

## 루우핀콩 단백질 농축물(LPC)의 식품기능성

고려대학교 식품공학과

김영욱·이철호

### Functional Properties of Lupinseed Protein Concentrate

Young-Wook Kim and Cherl-Ho Lee

Department of Food Technology, Korea University, Seoul

#### Abstract

The functional properties of lupin seed protein concentrate (LPC) were examined and compared to those of soybean protein isolate (SPI) and Na-caseinate. LPC-50, of which protein level was 50%, was prepared by a two phase solvent (hexane: alcohol: water = 10:7:3) extraction method. LPC-70 was made from LPC-50 by removing the fractions solubilized by carbohydrate decomposing enzymes. The solubilities of LPC-50 and LPC-70 were similar to that of SPI but slightly higher at pH 4-5, and less susceptible to the added salt. The apparent viscosity of LPC increased exponentially as the concentration increased over 6% level, and the change was similar to that of Na-caseinate. LPC showed strong pseudoplastic non-Newtonian flow behavior, which was similar to that of SPI. The emulsifying capacity of LPC-70 was similar to that of SPI when salt was added. The foaming capacity of LPC was comparable to that of SPI. LPC showed high oil and water absorption capacities, which increased as the protein level was elevated. LPC-70 showed the highest oil absorption capacity of all the samples tested.

#### 서론

루우핀콩은 약 30~40%의 단백질을 함유함으로 대두와 같은 중요한 단백질 자원으로 고려되고 있다.<sup>(1,2)</sup> 대두와 마찬가지로 루우핀콩 단백질은 자엽세포내에 단백질의 형태로 주로 저장되어 있으며,<sup>(3)</sup> 이들 단백질들의 등전점은 pH 4~4.5 부근으로 SDS-PAG 전기영동 분리에서 12~13 subunits로 구성되어 있으며 주요 분획의 분자량은 20,000~150,000 Dalton 범위임이 보고되고 있다.<sup>(4)</sup> 이들 subunit들을 구성하는 주요 globulin을 conglutin  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 로 구분하며 이들 subunits의 주요 조성은 루우핀 품종에 따라 차이를 나타내며, 특히 Conglutin  $\gamma$ 는 *Lupinus angustifolius*를 포함하는 몇 종류의 루우핀에서만 발견되는 것으로 보고되고 있다.<sup>(5,6)</sup> Ruiz and Hove<sup>(7)</sup>는 일자크기, pH, 가수량, 온도, 추출시간 등의 여러가지 가공조건이 루우핀콩 단백질의 수용성에 미치는 영향에 관하여 조사하였으며, 이 연구에서 단백질의 추출률은 사건의 착유에 의하여 영향받지 않으며 90% 이상의 단백질이 pH 8.0 이상에서 용해됨을 밝혔다. 또한 루우핀콩 분리단백질의 수분 흡착력은 대두단백질에 비하여 낮으나, 유지 흡착력은 대두를 비롯한 다른 식물 단백질에 비

하여 월등히 높으며 유화능력은 비교적 높으나 유화 안정도는 비교적 낮게 평가되었다.<sup>(4)</sup>

그러나 루우핀콩에서 분리단백질을 생산하는 것은 수율이나 경제적인 측면에서 실현성이 적은 것으로 판단되었으므로<sup>(8)</sup> 본 연구실에서는 루우핀콩 단백질 농축물(LPC)을 얻는 방법을 개발한 바 있다.<sup>(9)</sup> 루우핀콩의 껍질을 제거한 후 분말화한 루우핀콩 분말을 핵산-알콜-물을 혼합하여 만든 이상계(two-phase)용매로 유지, 알칼로이드, 황색색소 등을 동시에 추출제거 함으로서 단백질 농도가 50% 이상이 되는 유백색 단백질 농축물을 얻을 수 있었다. 또한 이들 농축물들에 탄수화물 분해 효소를 작용시켜서 셀룰로스를 포함하는 세포벽 물질들을 분해제거 함으로서 단백질 함량을 70% 수준 이상으로 증가 시킬과 동시에 제품의 입속에서의 감촉을 향상 시킬수 있었다.<sup>(9)</sup>

본 실험에서는 이들 단백질 농축물의 용해도, 유동 특성, 유화력, 기포성, 수분 및 유지 흡착력을 조사하고 분리대두단백질 및 카제인의 식품기능성과 비교하였다.

