

최      중  
연구보고서

순물로부터 기능성 물질의 분리, 가공적성  
및 이용에 관한 연구

Separation and Utilization of Functional  
Compounds from Sunmul

주 관 연 구 기 관  
세 종 대 학 교  
협 동 연 구 기 관  
대 진 대 학 교

농      림      부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “순물로부터 기능성 물질의 분리, 가공적성 및 이용에 관한 연구”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004 년 10 월 14 일

주관연구기관명 : 세종대학교

총괄연구책임자 : 김 우 정

세부연구책임자 : 오 훈 일

세부연구책임자 : 경 규 향

연 구 원 : 김 주 숙

연 구 원 : 장 은 정

연 구 원 : 김 명 희

협동연구기관명 : 대진대학교

협동연구책임자 : 정 해 정

# 요 약 문

## I. 제 목

순물로부터 기능성 물질의 분리, 가공적성 및 이용에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

콩에는 압, 고혈압, 당뇨, 골다공증 등 만성질환의 예방과 대장의 건강에 유익한 isoflavone과 saponin, oligo 당 등 기능성 물질의 존재가 밝혀진바 있다. 이러한 기능성 물질들은 두부제조시 발생하는 응고 후의 여액(순물)에 함유되어 있을 것으로 믿어져 이러한 기능성 물질을 회수하여 식품소재로 활용하는 것은 폐수 처리비용의 절감 등 경제적면도 있어 국내외적으로 많은 관심을 갖고 있는 연구 과제이다. 본 연구에서는 순물에서의 기능성 물질 회수를 추출용매(ethanol)를 사용하지 않고 한외 및 나노여과를 사용한 물리적 분리방법을 조사한 것으로 이 방법은 비교적 간단하고 순물의 저분자 기능성 성분 전체를 회수할 수 있는 장점이 있다.

본연구의 목적은 순물의 최적 막분리 조건을 확립하고 효과적 건조방법을 제시한다. 또한 UF 및 NF에 의한 농축 분말의 가공적성과 이용특성의 조사와 순물에 존재하는 미생물의 생육특성조사에서 순물 분리 전 저장조건을 제시하며 빵, 면류, 음료 또는 한국 전통식품(떡)에 첨가하여 기능성 이 강화된 가공식품의 제조가 기대된다. 두부류 제조공정 중 발생하는 폐수를 이용하므로 원료비용이 없고, 제조방법이 저렴하여 효과적일 것으로 생각된다. 일반 국민에게 좀 더 저렴한 콩의 기능성 제품을 제공하여 국민건강향상과 만성질환 예방에 크게 기여할 수 있을 것으로 믿어진다.

### Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

#### 세부과제 1. 순물의 분리 방법 및 최적조건 확립

- UF 및 NF 분리 및 농축조건 조사
  - UF 및 NF 에 의한 분리 농축시 온도, 압력등에 따른 농축능력, 기능성 성분  
    분의 영향 조사하여 최적 분리조건 확립하고 BOD, COD, SS 등 측정
- 농축액의 최적 건조방법 및 조건 확립

#### 세부과제 2. 기능성 성분분석 및 가공적성 조사

- UF 및 NF 분리농축분말의 일반 및 기능성 성분 조사
  - 단백질, 비단백질소화합물, 지방질, 탄수화물 등 성분과 isoflavone, oligo당,  
    saponin, phytate등 기능성 물질 측정 및 비교
- 식품가공특성(보수성, 용해도, 유지 흡착력, 유화능 및 유화안정성, 거품형성  
    능 및 안정성) 및 단백질 전기 영동 패턴조사
- 반죽 특성 조사(amylograph, farinograph)

#### 세부과제 3. 순물의 변질 방지 방법 확립

- 순물의 변질방지 온도조사 (40°, 50°, 60°, 70°C)
- 미생물의 호기적 및 혐기적 배양하고 순물의 변질에 관여하는 미생물의 분  
    리, 생화학적 및 형태학적 분류 및 동정
- 부패가 일어나지 않는 최적온도에서의 저장성시험 및 순물에 부패미생물이  
    번식하였을 때 isoflavone의 분해 여부 검토

#### 세부과제 4. UF, NF 분리제품의 이용방법 조사

- UF 및 NF 분리 농축한 기능성 분말의 식품에의 이용
  - 가공식품(음료, 면류, 빵류), 전통식품(떡)에의 첨가 영향 및 첨가량 설정

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

##### 1. 연구개발 결과

###### 세부과제 1. 순물의 분리방법 및 최적조건확립

본 연구에서는 순물로부터 isoflavone과 oligo 당 분리를 위한 한외여과막(UF)과 나노여과막(NF)의 최적 여과 분리조건을 조사하고 막의 fouling 형상과 투과 flux를 고려한 UF, NF의 농축 배수를 선정하였다. 분리된 isoflavone과 oligo 당의 회수율을 비교하였고 막을 투과한 여과액의 COD, BOD, SS를 측정하였다. 또한 분리한 농축액의 적절한 건조방법을 조사하였다.

