 첨가한 후 412 nm에서 흡광도를 측정하였다.(Ellman GL 1959)

### 3) Glutathione-S- transferase (GST) 활성

간조직 내 cytosol 분획에서 Glutathione-S- transferase 활성도는 Habig의 방법을 응용하여 측정하였다. Cytosol 부유액, GSH와 chlorodinitro- benzene (CDNB)을 반응시켜 340 nm에서의 흡광도 변화를 측정 하였으며, 효소의 활성도는 단백질 mg당 1분간 반응되는 CDNB nmole로 나타내었다.(Habig et al 1974)

### 4) Glutathione peroxidase

EDTA를 함유한 tris buffer, 0.1M GSH, 1000 unit/ mL GSSG reductase 0.1 mL, 2 mM NADPH 0.1 mL에 H<sub>2</sub>O로 총 1 mL을 맞춰주어 섞어 37°C에서 2분간 incubation 한 후 7 mM tetr-BuOH를 넣어 340 nm에서 3분 동안 흡광도를 측정하였다. 효소의 활성도는 단백질 mg당 1분 동안 산화되는 NADPH nmole로 1 unit로 환산하여 표기하였다. (Flohe L. 1992)

## 차 . 혈청 leptin 농도

Leptin kit(Linco., U.S.A)를 사용하여 측정하였다.

## 카 . 통계처리

본 연구의 동물사육 실험결과는 SAS program을 이용하여 각 실험군당 평균과 표준편차를 계산하였고, 각 군별로 나누어 일원배치분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 Duncan's multiple range test에 의해  $\alpha=0.05$ 의 수준에서 각 실험군 평균치 간에 유의성을 검정하였다.

## 2 . 결 과

### 가 . 체중변화

42일간 비만 유도 후 70일 동안 변성방법을 달리한 전분 첨가 고지방 식이를 급여하여 체중 변화를 살펴본 결과(Fig 2-2) SPS 군의 체중이 다른 고지방식이를 섭취한 군에 비해서 가장 적게 측정되었으며, GPS, EZ, H40군은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 체중증가량은 감자전분 첨가 제조한 일반식이를 급여한 control 군  $391.59\pm 37.91g$ , 감자전분 첨가 고지방식이군인 GPS 군에서는  $462.01\pm 33.23g$  증가량을 나타냈으며, 일반 감자를 효소로 인해 변성시킨 전분을 첨가한 고지방식이군인 EZ군은  $458.66\pm 110.12g$ , 산 처리 하여 저온에서 변성시킨 감자전분을 첨가한 H40 군에서는  $472.09\pm 68.99g$  의 체중 증가량을 나타냈고, 알감자 전분을 첨가한 고지방식이군인 SPS 군에서는  $412.08\pm 44.10g$ 의 증가를 보여 알감자 전분을 첨가한 고지방 식이군(SPS 군)에 체중에 미치는 영향이 가장 적으며, 일반 감자 전분을 base로 처리 방법이 달랐던(EZ, H40, GPS 군) 탄수화물의 섭취는 체중에 유의적인 영향을 주지 않는 것으로 사료되어 진다. Chang MJ and Kim MH (2003)는 쌀전분을 물리적 변성하여 rat에 급여한 결과 체중증가량이 탄수화물섭취에 유의적이 영향을 주지 않

는 다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다.

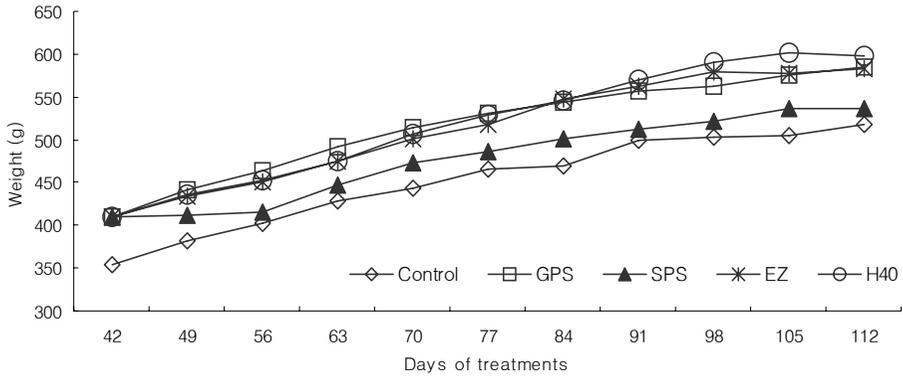


Fig. 2-2 Body weight changes in rats fed different diet during 70 days.

#### 나 . 총 식이섭취량과 식이효율

실험기간동안의 식이섭취량, 체중 증가량으로 식이효율을 살펴본 결과 (Table 2-2) GPS, H40군이 SPS, EZ 군에 비해 식이효율이 높게 나타나 SPS, EZ에서 식이가 체중에 미치는 영향이 적은 것으로 나타났다.

Table 2-2. Food intake, weight gain and feed efficiency ratio in rat

Dietray group	Total food intake(g)	Body weight gain(g)	FER <sup>1)</sup>
Control	31262.1	391.59±37.91	0.0235±0.0024 <sup>a</sup>
GPS	28949.2	462.01±33.23	0.0159±0.0015 <sup>b</sup>
SPS	31482.1	412.08±44.10	0.0131±0.0092 <sup>c</sup>
EZ	34077.4	458.66±110.12	0.0135±0.0053 <sup>c</sup>
H40	31492.0	472.09±68.99	0.0150±0.0099 <sup>b</sup>

Each value is mean±SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

<sup>1)</sup> Food Efficiency Ratio : [Body weight gain(g)/total food intake(g)].

#### 다 . 장기무게

간과 신장의 무게 측정 결과는 Table 2-3과 같다. 장기의 무게는 체중 100g당 환산했을 때 중량으로 나타낸 것으로 간, 신장, 뇌, 심장은 SPS 군이 유의적으로 높게 측정이 되었고, 고환의 무게는 Control 군이 다른 고지방 식이를 섭취한 군보다 높게 나타났다. 또한, 간의 무게는 일반식이를 급여했던 Control 군에 비해서 고지방식이를 급여한 GPS, SPS, EZ, H40 군이 무게가 비교적 높게 측정 되었으며, 이는 식이지방과 관계없이 고지방식이 섭취로 간의 무게가 증가하였다는 보고와 일치한다(Sung IS et al 1997, Wursch P 1979, Park OJ 1994, Kang MH and Park SJ 2003, Kang MH et all 2004).

Table 2-3. Organ weight in rats fed experimental diet

Dietary group	Liver	Kidney	Brain	Heart	Testicles (g/100g B.W)
Control	2.72±0.42 <sup>d</sup>	0.62±0.06 <sup>a</sup>	0.42±0.01 <sup>a</sup>	0.29±0.05 <sup>a</sup>	0.30±0.03 <sup>a</sup>
GPS	4.59±0.57 <sup>c</sup>	0.57±0.05 <sup>b</sup>	0.37±0.00 <sup>b</sup>	0.27±0.00 <sup>ab</sup>	0.27±0.18 <sup>ab</sup>
SPS	5.75±0.80 <sup>a</sup>	0.62±0.02 <sup>a</sup>	0.42±0.00 <sup>a</sup>	0.30±0.00 <sup>a</sup>	0.27±0.09 <sup>ab</sup>
EZ	5.18±0.21 <sup>b</sup>	0.56±0.00 <sup>b</sup>	0.37±0.01 <sup>b</sup>	0.26±0.00 <sup>ab</sup>	0.24±0.18 <sup>b</sup>
H40	5.13±0.67 <sup>b</sup>	0.56±0.01 <sup>b</sup>	0.37±0.00 <sup>b</sup>	0.26±0.02 <sup>ab</sup>	0.23±0.05 <sup>b</sup>

Each value is mean± SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

#### 라 . 비만지수 평가

비만지수는 비만판정의 간접적인 지표가 될 수 있으며, 그 결과는 Table 2-4와 같다. Röhler index는 30이상을 비만으로 판정하며(Kim & Chung 2001), 모든 식이군에서 30이상의 수치를 나타내지는 않았으나, H40, EZ, GPS 군에서 26 이상의 수치를 보였고, 다른 군에 비해 높은 경향을 보였다. Kim & Chung (2001)은 20%의 지방비를 갖는 식이를 10주간 동물에게 급여했을 때, Röhler index가 고지방 식이군이 33.36±14.82, 정상 식이군이 28.85±4.32로 나타나 높은 지방비를 갖는 식이를 오랜 기간 섭취하였을 때 Röhler index더 높게 나타남을 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 나타냈으며, Kim & Choi (1992)는 25%의 지방을 실험동물에게 12주간 급여했을 때, 고지방에 의해 비만 유도 정도는 적었으나, 고지방식으로 비만이 유도된 군의 실험 전 지수가 정상식이를 급여한 군에 비해서 높고 비만지수에 가까웠다는 보고와 유사한 결과를 나타냈다.

또한, rat의 경우 Lee index는 300 이하가 정상이고, 그 이상인 경우를 비만으로 간주한다(Kim & Chung 2001). SPS 군은 281.14±7.67로

Control군( $275.81 \pm 9.40$ )과 큰 차이를 보이지 않았으나, GPS, EZ, H40군은 300에 근접한 수치를 나타냈다. T.M index로 인한 평가는, 체지방 함량이 10이상 일 때 비만으로 판정한다(Kim & Chung 2001). 본 실험에서의 모든 군의 체지방함량은 10 이상의 수치를 나타내지 않았으나, EZ, H40군은 다른 군에 비해 유의적으로 높은 체지방함량을 보였다.

본 실험의 결과, 모든 비만 지수에서 비만인 것으로 판정된 실험군은 없었으나, 각 군별로 차이가 있었고, 특히 변성을 시키지 않은 전분을 첨가하였던 GPS군, SPS군에서보다 효소에 의해서 그리고 저온에서 산처리를 통해 변성을 시킨 전분을 첨가한 EZ 군, H40 군에서 비만에 가까운 수치를 보이는 것으로 나타나, 변성전분이 비만지수에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었으며, 이는 체중증가량과 식이효율과도 관계가 있는 것으로 사료되어 진다.

Table 2-4. Obesity index of rats fed experimental or control diet

	Control	GPS	SPS	EZ	H40
Röhrer index <sup>1)</sup>	24.42±1.76 <sup>b</sup>	26.21±1.95 <sup>ab</sup>	24.55±2.55 <sup>b</sup>	26.76±2.38 <sup>a</sup>	27.19±2.04 <sup>a</sup>
Lee index <sup>2)</sup>	275.81±9.40 <sup>c</sup>	289.85±9.40 <sup>ab</sup>	281.14±7.67 <sup>c</sup>	292.86±10.51 <sup>ab</sup>	296.81±8.84 <sup>a</sup>
T.M. index <sup>3)</sup>	43.81±4.27 <sup>b</sup>	45.03±4.42 <sup>ab</sup>	43.91±3.54 <sup>b</sup>	46.79±4.13 <sup>ab</sup>	47.61±3.39 <sup>a</sup>
Fat contents <sup>4)</sup>	3.42±2.48 <sup>b</sup>	4.13±1.97 <sup>b</sup>	3.48±2.56 <sup>b</sup>	5.15±2.40 <sup>a</sup>	5.63±2.66 <sup>a</sup>

Each value are mean± SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

1) Röhrer index =  $[\{\text{Body weight(g)}/\text{Naso-anal length(cm)}^3 \times 10^3\}]$

2) Lee index =  $[\{\text{Body weight(g)}^{1/3}/\text{Naso-anal length(cm)} \times 10^3\}]$

3) T.M. index =  $[\{\text{Body weight(g)}/\text{Naso-anal length(cm)}^{2.823}\}]$

4) Fat contents =  $[0.581 \times \text{T.M. index} - 22.03]$

## 마 . 혈청 지질패턴

Table 2-5 혈청 TC, HDL-Cholesterol, LDL-Cholesterol 함량을 나타내었다. TC 함량은 GPG, SPS 군에서 낮았으며, EZ, H40 군에서 높은 함량을 보였고, LDL-Cholesterol 의 경우 EZ군, H40군에서 높은 함량을 보였다. TC, HDL-Cholesterol 정도로 동맥경화지수(Atherogenic Index)를 산출해 본 결과 (Fig. 2-3) GPS, EZ, H40 군에서 비교적 높게 나타나, 변성을 시키지 않은 전분에 비해 변성된 전분이 혈청 지질농도를 높이는 경향을 보였으며, 일반감자전분에 비해 알감자 전분을 첨가하여 제조한 식이군에서 혈청 지질농도가 낮게 나타나 품종간에도 차이가 있는 것으로 사료된다.

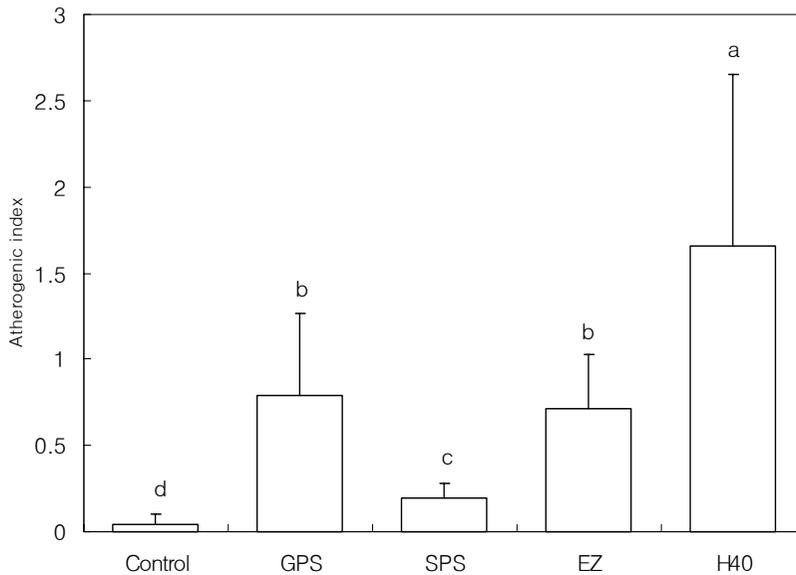
**Table 2-5. Cholesterol levels and Atherogenic Index of serum of rats fed different diet**

	TC (mg/dl)	LDL-C (mg/dl)	HDL-C (mg/dl)	AI <sup>1)</sup>
Control	59.56±17.69 <sup>d</sup>	9.89±3.40 <sup>d</sup>	57.00±16.71 <sup>a</sup>	0.045±0.06 <sup>d</sup>
GPS	74.40±18.50 <sup>c</sup>	17.10±7.21 <sup>c</sup>	41.60±11.42 <sup>b</sup>	0.788±0.48 <sup>b</sup>
SPS	68.80±2.60 <sup>cd</sup>	19.00±3.11 <sup>c</sup>	57.67±10.34 <sup>a</sup>	0.192±0.09 <sup>c</sup>
EZ	93.30±23.94 <sup>b</sup>	20.56±7.48 <sup>bc</sup>	54.50±10.99 <sup>a</sup>	0.711±0.32 <sup>b</sup>
H40	110.30±45.05 <sup>a</sup>	43.00±26.10 <sup>a</sup>	57.44±12.20 <sup>a</sup>	1.660±0.99 <sup>a</sup>
S.F <sup>2)</sup>	*	*	*	*

Each value is mean±SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

$$1) : \text{Atherogenic Index} = \frac{\text{Total Cholesterol} - \text{HDL-Cholesterol}}{\text{HDL-Cholesterol}}$$

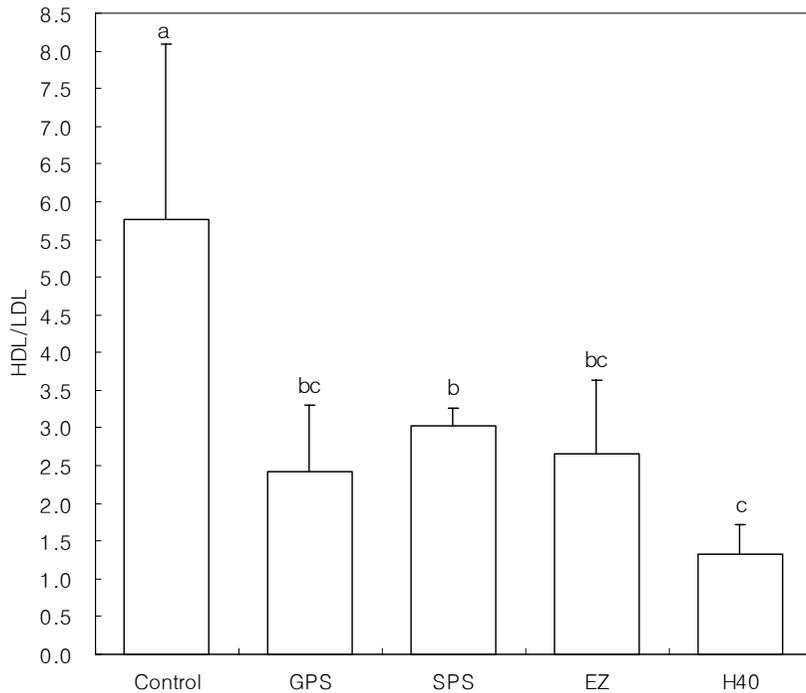
2) S.F : Significant factor (\* : p<0.001)



**Fig . 2-3 Effect of difference diet on atherogenic index in rats**

Each value is mean± SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

혈중 HDL-Cholesterol과 LDL-Cholesterol 비율은(Fig 2-4) Control 군 > SPS 군 > EZ 군 > GPS 군 > H40 군 순으로 나타나 고지방 식이를 섭취한 군에서 낮은 비율을 보였고, 전분을 저온에서 산처리한 H40에서 혈중 지질패턴 뿐만 아니라 HDL-Cholesterol LDL-Cholesterol 비율 또한 유의적으로 가장 낮게 측정되어 전분의 변성방법에 따라 혈중 지질정도에 미치는 영향이 다르게 나타남을 알 수 있었다.



**Fig. 2-4 Effect of dietary added difference potato starches on serum HDL-Cholesterol/LDL-Cholesterol ratio in rats.**

Each value is mean ± SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

#### **바 . 간 조직 내 지질함량**

간 조직 내 지질함량은 (Table 2-6) Total lipid, TC, TG 모두 EZ, H40군에서 높은 함량을 나타냈으며, GPS, SPS 군이 비교적 적은 함량을 보였다. 따라서, 간 조직내 지질 함량 또한 식이 중 전분의 처리방법에 의한 영향을 받는 것으로 사료되어진다.

**Table 2-6. Total lipid, total cholesterol and triglyceride in liver tissue**

Dietray group	TL (mg/g)	TG (mg/g)	TC (mg/g)
Control	83.33±19.09 <sup>c</sup>	13.3±1.67 <sup>d</sup>	4.58±0.82 <sup>d</sup>
GPS	135.16±21.23 <sup>bc</sup>	23.559±9.04 <sup>c</sup>	6.58±1.33 <sup>b</sup>
SPS	144.91±24.69 <sup>bc</sup>	26.438±7.87 <sup>c</sup>	5.85±0.91 <sup>bc</sup>
EZ	277.41±36.69 <sup>a</sup>	57.8±9.34 <sup>a</sup>	8.98±3.22 <sup>ab</sup>
H40	217.50±12.50 <sup>a</sup>	45.6±9.77 <sup>ab</sup>	10.23±2.45 <sup>a</sup>
S.F <sup>1)</sup>	*	*	*

Each value is mean± SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

1) S.F : Significant factor (\* :  $p<0.001$ )

### 사 . Amino transferase 활성

AST (L-Aspartate : 2-oxoglutarate amino transferase) L-aspartic acid 과  $\alpha$ -ketoglutaric acid이 반응하여 oxalacetic acid과 glutamic acid 으로 되는데 이때 AST가 작용을 하고, ALT (L-Alanine : 2-oxoglutarate amino transferase)는 L-alanine과  $\alpha$ -ketoglutaric이 반응하여 pyruvic acid과 glutamic acid으로 되는데 ALT가 소모되며, 간의 건강상태가 좋지 않을 때, AST와 ALT의 수치가 늘어난다.

본 실험의 결과 AST함량은 H40군과 SPS 군에서 다른 식이군에 비해 유의적으로 높게 측정되었으며, ALT는 Control과 GPS 군에서 낮게 측정되었고, SPS, EZ, H40군에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다.(Table 2-7) Amino transferase 활성 또한 고지방 식이를 섭취한 군에서 모두 높게 측정되었으며, 식이에 첨가된 전분에 따라서 특히 변성전분의 경우 간의 AST, ALT 의 활성을

높이는 것으로 나타나 전분 처리방법에 의해 영향을 받는다고 할 수 있다. 또한 이는 처리 방법에 있어 산을 가하는 등 화학적인 처리에 의한 것이 원인이라고 사료되어 진다.

**Table 2-7. AST and ALT levels of rats fed different diet**

Dietray group	AST (U/L)	ALT (U/L)
Control	147.8±33.36 <sup>d</sup>	26.8±1.71 <sup>c</sup>
GPS	201.0±56.75 <sup>c</sup>	74.4±29.64 <sup>b</sup>
SPS	429.2±117.05 <sup>a</sup>	275.2±24.66 <sup>a</sup>
EZ	312.6±229.93 <sup>b</sup>	290.2±109.29 <sup>a</sup>
H40	486.7±185.56 <sup>a</sup>	216.3±173.54 <sup>a</sup>
S.F <sup>1)</sup>	*	**

Each value is mean±SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

1) S.F : Significant factor (\* : p<0.001, \*\* : p<0.0001 )

#### 아 . Glucose level

처리 방법과 품종이 다른 전분을 첨가한 식이의 혈당에 미치는 영향을 알아본 결과는 Tabls 2-8에 나타내었다. 각 실험군의 혈당은 Control 164.11±11.76 mg/dL, GPS군 148.70±18.14 mg/dL, SPS군 131.50±6.75mg/dL, EZ 군 160.60±20.36 mg/dL, H40군 173.60±24.47 mg/dL 로 나타났으며, H40 군 > Control > EZ > GPS > SPS 순으로 높게 나타났다. 각 실험군의 혈당은 고지방식이에 의한 영향은 보이지 않았으며, 실험군에 첨가된 전분으로 인한 영향이 있는 것으로 사료되어지며, 특히 변성을 유도한 전분을 처리한

군에서 높게 측정되어 변성처리과정에서 전분이 다른 당류의 형태로 분해되었을 것이며, 다른 형태의 당류가 생체 내에서 혈당에 영향을 미치는 것으로 보여진다.

Table 2-8. Glucose level in serum

Dietray group	Glucose levels (mg/dL)
Control	164.11±11.76 <sup>b</sup>
GPS	148.70±18.14 <sup>c</sup>
SPS	131.50±6.75 <sup>d</sup>
EZ	160.60±20.36 <sup>b</sup>
H40	173.60±24.47 <sup>a</sup>

Each value is mean±SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

#### 자 . 지질 과산화도

혈청, 간·신장 조직의 MDA 생성량을 측정해 본 결과, 혈청에서는 H40 군에서 유의적으로 높은 MDA양을 나타냈고, 간 조직에서는 Control 군에서 GPS 군, SPS 군에 비해 높게 측정되었으며 EZ, H40 군에서는 MDA 생성량이 유의적으로 낮게 나타났다. 신장조직에서는 GPS, SPS 군에서 다른 군에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내 각 조직별 MDA 생성 경향이 다르게 나타났으나, 비교적 산처리한 변성전분인 H40 군에서 높은 값을 보였고, 효소처리한 전분을 첨가한 식이를 급여한 EZ 군에서는 낮은 MDA 생성량을 나타냈으며, 이는 ALT, AST 활성과 양적 상관관계를 보이는 것으로 사료되어 진다. 즉, ALT, AST 활

성이 높았던 SPS군, H40 군에서 과산화지질생성이 높게 측정되었음을 알 수 있었다.