#### 재료 및 방법

시료단백질

본 실험에 사용한 루우핀콩은 서호주산 *Lupinus angustifolius*이다. 루우핀콩의 껍질을 제거한 후 편밀에 120 mesh screen을 부착하여 분말화한 다음 루우핀콩 단백질 농축물 제조 원료로 사용하였다.

본 실험에서는 단백질 함량이 서로 다른 2가지의 루우핀콩 단백질 농축물을 제조하였다. 먼저 LPC-50은 단백질 함량이 50% 수준으로 이와김<sup>(9)</sup>의 방법을 일부 수정하여 사용하였다(Fig. 1)

루우핀콩 분말 100g을 혼합용매(hexane : alcohol : water = 10 : 7 : 3) 1,000ml에 잘 분산하고 1시간동안 저어준 후, 원심분리(3,000×g, 10분)하여 침전물을 얻는다. 이렇게 얻어진 침전물에 혼합용매 500ml을 다시 가하고 추출 및 원심분리를 반복해서 침전물을 얻는다. 얻어진 침전물을 건조기(40°C, 공기유속 4m/sec) 내에서 건조한 후 분말화하고, 120 mesh를 통과한 분말을 LPC-50이라 명명하였다.

LPC-70의 제조는 LPC-50에 탄수화물 분해 효소제인 SP 249(NOVO Co., Denmark)를 처리하여 탄수화물을 분해시킨후 제거해서 단백질을 농축시키는 방법을 사용하였다(Fig. 2)

LPC-50의 7% (W/V) 분산액을 IN-HCl을 사용

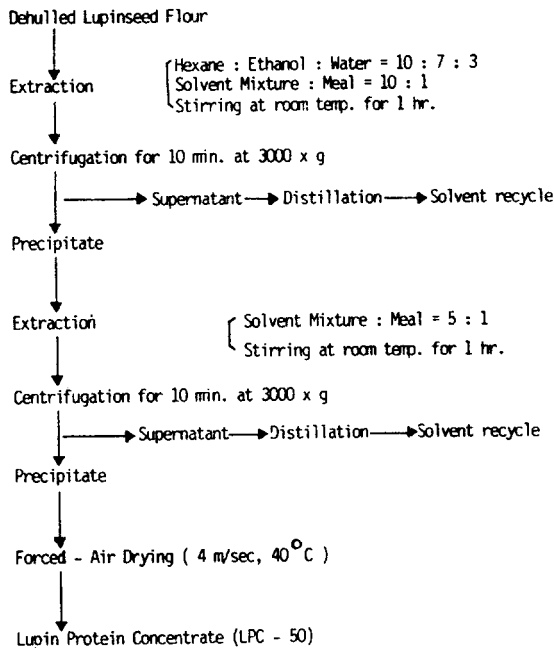


Fig. 1. Schematic diagram for the preparation of Lupinseed protein concentrate (LPC) by using two-phase extraction system

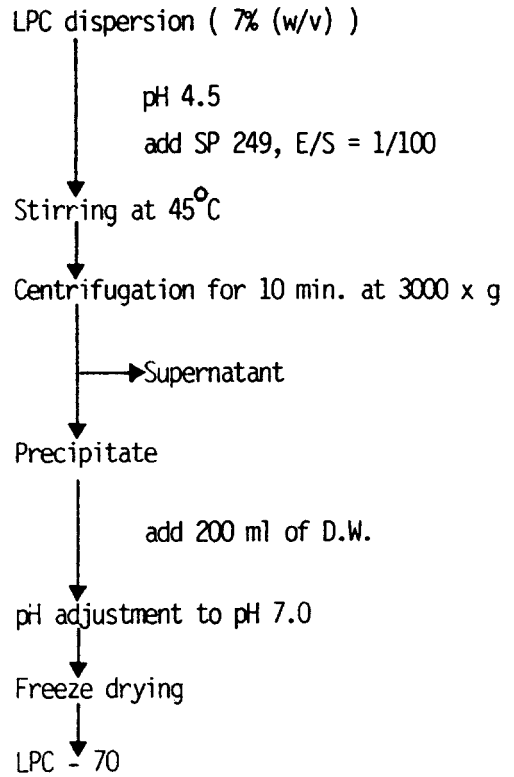


Fig. 2. Schematic diagram for the concentration of protein in LPC by using carbohydrate decomposing enzyme treatment