그 결과, 막의 fouling 현상을 줄이는 조건으로 UF 분리 시에는 시료의 온도를 30~32℃, UF system의 TMP를 2.3~2.4bar로 조절하여 농축배수를 6.0으로 하는 것이 UF 여과액에의 isoflavone과 oligo 당의 잔류량을 높여 NF에 의한 기능성 성분의 최종분리를 높여주었다. UF 분리 농축액의 건조방법은 분무건조를 사용하였으며 건조분말의 입도와 수분함량을 고려할 때 dextrin 20%를 첨가하고 송풍온도 160℃, 배풍온도 95℃에서 건조시키는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

UF 여과액의 NF 분리 농축 조건은 UF 여과액의 온도를 30~32℃, NF system의 압력을 190~195psig로 유지하며 농축배수 6.0으로 하는 것이 막분리 시간과 fouling 생성을 최소화할 수 있었다. 이 경우의 NF 농축액에는 순물의 isoflavone이 76.44%, oligo 당이 71.69% 회수되었다. UF retentate에 함유된 이들의 양을 합할 때 총 회수율은 isoflavone이 순물의 약 93%, oligo 당이 약 90% 정도이었다. NF로 분리한 농축액은 분자량이 너무 작아 분무 건조기 내부의 높은 온도(95℃ 이상)에 의해 건조분말이 용융되어 분무건조 기벽에 붙어 회수가 불가능 하여 NF 농축액의 건조방법으로 적합하지 않았다. 그리하여 동결, 상압, 진공건조를 검토한 결과 진공건조가 NF 농축액의 분말 색이나 기능성 성분의 함량이 동결건조와 거의 유사하며, 동결건조보다 건조시간이 빠르고 경제적이어서 NF 농축액의 적절한 건조방법으로 판단되었다. 또한 막분리후의 순물의 COD, BOD, SS는 현저히 감소하여 수질오염의 법적 규제치에 거의 근접한 수치였다.

## 세부과제 2. 기능성 성분분석 및 가공적성 조사

두부 순물을 UF막으로 농축시켜 제조한 UF 분리농축분말의 기능성 성분 및 가공적성을 조사하기 위해 일반성분과 isoflavone, oligosaccharide, saponin 및 phytate 등과 같은 기능성 물질들의 함량을 조사하였다. 또한 이 분말을 식품에 첨가할 경우 반드시 고려해야 할 용해도, 유화력, 거품형성능 및 반죽의 안정도 등의 가공적성도 살펴보았다. 그 결과 일반성분에 있어서, UF 분리농축분말의 수분함량과 탄수화물 함량은 순물과 큰 차이가 없었으나 NF 농축분말의 경우 수분함량은 UF 농축분말에 비해 1/2 감소하였으며 탄수화물 함량은 25.66% 증가하였다. UF 농축분말의 단백질 함량은 순물분말보다 2배가량 높았으나 회분함량은 2배 낮았고, NF 농축분말의 단백질 함량과 회분 함량은 각각 5.23%, 17.5%로 나타났다. Isoflavone 총 함량에 있어서는 UF 농축분말의 경우 437.41mg%, NF 농축분말의 경우 990.08mg% 로 나타나 NF 농축분말이 UF 농축분말에 비해 isoflavone 함량이 약 2배 이상 높았다.

또한 oligosaccharide, saponin 및 phytate 총 함량은 UF 농축분말의 경우 건물량 기준으로 각각 19.29, 0.095, 0.06mg% 로 순물에 비해 함량이 낮았으며 NF 농축분말의 경우 39.95, 0.024, 0.09mg%로 phytate를 제외하고는 순물, UF 농축분말과 비교하여 가장 높은 함량을 나타내었다. UF 농축분말의 총 유리 아미노산 함량은 131.95mg% 이고 NF 농축분말은 2,110.10mg%로 NF 농축분말이 대략 16배 이상 높게 나타났다. 특히 순물 및 UF 농축분말과 비교 시 threonine, tyrosine 및 glycine 함량에 큰 차이를 보였다. UF 농축분말의 물에 대한 용해도는 88% 이상으로 순물 및 NF 농축분말과 유사하게 용해도가 우수한 반면, UF 농축분말의 수분 흡수력은 ISP에 비해 상당히 미약하였고 NF 농축분말은 수분 흡수력이 나타나지 않았다.

또한 유지흡착력을 비교 시 ISP>UF 농축분말>순물, NF 농축분말 순으로 높았다. 단백질의 용해도는 UF 농축분말의 경우 등전점 부근인 pH 4에서 가장 낮으며 산성 또는 알칼리 쪽으로 갈수록 단백질 용해도가 증가하는 전형적인 단백질 용해도 곡선을 나타내었으나, NF 농축분말의 단백질 용해도는 순물 및 UF 농축분말과는 달리 pH 6에서 가장 낮은 용해도 값을 나타내며 알칼리 조건에서

보다 pH 6 이하의 산성 조건에서 단백질 용해도가 증가함을 보였다. 그밖에 순물 및 UF 농축분말 용액의 유화력은 pH에 따른 변화가 거의 없었으며, 유화안정성 및 거품형성능에서도 상당히 미약한 것으로 나타났다. NF 농축분말의 경우 유화력은 UF 농축분말 보다 낮았으나 유화력 자체가 매우 낮기 때문에 상대적으로 유화안정성은 높게 나타났으며, 거품 형성은 나타나지 않았다. 전기영동에 의한 단백질 pattern 비교시, UF 농축분말은  $\beta$ -conglycinin(58kd) 로 추정되는 band 와 glycinin의 산성 subunit(38kd)으로 추정되는 band가 희미하게 관찰되었으며 NF 농축분말의 경우 분자량 20kd 이하의 band 만이 관찰되었다.