**Table 2-9. Serum, hepatic and kidney peroxidation of rats fed different diet**

Dietary group	Serum	Hepatic	Kidney
	( $\mu\text{mole}$ )/mg/mL $\times 10^{-4}$	( $\mu\text{mole}$ )/mg/mL $\times 10^{-4}$	( $\mu\text{mole}$ )/mg/mL MDA( $\mu\text{mole}$ )/mg/mL
Control	5.13 $\pm$ 1.38 <sup>b</sup>	6.37 $\pm$ 1.22 <sup>a</sup>	0.025 $\pm$ 0.0089 <sup>c</sup>
GPS	8.52 $\pm$ 6.49 <sup>b</sup>	4.12 $\pm$ 1.51 <sup>b</sup>	0.048 $\pm$ 0.0042 <sup>a</sup>
SPS	8.09 $\pm$ 4.64 <sup>b</sup>	2.88 $\pm$ 0.34 <sup>c</sup>	0.049 $\pm$ 0.0100 <sup>a</sup>
EZ	3.39 $\pm$ 2.16 <sup>b</sup>	1.59 $\pm$ 1.05 <sup>d</sup>	0.038 $\pm$ 0.0080 <sup>b</sup>
H40	22.70 $\pm$ 3.55 <sup>a</sup>	1.22 $\pm$ 0.49 <sup>d</sup>	0.038 $\pm$ 0.0050 <sup>b</sup>
S.F <sup>1)</sup>	*	*	*

Each value is mean $\pm$ SD of experimental group, n=10. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

1) S.F : Significant factor (\* :  $p < 0.001$  )

### 차 . 항산화능

현재 우리나라에서 이와 같은 성인병으로 인한 사망률의 증가는 흡연, 식이습관, 운동부족, 비만, 화학물질의 노출로 인해 생체 내에서 자연발생적으로 생성되는 free radical과 더불어 스트레스가 중요한 역할을 할 것이라는 가설이 제시되고 있으며(Bae JM 1994) 생체 내에 생성되는 free radical에 의한 연속적인 유해반응의 결과로 노화과정이 진행된다고 발표하였다.

산소는 생명 유지에 필수 불가결한 반면, 호흡 시 부수적으로 생성되는 활성산소는 유해한 작용을 한다. 때문에 생체는 glutathione peroxidase, catalase 등의 작용으로 지질 hydroperoxide(LOOH)나 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)를 분해하고, 지

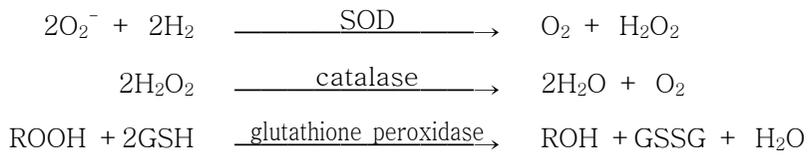
질과산화물 유도체인 alkoxy radical(LO·)이나 hydroxyl radical(·OH) 등의 활성산소의 생성을 억제한다. 대표적인 항산화 효소인 superoxide dismutase(SOD)는  $O_2$ 가 한 개의 전자를 받아들여 형성된 superoxide anion을 hydrogen peroxide( $H_2O_2$ )로 환원시키는 역할을 한다. Catalase는 적혈구와 간에 많이 함유되어 있고, SOD에 이어 두 번째 항산화 작용에 관여하여  $H_2O_2$ 를 무독성의  $H_2O$ 로 환원하며, 마지막으로 glutathione peroxidase는 GSSG를 형성함으로써 조직의 과산화를 방지한다. (Fig. 2-5)

세포막 구성성분인 지질은 필수적인 영양·식품성분이다. 이중 결합이 많은 고도불포화지방산은 산소 존재 하에 radical 연쇄반응으로 다양한 과산화지질이나 산화 분해물을 생성한다. 과산화지질은 우리들의 체내에서도 생성되며 세포의 기능저하와 동맥경화 간질환이나 망막증 등 각종 질병의 원인이 되며, prostaglandin 생합성과 약물대사, 더욱이 암의 발생과 노화에도 관여하고 있다고 생각되고 있다. 또한 식품 중에서 생성되면 영양가나 기호성에 영향을 미치고 또한 급성, 만성 독성의 원인이 되는 것으로 생각되고 있다.

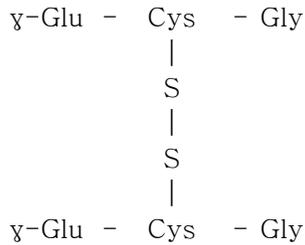
본 실험에서는 항산화 기질인 SH 기, glutathione contents를 측정하였고, 과산화지질 생성을 막아주는 GSH-Px, 무독화과정에 사용이 되는 GST 의 활성정도를 측정하여 보았다. (Fig. 2-6, 2-7, 2-8, 2-9)

Glutathione 함량은 간 조직으로부터 분리한 cytosol으로 측정된 결과 H40 군 > EZ 군 > Control 군 > SPS 군 > GPS 군 순으로 높게 측정되었으며, 신장 조직에서는 각 군별로 유의적인 차이를 나타냈으나 큰 함량의 차이는 없었다. Glutathione의 기질로 사용되는 SH기의 함량은 EZ, H40, GPS 군에서 높게 측정되었고, Control과 SPS 군에서는 낮은 함량을 보여 glutathione 함량과 유사한 경향을 보였다.(Fig 2-6, 2-7)

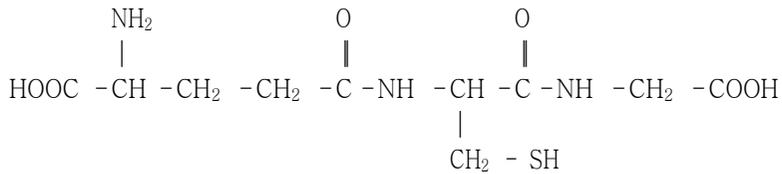
a) Anti-oxidative enzymes



b) Oxidized form GSH(GSSG)



c) Thiol Form GSH



d) Glutathione peroxidase

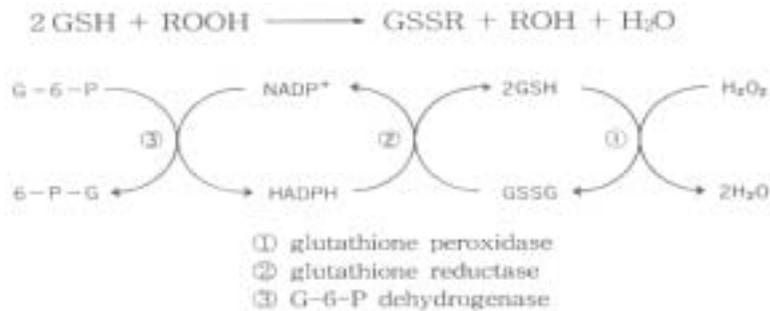
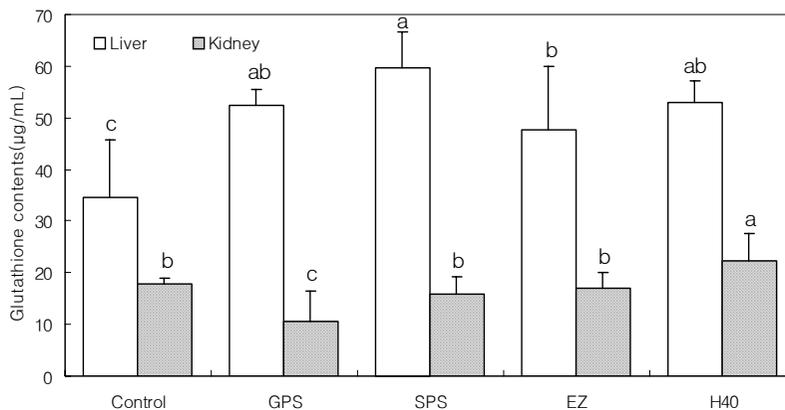
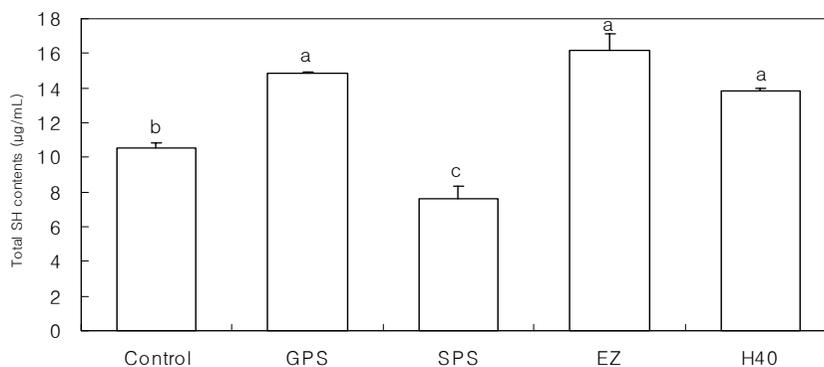


Fig . 2-5 Anti-oxidative cycle and structure



**Fig. 2-6** Glutathione contents in cytosol

Each value is mean±SD of experimental group. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. ( $p<0.0001$ )  $n=10$

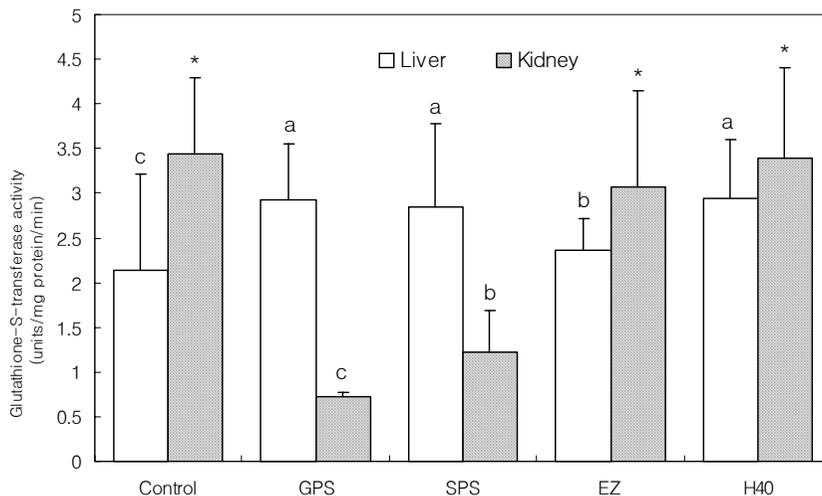


**Fig. 2-7** Total SH contents in cytosol

Each value is mean±SD of experimental group. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. ( $p<0.0001$ )  $n=10$ . Total SH contents and total SH( $\mu\text{g/mL}$ ) in  $1\text{mg/mL}$  protein is the same alphabet in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

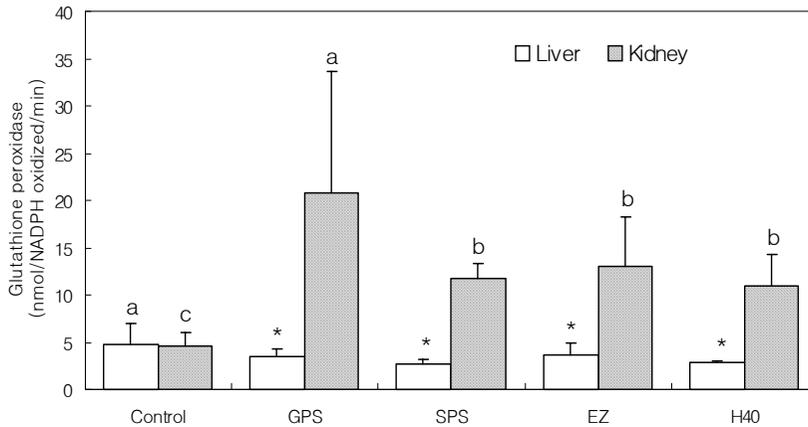
GST는 셀레늄 비의존성 GSH-px로서 친전자성 물질을 무독화 시키는 과정을 촉매하는 효소로, 환원형 GSH를 포함시켜 glutathione thioester(R-S-G)를 형성하는 반응을 촉매하고, 불포화지방질의 peroxide를 환원하여 알콜로 전환 시키는 역할을 한다. 간 조직의 cytosol에서의 GST 활성은 GPS군, SPS군, H40군에서 높게 측정되었으며, EZ군, Control군에서는 낮은 활성을 보였고, 신장조직에서는 GPS, SPS 군을 제외하고 유의적인 차이를 보이지 않았다.(Fig 2-8)

또한, 과산화수소를 분해하여 조직 세포의 산화성 손상으로부터 세포막을 보호하는 역할을 하는 GSH-Px는 GPS 군의 신장조직 cytosol에서 매우 높게 측정되었으나, 다른 군들은 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 MDA 생성량 측정실험과 비교하여 유추해 볼 때 GSH-Px는 과산화 지질 생성을 막기 위해서 다른 군에 비해 많이 사용되어졌기 때문에 GPS 군을 제외한 다른 군에서 낮은 활성도를 나타낸 것으로 사료되어 진다.



**Fig . 2-8 Glutathione-S-transferase activity in cytosol.**

Each value is mean±SD of experimental group. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. ( $p<0.003$ )  $n=10$



**Fig . 2-9 Glutathione peroxidase in cytosol.**

Each value is mean±SD of experimental group. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. ( $p<0.0001$ )  $n=10$

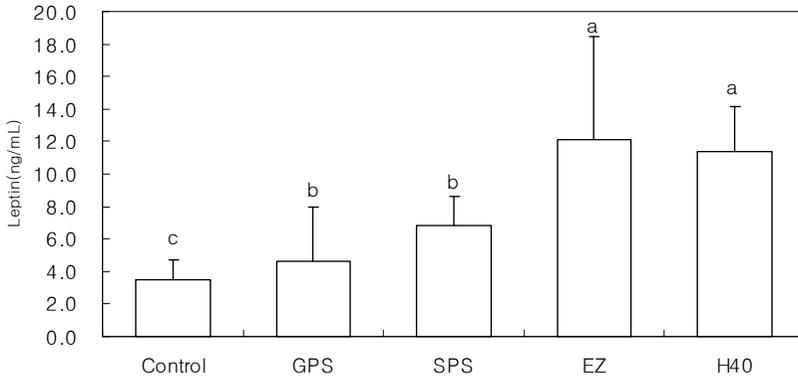
\* : N.S : Not Significant

### 카 . 혈중 leptin 농도

Leptin은 지방세포의 ob 유전자 특이 단백질로 시상하부로 체내 에너지 저장 정도를 전달하는 구심성 포만신호로 작용하여 식욕을 감소시키고 열량 소모를 증가시켜 에너지 항상성을 유지하여 체중 조절에 밀접한 관계가 있으며, 비만을 조절할 수 있는 여러 가능성이 있는 지표이다. Leptin은 시상하부에 있는 leptin receptor와 결합하여 작용하며 에너지 소비와 식욕을 조절한다. 또한 비만한 사람에게서 혈중 농도가 높았으며, 복부 피하지방과 아주 유의한 상관성이 있다고 보고되고 있어 체지방량의 변화를 나타내는 지표로 사용된다.

본 실험의 결과 측정된 leptin 함량은 EZ 군과 H40 군에서 다른 군에 비해 비교적 높게 측정되어졌으며, GPS, SPS 군에서는 낮은 함량을 나타냈다. 이 결과는 Table 2-4의 비만지수와 비교하여 볼 때 체지방 함량이 높게 측정되었던 EZ, H40 군에서 leptin 농도가 높게 측정되었고, 체지방 함량이 유의적으로 낮았던 Control군, GPS군, SPS군에서는 leptin 농도가 낮게 측정되어 체지방 함량과

leptin 농도와는 양의 상관관계를 갖고 있음을 알 수 있었다. 또한 이 실험의 결과, 효소 또는 산처리로 인해 변성을 유도한 전분이 체내 체지방함량 뿐 아니라, 체내 leptin 농도 또한 높여 처리하지 않은 전분에 비해 비만에 미치는 영향이 큰 것으로 사료되어 진다.



**Fig. 2-10 Leptin level in serum**

Each value is mean±SD of experimental group. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. ( $p<0.0001$ )  $n=10$

AIN 93 식이조성을 기본으로 첨가전분을 변형시킨 (corn starch를 potato starch로 대체) 고지방식을 42일간 rat에 급여하여 비만을 유도한 후 일반감자전분 첨가 고지방식이군(GPS군), 알감자 전분 첨가 고지방식이군(SPS군), 효소처리에 의한 변성전분 첨가 고지방식이군(EZ군), 저온처리하여 변형시킨 전분첨가 고지방식이군(H40 군) 각 4군으로 나누어 전분을 달리하여 70일 급여 후 생리활성을 in vivo에서 살펴보았다. 그 결과, 체중증가량은 GPS, EZ, H40 군에서 차이가 없었으나, EZ군은 그에 비해 증가량이 적었고, 식이효율 또한 유의적으로 낮게 측정되었다. 비만 판정 지수인 Röhler index, Lee index, T.M. index로 그리고 체지방 함량을 산출한 결과, 다른 군에 비해 SPS군의 비만 지수가 낮게 나타나 알감자 전분이 다른 첨가 전분에 비해 체중에 미치는 효과가 적다는 것

을 알 수 있었다. 혈중 Glucose, TC, LDL-C level은 GPS군과 SPS 군이 유의적인 차이를 보이지 않았으나, EZ, H40 군에 비해 낮게 측정되었고, HDL-C level은 GPS군을 제외하고 유의적인 차이를 보이지 않았다. 또한, 동맥경화지수 (Atherogenic Index)를 HDL-C, TC 함량으로 계산한 결과 H40이 다른 군에 비해 높게 측정되어 다른 전분 첨가 식이에 비해 H40군이 비만, 동맥경화에 미치는 영향도가 큼을 알 수 있었다. 혈청, 간, 신장의 MDA 생성량을 측정해 본 결과 H40 군이 혈청 MDA 생성량이 다른군에 비해 매우 높게 측정되었고, 간과 신장 조직에서는 EZ, H40 군이 다른군에 비해 유의적으로 낮은 함량을 나타냈다. 체내 항산화 기전에 대해 살펴본 결과, glutathion 함량은 각 조직별로 경향이 달랐으나, GP-x activity는 SPS 군에서 낮게 측정되었고, 이는 alkoxy radical, hydroxyl radical 등의 활성산소 억제로 지질과산화함량을 낮추는데 활발히 사용되었다고 사료되어 진다. 혈중 leptin 함량은 EZ 군, H40 군에서 유의적으로 높게 측정되었으며, SPS군, GPS군은 낮은 함량을 나타냈다.

따라서, 전분을 달리하여 첨가한 고지방 식이가 비만한 식이에 미치는 효과를 살펴본 결과, 알감자 전분을 100% 대체하여 제조한 SPS군을 급여한 군에서 다른군에 비해 비만억제 효과를 나타냈다고 사료되어지며, 이를 토대로 알감자 전분을 이용 다양한 방법으로 변형시켜 지방대체물로서 첨가하여 가공식품을 제조하여 가공식품이 in vivo 상에 미치는 생리활성을 측정해 보도록 하였다.

## 제 3절 변성전분을 이용한 저지방 가공식품 제조

### 1. 실험재료 및 방법

#### 가. 지방대체물을 이용한 마요네즈 제조

마요네즈는 안(2001)의 방법에 따라 먼저 재료 중 난황을 플라스틱제 볼에 넣고 반죽 혼합기(Braun M810, Spain)를 이용하여 30초간 교반하고 그 후 설탕, 소금 겨자와 식초를 넣고 약 3분간 교반하였다. 계속 혼합하면서 2TS씩의 기름을 가하여 주면서 5분간 저어 주는 것을 반복하였으며 유화가 끝난 후에 다시 2분간 교반하여 마요네즈를 제조하였다.

변성전분은 10% gel상태의 paste상태로 제조하여 식용유에 대한 유지대체비율을 10~50%로 비율로 대체하여 제조하였다.

Table 3-1. Formula of mayonnaise made by modified starch

Ingredients(%)	Fat substituted level (w/w)					
	0	10	20	30	40	50
Soybean oil	100	90	80	70	60	50
Paste of MPS*	0	10	20	30	40	50
Egg yolk	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vinegar	13	13	13	13	13	13
Mustard	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Sugar	5	5	5	5	5	5

\*Modified potato starch

### 1) 마요네즈의 색도 및 물성 측정

탄수화물계 지방대체물의 대체비율에 따른 색도를 비교하기 위하여 색도계 (Spectro Colorimeter Model JS-555, Japan)를 사용하여 각각 L, a, b값을 3회 반복 측정하였다

Modified waxy potato starch로 대체한 마요네즈의 전분의 점도를 Brookfield viscometer로 측정하였다. 또한 마요네즈의 물성은 각 마요네즈 제품마다 2개의 비이커(50 ml)에 마요네즈(50g)을 충전한 후 parafilm으로 밀봉하여 3℃의 냉장고에서 24시간 보관했다가 computer system과 printer가 연결한 Texture analyser(TA.XT2 analyser, England)로 TPA(Texture Profile Analysis) test를 하였다. 마요네즈 실험제품의 물성측정은 19mm(dia)의 plunger가 50mm/min의 속도로 물성측정 시료표면으로부터 20mm의 깊이까지 내려가도록 하였다.

측정조건은 다음 Table 3-2 와 같았다. TPA(Texture Profile Analysis) 방법을 통하여 각 시료의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness), 복원력 (resilience)을 각각 3회 반복 측정하였다(Woo *at al*, 2003).

Table 3-2. Operating condition of TA.XT2 texture analyser

Parameter	Operating condition
Load cell	5.0 (kg)
Pre - test speed	50.0mm/sec
Post - test speed	50.0mm/sec
Test speed	5.0mm/sec
Distance	30.0mm/sec
Trigger force	20g
Trigger type	Auto
Force	grams
Distance	millimeters

## 2) 마요네즈의 유화안정성 및 점도 측정

유지를 탄수화물계 지방대체물로써 대체 제조한 마요네즈를 3℃의 냉장고에서 48시간 동안 저장하여 마요네즈를 안정시키고 50mL의 원심분리관에 15g( $F_0$ )을 칭량한 다음 다시  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 항온기에서 48시간 동안 저장하였다. 저장 후 마요네즈를 원심분리기(Model HMR-160V, Vision science Co, Korea)로 25℃에서 10분간 1,500rpm으로 원심 분리하여 분리된 상층의 지방을 제거한 후 하층 침전물의 무게( $F_1$ )를 칭량하여 다음과 같은 방법으로 마요네즈의 유화안정성을 측정

하였다(Woo *at al*, 2003)

$$\text{Emulsion stability(\%)} = (F_1/F_0) \times 100$$

$F_1$  : precipitated weight after centrifuging of  $F_0$

$F_0$  : 15g of prepared mayonnaise

마요네즈의 점도는 Brookfield Digital Viscometer(Model DV-I, Stoughton, MA)를 이용하여 측정하였다. 마요네즈 50g을 비이커에 취하고 6rpm에서 #4 spindle을 이용하여 10초 간격으로 1분간 측정하였다(14).

### 3) 관능검사

탄수화물계 지방 대체물을 10~50% 대체하여 만든 마요네즈 제품에 대한 관능검사는 호서대학교 식품영양학과 학생 15명을 관능검사요원으로 선발하여 예비 실험을 통해 반복 훈련 후 실행하였다.

관능검사는 오전 11시와 오후 3시에 행하였으며 머리 위에 형광등이 설치되고, 칸막이가 있는 검사대에서 제품의 색, 맛, 외형, 조직감, 전체적인 기호도에 대하여 2회 반복 실시하였다. 검사방법은 9점 기호척도법(hedonic scale)에 의하여 1점은 아주 나쁘다, 9점은 아주 좋다고 평가하였다. 한 개의 시료를 평가한 후에는 반드시 20℃의 물로 입안을 헹군 후 다시 다음 시료를 평가하도록 하였다.