하여 pH 4.5로 조절한 후, SP 249를 첨가(E/S=1/100)하여 45°C에서 반응시키고 침전물의 단백질 함량이 70%에 도달한 뒤 원심분리(3,000×g, 10분)하여 상등액과 그 속에 존재하는 효소 및 탄수화물이 분해되어 생성된 수용성 당을 제거하였다. 이렇게 얻어진 침전물에 소량의 증류수를 가하고 IN-NaOH를 사용하여 pH를 7.0으로 맞추어서 잔존효소를 불활성화하였다. 그후 동결건조하여 얻은 것을 LPC-70이라 명명하고 시료로 사용하였다.

일반성분 분석

본 실험에 사용된 시료의 일반성분 분석은 A.O.A.C<sup>(11)</sup>법에 준하여 측정하였다. 수분 함량은 105°C 건조법, 단백질 함량은 Micro Kjeldahl법, 지방 함량은 Soxhlet법, 회분 함량은 550°C 회화법을 사용하였다.

용해도 측정

각 시료의 단백질 용해도(nitrogen solubility index)는 이<sup>(12)</sup> 등의 방법에 의하여 측정하였다.

1g의 시료를 100ml의 증류수에 분산 시키고 1시간동안 자석 젓개로 저어주면서, IN-NaOH를 사용하여 pH를 조정하고 15분, 30분, 55분에 pH를 측정해서 필요시 다시 조절하였다. 이 단백질 현탁액을 3,000×g에서 15분간 원심분리하여 상등액을 얻은 후, 상등액 중의 단백질 함량을 측정하여 단백질의 용해도를 구하였다. 단백질의 용해도는 아래 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{용해도}(\%) = \frac{\text{상등액 중의 질소함량}}{\text{시료중의 총 질소함량}} \times 100$$

#### 유체변형성 측정

단백질 분산액의 점도 및 흐름성질을 30°C 수조에서 Brookfield Viscometer, LVT Model(Brookfield Co., U.S.A)을 이용하여 UL-adapter로 측정하였다. 겔보기 점도를 충밀림 속도 36.71sec<sup>-1</sup>에서 산출하였으며, Power law 식을 이용하여 충밀림 속도 의존성을 나타내는 지수들을 구하였다.<sup>(13)</sup>

#### 유화력 측정

유화력은 이<sup>(12)</sup>의 swift 변법에 의해 측정하였다.

0.2%(W/V) 단백질 분산액 100ml의 10분간 얼음 수조에 정치한 후, Waring blender의 용기에 담고 정제 대두유 50ml를 첨가하여 12,000 rpm에서 30초간 혼합하였다. 그후, 계속하여 0.9ml/sec의 속도로 정제 대두유를 주입하여 Emulsion을 형성시켰다. 눈으로 보아서 Emulsion의 점도가 갑자기 저하되는 시점을 Emulsion의 상이 바뀌는 시점으로 결정하고 이때까지 소비된 기름의 총량을 측정하였다.

유화력은 시료 0.1g이 Emulsion을 형성하는데 이용한 기름의 양으로 나타내었다.

#### 기포성 측정

기포성의 측정은 Sathe<sup>(4)</sup> 등의 방법을 일부 수정하여 사용하였다.

1g의 시료를 눈금실린더(내부직경 4.5cm)에 취하고 IN-NaOH와 IN-HCl을 사용하여 pH를 조정한 후, Homogenizer(Model S-HO, International Co., U.S.A)로 3,000 rpm에서 6분간 기포를 형성시켰다.

기포 형성력은 증가된 부피(ml)로 나타내었고, 기포 안정성은 시간에 따른 기포 부피의 변화로 나타내었다.

#### 수분 및 유지 흡착력 측정

수분 및 유지 흡착력의 측정은 Sathe<sup>(4)</sup> 등의 방법에 의하여 측정하였다.

1g의 시료와 10ml의 증류수나 정제 대두유를 잘 섞고 실온에서 30분간 정치한 후, 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하여 상등액의 부피를 10ml 눈금실린더를 이용하여 측정하였다.

흡착력은 1g의 시료에 흡착된 증류수나 정제 대두유의 부피를 ml수로 나타내었다.