또한 순물, UF 및 NF 농축분말의 총 단백질 아미노산 함량은 각각 86.83, 196.69, 30.02mg%로 나타났으며 특히 UF 농축분말의 lysine 함량이 순물 및 NF 농축분말보다 높음을 알수 있었다. RVA를 이용한 UF 및 NF 농축분말을 첨가한 반죽의 호화패턴을 조사한 결과 각 분말들의 첨가량이 증가할수록 최고점도와 최종점도 모두 감소되는 경향을 나타내었으나, UF 시험구의 경우 5% UF 농축분말 첨가로 인해 발생하는 점도의 감소를 3% 소금을 첨가함으로써 어느정도 완화시킬 수 있었다. 하지만 5% NF 첨가구는 소금을 첨가하더라도 점도의 회복이 이루어지지 않았다.

### 세부과제 3. 순물의 변질 방지방법 확립

순물의 변질방지 방법을 조사하기 위하여 순물세균의 생육 온도의 영향을 조사한 결과 순물 부패의 주요 세균은 12~45°C이하의 온도에서 생육이 가능하였고 50°C이상에서는 생육이 불가능한 것으로 나타났다. 순물세균의 호기적 및 혐기적 배양이 모두 가능하였고 호기적 및 혐기적 조건에서 30°C에서 24시간 배양한 결과  $2.2\sim 8.6\times 10^8$ CFU/mL로 생육하였다. 순물변질에 관여하는 세균은 순물에서 19주를 분리하여 형태학적 분류에 의해 4그룹으로 나누었고 16S rRNA gene sequence와 당 발효성 분석 등을 통하여 동정한 결과 주요 순물 부패세균은 *Leuconostoc citreum* 으로 동정되었다. 타 세균은 *Lactococcus lactis*, *Kocuria kristinae*, *Microbacterium hominis* 이었으나 순물에서 번식이 미약하였다. 부패가 일어나지 않는 최저온도는 저장성 시험결과 순물 부패의 주요세균은 4°C에서

6일 경과 후 생육하였으나 50℃ 이상에서는 생육이 불가능한 것으로 나타났다. 그러므로 순물의 막분리를 위하여는 가능한 한 50℃ 이상 유지하였다가 분리함이 적절하다고 판단되었다. 또한 순물에서 분리한 세균 S1을 순물(UF 농축액과 NF 농축액)에 배양하여 HPLC를 사용하여 isoflavone의 함량변화를 분석한 결과 UF와 NF농축액 모두에서 isoflavone이 분해되는 것을 알 수 있었다.

#### 세부과제 4. UF, NF 분리제품의 이용방법조사

본 연구에서는 UF막과 NF막을 사용하여 분리 농축한 분말에 함유되어 있는 isoflavone, oligo 당, phytic acid, saponin, peptides 등의 유용한 생리활성물질을 새로운 식품소재를 활용하고자 제품을 개발하고 기능성 식품으로서의 적용성을 검토하였다. 개발된 제품은 요구르트, 머핀, 국수 및 전통 음식인 증편으로서 이들의 제품특성을 기계적 측정과 관능적 평가로 측정하였다.

UF와 NF 분말을 첨가하여 제조한 유산균 음료인 요구르트는 UF 분말 첨가에 의하여 대조군보다 유산균의 생육이 촉진되었고 산생성이 증가되었다. 요구르트의 점도는 대조군이 UF 분말 첨가군보다 높았으나 NF 분말 첨가군보다는 낮게 나타났다. 색도측정 결과 명도(L) 및 적색도(a)는 차이가 없었고 황색도(b)는 UF와 NF 분말 첨가 요구르트가 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 휘발성 향미성분의 분석 결과, UF 분말 첨가군에서 휘발성 성분이 가장 많이 검출되었고 향미에 중요한 역할을 하는 acetaldehyde와 diacetyl 등의 생성도 UF 분말 첨가군에서 가장 많이 검출되었다. 종합적 관능검사에서 NF 분말보다는 UF 분말 첨가 요구르트가 대체로 더 우수한 것으로 나타났다.

머핀 제조에 UF 및 NF 분말을 첨가하고 품질특성을 분석한 결과 UF 및 NF 분말 첨가에 의하여 글루텐의 형성이 약화되어 부피와 용적밀도는 감소하였다. 조직감은 UF와 NF 분말 첨가량이 증가할수록 hardness가 증가하고 기공의 수가 감소하여 다소 단단해지는 것으로 나타났으나 관능검사결과 여러 가지 요소가 복합적으로 작용한 전체적인 바람직성에서 UF 및 NF 분말 첨가군이 대조군보다 높은 점수를 받아 전반적으로 더 우수한 것으로 평가되었다.

UF와 NF 분말을 첨가하여 국수를 제조하고 호화패턴을 측정한 결과 첨가량이



증가할수록 최고점도(peak), 최저점도(trough), 최종점도(final viscosity)는 감소하였다. 조리한 국수의 특성은 UF와 NF 분말 첨가량이 증가할수록 무게, 부피 및 수분 함유율이 낮게 나타났고 국물의 탁도는 높게 나타났다. 국수의 색도는 UF와 NF 분말 첨가량이 증가할수록 황색도(b)가 높게 나타났고 기계적 조직감은 hardness와 gumminess가 저하되고 cohesiveness가 증가하는 것으로 나타났다. 관능검사 결과 UF와 NF 분말 첨가량이 증가할수록 색과 냄새는 높은 점수로 평가되었고 전체적인 바람직성으로 볼 때 UF와 NF 분말을 3% 정도까지 첨가하는 것이 바람직하다고 여겨진다.