#### 나. 변성 전분을 이용한 저지방 쿠키의 제조

버터의 10~30% 비율의 양을 변성감자전분으로 대체하여 쿠키를 제조하였다. 반죽 혼합기(Broun M810, Spain)에서 저속으로 실온의 버터를 크림화 시킨 후 분량의 설탕을 1/3씩 나누어 넣고 3분간 중속에서 교반하면서 달걀을 나누어 넣었다. 다음 두 번 채져놓은 밀가루를 반죽에 넣고 고무주걱으로 가볍게 반죽한 다음 모양을 3.0 cm × 3.0 cm 의 크기로 성형하여 냉동실에 2시간 동안 방치한 후 미리 180℃로 예열시킨 오븐에서 10분간 구워냈다(Hong SJ, 2000).

변성전분을 이용한 저열량 쿠키의 제조는 반죽 혼합기(Braun M810, Spain)에서 3단계의 속도로 나누어 반죽하였다. 즉 먼저 저속에서 3분간 버터를 저어준 다음 고속으로 하여 설탕을 첨가하고 5분간 혼합하였다. 그리고 분량의 난황을 첨가하여 30초간 혼합한 다음 고속에서 반죽하였다. 마지막으로 이 혼합물에 밀가루를 채치면서 넣어주고 재빨리 고무주걱으로 반죽을 저은 후 쿠키팬에 유산지를 깔고 반죽을 4(D)×4(W)×1(H)cm 크기로 성형한 후 180℃로 미리 예열해 놓은 오븐에서 15분간 구웠다.

Table 3-3. Formula of butter cookie

Ingredients	Fat substitute level (%)			
	0	10	20	30
Flour	100	100	100	100
Egg yolk	19.0	19.0	19.0	19.0
Sugar	50.0	50.0	50.0	50.0
Butter	70.0	63.0	56.0	49.0
Paste of MPS*	0.0	7.0	14.0	21.0

Modified waxy potato starch used as fat replacer

### 1) 쿠키의 굽기손실을 측정

변성전분을 지방 30% 대체하여 만든 최종제품의 굽는 과정에서의 손실량을 측정하였다. 즉 일정시간 오븐에서 쿠키를 구어낸 후 상온에서 2시간 방냉하여 중량을 측정한 것과 굽기전 측정한 중량으로부터 다음 식에 의하여 산출하였다 (Woo NRY, 2002).

$$\text{Baking loss}(\%) = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A : weight of product before baking  
 B : weight of product after baking

### 2) 변성감자전분을 첨가한 제품의 색도 측정

변성감자전분 사용제품에 있어서의 대체비율에 따른 색도를 비교하기 위하여 색도계(Spectro Colorimeter Model JS-555, Japan)를 사용하여 각각 L,

a, b값을 3회 반복 측정하였다

### 3) 변성감자전분을 첨가한 제품의 물성

변성감자전분 사용제품의 물성은 제조 후 상온에서 2시간 방냉 한 다음 Computer system과 연결된 TA.XT Texture Analyser(Model TA-XT2, England)를 사용하여 측정하였으며 측정조건은 다음 Table 3-4와 같았다. TPA(Texture Profile Analysis)방법을 통하여 각 시료의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness)을 각각 3회 반복 측정하였다.

### 4) 전분의 호화열 측정

시료전분들에 대한 Differential Scanning Calorimetry(DSC 822e, Mettler Toledo) Donovan (Donivan JW, 1979)의 방법에 따라 측정하였다. Indium을 사용하여 온도 보정 ( $T_m$  : 156.60°C)을 하였고 시료 5~10 mg을 sampling 하여 알루미늄 팬(Standard Al pan, 40 $\mu$ l)에 넣고 sampler를 이용해 밀봉한 후 시험하였다. 온도범위는 25~200°C, 가열속도는 10°C/min으로 측정하였다. DSC의 endothermic peak로부터 호화개시 온도( $T_0$ ), 호화정점온도( $T_p$ ), 호화종료온도( $T_c$ )와 호화엔탈피( $\Delta H$ , J/g)를 구하였다

Table 3-4 . Operating condition of TA.XT2 texture analyser

Parameter	Operating condition
Load cell	5.0 (kg)
Pre - test speed	5.0mm/sec
Post - test speed	1.0mm/sec
Test speed	5.0mm/sec
Distance	15.0mm/sec
Trigger force	20g
Trigger type	Auto
Force	grams
Distance	millimeters

## 2. 변성전분을 이용한 저지방 가공 식품의 가공 특성 결과

### 가. 변성전분을 이용한 저지방 마요네즈 특성

#### 1) 변성전분을 이용한 저지방 마요네즈의 열량 감소 효과

변성전분은 10% gel상태의 paste로 제조하여 식용유지에 대하여 10~50% 대체시켜 저지방 마요네즈를 제조하였다. 일반적인 마요네즈의 제조방법에 따라 제조하여 지방대체물질을 첨가하지 않은 마요네즈의 열량이 7.19 Kcal/g 인데 비해 SPS paste를 50%대체한 경우 3.80 Kcal/g로 약 45.91%의 열량저하 효과를 나타내었다. 시판 지방대체물질인 ASP가 3.98 Kcal/g로 약 44.60%의 열량 저하효과를 보인 반면, H40, HPR 마요네즈의 경우도 각각 44.76, 44.71%의 열량 감소율로 측정되어 저지방 식품 가공 시 열량저하효과를 예상할 수 있었다. 특히 마요네즈와 같은 드레싱 제조 시 지방대체물질인 변성전분은 10%paste 상태로 대체하였기 때문에 열량감소율은 크게 증가 되었다. 따라서 저지방 혹은 저열량 가공식품에 지방대체물질의 대체 방법을 전분 그대로 첨가하는 방법 이외에 paste와 같은 형태로 첨가하여 물성 및 가공적성을 개선 한다면 높은 열량저하를 기대할 수 있을 것이다.

Table 3-4 The Kcal and decrease ratio of mayonnaise made with starch and modified starch

	Substitution level	Kcal / g	Decrease ratio(%)
control	0	7.19	0
GPS	10	6.53	9.17
	30	5.21	27.51
	50	3.89	45.85
SPS	10	6.53	9.18
	30	5.21	27.54
	50	3.89	45.91
NL	10	6.55	8.90
	30	5.27	26.70
	50	3.99	44.50
ASP	10	6.55	8.93
	30	5.26	26.79
	50	3.98	44.66
AC	10	6.55	8.90
	30	5.27	26.70
	50	3.99	44.50
H40	10	6.55	8.95
	30	5.26	26.86
	50	3.97	44.76
EZ	10	6.55	8.86
	30	5.28	26.57
	50	4.01	44.29
HPR	10	6.55	8.94
	30	5.26	26.82
	50	3.98	44.71
HTP	10	6.55	8.89
	30	5.27	26.67
	50	3.99	44.45
DF	10	6.55	8.92
	30	5.27	26.76
	50	3.98	44.61

## 2) 저지방 마요네즈의 색도 및 물성

마요네즈 제조시 전분과 변성전분을 10~50%까지 대체한 결과 대체비율이 증가할수록 L값과 b값은 상대적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 전분 paste의 특성과 관계가 있으며, 전분 paste의 백색이 명도와 황색도에 큰 영향을 미친다. 천(1995)의 연구에 의하면 탄수화물계 지방대체물로 마요네즈를 제조한 결과 L값은 높고, b값이 낮았다고 보고한 결과와 유사하였다(Table 3-5).

마요네즈의 점도를 Brookfield Digital Viscometer로 측정된 결과 H40으로 50%대체한 마요네즈는  $6.10 \times 10^3$  centi poise로 매우 높은 점도가 측정되었다. GPS > HPR > SPS > EZ의 순으로 전분 paste의 강도가 높을수록 마요네즈의 강도도 거의 유사한 결과를 나타내었다. 감자전분은 옥수수전분, 고구마전분보다 낮은 온도에서 호화가 일어나며, 호화온도에 가까워지면 전분입자가 팽윤되어 크기가 커지므로 점도가 증가하는 특성을 가진다. 따라서 지방을 대체하여 제품을 제조할 때 최적의 점도에서 첨가한다면 제품의 물성이 개선될 수 있을 것이다(Table 3-6).

Table 3-5 Color index of mayonnaise made by different modified starch

	Substitution level(%)	L	a	b
GPS	0	73.86	-6.76	37.56
	10	82.54	-6.76	31.65
	30	84.44	-7.4	34.77
	50	85.52	-7.45	30.79
SPS	0	73.86	-6.76	37.56
	10	73.86	-6.76	37.56
	30	82.79	-6.51	31.18
	50	83.7	-6.74	23.95
NL	0	73.86	-6.76	37.56
	10	74.24	-6.64	39.83
	30	77.15	-6.99	32.98
	50	83.96	-6.43	32.88
APS	0	73.86	-6.76	37.56
	10	80.92	-6.78	34.44
	30	83.97	-7.1	30.96
	50	87.11	-7.32	28.72
AC	0	73.86	-6.76	37.56
	10	76.17	-6.43	39.24
	30	83.01	-6.25	32.33
	50	85.23	-7.15	40.82
H40	0	73.86	-6.76	37.56
	10	82.15	-7.34	48.12
	30	82.88	-5.86	31.65
	50	83.80	-7.16	43.38
EZ	0	73.86	-6.76	37.56
	10	80.76	-6.92	36.19
	30	82.83	-6.12	34.10
	50	85.04	-6.58	39.75
HPR	0	73.86	-6.76	37.56
	10	73.98	-4.97	17.22
	30	75.04	-4.29	14.38
	50	83.92	-2.45	8.41
HTP	0	73.86	-6.76	37.56
	10	75.18	-5.85	20.55
	30	78.00	-6.31	28.76
	50	81.44	-7.00	36.67
DF	0	73.86	-6.76	37.56
	10	80.33	-6.95	46.27
	30	84.92	-6.99	44.83
	50	86.88	-6.54	33.76

Table 3-6. The viscosity of mayonnaise made by different modified starch

	( $10^3$ centi poise)			
	Substitution level(%)			
	0	10	30	50
GPS	10.92	9.00	8.35	5.82
SPS	10.92	8.35	6.32	5.52
NL	10.92	7.72	5.90	2.17
ASP	10.92	8.20	8.63	3.12
AC	10.92	8.15	7.17	2.65
H40	10.92	9.20	8.30	6.10
EZ	10.92	8.35	6.10	5.32
HPR	10.92	8.65	6.40	5.70
HTP	10.92	5.90	6.50	2.05
DF	10.92	7.92	7.65	2.45

마요네즈의 물성을 측정된 결과 경도는 무첨가군인 대조군이 가장 높았으며, EZ > H40 > NL > HTP > SPS 의 순이었다. 변성전분 중 H40, EZ는 젤점도가 높게 측정되었으며, 마요네즈의 경도에 영향을 미치는 것으로 판단된다. NL은 젤점도는 변성전분에 비해 높지 않았으나 마요네즈의 경도에 높게 측정되었는데, NL제품은 dressing이나 soup 가공용으로 제조된 것으로 마요네즈 물성 특성에 좋은 특성을 나타내는 것으로 관찰된다. 탄력성, 응집성은 경도와는 반비례적인 경향을 보여 AC, DF가 높고 EZ가 매우 낮게 측정되었다. 검성은 대조군이 가장 높았으며, SPS > NL > HTP > HPR > H40의 순이었다. 씹힘성의 경우도 대조군이 가장 높았으며 AC, DF, NL이 상대적으로 높은 반면, H40, HPR은 상대적으로 낮게 측정되어 검성과는 역비례관계를 나타내었다. 복원성은 GPS가 가장 높았으며, SPS, APS, H40, HTP, DF, NL, AC 처리 마요네즈의 경우가 대조군과 거의 흡사한 결과를 나타내어 마요네즈의 형태유지에는 큰 차이를 나타내지 않을 것으로 사료된다(Fig 3-1).

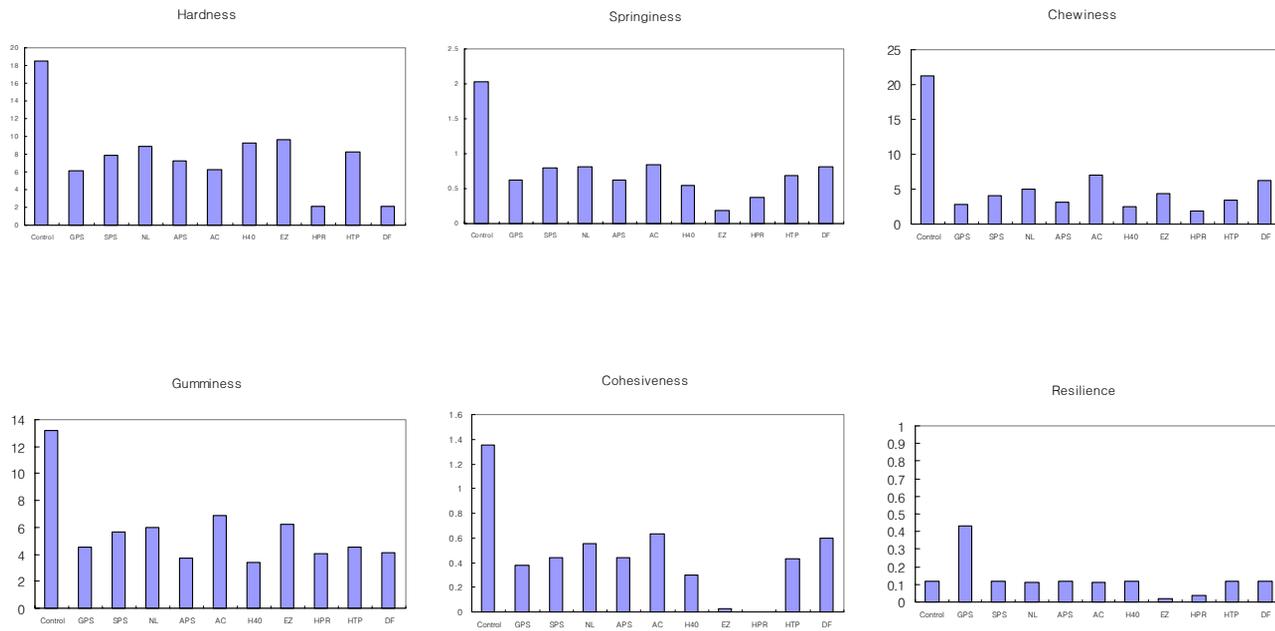


Fig 3-1. Rheological properties of mayonnaise made by 50 % modified starch

### 3) 저지방 마요네즈의 유화 안정성

전분과 변성전분으로 대체하여 제조한 저지방 마요네즈의 유화안정성은 시판 전분인 NL이 50%로 대체 결과를 비교했을때 92.7% 가장 높았으며, 변성전분으로 대체한 결과, H40, HPR의 첨가군이 91.8, 91.6 %로 일반전분 SPS와 GPS 91.6, 90.5%보다 다소 높은 경향을 보여주었다. 따라서 H40, HPR의 변성전분은 유화식품의 적용가능성이 있을 것으로 사료된다. 또한 이들의 결과는 gel 강도가 높은 변성전분과도 유사한 경향을 보여주었다.

천 등(1994)은 시판 대체지방인 Neutral과 Staslim, N-Lite를 마요네즈 제조 시 약 5%를 첨가하였을 때 유화안정성은 96.32, 97.88, 95.85%이었으며 Stella 100X를 25%정도 첨가한 경우에도 98.11%으로 마요네즈 제조 시에 시판 대체지방을 약 25%정도까지를 대체하는 것이 가능했다고 보고하였다. 이와 같이 본 연구에서도 마요네즈와 같은 유화식품을 제조 할 때 변성전분 paste를 약 30%까지 대체하여도 제품의 안정도는 상당히 유지될 것으로 보여 진다.

또한 마요네즈의 유화안정성에 영향을 미치는 요인으로 점도, 지방구의 입도 분포, 유화제의 농도 및 종류, 구성비율과 성질 등 있다. 이(2001)는 유화제와 안정제를 사용하여 마요네즈를 제조한 결과 마요네즈가 원심분리 후에도 안정적이었으며, Kanedani 등(1972)은 마요네즈는 기름 농도 및 점도와 밀접한 관계가 있으며 점도가 높을수록 마요네즈의 안정성이 증가되었다고 한 결과와 유사하였다.

Table 3-7. Emulsion stability of mayonnaise made by modified starch

	Substitute level(%)			
	0	10	30	50
GPS	100.00	96.46	92.31	90.50
SPS	100.00	97.64	93.43	91.60
NL	100.00	98.81	94.55	92.70
APS	100.00	95.40	91.29	89.50
AC	100.00	66.80	63.92	62.67
H40	100.00	98.59	94.35	92.50
EZ	100.00	96.25	92.11	90.30
HPR	100.00	97.85	93.64	91.80
HTP	100.00	94.86	90.78	89.00
DF	100.00	94.86	90.78	89.00

#### 4) 저지방 마요네즈의 관능검사

변성전분과 시판 지방대체물질을 첨가하여 제조한 마요네즈의 관능결과는 다음 Table 3-8과 Fig. 3-2와 같다. 즉 맛, 향미, 물성, 색상, 외형 등의 항목에서 소비자는 변성전분을 첨가한 H40, HPR, EZ 마요네즈의 경우 30%정도의 대체비율에서는 크게 선호도의 차이를 보이지 않았으며 시판지방대체물질인 NL의 경우는 50%까지 대체한 경우에도 소비자들의 선호도도 차이가 없었다. 전체적인 기호도 항목을 비교한 결과 30%의 대체 마요네즈는 NL 첨가군이 매우 높은 선호도를 나타내었으며, H40 > HPR > EZ의 선호도를 보여주었다.

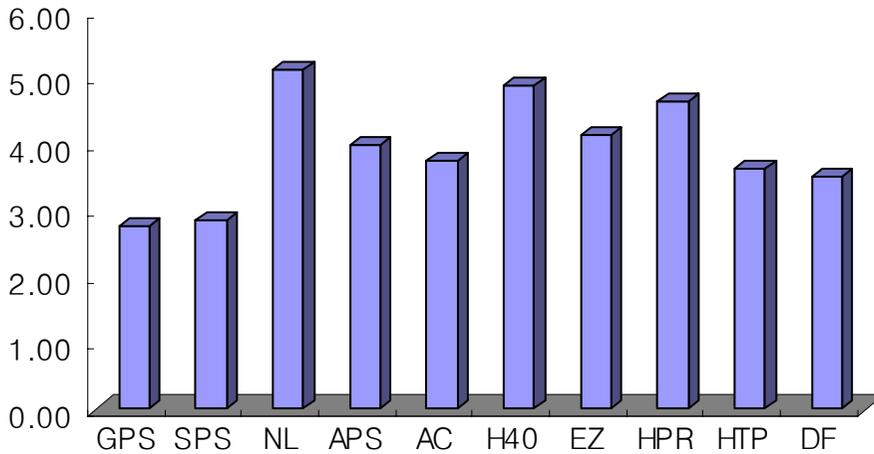


Fig. 3-2 The overall acceptance of mayonnaise made by 30% modified potato starch

Table 3-8. Sensory characteristics of mayonnaise made by modified potato starch

	Substitution level(%)	Taste	Texture	Flavor	Color	Appearance	Overall preference
GPS	0	5.38	5.13	5.00	5.75	5.25	6.38
	10	3.75	3.50	4.38	5.25	4.88	4.63
	30	2.50	2.75	3.00	3.00	2.88	2.75
	50	3.75	3.38	4.00	3.63	2.63	4.00
SPS	0	5.38	5.13	5.00	5.75	5.25	6.38
	10	3.57	4.00	4.71	3.86	4.29	4.43
	30	3.29	2.71	2.71	3.57	2.29	2.86
	50	3.71	3.14	3.43	3.29	3.29	3.14
NL	0	5.38	5.13	5.00	5.75	5.25	6.38
	10	5.00	5.13	5.13	5.38	5.50	5.25
	30	4.63	4.25	4.00	5.38	5.63	5.13
	50	4.75	5.00	4.50	4.50	4.00	4.75
APS	0	5.38	5.13	5.00	5.75	5.25	6.38
	10	4.14	4.43	4.43	4.43	4.86	4.57
	30	4.00	3.86	3.86	4.71	4.57	4.00
	50	3.57	3.57	3.57	4.00	3.43	3.29
AC	0	5.38	5.13	5.00	5.75	5.25	6.38
	10	3.13	3.63	3.25	4.13	3.13	3.63
	30	3.38	3.25	3.25	3.75	3.25	3.75
	50	3.13	3.38	3.13	4.38	3.38	3.50
H40	0	5.38	5.13	5.00	5.75	5.25	6.38
	10	4.88	4.63	4.63	4.50	4.88	4.50
	30	4.50	4.13	4.13	3.88	3.25	4.88
	50	3.88	3.38	3.75	3.63	3.13	3.88
EZ	0	5.38	5.13	5.00	5.75	5.25	6.38
	10	4.38	4.88	4.25	5.13	5.00	5.00
	30	4.13	4.38	4.38	4.00	3.88	4.13
	50	3.75	3.75	3.88	3.38	3.25	3.25
HPR	0	5.38	5.13	5.00	5.75	5.25	6.38
	10	3.63	4.25	4.13	4.63	4.13	4.13
	30	3.63	3.63	3.63	4.00	4.13	4.63
	50	3.13	3.50	3.25	2.88	3.13	2.25
HTP	0	5.38	5.13	5.00	5.75	5.25	6.38
	10	5.13	4.88	4.25	5.38	5.25	5.38
	30	4.13	3.88	3.63	3.38	3.38	3.63
	50	2.75	2.88	3.13	3.38	2.50	2.63
DF	0	5.38	5.13	5.00	5.75	5.25	6.38
	10	3.88	3.25	2.88	4.00	4.13	4.25
	30	2.63	3.13	3.13	3.13	3.50	3.50
	50	1.88	2.25	3.00	2.75	3.25	2.50

## 나. Modified waxy potato starch를 이용한 저지방 쿠키 제조

### 1) 저지방 쿠키의 외형촬영

전분 중 열량이 가장 낮고 아밀로펙틴 함량이 높은 알감자(SPS)를 선발하여 H40, EZ처리로 변성전분을 제조하였다. H40-S과 EZ-S 변성전분으로 유지에 대하여 30% 대체하여 제조한 버터 쿠키의 외형을 digital camera로 촬영하였다. 변성전분으로 대체하지 않은 버터쿠키(NR)과 저지방 쿠키들은 색상의 차이가 관찰되었다.

오븐에서 굽는 제품들의 일반적인 특징은 수분보유력과 관계가 깊다. 즉 굽는 과정에서의 손실은 주로 수분의 손실에 의하여 베이커리제품의 구조적 변형이 일어나 모양이 균일하지 못하며(Berglund & Hertsgaard, 1986), 수분을 충분하게 보유하여 굽는 과정 동안 수증기의 팽창으로 베이커리제품의 부피를 증가시키기도 하고, 한편으로 촉촉한 질감을 유지해준다(Armbrister & Setser, 1994)고 한 것과 본 실험의 결과는 잘 일치하는 것으로 볼 수 있다. 또한 쿠키제품은 온도가 상승함에 따라 내부면적의 표면적이 증대되어 독특한 외형을 형성한다고 하였다.