### 결과 및 고찰

#### 시료 단백질의 일반성분

Table 1은 루우핀콩 단백질 농축물의 수율과 단백질 함량을 나타낸 것으로 LPC-50의 건물수율은 73.7%로서 원료인 루우핀콩 분말이 함유하고 있는 단백질의 91%를 얻을 수 있었으며, LPC-70은 건물수율이 55.7%로서 단백질은 원료의 87.4%를 회수할 수 있었다.

Table 2는 시료의 일반성분을 분석할 결과이다. 비교 단백질로 사용한 분리대두단백질(SPI)와 Na-caseinate의 단백질 함량은 모두 90% 이상이었으며, 루우핀콩 단백질 시료들의 단백질 함량보다 훨씬 높았다. 단백질 이외의 성분 함량은 비슷하였으나, 루우핀콩 분말의 지방 함량이 10%로서 다른 시료들이 1% 이하인 것에 비하여 높은 수준이었다.

Table 1. Yield and Protein concentration of LPC products

Sample	Solid Yield	Protein concentration	Protein Yield
Lupinseed flour	100.0	45.2	100.0
LPC-50	73.7	55.8	91.0
LPC-70	55.7	70.9	87.4

Table 2. Proximate composition of Lupinseed flour, LPC Products, SPI and Na-caseinate

Sample	Protein	Lipid	Ash	Moisture
Lupinseed flour	45.2	10.0	3.0	5.6
LPC-50	55.8	0.7	3.1	5.7
LPC-70	70.9	0.8	3.2	3.9
SPI(Purina-760)	91.5	0.5	3.0	5.5
Na-caseinate	95.5	0.7	3.5	3.5

단백질 용해도

Fig. 3은 증류수에서의 단백질 용해도를 측정된 결과이다.

모든 단백질들이 등전점 부근인 pH 4.0에서 가장 낮은 용해도를 나타냈으며, 루우핀콩 단백질이 pH 4.0에서 SPI나 Na-caseinate보다 약간 높은 값을 나타내었는데 이것은 루우핀콩 단백질이 등전점이 다소 다른 여러 단백질 분획들을 포함하고 있기 때문이라고 사료된다.

Fig. 4는 NaCl 첨가시 나타나는 단백질 용해도의 변화를 조사한 결과이다. 루우핀콩 단백질들은 일반적으로 0.1M NaCl 첨가시 증류수에서의 용해도보다 약간 낮은 값을 나타내었다. 그러나 0.5M NaCl 첨가시 루우핀콩 단백질들은 모두 pH 2.0에서는 크게 감소하지만 pH 4.0~6.0에서 증가된 용해도를 나타내었다. 대조구로서 검토된 SPI와 Na-caseinate는 NaCl을 첨가하였을 때 pH 2.0에서의 용해도는 크게 감소하였으며, pH 4.0이상에서는 Na-caseinate의 경우 증류수에서의 용해도와 비슷한 값을 나타내었으나 SPI는 크게 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 용해도의 경향은 King<sup>(14)</sup> 등의 분리루우핀콩 단백질에 대한 연구에서 얻은 결과와 비슷하였다.

유체 변형성

Fig. 5는 단백질들의 농도에 따른 겔보기 정도의 변화를 나타내고 있다. LPC-50과 LPC-70의 겔보기

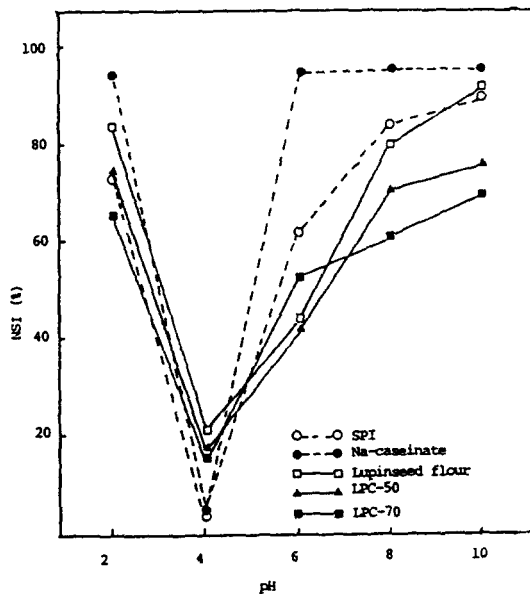


Fig. 3. Effect of pH on Nitrogen Solubility Index of protein products in distilled water