UF 및 NF 분말 첨가 증편의 경우, 발효 4시간 후 증편 반죽의 pH는 UF 분말 첨가량의 증가에 따라 대조군보다 낮게 나타난 반면 NF 분말 첨가군은 높게 나타났다. UF 및 NF 분말 첨가량의 증가에 따라 증편의 무게는 감소하고 부피는 증가하여 용적밀도가 증가하였으며 hardness가 감소하였다. 관능검사 결과 UF 및 NF 분말 첨가에 의하여 신맛이 증가함에 따라 전체적인 바람직성이 저하되는 것으로 평가되어 UF 분말은 2~3% 수준으로, NF 분말은 1% 정도 첨가하는 것이 바람직하다고 사료된다..

## 2. 활용에 대한 건의

순물의 isoflavone과 oligo 당의 분리 농축을 위한 UF 및 NF 막분리의 최적 조건을 확립하였다. 또한 순물을 막분리를 하였을 때 여과액은 COD, BOD, SS가 50~100배 감소되어 폐수처리되는 순물의 폐수처리비용(두부공장의 경우 전체 폐수처리 비용의 약 40%) 절약을 기대할 수 있다. 순물의 isoflavone을 분해하는 세균의 번식을 억제하기 위해서 두부가공 중에 배출되는 뜨거운 순물의 냉각을 방지함으로써 에너지 소비 없이 변질을 방지할 수 있을 것이다.

또한 분리된 UF, NF 농축액의 건조조건의 확립으로 건조분말 제조가 가능하여 이를 이용한 기능성 식품소재로 활용 할 수 있다. 순물의 UF 및 NF 농축분말의 일반 성분, 기능성 성분 및 기능적 특성을 분석해 본 결과 순물에 비해 일반 성분 및 기능성 성분들의 함량이 크게 뒤쳐지지 않으므로 폐기되는 두부 순

물에 함유된 isoflavone, oligosaccharide, saponin 및 phytate 등의 기능성 성분들을 회수하여 이들을 분리, 농축시켜 capsule 이나 tablet 형태의 건강 보조 식품으로도 사용이 가능할 것으로 기대된다. 또한 이들 분말의 용해도가 우수하고 전분의 호화에 큰 영향을 미치지 않으므로, 이를 이용한 기능성 식품 제조 시 음료나 제과, 제빵 및 제면 분야에 적용해 봄이 적절할 것으로 판단되었다. 생산될 기능성 분말은 국내사용은 물론 외국으로 수출도 기대되며 이의 활용은 가공 및 조리식품에 첨가함으로써 국민의 만성질환 예방 효과를 기대할 수 있고, 기능성이 향상된 가공식품 생산으로 외국식품과의 경쟁력 향상을 기대할 수 있을 것이다.

# SUMMARY

## **Research 1. Optimal separation conditions of functional compounds from sunmul by membrane process**

Sunmul, the tofu whey produced after coagulation of protein and pressing for tofu formation, has been regarded as a serious water contaminants in tofu industry. The solid in sunmul is 2~3% and contains small molecular weight materials such as peptides, oligosaccharides and some functional compounds along with uncoagulable protein. In this study, conditions of UF and NF for separation and concentration of isoflavone and oligosaccharides from sunmul were investigated. The conditions studied were the effects of operation pressure and temperature on fouling and permeate flux. The separation efficiency of isoflavone and oligosaccharides were also studied. Additionally, COD, BOD, and SS of UF and NF permeate were measured.

The optimal operation conditions for UF were founded to be 30~32°C of sunmul temperature and 2.3~2.4bar of TMP based on minimal fouling and maximal flux. The recovery yields of isoflavone and oligosaccharides in UF retentate were in the range of 11.49%~28.16% and 12.77~27.57%, respectively. The 6.0 VCF of UF process was selected as a economical process. And also addition of 20% dextrin into UF retentate was recommended for spray drying.

The optimal NF operating conditions were found to be 190~195 psig of operating pressure at 30~32°C. The fouling formation on the surface of membrane can be reduced effectively at higher than 25°C during NF process. The recovered yields of isoflavone and oligosaccharides from sunmul were steadily decreased as the VCF increased. Therefore, the concentration factor of 6.0 VCF for NF was recommended based on recovery yields of those

functional compounds. The total isoflavone and oligosaccharides recovered in UF and NF retentate were about 93% and 90% of sunmul, respectively. For drying NF retentate, vacuum drying was recommended rather than spray, freeze, and oven drying because of color change and functional contents in the dried powder.

The COD and BOD were reduced by more than 98% after NF. SS material was not detected after UF and NF. These values after NF were comparable to the allowance level of water pollution standard in Korea. Therefore, membrane filtration was not only useful for separation of isoflavone and oligosaccharides from sunmul but also effective for reduction of water contaminants.

## **Research 2. Functional compounds and properties of sunmul powder separated by UF and NF**

This study was carried out in order to investigate the feasibility of utilizing concentrates of sunmul, the by-product waste during tofu processing, as functional food ingredients. The levels of biologically active compounds, such as isoflavones, saponins, oligosaccharides, and phytate in the sunmul powder separated by UF and NF were determined and its functional properties were investigated.

The total isoflavone content of UF powder was 437.41mg%, which corresponds to four-fifth of sunmul. On the other hand, the total isoflavone content of NF powder was two times higher than that of UF powder. However, UF powder was significantly higher than NF powder in genistein and acetylgenistin contents. The total oligosaccharide contents of UF powder was  $19.29 \pm 1.92\%$  (dry basis) and was 1.5 times lower than sunmul ( $30.69 \pm 0.31\%$ ). Stachyose contents of sunmul and UF powder were almost similar,

but sucrose and raffinose content in UF powder were lower than in sunmul. The total oligosaccharide contents of NF powder was  $39.95 \pm 1.20\%$  (dry basis) and was significantly higher than UF powder ( $19.29 \pm 1.92\%$ ).