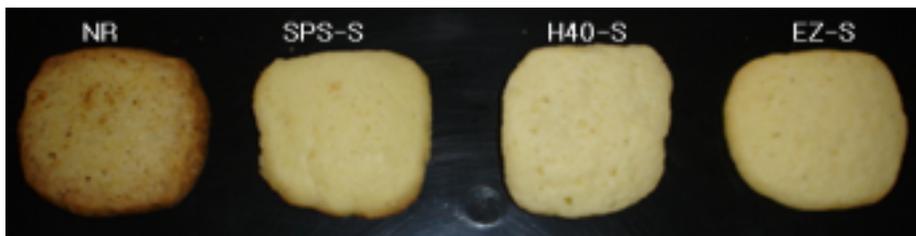


Fig 4-3. Low fat butter cookie made by modified potato starch

\* NR : not replaced(control)

## 2) 저지방 쿠키의 굽기손실율

변성전분으로 30%의 버터를 대체하여 쿠키를 제조한 결과 제품의 굽기손실율은 다음 Fig. 4-3과 같다. 변성전분을 사용하지 않은 대조군의 굽기손실율이 12.50%로 가장 낮았으며, EZ-S와 H40-S로 대체한 쿠키군이 각각 14.63, 14.89%인 반면, 변성하지 않은 SPS의 제품은 16.67%로 쿠키 손실율이 가장 높았다.

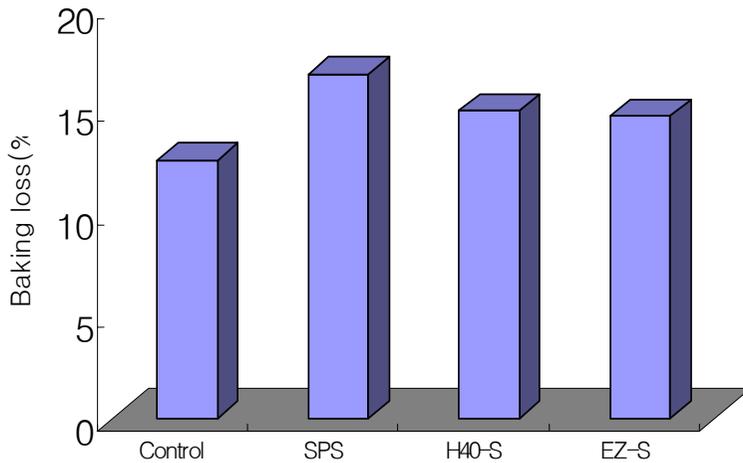


Fig 3-3 Baking losses of cookies made by modified starch

### 3) 저지방 쿠키의 색도 비교

저지방 쿠키의 의 색도를 비교한 결과는 다음 Tabel 4-8과 같다. 대조군의 L값이 98.95인데 비해 SPS와 변성전분 H40, EZ로 대체한 쿠키의 L값은 모두 99.98~100.55로 높게 특정되어 사진촬영에서 관찰한 결과와 일치하는 경향을 보여주었다. 버터를 전분과 변성전분으로 대체한 결과 b값이 다소 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 3-8. L, a, b color values of cookies made by modified starch

	L	a	b
control	98.95	1.35	6.66
SPS	100.55	-1.43	6.69
H40	102.03	0.10	6.19
EZ	99.98	-0.82	4.47

### 4) 저지방 쿠키의 물성적 특성

저지방 쿠키 제조시 기존의 유지에 일반전분과 변성전분을 30% 비율로 대체하여 쿠키를 제조하였으며, 180℃, 10분간 구운 후 상온에서 2시간 방냉 한 후 Rheometer(TA. XT analyzer)를 이용하여 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 경도(hardness), 탄력성(springiness), 파쇄성(fracturability) 등의 물성적 특성을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

응집성은 대조군에 비해 변성전분의 첨가군 H40-S, EZ-S군간의 큰 차이를 나타내지 않았으나 SPS가 높게 측정되었다. 검성은 대조군 322.46 비하여 전분 처리군이 모두 높게 측정되었으며, 특히 EZ-S군이 1816.09로 가장 높았다. 씹힘성은 대조군에 비해 전분처리군이 모두 높게 측정되었으며 EZ-S군이 매우 높은 경향을 보여주었다. 경도의 경우도 전분대체군 모두 대조군에 비해 높은 경도를 나타내었으며 H40-S 처리군에서 매우 높은 경도를 측정할 수 있었다. 탄력성은 EZ-S >H4-S> control(NR)> SPS의 순으로 측정되었다. 파쇄성은 대조군이 매우 높은 반면 EZ-S군이 제일 낮은 경향을 나타내었다.

Prey 등(1974)은 gum물질들과 전분을 점도 증진제로 사용하여 대체물의 함량을 증가시킬수록 경도가 증가한다고 보고와 유사한 결과를 나타내었으며, 김 등(1997)은 저지방 식품제조 시 식용유의 비율을 줄이기 위해 gum질이나 변성된 전분이 대체 가능하다고 보고하였다

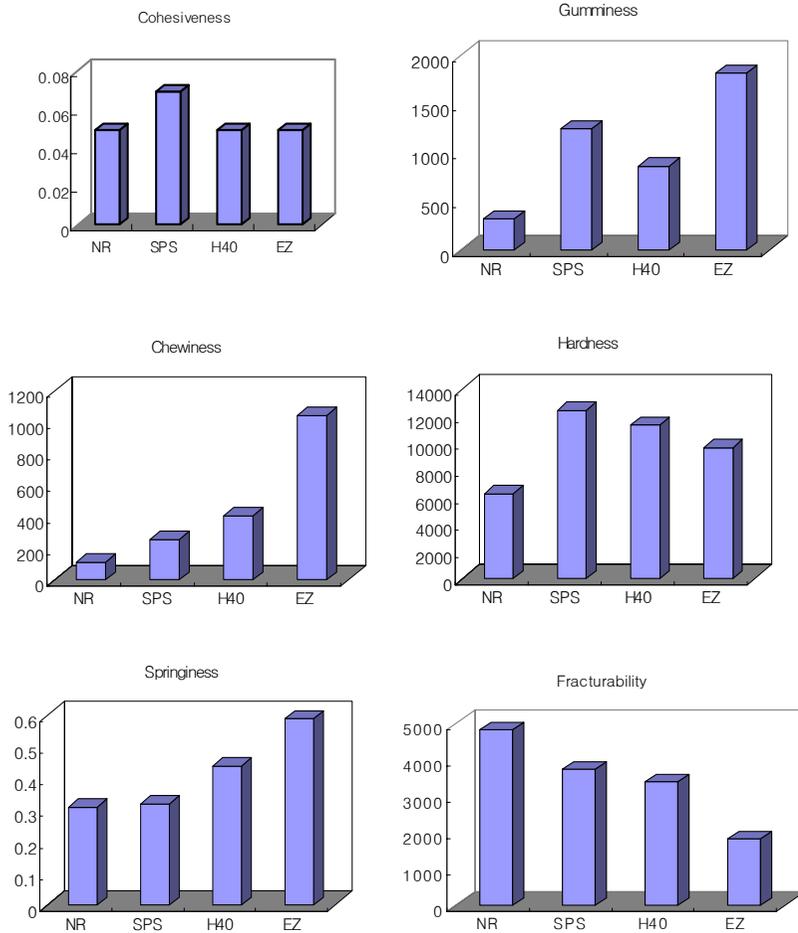


Fig 3-3. Rheological properties of butter cookie made by modified potato starch

NR: not replaced(control)

## 5) 쿠키제조시 첨가한 변성전분의 호화특성

Indium을 사용하여 온도 보정 ( $T_m : 156.60^\circ\text{C}$ )을 하였고 시료5~10mg을 sampling 하여 알루미늄 팬(Standard Al pan,  $40\mu\text{l}$ )에 넣고 sampler를 이용해 밀봉한 후 시험하였다. 온도범위는  $25\sim 200^\circ\text{C}$ 였고, 가열속도는  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 시험하였다.

두류전분은 DSC endotherm에서 두개의 흡열반응을 나타내는데 비하여 감자전분은 하나의 흡열 peak를 나타내고 일반적으로  $63\sim 83^\circ\text{C}$ 의 범위로 좁다고 보고 되고 있다. 전분 입자내 수분이 흡수되는 것은 비결정성 영역에 의한 것이고, 여기에 흡수된 수분은 가열시 결정부분을 불안정화시켜 호화가 일어나는 것을 촉진하는 helix coil로의 전환이라고 알려져 있다. 또한 전분구조의 분지도가 클수록 호화온도 범위가 커진다고 하였다 (김향숙, 1994).

SPS는  $75.88^\circ\text{C}$ 에서 호화가 시작되었으며 peak온도는  $72.08^\circ\text{C}$ , 종료온도는  $82.46^\circ\text{C}$ 으로 정 등(1998)의 전분의 호화온도  $62.79\sim 77.70^\circ\text{C}$ 보다는 다소 높은 결과를 나타내었다. 한편 변성전분 H40, EZ는 각각  $73.80\sim 74.07^\circ\text{C}$ ,  $71.97\sim 77.61^\circ\text{C}$ 로 호화온도 범위가 낮아 전분의 변성처리에 따라 호화온도를 낮출 수 있을 것으로 예상된다.

호화 엔탈피( $\Delta H$ )가 높으면 전분 입자가 호화되는데 저항을 가지며 구조를 무정형으로 하는데 많은 에너지를 필요로 한다. 따라서 SPS의  $328.34\text{ J/g}$  비해 H40, EZ는  $245.15, 219.17\text{ J/g}$ 으로 낮은 호화열을 나타냈다. 전분의 호화양상은 전분의 아밀로오스 함량, 각 구성 분자량, 입자의 크기, 입자의 미세구조 등에 여러 가지 요인에 의해 영향을 받는다.

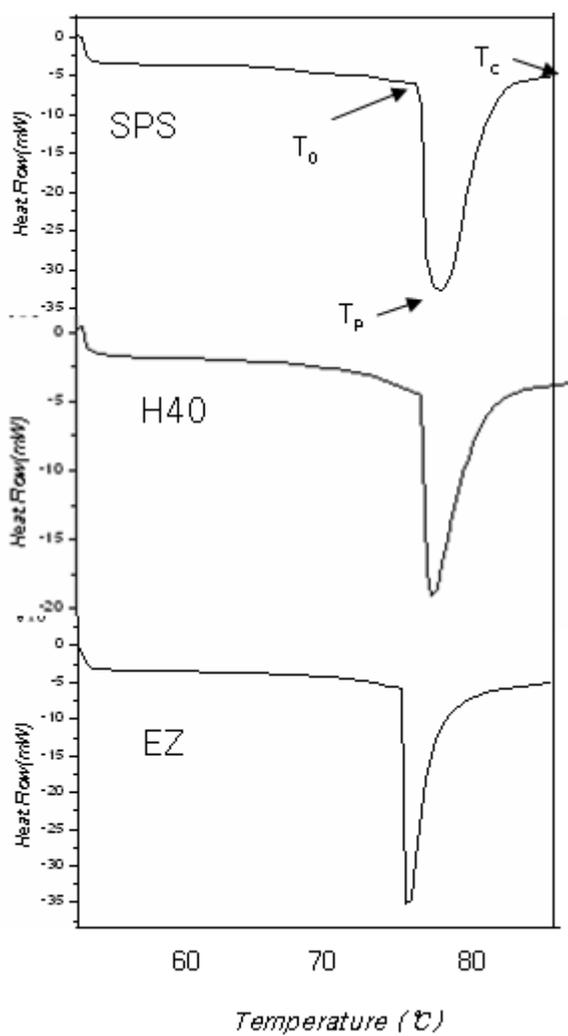


Fig. 3-4 DSC thermograms of the modified starches

Table 3-9 Gelatinization temperature of modified starches

Sample No.	Thermal characteristics <sup>1)</sup>			
	T <sub>o</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔH(J/g)
SPS	75.88	72.08	82.46	328.34
H40-S	73.80	74.69	74.07	245.15
EZ-S	71.97	72.16	77.61	219.17

<sup>1)</sup> T<sub>o</sub> : onset temperature T<sub>p</sub> : peak temperature T<sub>c</sub> : conclusion temperature

## 6) 쿠키의 관능검사

변성전분과 일반전분으로 유지를 대체하여 제조한 저지방 쿠키의 관능검사 결과는 다음 Fig. 4-4와 같았다. 맛은 대조군이 가장 높았으며 H40-S> SPS> EZ-S의 순이었다. 향은 SPS를 제외한 변성전분 처리군이 대조군과 유사한 선호도를 나타내었다. 색은 전분과 변성전분을 처리한 군이 갈색화가 대조군에 비해 낮아 선호도가 낮은 결과를 보여주었다. 물성은 H40-S이 대조군과 유사한 선호도를 나타내었고 전체적인 기호도에서도 H40-S에서도 높은 선호도를 보여주었다. 따라서 H40-S으로 버터쿠키를 제조할 경우 소비자들에게 일반쿠키와 유사하면서 저지방 제품을 제공 할 수 있을 것으로 예상된다.

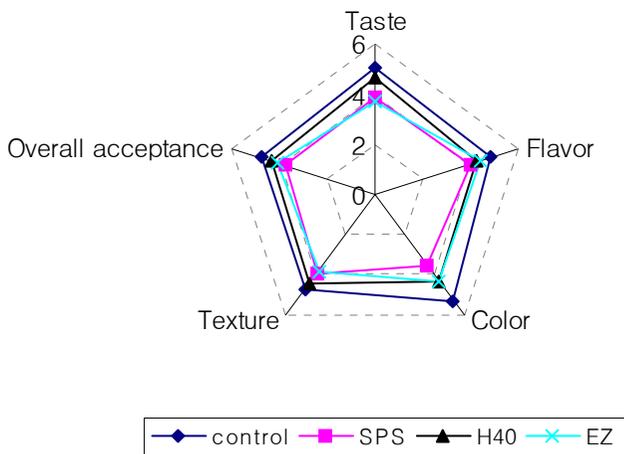


Fig.4-4 The sensory evaluations of cookies made by modified starch

## 제 4절 Modified waxy potato starch 첨가 가공식품이 비만에 미치는 영향

### 1. 실험재료 및 방법

#### 가. 실험동물 및 식이

생후 3주령된 Sprague-Dawley종 수컷 흰쥐를 32마리 (주)대한 실험동물에서 구입하여 실내온도  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ , 습도 55-60%, 12 hr light-dark cycle의 조건에서 표준식이와 물을 충분히 공급하면서 1주간 환경에 적응시킨 후 9주에 걸쳐 버터를 대체하여 가공한 냉동 쿠키를 급여하면서 사육하였고, 물과 식이는 자유롭게 급여할 수 있도록 하였다. 쿠키는 일반적인 제과 레시피에 있는 냉동쿠키를 Control로 하였으며, 각 실험군은 버터를 대체할 수 있는 지방 대체물로 전분과 물을 1:9(v/v) 섞어 유동체화 시킨 물질을 첨가하여 제조하였고, 그 조성과 영양 성분은 Table 4-1, Table 4-2와 같다.

또한 식이 섭취량은 일주일에 3번 일정한 시각에 측정하였고, 체중은 1주일에 1회 같은 시각에 측정하였다. 사육기간 동안의 총 평균 식이 섭취량과 그 동안의 체중증가량을 계산하였고, 이를 토대로 식이효율(Food efficiency ratio : FFR)은 사육기간 동안의 체중증가량을 같은 기간 동안 섭취한 식이량으로 나누어 산출하였다.

$$\text{식이효율(FFR, \%)} = \frac{\text{총실험기간의 체중증가량(g)}}{\text{총실험기간의 식이섭취량(g)}} \times 100$$

**Table 4-1. Formulation of substitute and control cookies**

	Control-S	SPS-S	EZ-S	H40-S
All purpose flour	41.84	41.84	41.84	41.84
Egg	7.95	7.95	7.95	7.95
Sugar	20.92	20.92	20.92	20.92
Butter	29.29	20.50	20.50	20.50
Substitution <sup>1)</sup>	-	8.79	8.79	8.79
Tatol (100%)	100.00	100.00	100.00	100.00

1) Each starches (small potato starch, modified small potato starch by enzyme, modified small potato starch by acid at 40°C) fluid = Starch : Water (1:9 v/v)

**Table 4-2. Nutritional compositions of control and experiment cookies**

	Control	SPS-S	EZ-S	H40-S	
Energy(kal/100g)	466.70	408.83	403.98	403.98	
Moisture	0.15	0.14	0.14	0.14	
Protein	4.78	4.79	4.74	4.74	
Fat	25.93	18.73	18.51	18.51	
Carbohydrates	Non-fibrous	53.46	54.79	54.14	54.14
	Fiber	0.08	0.08	0.08	0.08
	Ash	0.72	0.56	0.56	0.56
Minerals	Calcium	17.28	15.73	15.54	15.54
	Phosphorus	59.41	58.53	57.83	57.83
	Iron	0.84	0.85	0.84	0.84
	Sodium	223.10	161.35	159.44	159.44
	Potassium	18.37	16.38	16.19	16.19
Vitamins	Vit. A	135.07	99.52	98.34	98.34
	Retinol	116.28	82.37	81.39	81.39
	$\beta$ -carotene	36.03	25.52	25.22	25.22
	Vit. B <sub>1</sub>	0.06	0.06	0.06	0.06
	Vit. B <sub>2</sub>	0.06	0.06	0.06	0.06
	Niacin	0.30	0.30	0.30	0.30

## 나 . 혈액과 장기의 채취

사육기간이 종료 된 실험동물은 12시간 절식 후, diethyl ether로 마취시켜 복부를 개복한 후 간정맥에서 채혈하여 혈청으로 분리하여 사용하였다. 채취한 혈액은 원심분리관에 담아 24시간 냉장온도(4℃)에 방치 한 후 3500 rpm 15분 간 원심 분리 후 혈청을 분리하여 -70℃ deep freezer에 보관하여 분석에 사용하였다. 간과 신장은 혈액을 채취 한 후 즉시 적출하여 차가운 0.1 mM phosphate buffer (pH 7.4)에 수차례 세척하여 연결조직을 제거 한 다음, filter paper로 물기를 제거하여 무게를 측정하고 분석직전까지 -70℃ deep freezer에 보관하였다.

## 다 . 비만지수 평가

4주간 비만 유도 후 그리고 실험식이 급여가 끝난 후 실험동물의 코에서 항문까지의 길이와 체중을 측정하여 Röhrer index, Lee index, T.M. index로 그리고 체지방 함량은 T.M. index를 이용하여 비만지수를 산출하였다. Röhrer index는  $\{\text{Body weight (g)} / \text{Naso-anal length (cm)}\}^3 \times 10^3$ , Lee index는  $\{\text{Body weight (g)}^{1/3} / \text{Naso-anal length (cm)}\} \times 10^3$ , T.M. index는  $\text{Body weight (g)} / \text{Naso-anal length (cm)}^{2.823} \times 10^3$ , 식에 따라 계산하였으며, 체지방 함량은  $0.581 \times \text{T.M. index} - 22.03$ 으로 계산하였다(Kim HS and Chung JS 2001).

## 라 . 혈청지질 패턴 분석

혈청 내 total cholesterol(TC), triglyceride(TG) 그리고 HDL-Cholesterol , LDL-Cholesterol 농도는 ADVIA 1650 (Jeol, Japan)장비를 이용하여 측정하였다. 혈청의 HDL-Cholesterol 농도에 대한 LDL-Cholesterol 농도로 계산하여 나타내었으며, Atherogenic Index는 동맥경화 지수로서 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{Atherogenic Index} = \frac{\text{Total Cholesterol} - \text{HDL-Cholesterol}}{\text{HDL-Cholesterol}}$$

## 마 . 간조직 내 지질 함량

간조직 내 총지방과 중성지방 함량은 (Yoon JS et al 1999)의 방법과 총 콜레스테롤 함량은 (Zak B 1968)으로 측정하였다.

## 바 . Amino transferase

### 1) GOP (L-Aspartate : 2-oxoglutarate amino transferase)

L-aspartic acid과  $\alpha$ -ketoglutaric acid이 반응하여 oxalacetic acid과 glutamic acid 으로 되는데 GOP가 작용을 한다. 이 원리를 이용하여, 반대 되는 반응 식 Oxalacetic acid과 NADH,  $H^+$  이 반응하여 Malate와  $NAD^+$ (Malate dehydrogenase) 반응에서 소비된  $NADH(\beta$ -Nicotinamide -adenine dinucleotide) 의 흡광도를 감소 속도를 AST (Randox, UK)Kit를 사용, ADVIA 1650 (JEOL, JAPAN)에서 측정 하였다.

### 2) GPT (L-Alanine : 2-oxoglutarate amino transferase)

L-alanine과  $\alpha$ -ketoglutaric이 반응하여 pyruvic acid과 glutamic acid으로 되는데 GPT가 소모된다. 이 원리를 역행하여, pyruvic acid,  $NADH(\beta$ -Nicotinamide-adenine dinucleotide),  $H^+$ 이 Lactate,  $NAD^+$ 으로 되는데 LDH(Lactate dehydrogenase) 가 소모되는 반응을 이용하여, 반응에서 소비된  $NADH$  의 흡광도의 감소속도를 ALT (Randox, UK)Kit를 사용, ADVIA 1650 (JEOL, JAPAN)에서 GPT의 활성도를 측정하였다.

## 사 . Glucose

혈청의 glucose량은 포도당(GOD kit, Waco company)kit를 이용하여 분석하였다.

## 아 . 혈청과 조직 내 지질과산화도

### 1) 단백질 정량

단백질은 Lowry 법(Lowry et al 1951)을 사용하여 540nm에서 비색정량 하

였으며, 측정된 간, 신장 조직 및 cytosol의 단백질 함량은 각 효소들의 활성 계산에 사용되었다.

## 2) 과산화 지질 생성량 측정

과산화지질 생성량은 Ohkawa의 방법(Ohkawa H et al 1978)을 일부 변형하여 측정하였다.

## 자 . 항산화능 측정

### 1) 총 SH기 함량

pH 8.2인 0.2 M tris buffer, 0.01 M 5,5-Dithiobis-2-nitrobenzeonic acid (DTNB), 간 균질액과 섞어 15분간 방치 한 다음, 원심한 후 412 nm에서 흡광도를 측정 하였다.(Sedlak T. and Lindsay RH 1968)

### 2) Glutathione의 함량

Cytosol 0.5 mL에 10 mM 5,5-Dithiobis-2-nitrobenzeonic acid (DTNB stock solution) DTNB working solution을 4.5 mL 첨가한 후 412 nm에서 흡광도를 측정하였다.(Ellman GL 1959)

### 3) Glutathione-S- transferase (GST) 활성

간조직 내 cytosol 분획에서 Glutathione-S- transferase 활성도는 Habig의 방법을 응용하여 측정하였다. Cytosol 부유액, GSH와 chlorodinitro- benzene (CDNB)을 반응시켜 340 nm에서의 흡광도 변화를 측정 하였으며, 효소의 활성도는 단백질 mg당 1분간 반응되는 CDNB nmole로 나타내었다.(Habig et al 1974)

### 4) Glutathione peroxidase

EDTA를 함유한 tris buffer, 0.1M GSH, 1000 unit/ mL GSSG reductase

0.1 mL, 2 mM NADPH 0.1 mL에 H<sub>2</sub>O로 총 1 mL을 맞춰주어 섞어 37°C에서 2분간 incubation 한 후 7 mM tetr-BuOH를 넣어 340 nm에서 3분 동안 흡광도를 측정하였다. 효소의 활성도는 단백질 mg당 1분 동안 산화되는 NADPH nmole로 1 unit로 환산하여 표기하였다. (Flohe L. 1992)

#### 차 . 혈청 leptin 농도

Leptin kit(Linco., U.S.A)를 사용하여 측정하였다.

#### 카 . 통계처리

본 연구의 동물사육 실험결과는 SAS program을 이용하여 각 실험군당 평균과 표준편차를 계산하였고, 각 군별로 나누어 일원배치분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 Duncan's multiple range test에 의해  $\alpha=0.05$ 의 수준에서 각 실험군 평균치 간에 유의성을 검정하였다.