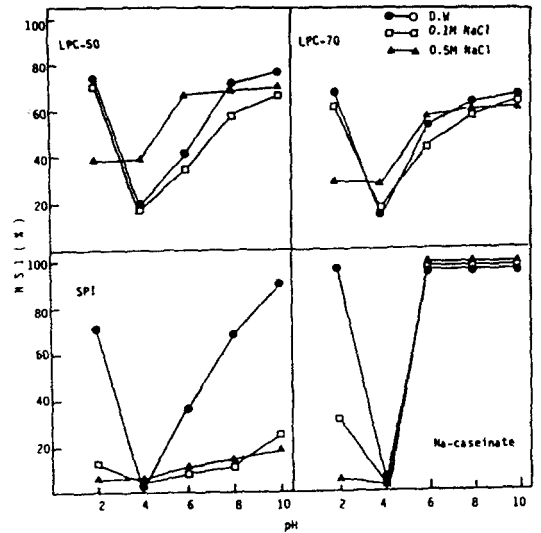


Fig. 4. Changes in the Nitrogen Solubility Index of protein products by the addition of salt

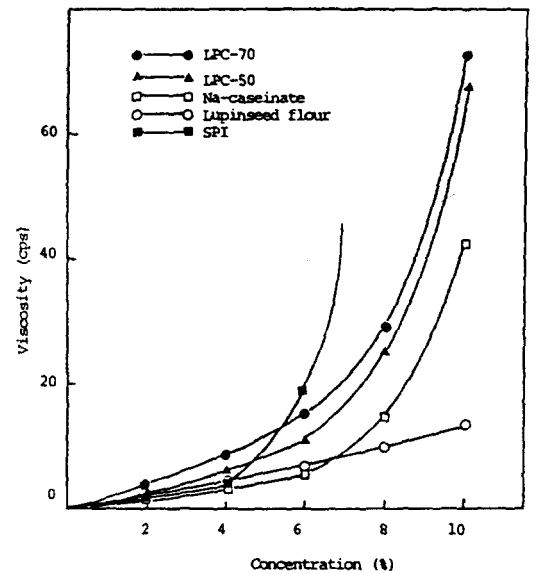


Fig. 5. Changes in the apparent viscosity of protein products having various concentrations ( $r = 36.71 \text{ sec}^{-1}$ )

점도는 6% 이상의 농도에서 지수적으로 증가하였으며, Na-caseinate의 겔보기 점도 변화와 매우 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 루우핀콩 분말은 10%까지 겔보기 점도의 증가폭이 작은 경향을 보여주었고 SPI는 4%부터 대단히 큰 폭으로 증가하였다. Table. 3에 의하면 루우핀콩 분말은 6%까지는 거의 뉴턴성 유

**Table 3. Changes in consistency index and flow behavior index by the concentration of lupinseed flour and LPC in water dispersion**

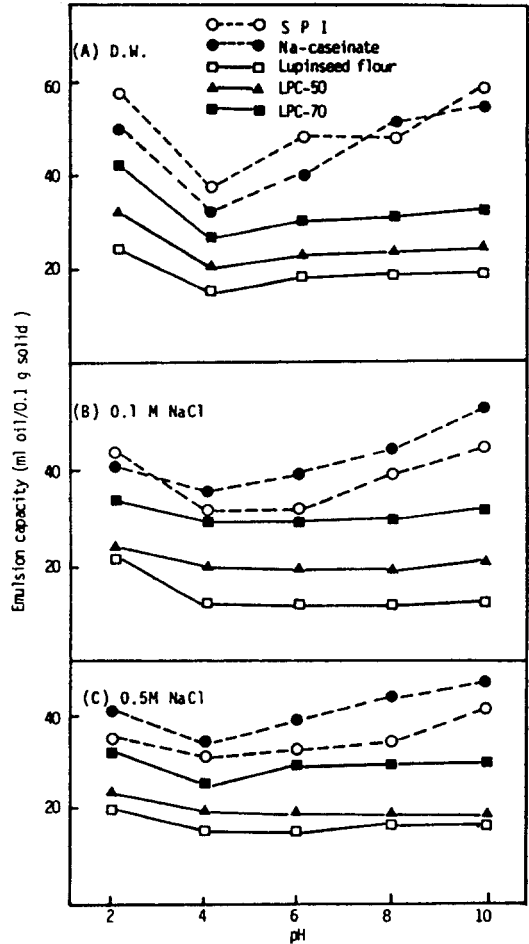
Concentration % (w/v)	Consistency index dyne sec/cm <sup>2</sup>	Flow behavior index
Lupinseed flour		
4	0.06	0.95
6	0.09	0.89
8	0.57	0.70
10	1.02	0.67
LPC-50		
4	0.13	0.95
6	0.18	0.83
8	0.93	0.62
10	2.34	0.63
LPC-70		
4	0.12	0.94
6	0.17	0.82
8	1.29	0.63
10	2.68	0.62