The phytate contents of UF and NF powder were  $0.06 \pm 0.01$  and  $0.09 \pm 0.01\%$ , respectively, which were significantly lower than sunmul. In the contents of saponin, UF powder and sunmul were similar, but NF powder contained a relatively low amount of saponin. In total free amino acid contents, UF powder contained about 1.3 times higher amount than sunmul. Particularly, glutamic acid and lysine content in UF powder were significantly higher than in sunmul. In contrast, NF powder contained about 21 times total free amino acid ( $2,110.10 \text{ mg}\%$ ) as compared to that of sunmul powder. Solubility in water was over 90% in all types of powder except the isolated soy protein. Protein solubility in all types of powder was minimum at pH 4.0, but increased at more acidic or alkaline conditions. Oil adsorption capacity of UF powder was similar to that of ISP and higher than that of sunmul, but water holding capacity of UF powder was lower than that of ISP.

In the case of NF powder, oil adsorption capacity was lower than UF and ISP and water holding capacity could not be measured due to complete solubilization. Emulsifying activity indexes of UF powder at pH 2~10 ranges were not influenced by pH, but in case of NF powder, emulsifying activity index was significantly lower than UF powder. On the other hand, emulsifying stability was increased in comparison with UF powder. Foaming capacities of sunmul and UF powder were best at pH 4~6 however NF powder failed to make foaming.

The results of SDS-PAGE of proteins showed that UF powder exhibited major bands that were estimated to be  $\beta$ -conglycinin (58kd) and acidic subunit of glycinin (38kd). In contrast, NF powder showed broad bands where that molecular weights were below 20kd. Total amino acid contents of protein in

sunmul, UF and NF power were 86.83, 196.69, 30.02 mg%, respectively and content UF powder showed especially high lysine content. Rapid viscosity analysis of dough added with UF and NF powder showed that all of the final viscosity decreased as compared with control, but in the case of 5% UF added to the flour, the extent of decrease in the final viscosity was alleviated by the addition of 3% salt. In contrast, the final viscosity of 5% NF added flour was not recovered even when 3% salt was added.

### **Research 3. Prevention of sunmul spoilage before membrane process**

An investigation was performed to prevent the spoilage of sunmul. The microorganisms in sunmul were able to grow at the temperature range of between 12 and 45°C. The microorganisms were able to grow in both aerobic and anaerobic conditions. When the representative bacterium found in sunmul at 30°C for 24 hr, it reached the total viable number of  $2.2 - 8.6 \times 10^8$  CFU/mL. Nineteen bacteria were isolated from sunmul and classified into 4 groups depending on the morphological characteristics and finally identified by 16S rRNA gene sequence analysis.

The major spoilage bacterium was identified as *Leuconostoc citrium*, an heterofermentative lactic acid bacterium. The latter three were not able to grow in sunmul which means that they were only happened to be there as contaminants. Spoilage bacteria could grow very slowly at low temperature (4°C) to show any turbidity after 6 days, but not grow at 50°C. Therefore it was recommended to store sunmul for membrane separation at 50°C or a little bit higher temperature. sunmul spoilage bacteria (isolate S1) was found to be able to degrade isoflavone in sunmul.

#### **Research 4. Development of functional products using UF and NF retentate powder from sunmul**

This study was conducted to develop products using UF and NF retentate powder from sunmul which contains functional components such as isoflavones, oligosaccharides, phytic acids and saponin.

Yogurt, muffin, noodles and Jeung-Pyun(Korean rice cake) were prepared with different levels of UF and NF retentate powder and their physicochemical and sensory properties were investigated for the purpose of improving functionality.

Yogurt prepared with UF powder stimulated the acid production and propagation of lactic acid bacteria. Viscosity of yogurt decreased with the increasing UF content. Gas chromatographic analysis showed that more volatile compounds such as acetaldehyde, diacetyl, ethanol and 2-heptanone were detected in yogurt prepared with UF powder, but much less with the NF powder than control. The sensory evaluation showed that yogurt containing UF powder was evaluated better than ones prepared with NF powder.

Muffin was prepared with the addition of UF and NF powder and the quality was investigated. Volume, height and specific volume of muffin decreased with the increasing UF and NF powder content. The incorporation of powder in the product lowered lightness(L) and increased redness(a). Texture parameters such as hardness, gumminess and brittleness increased with the increasing powder levels. Surface structure by SEM showed that air cell size was increased and the number of cells was decreased in samples with UF and NF powder compared to control, which may account for decreased muffin height. Sensory analysis showed that muffin prepared with up to 7% UF or NF powder was considered to be as acceptable as control.

Noodles containing UF and NF powder decreased peak, trough and final

viscosity. The addition of UF and NF powder lowered values in cooked noodle weight, volume and water absorption. The turbidity of noodle soup was increased as the adding ratio was increased, indicating higher cooking loss. The yellowness(b) of cooked noodle decreased as more wheat flour was substituted with UF and NF powder. Hardness, gumminess and brittleness decreased while cohesiveness and springiness increased as the substitution ratio of powder increased. Sensory evaluation indicated that noodle added with 3% of UF and NF powder was acceptable as much as wheat flour noodle.