## 2 . 실험결과

### 가. 체중 변화량

각 실험군별 체중은 평균 Control-S군 150.71g, SPS-S군 172.75g, EZ-S군 154.25g, H40-S군 170.50g으로 측정되었으며, EZ-S 군이 5주째부터 다른 실험식이군과 체중에 차이를 보이기 시작하여, 8주, 9주 때는 큰 체중 차이를 나타냈다.(Fig 4-1)

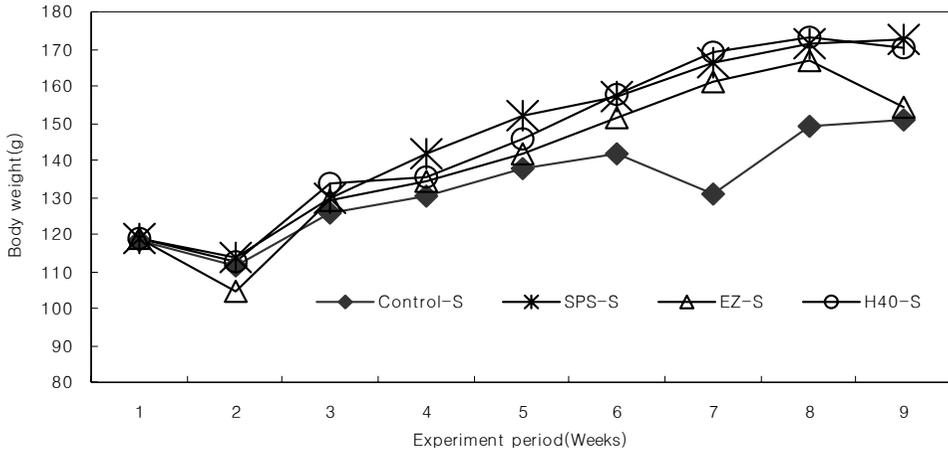


Fig . 4-1 Body weight changes in rats fed different diet during 9 weeks

#### 나 . 총 식이섭취량과 식이효율

각 실험군별 체중 증가량은 Control-S군 32.14g, SPS-S군 53.53g, EZ-S군 35.62g, H40-S군 51.75g 으로 EZ-S군이 다른 군에 비해 증가정도가 매우 낮았으며, 식이섭취량은 12,176g으로 가장 많이 섭취한 것으로 측정되었다.(Table 4-3) 식이섭취량과 체중 증가량으로 식이효율을 계산해 본 결과 Control-S군, SPS-S군 및 H40-S 군 보다 EZ-S 군이 식이가 체중에 미치는 영향이 적은 것으로 나타났다.

Control-S 군에서는 다른 실험식이 군에 비해 매우 적은 식이 섭취량을 보이고 있었으며, 이는 식이가 갖는 지방이 체내에서 gastric emptying을 지연시켜 식이섭취량을 감소시키며 열량이 높은 식이일수록 식이섭취량은 감소된다는 보고와 일치하는 결과였다.(Dodge JA 1994, Martijn BK et al 1994)

Table 4-3. Food intake, weight gain and feed efficiency ratio in rat

Dietray group	Total food intake (g)	Body weight gain (g)	FER <sup>1)</sup>
Control-S	5,395	32.14	0.0059 <sup>a</sup>
SPS-S	9,568	53.53	0.0056 <sup>a</sup>
EZ-S	12,176	35.62	0.0029 <sup>c</sup>
H40-S	10,999	51.75	0.0047 <sup>b</sup>

Each value is mean±SD of experimental group, n=8. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

<sup>1)</sup> Food Efficiency Ratio : [Body weight gain(g)/total food intake(g)].

#### 다 . 장기무게

간의 무게는 Control-S 군을 제외하고 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 신장 및 부고환의 무게는 모든 군에서 차이를 나타내지 않았다. 이는 지방을 다량 함유하고 있는 Control-S 군의 식이 섭취로 인해 다른 군에 비하여 간조직의 성장이 지연되었던 것으로 사료되어 진다.

Table 4-4. Organ weight in rats fed experimental diet

Dietary group	Liver	Kidney	Testicles
	(g/100g B.W)		
Control-S	3.375±0.873 <sup>b</sup>	1.500±0.516 <sup>*</sup>	4.560±2.137 <sup>*</sup>
SPS-S	5.625±1.033 <sup>a</sup>	1.500±0.516 <sup>*</sup>	4.625±2.229 <sup>*</sup>
EZ-S	5.250±0.753 <sup>a</sup>	1.625±0.548 <sup>*</sup>	4.625±1.472 <sup>*</sup>
H40-S	5.625±0.516 <sup>a</sup>	1.625±0.516 <sup>*</sup>	4.752±2.137 <sup>*</sup>

Each value is mean± SD of experimental group, n=8. Different alphabets in each values show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

\* : N.S : Not significant

#### 라 . 비만지수 평가

비만지수는 비만판정의 간접적인 지표가 될 수 있으며, 그 결과는 Table 4-5와 같다. Röhrer index는 30이상을 비만으로 판정하며(Kim & Chung 2001), 모든 식이군에서 30이상의 수치를 나타내지는 않았으나, H40-S, SPS-S 군에서 다른 군에 비해 높은 경향을 보였다. Kim & Choi (1992)는 25%의 지방을 실험 동물에게 12주간 급여했을 때, 고지방에 의해 비만 유도 정도는 적었다는 실험 결과와 유사한 결과였다. Lee index는 300 이하가 정상이고, 그 이상인 경우를 비만으로 간주한다(Kim & Chung 2001). SPS 군은 291.82±56.88로 가장 높게 나타났으며, EZ, Control 군에서 유의적으로 낮은 수치를 보였다. T.M index로 인한 평가는, 체지방 함량이 10이상 일 때 비만으로 판정되며(Kim & Chung 2001), 본 실험에서의 체지방함량은 3이상 4이하 정도의 함량을 보였으며, 특히 EZ-S군의 체지방 함량은 1.05±0.01로 매우 낮은 함량을 갖는 것으로 나타났다.

본 실험의 결과, 모든 비만 지수에서 비만인 것으로 판정된 실험군은 없었으나, 각 군별로 차이가 있었고, 특히 변성을 시키지 않은 전분을 첨가하였던 SPS-S군과 저온에서 산처리에 의해 변성시킨 H40-S군 보다 효소에 의해서 변성시킨 EZ-S 군이 비만에 미치는 영향이 매우 적게 측정되어, 효소처리에 의한 알감자 변성전분이 비만지수에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었으며, 이는 체중 증가량과 식이효율과도 관계가 있는 것으로 사료되어 진다.

**Table 4-5. Obesity index of rats fed experimental or control diet**

	Control-S	SPS-S	EZ-S	H40-S
Röhrer index <sup>1)</sup>	23.27±3.21 <sup>b</sup>	24.42±9.43 <sup>a</sup>	23.02±7.56 <sup>b</sup>	24.86±4.53 <sup>a</sup>
Lee index <sup>2)</sup>	281.14±16.44 <sup>b</sup>	291.82±56.88 <sup>a</sup>	284.43±76.85 <sup>b</sup>	289.85±64.98 <sup>a</sup>
T.M. index <sup>3)</sup>	43.81±3.09 <sup>a</sup>	43.91±6.43 <sup>a</sup>	39.82±4.99 <sup>b</sup>	44.21±3.98 <sup>a</sup>
Fat contents <sup>4)</sup>	3.42±0.15 <sup>a</sup>	3.48±1.98 <sup>a</sup>	1.05±0.01 <sup>b</sup>	3.65±1.92 <sup>a</sup>

Each value are mean± SD of experimental group, n=8.

Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

1) Röhrer index = [ $\{\text{Body weight(g)}/\text{Naso-anal length(cm)}\}^3 \times 10^3$ ]

2) Lee index = [ $\{\text{Body weight(g)}\}^{1/3}/\text{Naso-anal length(cm)} \times 10^3$ ]

3) T.M. index = [ $\{\text{Body weight(g)}/\text{Naso-anal length(cm)}\}^{2.823}$ ]

4) Fat contents = [ $0.581 \times \text{T.M. index} - 22.03$ ]

## 마 . 혈청 지질패턴

각 식이별 혈중 지질농도를 측정해 본 결과(Table 4-6) TC는 각 실험군별 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, Control-S군, EZ-S군에서 다른 군에 비해 높은 수치를 나타냈으며, TG는 EZ-S 군에서 가장 낮게 측정되었다. 각 군별 HDL-Cholesterol LDL-Cholesterol 비율은 EZ-S 군에서 유의적으로 높게 나타났고, TC, HDL-Cholesterol level로 동맥경화 지수(Atherogenic index)를 계산해 본 결과 H-40-S군이 낮게 측정되었다.(Fig 4-2, 4-3) Mattson et al (1975)은 식이 중의 지방산 조성이 혈중 지방 함량에 큰 영향을 미치되 특히 포화지방산의 섭취 증가가 혈중 콜레스테롤과 중성지방 증가 요인이라고 하였다.

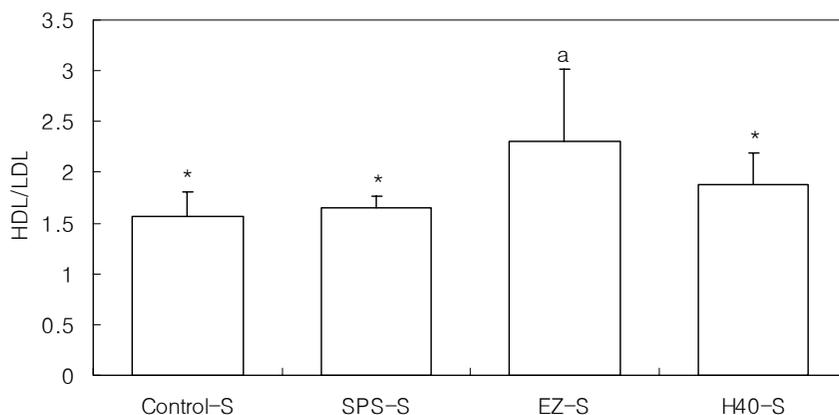
따라서, 전분의 처리방법 및 지방 섭취비율에 따라 지질농도에 미치는 영향이 있음을 알 수 있었으며, EZ-S군이 이에 미치는 영향이 가장 작은 것으로 나타났다.

**Table 4-6. Cholesterol and triglyceride levels in serum**

	TC (mg/dℓ)	TG (mg/dL)	LDL-C (mg/dℓ)	HDL-C (mg/dℓ)
Control-S	114.98±2.87 <sup>a</sup>	11.09±1.34 <sup>a</sup>	33.45±2.64 <sup>b</sup>	21.33±2.51 <sup>a</sup>
SPS-S	98.25±12.97 <sup>a</sup>	11.25±3.59 <sup>a</sup>	30.25±2.22 <sup>c</sup>	18.05±2.51 <sup>ab</sup>
EZ-S	107.25±13.96 <sup>a</sup>	5.75±1.43 <sup>c</sup>	34.55±2.64 <sup>b</sup>	16.25±6.65 <sup>b</sup>
H40-S	97.25±8.84 <sup>a</sup>	7.25±1.70 <sup>ab</sup>	37.75±1.71 <sup>a</sup>	18.25±2.98 <sup>ab</sup>
S.F <sup>1)</sup>	*	*	*	*

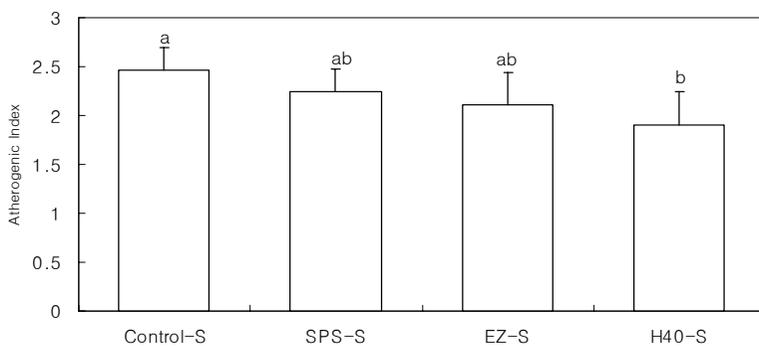
Each value is mean±SD of experimental group, n=8. Different alphabets in each values show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

1) : S.F : Significant factor (\* : p<0.001 )



**Fig . 4-2 Effect of difference diet on HDL-C/LDL-C ratio in rats**

Each value is mean ± SD of experimental group, n=8. Different alphabets in each values show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test.



**Fig. 4-3 Effect of difference diet on atherogenic index in rats**

Each value is mean ± SD of experimental group, n=8. Different alphabets in each values show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

$$\text{Atherogenic Index} = \frac{\text{Total Cholesterol} - \text{HDL-Cholesterol}}{\text{HDL-Cholesterol}}$$

## 바 . 간 조직내 지질함량

간 조직내 TL, TG, TC 함량을 비색정량하여 측정하여 본 결과, 대체적으로 EZ-S군에서 낮은 지질 농도를 나타냈고, H40-S군은 비교적 높은 지질 농도를 함유하고 있는 것으로 보여, 변성방법에 따라 간 조직내 지질 함량이 달라 질 수 있다는 것을 시사한다.

Table 4-7 Total lipid, total cholesterol and triglyceride in liver tissue

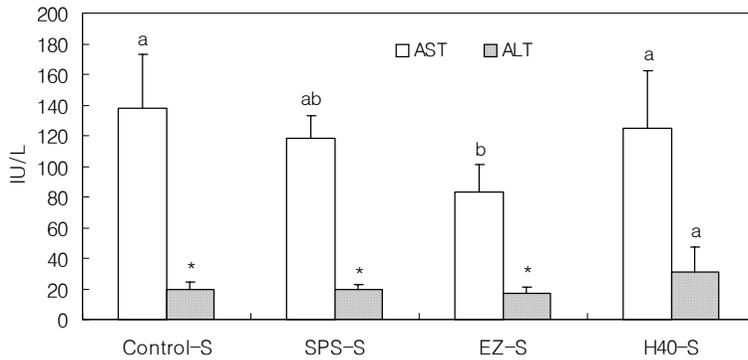
Dietray group	TL (mg/g)	TG (mg/g)	TC (mg/g)
Control-S	38.53±0.43 <sup>a</sup>	3.54±1.29 <sup>b</sup>	3.43±0.13 <sup>c</sup>
SPS-S	32.58±2.34 <sup>b</sup>	2.21±1.09 <sup>bc</sup>	4.32±2.42 <sup>b</sup>
EZ-S	30.56±5.33 <sup>b</sup>	1.44±0.67 <sup>c</sup>	3.21±1.78 <sup>c</sup>
H40-S	24.59±3.75 <sup>c</sup>	4.21±2.56 <sup>a</sup>	5.42±2.67 <sup>a</sup>
S.F	*	*	*

Each value is mean± SD of experimental group, n=8. Different alphabets in each values show statistically difference at α=0.05 by Duncan's multiple range test. S.F : Significant factor (\* : p<0.001)

## 사 . Amino transferase 활성

ALT, ASP의 활성을 측정해 본 결과, ALT는 H40-S군을 제외하고 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, AST의 경우 Control-S 군 > H40-S 군 > SPS-S 군 > EZ-S 군 순으로 높은 활성을 띄어 지방의 함량이 많은 식이를 섭취 할수록 간수치를 높여 주며, 변성방법 중 산처리법이 들어갔던 H40-S 군이 간의 건강에 좋지 않은 영향을 줄 수 있는 것으로 나타났고, 반면 EZ-S군에서는 다소 낮은 활성을 보여 간에는 무독화 할 것이라

고 사료되어 진다.



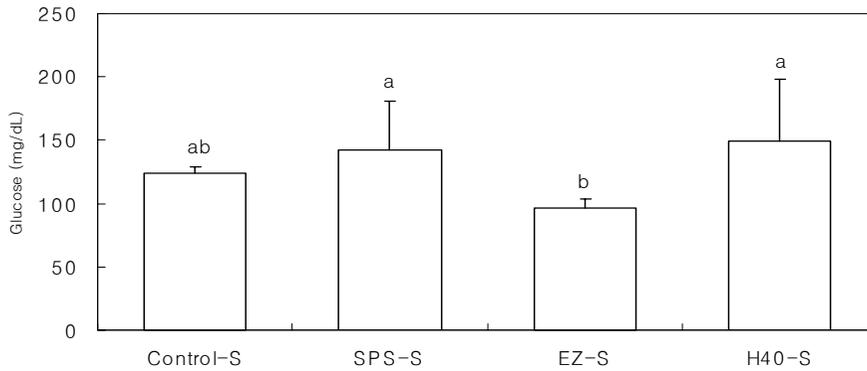
**Fig 4-4 AST and ALT levels of rats fed different diet**

Each value is mean±SD of experimental group, n=8. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

\* : N.S : Not Significant

#### 아 . Glucose level

식이가 혈당에 미치는 영향을 측정해 본 결과는 다음과 같다(Fig 4-4). H40-S 군과 SPS-S군이 다른군에 비해 혈당이 높게 측정되었고, Control-S군과 EZ-S군이 낮은 혈당 정도를 나타냈다. 따라서, 혈중 지질 농도 뿐 아니라, 혈당에서도 전분의 변성 방법이 영향을 주는 것으로 판단 되어 진다.



**Fig 4-5 Glucose level in serum**

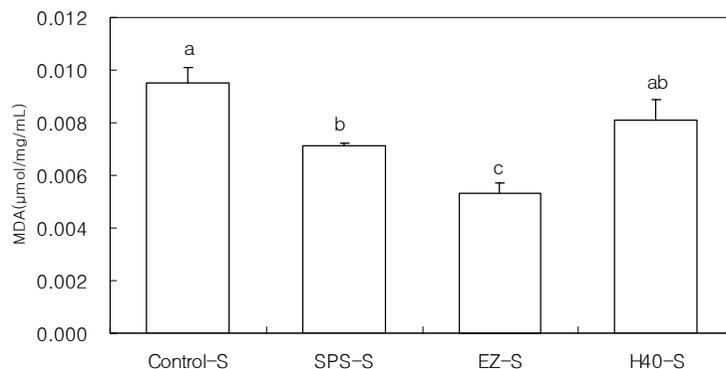
Each value is mean±SD of experimental group, n=8. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

#### 자 . 지질 과산화도

혈청의 MDA 생성량을 측정해본 결과, 다른 군에 비해 높은 비율의 지방을 섭취했던 Control-S군에서 높은 MDA 양을 보였으며, EZ-S군이 유의적으로 적은 MDA가 생성된 것으로 측정되었다. (Fig 4-6)

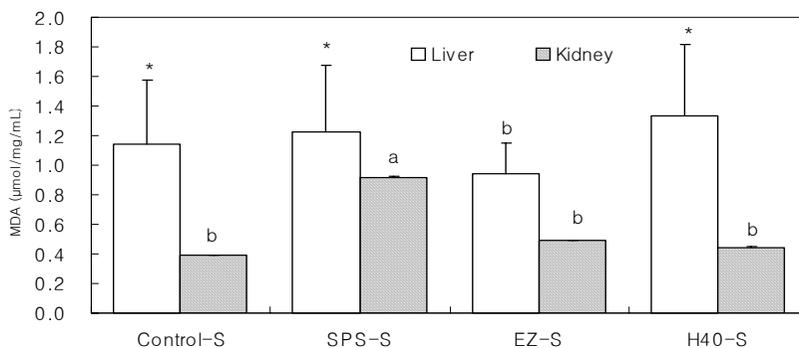
간조직에서는 EZ-S군을 제외하고 다른군에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 신장조직에서는 SPS-S군이 유의적으로 높은 MDA를 생성한 것으로 나타났다. (Fig 4-7, 4-8)

이 결과, 각 조직 및 혈청의 과산화 지질 생성량에는 높은 지방비율로 이루어진 식이 뿐 아니라, 지방대체로 첨가된 전분이 주는 영향 또한 있는 것으로 사료되어 진다.



**Fig. 4-6 Serum peroxidation of rats fed different diet**

Each value is mean±SD of experimental group, n=8. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.



**Fig. 4-7 Liver and kidney peroxidation of rats fed different diet**

Each value is mean±SD of experimental group, n=8. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.

\* : N.S : Not Significant

## 차 . 항산화능

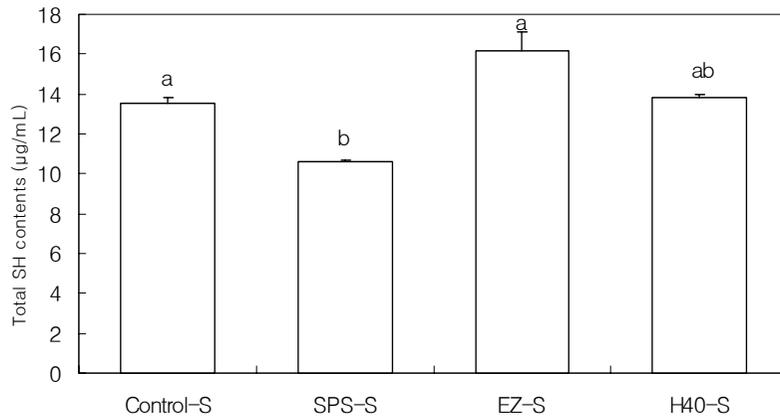
각 식이별 SH기와 Glutathione 함량을 측정해 본 결과, EZ-S군이 다른 군에 비해 항산화기질 함량이 높은 것으로 나타났다.(Fig 4-8, 4-9)

또한, 간, 신장에서 분리한 cytosol로 측정한 GST 활성은 Control-S군과 H40-S군에서 높은 활성을, SPS-S군, EZ-S 군에서는 낮은 활성을 나타냈으며, GSH-Px 활성은 다른군에 비해 EZ-S군에서 낮은 활성능을 보였다. (Fig 4-10, 4-11)

Glutathione은 동물조직 중 nonprotein thiol의 대부분을 차지하는 GSH는 자유라디칼 제거제 역할 과  $H_2O_2$  및 과산화지질을 대사시키는 GSH-Px 의 기질이 되므로써 세포내 단백질의 SH기를 환원상태로 유지하기 위해 thioltransferase의 기질이 되므로 항산화제 중 중요한 역할을 담당하고 있다. 즉, 라티칼이 생체막의 구성성분인 지질의 과산화를 유도할 때 생체내의 과산화지질을 환원시켜 생체막에 대한 보호 작용을 한다.

따라서 본 실험의 결과 항산화 작용의 기질이 되는 SH기, glutathione 의 함량은 EZ-S군에서 높게 나타나 몸에서의 방어효과를 하였다고 보여지며, Fig 4-6, 7, 8에서의 과산화 지질 생성 정도와 비교하여 살펴볼 때, GST, GSH-Px 활성이 과산화지질 생성을 억제하기 위해 쓰여졌기 때문에 EZ-S군에서 다른군에 비해 비교적 활성이 적었던 것으로 사료되어 진다.

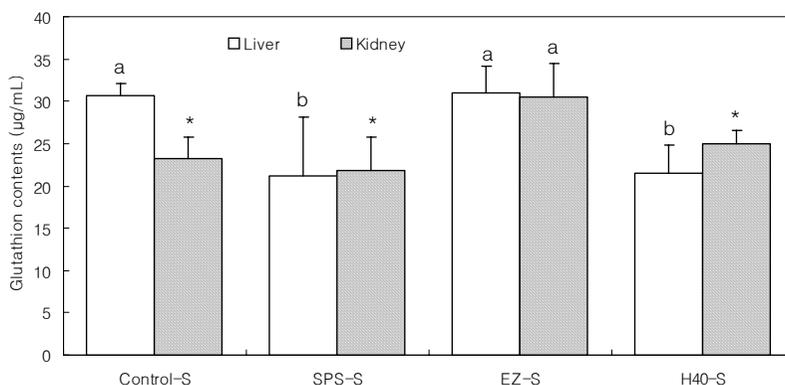
즉, 항산화 효소 및 항산화 기질은 체내 무독화과정과 과산화지질 생성량을 조절하는데 사용되며, 이에 고지방비율을 갖는 식이와 지방대체물로서 첨가된 전분이 갖는 특성이 영향을 미친다고 보여 진다.