체의 성질을 나타내었으나, LPC-50과 LPC-70의 경우 6%부터 비뉴우턴성 유체의 성질을 나타내었으며, 8% 이상에서는 강한 의가소성 유체의 성질을 관찰할 수 있었다. 이러한 성질은 분리대두단백질의 경우와 유사하였으며, Na-caseinate는 농도에 관계없이 뉴우턴성 유체의 성질을 나타냄이 보고되고 있다.<sup>(13)</sup>

**유화력**

Fig. 6의 A는 증류수에서의 단백질들의 유화력을 pH에 대해서 검토한 결과이다. 루우핀콩 단백질 농축물의 단백질 함량이 증가함에 따라서 유화력은 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 루우핀콩 단백질들은 pH 2.0에서 제일 높은 유화력을 나타냈으며, pH 4.0~10.0에서는 비슷한 값을 나타내었다. SPI와 Na-caseinate의 유화력은 루우핀콩 단백질들보다 높은 값을 보여주었으며, 단백질의 등전점 부근인 pH 4.0에서 가장 낮은 값을 나타내었다. 한편 루우핀콩 단백질들의 유화력이 pH 4.0에서도 다른 pH 영역의 유화력과 큰 차이를 보이지 않는 것은 용해도에서와 같이 등전점이 각기 다른 여러가지 단백질의 분획들을 포함하고 있기 때문이라고 사료된다.

Fig. 6 B와 C는 NaCl을 첨가했을 때의 유화력을 검토한 결과이다. 0.1M과 0.5M의 NaCl 첨가시 단백질들의 유화력은 일반적으로 감소하였으며, 특히 SPI의



**Fig. 6. Emulsion capacity of protein products in distilled water, 0.1M and 0.5M salt solutions at pH range 2-10**

유화력은 크게 감소하였고 루우핀콩 단백질들의 유화력은 큰 변화를 보이지 않았다. LPC-70은 NaCl 첨가시 pH 4.0~6.0 범위에서 SPI와 비슷한 유화력을 나타내었다.

**기포 형성력 및 기포 안정성**

Fig. 7은 단백질들의 기포 형성력을 측정 비교한 것이다. 일반적으로 단백질의 등전점 부근인 pH 4.0에서 최소의 값을 나타내었으며, Na-caseinate가 제일 좋은 결과를 나타내었다. 루우핀콩 분말은 모든 pH에서 의미있는 기포 형성력을 나타내지 않았으나, LPC-50과 LPC-70은 SPI의 기포 형성력과 대등한 값을 나타내었다. 이러한 결과는 루우핀콩 분말의 경우에 높은 지방 함량과 탄수화물 함량 때문이라고 생각되며, 루우핀콩의 지방과 일부 수용성 물질을 제거함으로써 기

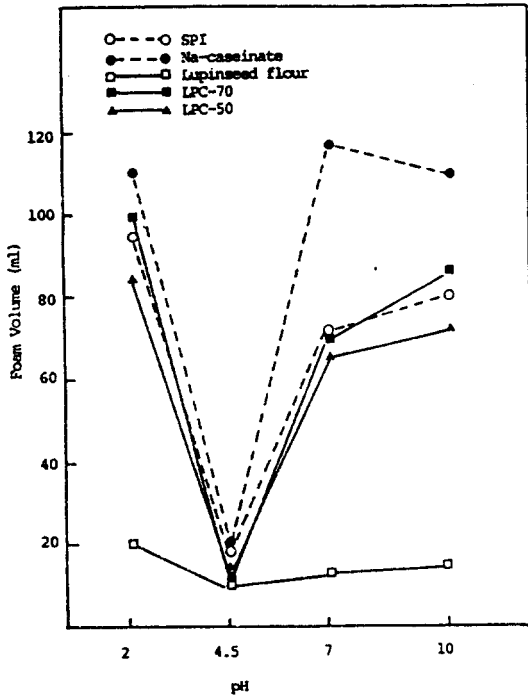


Fig. 7. Effect of pH on the foaming capacity of protein products at pH range 2-10