Jeung-Pyun prepared with UF and NF powder had decreased weight and increased specific volume as the powder adding ratio was increased. Hardness was significantly lower in Jeung-Pyun with UF and NF powder and the results of sensory evaluation showed that Jeung-Pyun containing more than 2% UF and NF powder had noticeable sour taste which affected the overall desirability and therefore, levels below 2% could be substituted for rice powder without seriously depressing Jeung-Pyun quality.



# CONTENTS

I . Introduction and Objectives .....	31
1. Introduction .....	31
1) Research background .....	31
2) Functional compounds in sunmul .....	32
3) Membrane processing technique .....	36
4) Utilization of foods .....	38
5) Objective .....	38
2. Research contents and scope .....	40
II. Research status of domestic and abroad .....	42
III. Methods and Results .....	44
Research 1. Optimal separation conditions of functional compounds from sunmul by membrane process	
I . Materials and Methods .....	44
1. Materials .....	44
2. Membrane separation processing .....	44
1) Separation and concentration by UF .....	44
(1) Optimal conditions of lab scale UF .....	44
(2) Separation in pilot-plant scale UF .....	48
(3) Spray drying of UF retentate .....	49

2) Separation and concentration by NF .....	49
(1) Optimal conditions of NF .....	49
(2) Separation on pilot-plant scale NF .....	51
(3) Drying of NF retentate .....	51
3. Membrane processing conditions and physicochemical properties of permeate and retentate .....	52
1) Membrane condition .....	52
2) Physicochemical properties .....	53
3) COD, BOD and SS .....	54
4. Analysis of functional compounds .....	56
1) Isoflavone .....	56
2) Oligosaccharides .....	57
II. Results and Discussion .....	58
1. Conditions for separation and concentration by UF .....	58
1) Effects of TMP and temperature on permeate flux ..	58
2) Optimal conditions by RSM .....	59
3) Effects of temperature and time on fouling index ...	60
4) Isoflavone and oligosaccharides of UF retentate .....	61
5) Physicochemical properties .....	64
2. Conditions for separation and concentration by NF .....	66
1) Effects of pressure and temperature on permeate flux .....	66
2) Optimal conditions by RSM .....	68
3) Effects of temperature and time on fouling index ...	69

4) Isoflavone and oligosaccharides of NF retentate .....	70
5) Physicochemical properties .....	73
3. Drying method and conditions .....	74
1) Spray drying of UF retentate .....	74
2) Drying of NF retentate .....	79
4. COD, BOD and SS of UF and NF permeate .....	86

## Research 2. Functional compounds and properties of sunmul powder separated by UF and NF

I. Materials and Methods .....	88
1. Materials and Reagents .....	88
2. Proximate analyses and quantitative analyses of functional compounds in UF and NF .....	88
3. Measurement of functional properties .....	90
1) Solubility in water .....	90
2) Oil adsorption and water holding capacities .....	91
3) Protein solubility .....	91
4) Emulsifying activity index and emulsion stability .....	92
5) Foaming capacity and foaming stability .....	92
6) Electrophoresis .....	93
7) Analysis of amino acid contents in protein .....	94
4. Rapid viscosity analysis .....	94
II. Results and Discussion .....	95
1. Proximate and functional compounds of UF and NF .....	95

1) Proximate compounds .....	95
2) Functional compounds .....	96
(1) Isoflavone .....	96
(2) Oligosaccharides, saponin and phytate .....	98
(3) Free amino acid .....	101
2. Functional properties of UF and NF powder .....	102
1) Solubility in water .....	102
2) Oil adsorption and water holding capacities .....	103
3) Protein solubility .....	105
4) Emulsifying activity index and emulsion stability .....	110
5) Foaming capacity and foaming stability .....	114
6) Electrophoresis of protein .....	120
7) Amino acid contents in protein .....	121
3. Dough properties added with UF and NF powder by RVA .....	123

### Research 3. Prevention of sunmul spoilage before membrane process

I . Materials and Methods .....	129
1. Materials .....	129
2. Bacterial strain and culture conditions .....	129
3. Measurement of total sunmul bacteria .....	130
4. Isolation of sunmul putrefying bacteria .....	130
5. Identification of sunmul putrefying bacteria .....	130

6. Aerobic, anaerobic culture of sunmul putrefying bacteria .....	131
7. Growth of sunmul bacteria in sunmul medium .....	131
8. $\beta$ -glucosidase activity test of sunmul putrefying bacteria .....	131
9. Isoflavone decomposition analysis of sunmul putrefying bacteria .....	132
<b>II. Results and discussion .....</b>	<b>132</b>
1. Isolation characterization and putrefying prevention temperature measurement of sunmul putrefying bacteria .....	132
2. Growth characterization of sunmul putrefying bacteria .....	133
3. Isolation of sunmul putrefying bacteria .....	134
1) 16S rRNA gene sequence analysis .....	134
2) Sugar fermentability analysis .....	136
4. $\beta$ -glucosidase activity test of sunmul putrefying bacteria .....	136
5. Isoflavone decomposition analysis of sunmul putrefying bacteria .....	137

Research 4. Development of functional products using UF  
and NF retentate powder from sunmul