**Fig. 4-8 Total SH contents in cytosol**

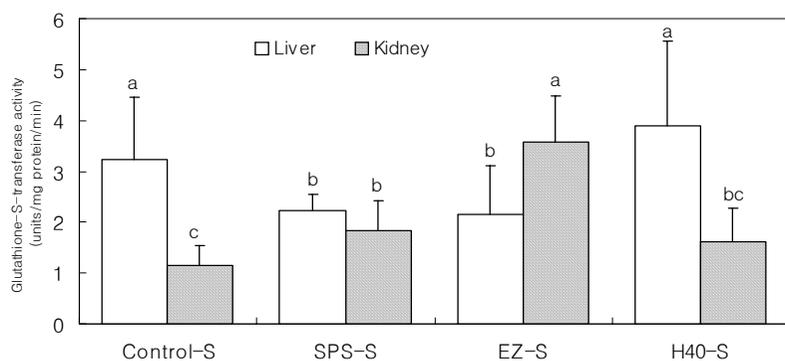
Each value is mean $\pm$ SD of experimental group. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. n=8

\* : Total SH contents and total SH( $\mu\text{g/mL}$ ) in 1mg/mL protein is the same alphabet in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test.



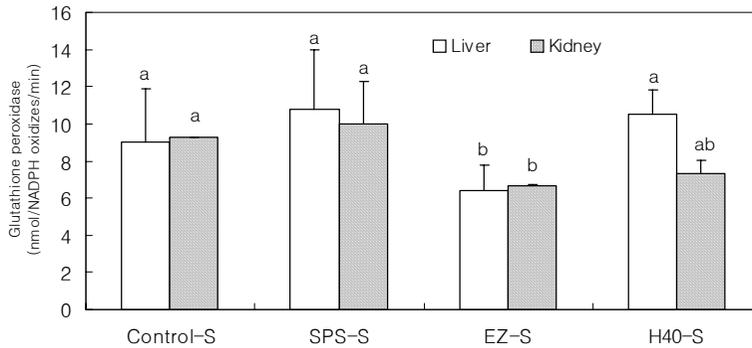
**Fig. 4-9 Glutathione contents in cytosol**

Each value is mean±SD of experimental group. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. n=8



**Fig. 4-10 Glutathione-S-transferase activity in cytosol**

Each value is mean±SD of experimental group. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. n=8



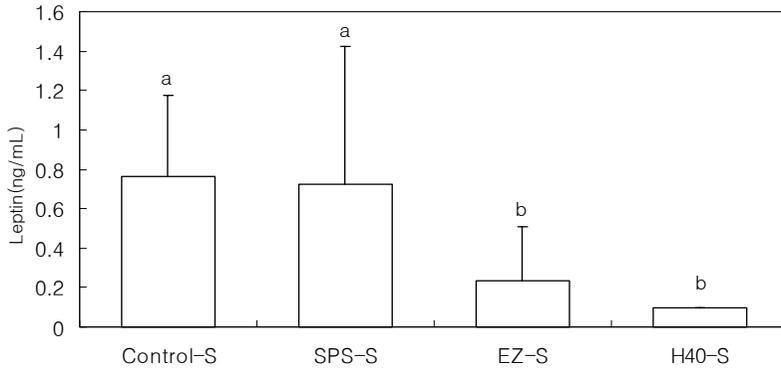
**Fig . 4-11 Glutathione peroxidase in cytosol.**

Each value is mean±SD of experimental group. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. ( $p<0.0001$ )  $n=8$

#### 카 . 혈중 leptin 농도

비만, 체지방함량과 양의 상관관계를 갖는 leptin의 함량을 분석해 본 결과, Control-S군, SPS-S군에 비해 EZ-S군이 매우 낮은 leptin 함량을 보였으며, H40-S군은 굉장히 미비하게 그 양이 측정되었다.

Table 4-5의 비만지수와 비교하여 볼 때 체지방 함량이 높게 측정되었던 Control-S, SPS-S 군에서 letin 농도가 높게 측정되었고, 체지방 함량이 유의적으로 낮았던 EZ-S군에서는 letin 농도가 낮게 측정되어 체지방 함량과 lpetin 농도와는 양의 상관관계를 갖고 있음을 알 수 있었으며, 이는 실험에 사용된 식이가 갖는 특징에도 영향 큰 것으로 사료되어 진다.



**Fig. 4-12 Leptin level in serum**

Each value is mean±SD of experimental group. Different alphabets in each values show statistically difference at  $\alpha=0.05$  by Duncan's multiple range test. ( $p<0.0001$ )  $n=8$

전분을 달리하여 첨가한 고지방 식이가 비만한 식이에 미치는 효과를 살펴본 결과, 알감자 전분을 100% 대체하여 제조한 SPS군을 급여한 군에서 다른군에 비해 비만억제 효과를 나타낸 결과를 토대로 알감자 전분을 이용 다양한 가공식품을 개발하여 비만에 미치는 영향을 알아보았다.

2절에서는 품종(일반감자, 알감자)별, 방법별(효소처리, 저온 산처리)로 그가 체중에 미치는 영향을 살펴보았으나, 4절에서는 알감자품종을 선택하였고, 알감자 전분을 변성시켜(효소처리:EZ-S, 저온처리:H40-S) 이에 지방대체물로서 사용될 수 있는 가장 적절한 변성방법 및 생리활성을 모색하고자 하였다.

따라서, 알감자 전분을 변성시켜(효소처리:EZ-S, 저온처리:H40-S) 10% 전분을 함유한 유동체 형태로 버터를 대체 할 수 있는 지방대체물로 사용하여 쿠키를 제조하였으며, 이 쿠키를 9주 동안 rat에 급여하여, in vivo 내에서의 생리활성을 측정해 보았다.

그 결과 4주째 까지는 체중에 큰 차이를 보이지 않았으며, 5주째부터

서서히 EZ-S 군의 체중 증가량이 다른 군에 비해 낮았고, 식이효율 또한 유의적으로 낮게 측정되어 식이에 미치는 영향과 관계없이 체중 증가율이 적은 것을 알 수 있었다. 또한 TC 를 제외한 혈중 TG, LDL-C, glucose level, 이 다른군에 비해 EZ-S군에서 낮은 경향을 보였으며, 간 조직내 TL, TC, TG 함량 또한 EZ-S군이 낮게 측정되었다. 혈청 및 간, 신장 조직내 MDA 생성량 또한 EZ-S군이 낮게 나타났으며, H40-S 군이 유의적으로 높았으며, GST, GSH-Px 활성 또한 EZ-S군에서 낮아 GSH-Px와 GST 가 MDA 생성을 억제 시키는데 사용이 되었다고 사료된다. 혈중 leptin 농도 또한 EZ-S, H40-S 군이 다른 군에 비해 매우 낮은 함량을 나타냈다.

따라서, 알감자 전분을 효소처리하여 변성시킨 전분이 체중 효과가 높음을 알 수 있었으며, in vivo에서 또한 생리활성이 높은 것으로 사료되어 식품산업에의 적용 및 활용이 기대된다. 즉, 알감자 전분을 효소처리하여 변성시킨 변성전분은 체내 무독화 하며, 이를 지방대체물로 사용하여 제조한 쿠키는 체중 감소 효과 및 in vivo 상 활성 또한 높게 측정되었다. 따라서, 제과, 제빵에 다량 사용되어지는 지방을 대체할 수 있는 지방대체물로서의 활용도가 높을 것이라 할 수 있다.

## 제 5 절 Modified waxy potato starch 대량생산 공정 및 modified waxy potato starch 이용 가공식품 개발

### 1 . Modified waxy potato starch 대량생산 공정

#### 가 . 산처리에 의한 변성전분 생산 공정

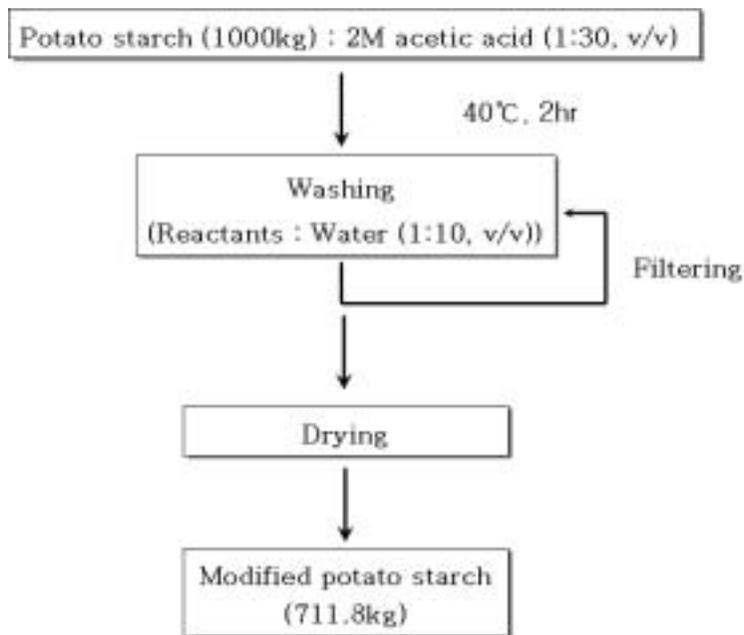


Fig . 5-1 Modified potato starch treated at 40°C with acid

나 . 효소처리에 의한 변성전분 생산 공정

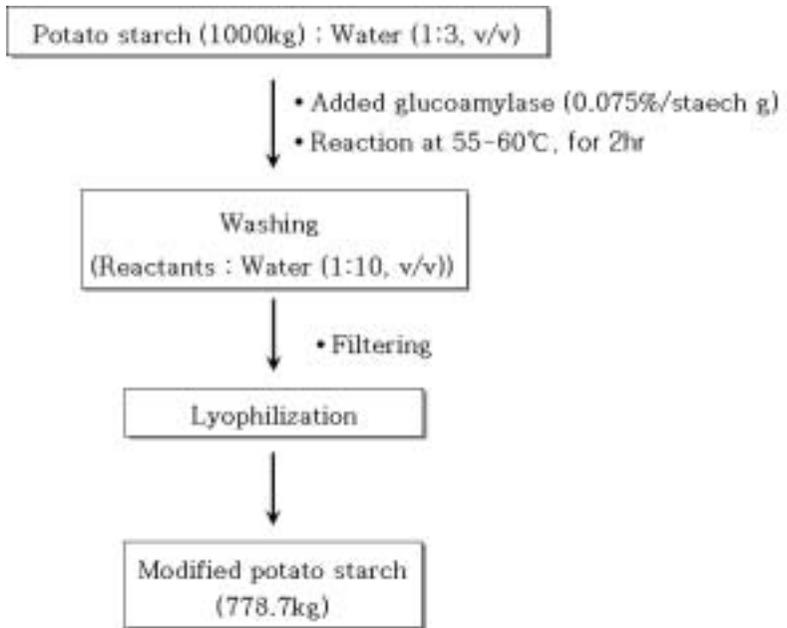


Fig. 5-2 Modified potato starch by glucoamylase (0.075%/g)

## 2 . Modified waxy potato starch 이용 가공식품 개발

### 가 . 저지방 마요네즈



Fig. 5-3 Half low-fat mayonnaise

(마요네즈의 재료 중 식용유에 대하여 변성전분을 50% 대체할 경우  
약 45%의 열량감소)

나 . 변성전분을 이용한 스낵 제품



Fig 5-4 변성전분을 이용한 스낵 제품

Table 5-1. The formula of rice snack made with modified starch

Material	(g)
Apple juice	60
Dextrin	60
Sugar powder	30
Glucose	60
Modified starch(SPS)	50
Mushmerro	60
Water	50

## 제 4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	척 도 (점수)
1차년도 (2004)	○ 품종별 감자 특징 비교	20
	○ 감자전분 특성 규명	20
	○ 최적 전분 분리법 확립	20
	○ Modified waxy potato starch의 high fat diet 유도 비만흰쥐에 미치는 효과 규명	40
2차년도 (2005)	○ 가공적성 규명	20
	○ 대량 생산법 확립	20
	○ 가공제품개발	20
	○ 비만 억제 기전 증명(ob/ob mice)	40
최종평가	○ modified waxy potato starch 개발	60
	○ 비만 억제 효과 규명	40

## 제 5장 연구개발의 활용계획

### 1. 활용방안

본 연구과제의 수행으로 얻은 기초연구결과는 한국영양식품과학회, 동아시아학회, 한국식품과학회 학회 발표 또는 논문게재 예정에 있으며, 특히 저지방 식품개발 및 지방대체물의 식품산업의 응용가능성을 신문, 방송 등을 홍보매체를 통하여 전파할 계획을 가지로 있으며 지방대체물질의 소비확대 및 국민건강 증진에 기여하도록 노력을 가중할 예정이다. 또한 지방대체물질로써의 변성전분의 대량 생산 방법을 모색하며, 상업화 가능기술은 생산 가능 기업을 통하여 기술이전을 실시 할 예정이다. 또한 제품개발과 관련된 신기술을 참여기업을 통하여 지방대체물질의 식품의 생산에 적극 활용할 것이다.

### 2. 학술지 및 관련홍보매체에 게재

- 박수진, 우나리아, 송은승, 김태수, 이은상, 김하나, 이재순, 박영은, 임학태, 최미경, 강명화. 품종이 다른 전분의 이화학적 특성, 동아시아 식생활학회 춘계학술대회, 2004.
- 우나리아, 김은경, 박수진, 강명화, 송은승. 지방대체물로써 변성전분을 이용한 저열량 마요네즈의 품질 특성, 한국식품과학회 추계학술대회, 2005.
- 우나리아, 송은승, 박수진, 김은경, 강명화. 탄수화물계 지방 대체물로 제조한 저지방 마요네즈 가공 특성, 한국식품과학회 춘계학술대회, 2006.
- 박수진, 김하나, 이재순, 허영희, 강명화. 처리방법을 달리한 변성전분 첨가 고지방식이에서 rat의 체중 및 지질패턴에 미치는 영향, 한국식품과학회 춘계학술대회, 2006

### 3. 향후 변성전분의 연구계획

탄수화물은 단백질이나 지질에 비해 식품 및 생리적인 기능이 많이 알려지지 않아 연구가 미진한 분야에 속한다. 그러나 최근 각종 탄수화물 소재의 다양한 기능이 밝혀지면서 학계 및 산업계의 관심이 집중되고 있다. 저칼로리 식품소재의 개발에 있어 핵심은 소비자들의 저 칼로리 소재에 대한 선호도의 성향을 정확히 파악하는 것이다. 소비자들의 저칼로리 식품을 선호하는 가장 큰 이유는 건강한 신체를 유지하기 위한 것이나 저칼로리 식품을 선택하지 않는 가장 큰 이유는 맛의 저하 때문이라고 조사되었다. 이러한 결과는 식품에 대한 소비자의 최종 선택은 관능성에 의해 좌우된다는 사실로써 시사하는 바가 매우 크다. 따라서 저칼로리 식품소재의 개발에 있어 소비자의 건전 측면과 식품의 관능성을 모두 고려한 기술 개발이 무엇보다도 중요하다.

탄수화물계 대체소재는 단순히 식품내에서 기존의 탄수화물이 갖는 특성을 대체한다는 측면 뿐 아니라 각종 유용한 생리활성을 제공하는 것이 밝혀지면서 이에 대한 연구와 산업적 적용이 활발하게 진행되고 있다. 특히 저열량 탄수화물 소재로서 다당류의 이용은 지방대체제소재의 기능성이 주를 이루고 있다. 식품내에 존재하는 지방은 텍스처나 향미에 많은 영향을 미쳐 식품의 관능성과 소비자의 선호도를 결정하는 가장 중요한 요인으로 작용한다. 또한 식품에 지방을 대체할 수 있는 물질을 첨가하여 지방의 함량을 감소시키고 결과적으로 소비자들이 지방의 섭취를 줄임으로써 비만을 예방하고자 하는 노력이 진행되고 있다. 현재 외국에서는 기존의 품질을 유지하면서 지방의 함량을 줄일 수 있는 소재 및 관련제품에 대한 연구 개발이 매우 활발하게 진행되고 있다. 그러나 국내의 경우 저지방식품의 개발은 해당소재의 중요성에 대한 인식과 제품기술개발이 미흡하여 아직 큰 관심을 끌고 있지 못한 실정이다. 그러나 비만이 발생한 후에 이를 개선하는 노력 이전에 비만을 방지하기 위한 지방대체제 및 이를 이용한 각

종 가공식품의 개발은 우선적으로 고려되어야 할 것으로 생각된다.

전체지방대체 소재 판매액의 약 90%는 탄수화물계지방대체제가 차지하고 있다. 현재 사용되고 있는 탄수화물계 지방대체제는 주교 검류, 전분 유도체, polydextrose, 미세 결정형 셀룰로오스 등으로 이들은 대부분 친수성이 강한 물질이므로 하이드로콜로이드(hydrocolloids)로서 분류된다. 검류로서는 알긴산, 카라기난, 펙틴, 갈락토만난, Konjac, glucomannan, xanthan 등이 많이 사용되고 있다. 전분 유도체는 감자, 쌀, tapioca 전분을 효소 EH는 산으로 가수분해 하여 생산하는 데 주로 maltodextrin 류가 주종을 이룬다.

식품을 지방대체제로서 작용하기 위한 물질로 개발하기 위해서는 다음과 같은 메카니즘에 적합한 형태로 개발되도록 연구해야 한다.

첫째, 대부분의 전분과 검류는 수용액 시스템에서 고점도의 겔을 형성하는 경우로서 식품에 윤활성(lubricity)을 제공한다. 그러나 이 경우는 입자를 형성하지 못하기 때문에 식품에서 지방입자의 형성에 관능성을 제공하지 못한다.

둘째, 수용성은 maltodextrin, polydextrose, 저점도 하이드로콜로이드 등은 수분의 흡수를 조절하면서 수용성 증량제(bulking agents)로서 작용한다. 특히 maltodextrin은 열가역성 겔(thermoreversible)을 형성한다.

셋째, 불용성의 미세결정형 셀룰로오스(microcrystalline cellulose)나 일부 전분의 경우에는 수용성 액상에서 전단력에 의하여 결정형 겔(crystalline gel) 혹은 미세입자(microparticulate)를 형성한다. 이 때 셀룰로오스는 약  $0.2\mu\text{m}$ , 전분의 경우에는  $3\sim 15\mu\text{m}$ 의 직경을 갖는 겔을 형성한다. 이러한 겔은 물을 흡수하여 마치 ball bearing처럼 움직이면서 리오로지 관점에서 지방과 같은 식감을 제공하게 된다.

탄수화물계 소재가 지방대체물질로서 높은 기능성을 갖고 있음에도 불구하고 지금까지 완벽한 기능의 지방대체제가 생산되지 못한 것은 식품

의 종류에 따라 지방의 역할이 매우 상이하기 때문이다. 따라서 다음 Table 5에 제시된 지방의 기능에 적합한 지방대체물질의 개발 연구가 절실히 필요하다. 모든 종류의 식품에 적용할 수 있는 지방대체물질의 개발을 현실적으로 매우 어려우므로 용도에 따른 다양한 지방대체제의 개발이 올바른 연구 시도라고 생각되며, 산업체에서의 생산 개발 전략이라고 여겨진다. 이를 위해서는 식품내에서 지방과 다른 성분과 상호작용에 대하여 분자수준에서의 세부적이고 구체적인 심도 있는 연구가 지속적으로 이루어져 할 것이다.

Table 5 The use of fat in foods

	Frying oil	Emulsified system	Visible fat	Dry system
Fat form	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fluid,</li> <li>• plastic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• small beads</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• solid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• soft</li> <li>• meltable</li> </ul>
Example of use	<ul style="list-style-type: none"> <li>• snacks,</li> <li>• fried foods</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ice cream</li> <li>• dressing</li> <li>• cheese</li> <li>• margarine</li> <li>• spread</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• muscle meats</li> <li>• patties</li> <li>• bacon</li> <li>• pepperoni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• peanut butter</li> <li>• chocolate</li> <li>• baked goods</li> </ul>
General function	<ul style="list-style-type: none"> <li>• crisping</li> <li>• flavor,</li> <li>• heat transfer</li> <li>• texture</li> <li>• nutrition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• opacity</li> <li>• structure</li> <li>• slip</li> <li>• mouthfeel</li> <li>• creamness</li> <li>• stability</li> <li>• flavor</li> <li>• nutrition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• juiciness,</li> <li>• tenderness</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• structure</li> <li>• creaminess</li> <li>• humectance</li> </ul>

## 제 6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술 정보

### 1. 대체지방의 필요성

2002년 통계청 자료에 의하면, 당뇨병, 고혈압, 심혈관질환 등 순환기계 질환 사망자의 42%가 비만인 것으로 보고 되고 있다. 비만은 Body Mass Index (BMI)를 통해 판정하며,  $23(\text{kg}/\text{m}^2)$  이상일 경우 과체중,  $25(\text{kg}/\text{m}^2)$  이상일 때 비만,  $30(\text{kg}/\text{m}^2)$  초과 시 과도비만으로 판정하고 있다. 1995년 비만인 성인의 비율이 18%, 과도비만인 성인이 3%에서 1998년 23.5%, 2%로 변화 되어 질병유무를 떠나 비만한 사람이 늘어나고 있는 실정이다. 뿐만 아니라, 1995년 대비 1998년 섭취 칼로리는 1935 kcal에서 1985 kcal 로 증가하였고, 비만의 가장 큰 원인이 될 수 있는 지방의 섭취율은 30%에서 41%로 증가하여 이는 칼로리 대비 지방 섭취율이 14%에서 19%로 증가한 것으로 나타났다(Ministry of Health, 1998, 2000). 우리나라 뿐 아니라 세계 각국의 영양소 섭취 비율을 살펴보면, 서구인일수록 전분질 섭취 비율이 낮았고, 지방의 섭취비율이 높게 나타나고 있다. 따라서 미국 정부는 전체 열량에서 지방이 차지하는 열량 비율을 30% 이하로 줄일 것을 권장하고 있다(안봉전, 2002).

Table 6-1. Intake of starch and ration of energy from lipid

국 가 명	전분질 비율(%)	지방 에너지비(%)	지방 에너지비 권고치(%)
		1998년	현재
미 국	23.1	45.4	30
캐 나 다	26.8	42.9	30 ~ 35
이탈리아	33.8	44.5	25
프 랑 스	28.3	46.0	-
영 국	32.3	42.6	-
덴 마 크	21.5	52.5	-
구 서 독	25.2	40.4	-
일 본	46.4	25.4	20 ~ 25
한 국	60.4	19.0	-

## 2. 최근 지방대체물질의 현황

지방은 1 g당 9 kcal를 갖는 영양소로, 식품의 튀김 시 중요한 열매체 역할을 하고, 음식을 섭취하였을 때 만족감을 느끼게 하는 기능적 특성과 음식의 맛을 돋우고, 조직감을 부드럽게 하는 등 관능적인 면에서 큰 기능을 하고 있다. 그러나 유지가 성인병의 원인이 될 수 있다는 연구결과가 보고 되고, 비만인의 증가에 따라 저열량 식품에 관한 소비자의 욕구는 갈수록 증가 되고 있다.