포 형성력을 크게 증진시킬 수 있음을 알 수 있다.

형성된 기포의 안정성을 조사한 결과 pH 2.0에서 루우핀콩 단백질들은 단백질 함량이 높을수록 기포 안정성도 높은 결과를 보였으며, 30분 이후부터 2시간까지 높은 안정성을 나타내었다. pH 7.0에서는 Na-caseinate의 경우에 10분 이내에는 감소폭이 크지 않았으나, 루우핀콩 단백질들과 SPI는 10분 이내에 기포가 거의 파괴되었다.

일반적으로 기포 형성력 및 안정성은 단백질 용액의 pH, 이온강도, 이물질, 온도 등에 영향을 크게 받으며, 기포 형성력은 용해도와 높은 상관관계를 가지나 안정성은 상관관계를 갖지 않는다고 보고<sup>(15)</sup> 되었다. 또한 Sathe<sup>(4)</sup> 등의 연구에서도 루우핀콩 단백질 농축물이 더 좋은 기포성을 나타낸다고 보고한 바 있다.

유지 및 수분 흡착력

Table 4에 의하면 루우핀콩 단백질들의 유지 흡착력은 SPI나 Na-caseinate보다 훨씬 우수하였으며, 특히 LPC-70은 1g이 약 9ml의 유지를 흡착하였다. 이것은 LPC-70이 효소가수분해 이후 동결건조에 의하여 입자의 구조가 다공성이 된것에도 일부 기인한다 하겠으나 LPC-50이 SPI보다 2배의 유지 흡착력을 나

Table 4. Oil and water absorption capacities of protein products

Sample	Oil Absorbed (ml/g)	Water Absorbed (ml/g)
Lupinseed flour	2.5	3.4
LPC-50	3.9	4.1
LPC-70	9.0	5.0
SPI(Purina-760)	2.2	—
Na-caseinate	3.1	—

타낸다는 점으로 보아서도 루우핀콩 단백질의 유지 흡착력은 우수한 것으로 판단된다. Sathe<sup>(4)</sup> 등의 연구에서도 루우핀콩 단백질이 좋은 유지 흡착력을 나타낸다고 보고되었다.

루우핀콩 단백질들은 단백질 함량이 높을수록 수분 흡수력이 우수하였으며, LPC-70은 1g이 5ml의 증류수를 흡착하였다. 그러나 비교 단백질인 SPI와 Na-caseinate는 높은 용해성 때문에 수분 흡착력을 측정하지 못하였다. Hermansson<sup>(16)</sup> 등은 수분 흡착력에 영향을 미치는 여러가지 요소에 관한 연구에서 단백질의 수분 흡착력은 PH, 이온농도 등에 직접적인 영향을 받는다고 밝혔다. 또한 단백질의 종류, 아미노산 조성, 단수화물의 존재, 가공역사 등에 의해서 크게 달라진다고 하였다.

결 론

본 실험을 통하여 얻은 결과들을 종합하여 판단해 볼 때 루우핀콩 단백질의 기능성은 루우핀콩 분말을 혼합용매를 사용하여 단백질 농축물로 가공하였을 때 증진되었으며, 특히 탄수화물 가수분해 효소를 이용하여 LPC-70으로 가공하는 것이 더욱 우수한 기능성을 나타내었다.

LPC-50과 LPC-70은 용해도에 있어서 SPI와 유사한 경향을 보였고, 농도변화에 따른 정도의 변화는 Na-caseinate와 비슷하였다. LPC-70은 유화력에 있어서 상당히 좋은 결과를 나타냈으며, NaCl 첨가시 SPI와 비슷한 유화력을 나타내었다. 기포 형성력은 LPC-50과 LPC-70 모두 SPI와 비슷한 결과를 나타내었으나, 기포 인건성은 전반적으로 낮은 경향을 보였다. 특히 LPC-70은 수분과 유지 흡착력에서 대단히 우수한 결과를 나타내었다.