I. Materials and methods .....	138
--------------------------------	-----

1. Materials .....	138
2. Product development containing UF and NF retentate powder .....	138
1) Yogurt prepared with UF and NF powder .....	138
(1) Yogurt preparation .....	138
(2) pH and titratable acidity measurement .....	138
(3) Viscosity measurement .....	139
(4) Color measurement .....	139
(5) Microbial analysis .....	139
(6) Analysis of volatile compounds adsorbed in solid phase microextraction(SPME) .....	139
(7) Sensory evaluation .....	140
2) Muffin prepared with UF and NF powder .....	140
(1) Muffin preparation .....	140
(2) Weight, volume, height and specific volume measurement .....	141
(3) Color measurement .....	141
(4) Texture measurement .....	141
(5) Surface structure by scanning election microscope (SEM) .....	142
(6) Sensory evaluation .....	142
3) Noodles prepared with UF and NF powder .....	142
(1) Noodle preparation .....	142
(2) Rapid visco analysis(RVA) .....	143
(3) Measurement of cooking properties .....	143

(4) Color measurement .....	144
(5) Texture measurement .....	144
(6) Sensory evaluation .....	145
4) Jeung-Pyun prepared with UF and NF powder .....	145
(1) Jeung-Pyun preparation .....	145
(2) pH measurement of Jeung-Pyun batters .....	145
(3) Volume measurement of Jeung-Pyun batters .....	146
(4) Weight, volume and specific volume measurement	146
(5) Color measurement .....	146
(6) Texture measurement .....	147
(7) Sensory evaluation .....	147
II. Results and Discussion .....	148
1. Yogurt prepared with UF and NF powder .....	148
1) pH and titratable acidity .....	148
2) Viscosity .....	151
3) Color .....	152
4) Microbial analysis .....	153
5) Analysis of volatile compounds adsorbed in SPME ·	155
6) Sensory evaluation .....	158
2. Muffin prepared with UF and NF powder .....	159
1) Weight, volume, height and specific volume .....	159
2) Color .....	162
3) Texture profile .....	163
4) Surface structure by scanning electron microscope	

(SEM) .....	165
5) Sensory evaluation .....	165
3. Noddles prepared with UF and NF powder .....	168
1) RVA .....	168
2) Cooking properties .....	172
3) Color .....	173
4) Texture .....	175
5) Sensory evaluation .....	177
4. Jeung-Pyun prepared with UF and NF powder .....	178
1) pH of Jeung-Pyun batters .....	178
2) Volume of Jeung-Pyun batters .....	179
3) Weight, volume and specific volume .....	181
4) Color .....	183
5) Texture .....	184
6) Sensory evaluation .....	186
 IV. Achievement rate of goal and contribution to the related field .....	 188
 V. Application plan .....	 195
 VI. References .....	 197



# 목 차

제 1 장 연구개발 과제의 개요 .....	31
제 1 절 서 론 .....	31
1. 연구 배경 .....	31
2. 순물의 기능성 소재 .....	32
3. 막분리 기술 .....	36
4. 식품에의 이용 .....	38
5. 연구 목적 .....	38
제 2 절 연구내용 및 범위 .....	40
제 2 장 국내외 기술 개발 현황 .....	42
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 .....	44
세부과제 1. 순물의 분리 방법 및 최적조건확립	
I. 재료 및 방법 .....	44
1. 재료 .....	44
2. 막분리 여과 및 농축방법 .....	44
1) UF 여과에 의한 농축 및 분리 조건 조사 .....	44
(1) UF 여과 및 농축의 최적조건 선정 .....	44
(2) Pilot plant에 의한 UF 막분리 .....	48
(3) UF 농축액의 분무건조 방법 .....	49
2) NF 여과에 의한 농축 및 분리 조건 조사 .....	49

(1) NF 여과 및 농축의 최적조건 선정 .....	49
(2) Pilot plant에 의한 NF 막분리 .....	51
(3) NF 농축액의 건조 방법 .....	51
3. 막 분리시의 성질 및 이화학적 특성 분석 .....	52
1) 막 분리시의 성질 .....	52
2) 막분리 후의 이화학적 특성 .....	53
3) COD, BOD, SS 측정 .....	54
4. 막분리 농축액의 기능성 성분 분석 .....	56
1) Isoflavone 분석 .....	56
2) Oligo 당 분석 .....	57
II. 결과 및 고찰 .....	58
1. UF 여과에 의한 농축 및 분리조건 조사 .....	58
1) TMP와 온도에 따른 투과 flux의 변화 .....	58
2) RSM에 의한 최적 조건 선정 .....	59
3) 온도와 시간에 따른 fouling index 변화 .....	60
4) UF 농축액의 isoflavone과 oligo 당 함량 비교 .....	61
5) 농축정도에 따른 이화학적 특성 .....	64
2. NF 여과에 의한 농축 및 분리조건 조사 .....	66
1) 압력과 온도에 따른 투과 flux의 변화 .....	66
2) RSM에 의한 최적 조건 선정 .....	68
3) 온도와 시간에 따른 fouling index 변화 .....	69
4) NF 농축액의 isoflavone과 oligo 당 함량 비교 .....	70
5) 농축정도에 따른 이화학적 특성 .....	73
3. 막분리 농축액의 건조조건 조사 .....	74

1) UF 농축액의 분무 건조조건 .....	74
2) NF 농축액의 건조조건 .....	79
4. 막투과 여과액의 COD, BOD, SS 비교 .....	86