미국 농무성(United States Department of Agriculture, USDA, 1996)에서는 원 제품에서 총 지방의 25% 이상의 지방을 제거하여 제조한 식품을 '감소된 지방(reduced fat) 식품', 일상적으로 소비자에게 공급되는 총량(Recommended Amount Customarily Consumed, RACC)의 3% 이하를 함유한 경우 '저지방(low-fat) 식품', 0.5% 이하의 지방을 포함하는

것은 '무지방(no-fat or free fat) 식품' 으로 분류, 저지방식품 범위를 기준으로 기준치에 속해 있는 지방 함량을 갖을 경우 \_\_\_% fat free 라 명시하고, 0.5% 이하의 지방을 갖는 식품을 100% fat free 이라 하여 5가지로 분류하고 있다. 또한 식품에 표기하여 지방의 비율을 쉽게 파악하여 식품을 선택하는데 용이하도록 하였다(진구복, 2002). 최근 미국 supermarket에서 판매되고 있는 저지방 식품은 전체 소비식품의 9.8%에 달하며, 1990년 이래 매년 1,000개 이상의 무지방, 저지방 제품이 출시되고 있는 실정이다. 미국에 살고 있는 성인 1500만명을 대상으로 조사한 결과 성인 4명당 3명이 저열량, 저지방 식품을 하루에 1회 또는 2회 이상 사용하는 것으로 조사되었다(Armbrister, C. S.1994) .

소비자들이 저칼로리 식품을 선호하는 가장 큰 이유는 건강한 신체를 유지하기 위함이고 저칼로리 식품을 좋아하지 않는 이유는 맛이 없기 때문이라 한다. 과거에는 유전적인 변형을 통해 지방감소를 유발하거나, lean meat의 사용과 같이 단순히 식품에서 지방의 함량을 줄이는 방법을 사용하였다. John 등(1986)은 불포화지방산이 다량 함유되어 있는 사료를 돈육에 급여 할 경우 근육 내 포화지방산이 감소하였다고 한다. Rhee 등(1990)<sup>1)</sup>은 10-12%의 카놀라 오일을 급여한 신선육에서 가열감량이나 관능적 차이가 없다고 보고 하였으나, Shackelford 등(1990)<sup>1)</sup>은 신선육과는 달리 염지육에서는 관능적인 차이를 보인다고 보고 하였다. 가공방법에서의 변형으로 원료육의 외부지방을 제거하거나, 살코기로 대체하여 소시지를 가공하고, 관능적인 면은 수분과 단백질의 비율을 조절해서 가공하였다. 이와 같은 여러 노력에도 불구하고, 식품의 텍스처가 변화하는 등 문제가 발생되어(최은옥, 1998), 지방의 소비를 줄이면서도 지방의 기능을 살릴 수 있는 제품 및 그의 응용에 관한 연구가 진행되고 있고, 그 대표가 되는 것이 '유지 대체물 즉 대체지방(Fat Substitutes)'이다.

최근 지방이 지니는 각종 기능적 특징, 즉 식품의 맛과 텍스처를 향

상시키고, 지방의 섭취량을 감소시키는 대체지방의 요구가 증가되어 새로운 소재로서의 대체지방의 개발과 대체지방의 이용이 서서히 늘어나고 있으며(Krisstine N,1997), 미국에서는 40여종의 다양한 대체지방이 특허 출원되었고 FDA(Food and Drug Administration)의 승인을 받은 제품들이 출시되고 있다(C. Sanchez, 1995).

대체지방은 CALO-Fat이란 이름으로 미국 유지학회에서 처음 발표되었으며 열량은 중성지방보다도 훨씬 적은 0~5 kcal/g이다(Rekha S. *et al*, 1991) 그러나 대체지방을 사용함으로써 나타나는 식품의 외형, 풍미, 맛, 텍스처의 변화로 지방이 제공하는 독특한 식감이 상실되는 것이 큰 문제점이다. 또한 대다수의 사람들에게 개인의 건강 유지와 올바른 영양 섭취에 대한 문제가 새롭게 떠오른 관심으로 떠오름에 따라 총지방섭취량을 줄일 수 있는 대체지방은 다양한 생산품으로 개발되고 있으나, 오랜 기간 익숙해져 온 식사습관을 변화시키는 것이 개발의 어려움이다. 소비자들은 식품에 대체지방을 사용하여 열량 및 지방의 섭취를 줄이는 동시에 식품의 물성이나 기호성 등이 크게 변화하지 않는 새로운 대체지방을 원하게 되었으며, 이러한 요구에 부응하여 학계와 유지 산업계는 지방의 기능을 유지하면서 저열량의 이상적인 새로운 대체지방의 개발과 실용화에 많은 노력을 기울이게 되었다. 따라서 지방함량, 열량 감소, 우수한 품질 그리고 경제적인 가격에 부응하는 제품을 개발하기 위해 우수한 가공적성, 원가절감, 소비자의 욕구충족과 같은 여러 요인에 적합한 제품 개발을 위한 노력하는 실정이다.

또한 이러한 제품들은 저열량식이나 저지방 식이가 필요한 사람들에게 식이요법을 계획대로 실천하지 못하는데서 오는 신체적, 심리적 상실감을 완화시켜 줄 수 있을 것으로 보고 되고 있다(Amanda M.1992, Donald E, 1997).

이들 대체지방은 천연유지의 맛과 느낌, 그리고 외향, 냄새가 비슷하여야 하고 독성이 없으며 대사산물이 체내에서 이용되지 못하는 경우에는 완전히 배설되어 불쾌감이나 설사 등 다른 건강상의 문제가 없어야 한다.

## 1. 지방대체물질의 분류 및 종류

식품에 함유되어 있는 지방은 음식의 맛, 냄새, 크림성, 유화성, 입안에서의 촉감 및 조직감에 영향을 준다. 따라서 지방의 이러한 기능성과 관능적 특성을 제공하는 물질을 대체지방이라고 한다. 대체지방은 Table 6-2 에서 보는 바와 같이 크게 fat mimetics와 fat substitute로 나뉘어지며, 그 기본성분에 따라 탄수화물계, 단백질계 및 지방계, 합성계 지방 대체 물질로 분류된다.

### (1) 탄수화물계 지방대체물질(Carbohydrate-based Fat Substitutes)

이미 오래전부터 탄수화물계 소재들은 지방 대체물질로 일부 혹은 전체를 대체하여 사용되었다. 탄수화물계는 대부분 GRAS(Generally recognized as safe)로서 안정성에 문제가 없는 소재이며, gum, modified starch, maltodextrin, polydextrose, dextrin, cellulose 등이 이용되고 있다. 이들은 대체로 hydrocolloid성 물질로 수용액에서도 점도를 증가시키거나 gel을 형성하여 긴 사슬의 고분자 물질을 만들고 점도를 증가시켜 농후제, 유화안정제, 거품안정제 등의 기능을 제공한다.

탄수화물계 대체지방은 튀김매체로는 사용하기 어렵고, 수분활성도를 높임으로써 제품의 저장기간을 단축시키며, 제품의 향미에 바람직하지 않은 영향을 주는 단점이 있으나(Glickman, M. 1995), 안정성에 관한 논의는 되고 있지 않다.

Maltodextrin의 경우 4 kcal/g의 에너지를 내어 에너지 감소효과는 없지만 대체물질로 사용할 경우 물과 3:1로 혼합하여 사용하므로 1 kcal/g의 에너지를 내는 결과를 주면서 질감과 부드러움을 제공해 준다.

Maltodextrin을 이용한 제품은 귀리에서 만든 Oatrim과 Leanesse<sup>TM</sup>이다. 전분의 아밀로스과 아밀로펙틴을 분해하여 생성된 Maltodextrin은 결착제로 사용이 허용되었으며 1 kcal/g이하의 낮은 열량과 아이스크림, 냉동 후식류, 유제품, 제빵류, 치즈 및 다이어트 식품에 다양하게 응용될 수 있다.

이미 상업화되어 출시된 제품들로는 maltodextrin, rice flour, modified food starch, hydro oat flour 등을 소재로 하고 있으며, 이들은 유화제로 사용할 경우 지방의 계면장력을 감소시키고 반죽의 효과를 높여 주는 기능을 한다(C. Sanchez, C, 1996).

식이섬유질의 유도체인 CMC (carboxymethylcellulose)는 오래전부터 대체지방으로 이용되어 왔다(Lin, K.C., 1997). 식이섬유질과 전분류를 혼합하여 제조된 대체지방은 DuoFiber™이며 식이섬유소로 대체시킨 것이 전분으로 대체시킨 제품보다 견고한 조직감을 제공하여 더욱 효과적임을 밝혔다(Aron M. Altschul, 1989). 또한 대두, 쌀, 옥수수, 밀의 고섬유 부분의 불용성 섬유소로부터 제조한 대체지방은 무지방 식품에서보다 저지방식품에 효과적이며 gel의 형태로 초콜릿, 브라우니, 치즈 등의 제조에 이용되고 있다(Claus, J.R., 1991).

전분을 기초로 한 대체지방은 1990년 이후 꾸준히 개발되고 있으며 주로 마가린, 프로스팅, 저지방 유제품, 치즈, 냉동디저트류 등에 사용되고 있고 (Weiss, T. J., 1983) 특히 빵, 케익류 등의 전자파 가열시 발생하는 경화 현상을 억제할 수 있는 기능이 있다.

특수 가공된 귀리를 이용한 제품에는 LeanMaker™가 있으며, Heller Seasoning사에서 개발되어 유통되고 있다. 제조사에 의하면 LeanMaker™를 섭취 하였을 경우 지방, 열량, 콜레스테롤치가 각각 저하되었다고 보고하고 있다(Anonymous. , 1991)

변성전분을 이용한 대체지방은 결합제로 사용되고 제품의 다즙성을 유지시키며 비용이 저렴하므로 소비자들에게 식품첨가물로서 좋은 인식을 주고 있다. 대표적인 상품은 산 처리된 옥수수 변성전분인 Stella™, 타피오카 변성전분인 N-Lite™, Polydextrose™ 등이 있다.

진 등(2001)은 분말곤약, 카라기난, 대두단백질을 혼합하여 수분과 결합시켜 젤을 형성한 후 이것을 볼로냐 소시지에 첨가하여 저장실험을 한 결과 낮은 TBA 값을 보여주어 저장 안정성이 있었고 총 균수값도 낮아져 미

생물 억제 효과도 있다고 보고하였다.

최근 cellulose, pectin, gum 등의 섬유소 등은 적은 양만을 사용하여도 식품의 점도에 영향을 주며 전분의 1/10만 사용하여도 효과를 나타낼 수 있다고 보고하고 있다(Lindley, M. G, 1993)

## (2) 단백질계 지방대체물질(Protein-based Fat Substitutes)

단백질을 기본으로 한 대체지방은 달걀, 우유, 유청, 콩, 밀단백질을 소재로 하며, 고온에서 변성되어 지방의 크림성과 특유의 텍스처를 상실하는 단점이 있어 고온의 조리유나 튀김유로서는 이용하기가 부적절할 뿐 아니라, 보존성 또한 2주 이하로 좋지 않다. 그러나 일반적인 조리, 레토르트식품, UHT공정의 유제품, 샐러드 드레싱, 냉동디저트류, 마가린, 요구르트, 크림치즈, 치즈스프레드, 사워 크림 등 낙농제품의 대체지방으로써 사용이 가능하며, 지방과 콜레스테롤의 양을 각각 97%, 88%까지 낮출 수 있다고 하였다(Larsson, K., 1990) 1988년에 개발된 Simplesse는 우유단백질과 난백단백질을 초미립자상태로 가공한 것으로 열량이 약 3.8 kcal/g로 지방 열량의 약 1/3 정도로 저하시키고, Dairy-Lo(Pfizer사)는 whey protein을 기본으로 해서 제조한 대체지방으로 저지방식품의 풍미를 향상시키며, 매우 부드러운 촉감을 제공하며, 물과 결합능력이 강하여 안정한 유제품 대용으로 사용가능하다. 그 외 AMP800, Calpro 75 등은 저열량을 제공함과 동시에 유효안정화 및 제품의 형태를 고정시켜 줄 수 있는 기능을 함께 가지는 대체지방이다. 현재 Protein Technologies International사에서 개발한 Supro™200G, PP200G가 시판되고 있으며(McMindies, M. K., 1991), 국내 특허(특허공보 93-2148)로는 두부를 주원료로 하여 돈육과 전분을 혼합한 혼합물에 결속제로 활성 글루텐이나 분리대두단백질을 첨가하여 소시지를 제조하는 방법이 특허 출원되었다(임대원, 1993).

Table 6-2 . Kinds of Fat Replacers

	종 류	소 재	열량 (kcal/g)	용 도	제품 및 특성	
F a t m i m e t i c s	탄 수 화 물 계	Modified food starch	옥수수, 감자, 타피오카, 찰전분	4	샐러드 드레싱, 치즈 케익	Sta-Slim, Stellar, Amealean
		말토덱스트린	옥수수, 감자, 타피오카 전분	4	스프레드, 샐러드드레싱, bulking agent, 냉동후식, 마가린, 드레싱	Maltrin (Grain processing) Paselli SA2(Avebe)
		폴리덱스트로오스	덱스트로오스혼합물	1	검, 냉동유제품, 푸딩, 제빵	Litesse(Pfizer)
		셀룰로오즈	떡갈나무의 피질, 옥수수, 콩, 완두, 쌀		치즈, 초콜릿, 팬케익, 햄버거 등	methylcellulose (Dow Chemical), Avicel RC/CL (FMC)
		오트림(Oatrim)	귀리 전분을 부분적으로 가수분해	1~4	유제품, 냉동후식, 제과제빵	TrimChoice (Staley)
		변형 전분	감자, 귀리, 밀, 옥수수 등의 전분	1~4	가공육, 드레싱, 유제품, 프로스팅	Stellar(Staley)
F a t s u b s t i t u t e	단 백 질 계	초미립단백질 (microparticulated protein)	우유단백질, 난백단백질의 초미립자화	1/3	아이스크림, 치즈, 마가린, 요구르트	Simplese(NutraSweet)
		유청단백질 (modified whey protein concentrates)	유청단백질	4	치즈, 요구르트, 소스 (물과의 결합력 우수)	Dairy-Lo(Pfizer & Ault Foods)
		유단백	유단백	3.6		CMP-1(American driry specialties)
F a t s u b s t i t u t e	지 방 계	SPE (sucrose fatty acid polyesters)	설탕+지방산 (6~8)	0 소화흡수되지 않음 (플레스테롤도 0)	포테토칩, 크레카(내열성 우수, 안정성, 향미)-지용성비타민, 카로티노이드 흡수 저해	Olestra Olean(Procter & Gamble)
		Sucrose fatty acid esters (SFE)	설탕+지방산 (1~3)	5 (흡수됨)	유화제, 안정제 과일숙성 및 변패방지위한 코팅제	
		MCT (중쇄지방산)	C <sub>8</sub> -C <sub>10</sub>	8.3	산화안정, 저온안정	칼로리감소효과 적다
		Caprenin	C <sub>8</sub> , C <sub>19</sub> , C <sub>22</sub>	5 (C <sub>22</sub> 부분 흡수)	캔디바, 과자 (코코넛버터와 비슷)	Procter & Gamble GRAS

### (3) 지방계 지방대체물질(Fat-based Substitutes)

전분이나 단백질을 기본으로 한 대체지방들의 가장 큰 단점은 유지와 비슷한 느낌을 제공할 수 없다는 점이다. 즉, 외관, 물리적인 특성, 물성, 촉감 등이 가장 유지와 비슷한 것이 지방계 대체지방이다.

Salatrim(short and long chain acyl triglyceride molecules)은 우유, 유아식 및 고온 튀김용 등에 응용되고 있고 compound chocolate coatings, frozen application, chocolate chips, solid chocolate, nougats, caramels, peanut spreads cookies, cookie dough, bakery cream fillings, pie crust, pastries, ice cream, low fat cheese, salad dressings, mayonnaise, spray oil 등에 일부 사용되고 있다<sup>(29)</sup>. Veri-Lo 제품은 식물성유지나 유지방을 베이스로 하여 제조한 것으로 mayonnaise, dressing, 아이스크림, 케익류에 이용되고 있으며(Smith, F. C,1972\_ Caprenin은 코코넛오일과 유사하여 일반적으로 과자류제조에 이용되고 candy bar, 견과류와 과일류의 코팅제, 쿠키제조에도 사용되고 있다(Lawrence, J. B., 1994)

유지를 대체할 수 있는 또 다른 방법으로 Liu 등(1991)은 식육제품에 수소화된 경화 옥수수유, 면실유, 팜유, 땅콩유 그리고 대두유로 지방 함량을 대체한 경우 콜레스테롤의 함량은 낮추면서 식물성 포화지방산을 증가시켜 가열 수축과 성상이 식물성 유지를 함유하지 않은 식육제품과 유사하다고 보고하고 있다.

#### (4) 합성지방대체물과 혼합지방대체물(Synthetic Fat Substitutes)

합성대체물의 기능은 유지와 같으면서 생체에서 소화효소에 의해 가수분해 되지 않아 칼로리를 전혀 내지 않고, 유지와 유사한 기능을 하는 장점이 있으나, 안정성 확인과 식품첨가물로서의 허가가 분명치 않다는 것에 단점이 있어 미국에서 사용이 허가된 것은 없다. Sucrose fatty acid polyester (SPE)는 설탕의 수산기와 지방산의 카르복실기의 높은 결합력을 이용한 것으로 설탕 한 분자에 지방산 6-8분자가 에스터 결합을 형성한 것이다. 대표적인 Sucrose polyester (SPE)의 제품으로는 Olestra가 있으며 이것은 대두유, 옥수수유, 면실유 등의 식물성 기름에서 유도되었다. Sucrose polyester(SPE)의 혼합물인 Olestra는 통상 olean이라 불리는데 엄밀히 말하면 Sucrose의 1가, 2가, 3가 에스터는 에멀션을 만드는 물질로 유용하고 소화, 흡수가 되는 반면 6가, 7가, 8가의 에스터는 장에서 가수분해가 되지 않기 때문에 흡수되지 않는다. 이러한 물질은 Sucrose와 식용 지방, 기름(콩, 옥수수, 코코넛, 면실)으로부터 나오는 지방산 에스터의 반응에 의해 생성될 수 있다. 또한 Olestra는 lipase의 작용에 의해 분해 되지 않으므로 열량을 전혀 생성하지 않을 뿐 아니라 고온의 튀김온도에서도 매우 안정하며 색, 맛, 향미, 저장 안정성 또한 높아 튀김, 베이커리제품 등에 널리 사용 가능하였다. 특히 액체상태로 존재하여 옥수수유, safflower유 등에 잘 용해되어 다른 기름과 혼합 사용될 수 있다<sup>(34)</sup>.

Olestra는 음식 내에 존재하는 지방과 기름 성분에 대한 대체 물질로서 장에서 흡수되지 않고 혈액 중 콜레스테롤 수치를 약간 낮추어 주는 장점을 가지고 있다. 이 물질은 지방성분 대체 물질로 분류 하는데 법률상의 문제가 있기 때문에 1996년 1월 FDA으로부터 제한적으로 사용해도 좋다는 승인을 받아 `Olean'이라는 상품명으로 Procter & Gamble사에서 의해 시판되고 있고, 식품첨가제로서만 받아들여지고 있다. 그러나 아직 영국에서는 승인되지 않고 있을 뿐 아니라 그러한 움직임조차 없다고 한다. 미국에서 승인된 부분도 포테토칩, 크래커(비스켈), 토르티야칩 등의 특정

스낵 식품에 한정되었다. 그리고 라벨에는 “이 상품에는 올레스트라 성분이 들어 있다. Oleatra는 복부 경련, 복부 팽만, 묽은 변, 지용성 비타민(A, D, E, K) 흡수저하 뿐 아니라, 설사를 유발할 수 있다.” 라고 써어 있다 (Mattes., R. D., 1998).

Structured lipids(SL)는 화학적으로 또는 효소에 의하여 합성되거나 random transesterification에 의해 만들어진 고급, 중급, 저급의 지방산을 함유한 중성지방이다. 사용될 수 있는 지방산의 종류가 다양하며 용점의 범위도 넓기 때문에 많은 식품에 광범위하게 적용할 수 있다.

열에서의 안정성이 좋아 조리유, table spread, 디저트, 샐러드 드레싱 등으로 사용되며, 제품으로는 Arco Chemical사의 EPG (Esterified Propoxylated Glycerols)와 Frito-Lay사의 DDM (Dialkyl Dihexadecyl Malonate, CPC International사에서 개발한 TATC (Trialkoxytricarballate)가 있으나, 모두 개발 중에 있다.

혼합 대체지방은 두 가지 혹은 그 이상의 대체지방을 혼합하여 사용하여 지방의 기능을 보완하는 물질이다. 단백질과 gelling carbohydrate의 장점을 더한 Rice Trin 3 (Zumbro), 케익 믹스에 이용되는 N-Flate(National Starch and Chemical)는 무지 우유 고형분, 유화제, 변성전분, guar gum을 혼합한 것이다. 그리고 Ultra-Freeze 400 (Staley)은 변성전분, 식품단백질 및 corn syrup solid 의 혼합제이다. “AU lean” 카라기난과 대두단백질, 수분을 혼합하여 가공한 햄버거 패티 제품으로 지방함량이 58%, 열량 37%, 콜레스테롤치가 17%가 감소되는 것으로 보고 되었으며 조리 후 손실율도 현저하게 낮았다

그 밖에 “기능성 혼합물”이라 칭하여진 대체지방은 Prime-O-Lean<sup>TM</sup>, Advance<sup>TM</sup>2000이라는 상품명으로 시장에 유통되고 있다.

## (5) 수분 첨가

수분은 저지방 육가공품 제조 시 사용되는 가장 경제적이고 쉽게 이용할 수 있는 대체지방이다. 우리나라의 경우 소시지, 프레스햄, 일반햄의 수분함량과 조지방의 함량을 각각 70, 35%이하, 75, 20%이하, 72, 10% 이하로 규정하고 있으며, 제품의 최종수분함량에 따라 품질이 결정되고 있다. 첨가된 수분의 기능은 식육 단백질과 첨가된 대체지방 및 기타 첨가물을 수화시키고 고르게 혼합하는 작용을 하여 바람직한 기호성을 부여할 수 있으나, 가공 공정 중 수분의 유리와 조직감의 변화를 줄 수 있기 때문에 단백질 함량에 비례하는 적정 수분의 첨가가 반드시 필요하다. 저지방 육제품의 가열시 수분함량의 증가로 인하여 병원성 미생물의 오염이 용이하고 냉장저장 중 수분의 유리가 많아 저장성의 문제점이 크게 대두되고 있다. 따라서 육가공품 제조 시 대체지방과 젯산 나트륨의 일정농도 첨가로 제품의 저장성을 향상시킬 수 있었다(Bloukas, J. G.. 1997)

## 2. 최근 지방대체물질에 대한 연구동향

식품산업 분야에서 저열량 식품재료를 이용하여 지방을 대체하려는 노력은 오래전부터 꾸준히 있어왔으며 이러한 관심으로 가공식품에 대하여 지방을 대체하기 위한 목적으로 다양한 저열량 대체지방을 개발하고 시판하고 있다. 그러나 이러한 소비자와 산업체의 요구에도 불구하고 국내의 연구는 상당히 미흡한 실정이다.

주된 대체지방에 대한 연구로는 식육가공품의 지방함량을 줄이는 방법, 탄수화물을 유지방식품에 대치시키는 연구, 베이커리제품의 유지함량을 줄이거나 혹은 기타 대체지방의 함량비를 조절하는 연구, 그 밖에 대체지방을 함유한 저지방 식품을 이용한 식이요법에 관하여 이루어지고 있다.

식육가공품 등에 대체지방을 이용하여 식육의 지방 함량을 줄이면서도 지방의 기능을 유지 또는 증진 시켜 소시지나 햄 가공품 등을 제조하는 연구보고 등이 있다. 돈육에서 염용성 단백질을 추출하여 친수성 콜로이드

와 결합시켜 저지방 소시지의 제조 가공 기술을 개발하였으며, carageenan, 대두단백질을 대체지방으로 혼합하여 저지방 육가공품을 개발하여 저지방 육가공품의 보수력과 가열 수율 등을 높일 수 있으며 기존의 육가공품과 유사한 조직감을 지닐 수 있도록 하였다(최순희, 2002) . 그러나 이러한 저지방 육가공품의 제조 시 가장 큰 문제점은 지방함량을 줄이고 수분을 첨가할 경우 제품이 단단하고 질기며 다즙성이 떨어지고 색상이 어두워져 제품의 가치를 저하시키므로, 정 등(1992)은 보수성이 우수하며 텍스처가 우수한 저지방햄의 최적조건을 확립하였다.