따라서 루우핀콩 단백질 농축물은 소세지나 햄버거 패티와 같은 육제품이나 도우닛과 같은 튀김소떡용 첨

가물로 이용될 수 있으며, 식물성 음료 등에도 이용이 가능하다고 판단된다.

## 문 헌

### 요 약

루우핀콩 단백질 농축물(LPC-50, LPC-70)을 제조하여 이들의 식품기능성들을 분리대두단백질 및 카제인과 비교·검토하였다.

LPC-50은 2상용매 추출법에 의해 제조한 단백질 함량 50% 수준의 유백색 물질이며 LPC-70은 LPC-50의 탄수화물 일부를 가수분해 효소로 처리해서 제거하여 단백질 농도를 70% 수준으로 높인 것이다. LPC-50의 건물 수율은 73.7%였으며 LPC-70은 55.7%였다. 또한 단백질 수율면에서는 LPC-50이 91%였고 LPC-70이 87.4%였다.

LPC-50과 LPC-70의 단백질 용해도는 증류수에서는 SPI와 비슷한 경향이 보였으나, NaCl 첨가시 pH 4.0~6.0 범위에서는 SPI보다 높았다. LPC-50과 LPC-70의 흐름성질은 8% 농도에서 강한 의가소성을 보였으며, 겔보기 점도는 6%부터 지수적으로 증가하였으며 그 증가 패턴은 카제인과 비슷한 경향이였다. 유화력은 단백질 농도가 증가할수록 커졌으며, LPC-70은 우수한 유화력을 나타내었고 특히 NaCl 첨가시 SPI와 비슷한 유화력을 나타냈었다. LPC-50과 LPC-70의 기포 형성력은 SPI의 기포 형성력과 비슷하였으나, 안정성이 pH 7.0에서 비교적 낮은 결과를 보였다. 루우핀콩 단백질 농축물들은 우수한 수분 및 유지 흡착력을 나타냈으며, 특히 LPC-70은 매우 높은 유지 흡착력을 보였다.

### Acknowledgement

This study was partially supported by the research grant of the Grain Pool of Western Australia, Perth, Australia.

1. 이철호 : 식품기술, 농어촌개발공사 식품연구소, 23 (1), 3(1982)
2. 이철호 : 한국식품과학회지, 18 (5), 398(1986)
3. 이철호, 김정교 : 한국식품과학회지, 17 (6), 454(1985)
4. Sathe, S.K., Deshpande, S.S and Salunkhe, D.K.: *J. Food Sci.*, 47, 491(1982)
5. Blagrove, R.J. and Gillepsie, J.M.: *Aust. J. Plant Physiol.*, 2, 13(1975)
6. Gillepsie, J.M. and Blagrove, R.J.: *Aust. J. Plant Physiol.*, 2, 13(1975)
7. Ruiz, L.P. Jr. and Hove, F.L.: *J. Sci. Food Agric.*, 27, 667(1976)
8. Lee, C.H., Kim, C.S. and Oh, S.H.: Utilization of Australian Lupinseed in Korean Food System, Third Half-Yearly Progress Report Submitted to the Grain Pool of Western Australia, (1983)
9. 이철호, 김찬식 : 한국 발명특허 제84-5020호 (1986)
10. 한억, 태원택, 김영옥, 이준경, 이철호 : 산업미생물학회지, 13 (3), 191(1985)
11. A.O.A.C., *Official Methods of Analysis*, 4th ed. Washington DC., (1984)
12. 이철호, 김학량, 양한철, 이명원, 배종찬 : 한국식품과학회지 14, 49(1982)
13. 이철호, 이진근, 채수규, 박봉상 : 식품공업 품질관리론(1982)
14. King, J., Aguirre, C. and De Pablo, S.: *J. Food Sci.*, 50, 82(1985)
15. Kinsella, J.E.: *Critical Reviews in Food Sci. Nutri.*, Chemical Rubber Co., OH, 7, 279(1976)
16. Hermansson, A.M.: *J. Texture Stud.*, 5, 425(1975)

(1987년 6월 8일 접수)