저지방 육가공품 개발 시 가장 중요한 점은 향미의 상실, 치즈의 모양 형성의 문제, 물성의 저하 등을 개선하여야 한다.

미국 농무부에서 개발된 Z-trim 이라는 무 칼로리 대체지방은 불용성 천연섬유질이 분해 되어 있어 실제로 지방성 미분자 없이도 부드러운 지방의 느낌을 혼용하는 대용물로 개발된 것으로서, 다른 지방대용품과는 달리 요리에도 사용될 수 있다. 한편 대두유로부터 합성한 glucitol fatty acid polyester를 대체지방으로서 기존의 식용유 등에 대체하거나 유사제품으로써 범용할 수 있을 것이라 제안하였으며(정하열, 1993) MCT 등을 이용하여 유지 함유식품을 가공하거나 재료로 이용할 경우 물성과 관능적으로 우수한 제과제빵류를 가공할 수 있고 다양한 저열량, 저지방 식품의 개발이 가능할 것으로 보고하고 있다(안명수, 2002). Muller 등(1997)은 Inulin powder, inulin gel 그리고 Simplese를 이용하여 호밀빵을 제조할 경우 빵의 부피나 텍스처, 그리고 관능적 특성이 유의적으로 일반빵과 크게 다르지 않다고 하였고, Akoh 등(1998)은 Captex 810D와 단백질계 대체지방인 Simplese를 이용하여 비만 환자들에게 식이요법을 실시할 경우 체중감량, 혈청 내 지질이 감소하였다고 보고하고 있다.

그 밖의 외국 연구보고 사례는 다양하며, 대체지방의 개발 시 필요한 제조가공기술과 대체지방의 소재를 찾고, 바람직한 향미, 조직감, 맛 등을 가질 수 있는 개발에 대한 기초 연구가 다양하게 이루어져야 한다고 생

각된다.

### 3. 지방대체물질의 시장성

최근, 저지방, 저당질, 저칼로리 등 이른바 ‘라이트식품’에 관한 갈망이 높아지고 있다. 미국성인의 90%정도가 라이트 식품을 구입하고 있으며, 이중 58%가 적극적으로 라이트 식품을 구입하고 있다고 C.C.C (Carolie Control Council)가 1994년 보고 하였다<sup>(3)</sup>. 또한, 소비자의 대부분이 식품구입 시 라벨을 읽어 성분을 확인하는 것으로 보고되어, 소비자의 식품 소재에 관한 관심도와 식품에 관한 지식정도가 높아지고 있는 것으로 나타났다.

미국의 스낵시장에서는 이 Olestra를 이용하여 만든 감자 칩 “wow”가 출시되어 판매되고 있으며 출시 2달 만에 800만개 이상의 판매고를 올린 기록에서 소비자들의 저지방 식품에 대한 강한 욕구를 알 수 있다.

이런 상황에 발맞추어 1996년, 미국은 저지방 새 제품 2076종을 시장에 내놓았으며 영국, 프랑스, 독일 등에서도 저지방 식품이 신속하게 발전하고 있다. 국제적으로 저지방 대체품은 식품가공 음식시장 중에서 시장 수요가 급증하였지만, 대체지방인 Olestra와 Salatrim의 부작용에 대한 발표와 대체지방을 이용하여 제조한 식품의 맛 저하로 소비자들의 거부로 미국 내 수요가 감소하여, 지방식품과 마찬가지로 탄수화물, 단백질 식품이 포함된 미국의 대체지방 시장규모는 2000년에 약 4억불인 20%정도 하락하였다.

그러나 Olestra, Salatrim 그리고 다른 지방계 대체지방에 대한 소비자들의 신뢰도가 다시 상승하는 것으로 나타나 지방계 대체지방에 대한 시장은 2001년에 7천 6백만 달러에서 2007년 8천7백만 달러에 이를 것으로 전망하고 있다.

### 4. 지방대체물질의 미래

인간이 병에 걸리지 않고 건강을 유지하고 살기 위해서 가장 기본적인 요인이 되는 것이 올바른 식생활을 영위하는 것이다. 무엇을 어떻게 먹을까 하는 것은 누구나 관심을 갖는 일이었고, 19C 중반부터는 이에 관해 과학적으로 연구하기 시작하였으며 경제수준이 날로 향상되어 가면서 그 관심은 높아지고 있다.

특히 식습관은 사람의 건강, 생활양식, 그리고 행동양식과 관련이 있는데 최근의 동물성 식품과 정제된 식품의 사용 증가로 여러 가지 질병의 발생율이 높아지고 있음은 주목할 만한 사실이다.

저지방식이가 인간의 수명을 연장, 건강에 이로움을 주는지 여부는 아직 확실히 밝혀진 바는 없으나(Gary Taubes, 2001), 기존의 생활과 비교하여 늘어난 지방섭취 대비율, 비만을 통한 성인병 발병 등의 현상을 통하여, 학계에서는 지방의 섭취를 줄일 수 있는 방안을 모색하고 있고, 따라서 열량을 내는 정도는 지방에 비해 적으나, 기능은 같은 대체지방에 관한 연구가 활발하다.

그러나, 안전성에 관한 논란으로 인하여 승인을 받지 못하고 있는 제품도 상당수 존재 하고 있으며, 관능적인 면에서 품질의 저하의 개선 등 더 많은 연구가 필요한 실정이다. 따라서, 대체지방 제품의 안전성과 품질을 유지할 수 있으며 또한 여러 분야에서 적용되고 실용화된 식품으로 개발되어야 하고 다양한 용도로 사용될 수 있어야 하며 앞으로 상업화될 새로운 분야의 신소재자원이 될 수 있을 것이다.

## 제 7장 참고문헌

- Akoh, C. C., Long, K. D., Flatt, W. P., Rose, B. S. and Martin, R. J.: Effects of a structured lipid, Captex, and a protein-based fat replacer, simplesse, on energy metabolism, body weight, and serum lipids in lean and obese Zucker rats, *The Jour. of nutr biochem.* 9(5) : 267-275, 1998
- Anonymous. Oat-bran-based ingredient blend replaces fat in ground beef and pork sausage, *Food Technol.* 45(11) : 60 (1991)
- Donald E. : Fat replacers, *Food Tech.*, 51(1), 1997
- Donald, K.D. Fats and oils chemical and physical properties. Research Department Technical Bull. VI(4), 1984
- Duxbury, D.D. Modified food starch key to low-fat bakery line. *Food Processing* 98-100, 1991
- Frey AM. Setser CS : Optimizing texture of Reduced-Calorie yellow layer Cakes, *Cereal Chem.*, 69(3), 338-343, 1992
- Ink, S. L. and Hurt, H. D. : Nutritional implications of gums, *Food Technol.*, 41. 77, 1987
- J. Gordon, E. A. Davis, E. M. Timms : Water-loss rates and temperature profiles of cakes of different starch content baked in a Controlled Environment Oven, *Cereal Chem.*, 56(2), 50-57, 1979
- Kanedani, S. and Ishihara, M. : Studies on the viscosity of Mayonnaise. Park I. The influence of concentration of oil on the viscosity of mayonnaise, *J. Japan Agric. Chem.*, 36, 928-932, 1972
- Kim, C.S. and Lee, Y.S. Characteristics of sponge cakes replacement of sucrose with oligosaccharides and sugar alcohols.

- Korean J. Soc. Foods Sci. 13 : 118-126,,1997
- Kim, M.H., Kim, J.O. and Shim, M.S. Effects of resistant starches on the obese Zucker rats, The Jour. of nutr biochem. 9(5) : 267-275 ,1998
- Krisstine N : Fat Replacers; The cutting edge of cutting calorie, The American Council on Science and Health, October, 1997
- Lin, K.C., Keeton, J.T., Gilchrist, C.L. and Cross, H. R. Comparisons of carboxymethyl cellulose with differing molecular features in low-fat frankfurters J. Food Sci., 53 : 1592. 1998
- Miller, R.A. and Hosoney, R.C. The role of xanthan gum in white layer cake. Cereal Chem. 70: 585-588, 1993
- Moon, S,J., Oh, H,S. and Lee, M.H. Physical and sensory characteristics of butter sponge cakes prepared with soybean oil and hicook. Korean J. Soc. Food Sci. 11(4) : 323-329, 1995
- Muller, A., Sennell, A. G. M. and Arendt, E. K. Evaluation of the effects of fat replacers on the quality of wheat bread, Jour. of food Eng. 56(2) : 265-267, 2003
- Rekha S, Singhal, A, Gupta K and P T: Low calorie Fat Substitutes, Trends in Food Science & Technology, 241-244, October, 1991
- Sanchez C, Klopfenstein C.F, Walker C E : Use of Carbohydrate-based fat substitute and emulsifying agents in reduced- fat shortbread cookies, Cereal Chem., 72(1), 25-29, 1995
- Weiss, T. J. Mayonnaise and Salad Dressing. In food oils and their uses., 2nd., Avi Publishing Company, Inc., Westport, Connecticut. 211, 1983
- Aebi H. Catalase. Methods of enzymatic analysis. 2nd ed. edited by Hans Ulrich Begmeryer. : 673-684, 1974

- Alexander RJ. Potato starch new prospects for an old product, Cereal Foods World 40, 763, 1995
- Amanda M. Frey, Carole S. Setser. Optimizing texture of Reduced-Calorie yellow layer Cakes, Cereal Chem. 69(3) : 338-343 ,1992
- Armbrister WL, Setser C S.: Sensory and Physical Properties of Chocolate chip cookies Made with vegetable shortening or fat replacers at 50 and 75% levels, Cereal Chem., 71(4), 344-351, 1994
- Armbrister, W. L., Setser C. S. : Sensory and Physical Properties of Chocolate chip cookies Made with vegetable shortening or fat replacers at 50 and 75% levels, Cereal Chem., 71(4), 344-351, 1994
- Aron M. Altschul. Low-calorie foods, Food Tech 43(4) : 113-125, 1989
- Bae JM , Ahn YO and Park BJ. Association of stress level with smoking amounts among university students, Korean J Prev Med, 27(1) pp110, 1994
- Berglund P.T., Hertzgaard D.M.: Use of Vegetable oils at reduced levels in cake, pie crust, cookies and muffins, J. Food Sci., 51(3), 640-644, 1986
- Bloukas, J. G., Paneras, E. D. and Fourmitizis, G. C. Sodium lactate and protective culture effects on quality characteristics and shelf life of low-fat frankfurters produced with olive oil, Meat Sci. 45(2) : 223-238, 1997
- C. Sanchez, C., C. F. Klopfenstein and Walker, C. E. Use of Carbohydrate-based fat substitute and emulsifying agents in reduced-fat shortbread cookies. Cereal Chem. 72(1) : 25-29, 1995
- Chang MJ, Kim MH. Comparative growth performance and

- physiological function of physically modified rice starch and gelatinized rice starch in growing rats. *Korean J. Food Culture* 18(6) 592-600, 2003
- Cho S Y, Park J Y. and Jang J Y. : Effect of dandelion leaf extracts on lipid metabolism in rats fed high cholesterol diet, *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 29, 676-6822, 2000
- Claus, J.R. and Hunt, M.C. Low-fat, high added water bologna formulated with texture modifying ingredients. *J. Food Sic.* 56 : 643,1991
- Dodge JA. Dietary fats and gastrointestinal function. *Eur. J. Clin. Nutr.* 48 : 88, 1994
- Donald E. : Fat replacers, *Food Tech.* 51(1),1997
- Donivan JW. Phase transtion of the starch water system, *Biopolymers*, 18, 263, 1997
- Ellman, G.L, *Arch. Biochem, Biophys.* 82, 70-77, 1959
- Flohe L. Determination of glutathione peroxidase. *CRC Handbook of free radicals and antioxidations in Biomedicine* 281-286, 1992
- French, D., Fine structure of starch and its relationship to the organization of starch granules. *J. Japanese Soc. Starch Sci.* 19: 8-13, 1972
- Gary Taubes. The soft science of dietary fat. 2536-2545. *Science*, 3(291), 2001
- Gerge, A. H. and Calvin, A. L. : *Biochem. J.*, 188, 25, 1980
- Glickman, M. Hydrocolloids and search for the "Oily Grail", *Food Technol.* 45 : 96,1991
- Habig W.H., Pabst M.J and Jabby W.B. : Glutathione-S-transferase : the first enzymatic step mercapturic acid formation. *J. Biochem.* :

7130-7139,1974

- Imberty, A., Perez, S., A revisit to the three-dimensional structure of B-type starch. *Biopolymers*. 27: 1205,, 1988
- John, L. C., Buyck, M. J., Keeton, J. T., Leu, R. and Smith, S. B. Sensory and physical attributes of frankfurters with reduced fat and elevated monounsaturated fats. *J. Food Sci.* 51 : 1144-1149, 1986
- Kang MH and Park SJ. The effect of dietary Nuddle with glucomannan on the weight loss in high fat diet-induced obese rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32(6) : 893 ~ 898, 2003
- Kang MH, Lee JH, Lee JS, Kim JH. Effects of Acorn Supplementation on Lipid Profiles and Antioxidant Enzyme Activities in High Fat Diet-Induced Obese Rats. *The Korean J. of Nutr.* 37(3) : 169 ~ 175, 2004
- Kim ES, Kim MK. Effect of Dried Leaf Powder and Ethanol Extracts of Persimmon, Green Tea and Pine Needle on lipid Metabolism and antioxidative Capacity in Rat. *The Korean nutrition Society* . 32(4): 337-352, 1999
- Kim HS, Chung JS. Effects of dietary zinc and Iron levels on serum trace minerals and obesity index in high fat diet-induced obese rats. *Korean J. Food Sci. Nutr.* 30: 325-330, 2001
- Kim JI. Choi JH. Effect of brown algae component on obese rats induced by a high fat diet. *Korean J. Gerontol* 2: 142-147. 1992
- Kim, H.S., Kang, O.J., Yoon, K.S., Physicochemical properties of waxy rice starches prepared from three different cultivars. *Kor. J. Agric. Chem. Soc.* 26: 211-216, 1983
- Kristine Napier, M. P. H., R. D. Fat Replacers. The cutting edge of

- cutting calorie, The American Council on Science and Health (October,1997)
- Larsson, K. and Friberg, S. E. Dressings and Sauces. In Food Emulsions. 2nd Ed., Marcel Dekker, INC. New York, 327, 1990
- Lawrence, J. B. Vegetarian and other complex diets, fats, fiber and hypertension. *Am J. Clin. Nutr.* 59 : 1130-1135, 1994
- Leach, H.W., McCowen, L.D., Schoch, T.J., Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.* 36: 534-544, 1959
- Lee, H.Y., Kum, J.S., The Effect of the Varieties and Particle Size on the Properties of Rice Flour. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 31: 1542-1548, 1999
- Lindley, M. G. Fat replacer ingredients and the markets for fat reduced foods. In " Low calorie food and food ingredients", Khan, R. London, 1993
- Lipid Research Clinics Program. The Lipid Research Clinic Primary Prevention Trial results, II. The relationship of reduction of incidence of coronary heart disease to cholesterol lowering. *JAMA*, 251, 365-374, 1984
- Lisa, P., Janet, M., Johnson, W., E. Barbeau, D. and Stewart, L. Evaluating of alternative fat and sweetener system in cupcakes. *Cereal Chem.* 68(5) : 552-555, 1991
- Liu, M. N., Huffman, D. L. and Egbert, W. R. Replacement of beef fat partially hydrogenated plant oil in lean ground beef patties. *J. Food Sci.*, 56. 861, 1991
- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. J. : Protein measurement with folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*,

193, 265, 1951

- Martijn BK, Peter LZ and Ronald PM, Effect of fats and fatty acids blood lipid in humans: an overview. *Am. J. Clin. Nutr.* 60 :1017, 1994
- Mattes., R. D. Position of the American Dietetic Association, Fat Replacers, *J. Am. Diet Assoc.* 98. 463, 1998
- McMindies, M. K. Applications of isolated soy protein in low-fat meat products, *Food Technol.* 45(12) : 61, 1991
- Medcalf, D.G., Gilles, K.A., Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568, 1965
- Ministry of Health & Social affairs, Nutrition Survey Report. 1998
- Ministry of Health & Welfare 98' National Nutrition Survey Report. ,2000
- National Institutes of Health consensus development conference statement. Lowering blood cholesterol to prevent heart disease, *JAMA*, 253, 2080-2086, 1985
- Oh JY, Choi IS, Park SA, Lee SS, Oh SH. Effects of resistant starch on availability of energy nutrients in rats . *J. Korean. Soc. Food Nutr.* 33(4) 365-373, 2000
- Ohkawa, H., Ohishi, N., Yagi, K. Assay for lipid peroxides animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochem.* 95. 351-358, 1978.
- Owusu-Ansah, J., van de Voort, F.R., Stanley, D.W., Determination of starch gelatinization by X-ray diffractometry. *Cereal Chem.* 59: 167-171, 1982
- Park OJ. Plasma lipid and fecal excretion of lipids in rats fed a high fat diet, a high cholesterol diet or a low fat/high sucrose diet.

- Korean J. Nutr. 27(8) : 785~794, 1994
- Park SJ, Kang MH . The effect of dietary nuddle with glucomannan on the weight loss in high fat diet-induced obese rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32(6): 893-898, 2003
- Paula A, Lucca B and Tepper J.. Fat replacers and the functionality of fat in foods. Trends in Food Science and Technology. 5:12-19, 1994
- Plyer, E. J. : Baking Science & Technology, 3rd ed. Sosland Publishing Co., Kansas, Vol. II, 740, 1973
- Rekha S. Singhal, A. K. Gupta and P. T. Kulkarni. Low calorie Fat Substitutes, Trends in Food Science & Technology : 241-244 (October, 1991)
- Rhee, K, S., Ziprin, Y. A. and Davison, T. L. Characteristics of pork products from swine fed a high monounsaturated fat diet : part 2-uncured processed products. Meat Sci., 27 : 343-357, 1990
- Rutenberg MU and Solarek D. Starch derivatives production and uses, Starch and Technology, Academic Press New York, 324, 1984
- Ruth H. Mattews, Elsie H. Dawson. Performance of Fats in White Cake, Cereal Chem. 43 : 538-546, 1996
- Sandhya Rani, M.R., Bhattacharya, K.R., Microscopy of rice starch granules during cooking. *Starch* 46: 334, 1995
- Sedlak, T. and Lindsay, R. H. Estimation of total protein-bound and nonprotein-bound sullfhdryl groups in tissue with Ellman's reagent. Anal. Chem. 25. 192, 1968
- Shackedlford, S. D., Miller, M, F., Hydon, K. D. and Reagan, J. O. Evaluation of feeding elevated levels of monounsaturated fats

- to growing-finishing swine on acceptability of low-fat sausage. J. Food Sci. 55 : 937-941, 1990
- Smith, F. C. and Bailey, C. H. The effect of chemical leavening agents on the properties of bread. J. Am. Asso. of Chem., 8, 83, 1972
- Song, E.S., Kim, S.J. and Kang, M.H. Characteristics of low calorie layer cake by adding different levels of polydextrose. Korea J, Soc, Food Cookery Sci. 17(4) : 367-372, 2001
- Sung IS, Kim MJ and Cho SY. Effext of Quercus acutissima CARRUTHERS extracts on the lipid metabolism. J. Korean Sci. Nutr. 26(2) : 327 ~ 333, 1997
- W. L. Armbrister, C. S. Setser. Sensory and Physical Poperies of Chocolate chip cookies Made with vegetable shortening or fat replacers at 50 and 75% levels, Ceral Chem. 71(4) : 344-351, 1994
- Williams, P.C., Kuzina, F.D., Hylnka, I., A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.* 47: 411-419, 1970
- Wursch P. Influence of tannin-rich Carb Pod fiber on the cholesterol metabolism in the rat. J. Nutr. 109(4) : 685 ~ 692, 1979
- Yoon JS, Lee JH, Cho SH. Nutrition of experiment, Hyungseul Pulishing, 1999
- Zak B. Total and free cholesterol. In Standard method chemistry. Academic Press, New York, pp. 79 ~ 89, 1968
- 具照圭二, 松泳燒子, 板川正秀, 小林昭一, 澱粉科學, 28, 235, 1981
- 김향숙, 안승요. 두류, 곡류 및 감자전분의 호화특성, 한국식품과학회지 10(1):80-85, 1994

- 김향숙, 이영은. 가교결합 감자전분의 이화학적 특성, 한국식품과학회지, 28(3): 573-579, 1996
- 김향숙. 아밀로오스와 아밀로펙틴이 목의 텍스처에 미치는 영향, 서울대학교 박사학위논문, 1987
- 김혜영 : 제과제빵 모델시스템으로서 저열량케익에 미치는 주재료 성분중 함유된 단백질 및 전처리 된 유화제의 영향, 한국식품과학회지, 13(2), 185-191, 1997
- 안명수 : 식품과 조리원리, 신광출판사, 2001
- 안명수, 우나리아. MCT 대체지방의 산화안정성 및 조리적합성에 관한 연구. 한국식생활문화학회지. 18(2) : 181-191, 2003
- 안봉전. 새로운 대체물질의 현황. 식품산업과 영양 5(2) : 60-64, 2000
- 우나리아, 안명수, 김애정, 김미원. MCT 대체마요네즈의 물성적 특성 및 기호도에 관한 연구, 식품산업연구지, 5: 27-32, 2003
- 우나리아. MCT 대체지방대체지방의 산화안정성 및 조리적합성에 관한 연구, 성신여자대학교 박사학위논문, 2002.
- 이영엽 : 유화안정제의 종류에 따른 지방구의 입도 분포가 Mayonnaise의 유화 안정성에 미치는 영향, 한국식품영양과학회지, 30(2), 204-209, 2001
- 임대원. 두부를 주원료로 하는 소시지의 제조방법, 특허공보 93-2148, 1993
- 정난희, 김경애, 김성곤, 서복영, 전은례. 감자의 수침에 따른 전분의 열화 특성, 한국식품과학회지14(3): 213-218, 1998
- 정하열, 윤희남, 공운영, 김정한. 유지대체물질로서 Glycerol Fatty Acid Polyester의 이화학적 특성. 한국식품과학회지. 25(5) : 438-443, 1993
- 진구복, 정보경. 식육단백질과 친수성 콜로이드의 상호결합 특성을 이용한 저지방 육제품 제조기술개발-I -모델연구를 이용한 상호반응의 최적화,

- 한국식품영양 과학회지. 31(3) ; 438-444, 2002
- 진구복, 최순희. 젓산나트륨과 지방대체지의 첨가가 냉장저장 중 저지방 블로나 소시지의 품질 및 저장성에 미치는 영향. 한국식품과학회지 30(5) : 858-864, 2001
- 진구복. 저지방 육제품의 제조 및 평가. 한국축산식품학회지 22(4) : 363-372, 2002
- 천정아. 지방대체물질을 이용하여 제조한 저지방 마요네즈의 물성과 관능적 특성, 호서대학교 석사학위논문, 1994
- 최순희, 진구복. 지방대체제를 이용하여 기존의 유탕형 소시지와 유사한 조직감을 갖는 고급 저지방 세적 소시지의 개발, 한국식품과학회지. 34(4) : 577-582, 2002
- 최은옥. 대체지방의 종류 및 식품에의 응용. 한국조리과학회지 14(4) : 453, 1998
- 홍성중, 이홍용, 김방호, 최영주 : 제과제빵실기, 19-21, 교문사, 2000.