## 세부과제 2. 기능성 성분분석 및 가공적성 조사

I. 재료 및 방법 .....	88
1. 재료 및 시약 .....	88
2. UF 및 NF 농축분말의 일반성분 및 기능성 성분 조사 .....	88
3. UF 및 NF 농축분말의 기능적 특성 조사 .....	90
1) 용해도 측정 .....	90
2) 유지 및 수분 흡수력 측정 .....	91
3) 단백질 용해도 측정 .....	91
4) 유화력 및 유화 안정성 측정 .....	92
5) 거품 형성력 및 안정성 측정 .....	92
6) 단백질의 전기영동 .....	93
7) 단백질 아미노산 분석 .....	94
4. RVA의 의한 호화패턴 조사 .....	94
II. 결과 및 고찰 .....	95
1. UF 및 NF 농축분말의 일반 및 기능성 성분 .....	95
1) 일반성분 .....	95
2) 기능성 성분 .....	96
(1) Isoflavone .....	96
(2) Oligo 당, saponin 및 phytate .....	98
(3) 유리 아미노산의 함량 및 조성 .....	101

2. UF 및 NF 농축분말의 기능적 특성 .....	102
1) UF 및 NF 농축분말의 물에 대한 용해도 .....	102
2) 유지 및 수분 흡착력 .....	103
3) 단백질 용해도 .....	105
4) 유화력 및 유화 안정성 .....	110
5) 거품 형성력 및 안정성 .....	114
6) 단백질 전기영동 .....	120
7) 단백질 아미노산 분석 .....	121
3. RVA에 의한 UF 및 NF 분말 첨가 반죽의 호화패턴 .....	123

### 세부과제 3. 순물의 변질 방지 방법확립

I. 재료 및 방법 .....	129
1. 재료 .....	129
2. 균주 .....	129
3. 순물의 총균수(total aerobic plate count)측정 .....	130
4. 순물 부패세균의 분리 .....	130
5. 순물 부패세균의 동정 .....	130
6. 순물 부패세균의 호기적, 혐기적 배양 .....	131
7. 순물 배지에서 순물세균의 생육 .....	131
8. 순물 부패세균의 $\beta$ -glucosidase 활성 시험 .....	131
9. 순물 부패세균의 isoflavone 분해여부 분석 .....	132
II. 결과 및 고찰 .....	132
1. 순물 부패세균의 분리특성 및 부패방지 온도 .....	132
2. 순물 부패세균의 생육특성 .....	133

3. 순물 부패세균의 동정 .....	134
1) 16S rRNA gene sequence 분석 .....	134
2) 당 발효성 분석 .....	136
4. 순물 부패세균의 $\beta$ -glucosidase의 활성 측정 .....	136
5. 순물 부패세균의 isoflavone 분해여부 분석 .....	137

#### 세부과제 4. UF, NF 분리제품의 이용방법 조사

I. 재료 및 방법 .....	138
1. 재료 .....	138
2. UF와 NF 분말을 첨가한 제품 개발 .....	138
1) UF와 NF 분말을 첨가한 요구르트 .....	138
(1) 요구르트의 제조 .....	138
(2) pH 및 적정산도 측정 .....	138
(3) 점도 측정 .....	139
(4) 색도 측정 .....	139
(5) 생균수 측정 .....	139
(6) SPME를 이용한 휘발성 향기성분 분석 .....	139
(7) 관능 검사 .....	140
2) UF와 NF 분말을 첨가한 머핀 .....	140
(1) 머핀 제조 .....	140
(2) 머핀의 무게, 부피, 단면의 높이 및 용적밀도 측정 ...	141
(3) 색도 측정 .....	141
(4) 조직감 측정 .....	141
(5) 주사전자현미경에 의한 표면 구조 관찰 .....	142
(6) 관능 검사 .....	142

3) UF와 NF 분말을 첨가한 국수 .....	142
(1) 국수 제조 .....	142
(2) 신속점도 측정계에 의한 반죽 특성 조사 .....	143
(3) 국수의 조리특성 측정 .....	143
(4) 색도 측정 .....	144
(5) 조직감 측정 .....	144
(6) 관능 검사 .....	145
4) UF와 NF 분말을 첨가한 증편 .....	145
(1) 증편 제조 .....	145
(2) 증편 반죽의 pH 측정 .....	145
(3) 증편 반죽의 부피 측정 .....	146
(4) 증편의 무게, 부피 및 용적밀도 측정 .....	146
(5) 색도 측정 .....	146
(6) 조직감 측정 .....	147
(7) 관능 검사 .....	147
II. 결과 및 고찰 .....	148
1. UF와 NF 분말을 첨가한 요구르트 .....	148
1) pH 및 적정 산도 변화 .....	148
2) 점도 .....	151
3) 색도 .....	152
4) 생균수 .....	153
5) SPME를 이용한 휘발성 향기성분 분석 .....	155
6) 관능 검사 .....	158
2. UF와 NF 분말을 첨가한 머핀 .....	159

1) 머핀의 무게, 부피, 단면의 높이 및 용적밀도 .....	159
2) 색도 .....	162
3) 조직감 .....	163
4) 주사전자현미경에 의한 표면구조 관찰 .....	165
5) 관능 검사 .....	165
3. UF와 NF 분말을 첨가한 국수 .....	168
1) 신속점도 측정계에 의한 반죽 특성 .....	168
2) 국수의 조리특성 .....	172
3) 색도 .....	173
4) 조직감 .....	175
5) 관능검사 .....	177
4. UF와 NF 분말을 첨가한 증편 .....	178
1) 증편 반죽의 pH .....	178
2) 증편 반죽의 부피 .....	179
3) 증편의 무게, 부피 및 용적밀도 .....	181
4) 색도 .....	183
5) 조직감 .....	184
6) 관능 검사 .....	186
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	188
제 5 장 연구개발결과의 활용계획 .....	195
제 6 장 참고문헌 .....	197

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 서 론

### 1. 연구배경

건강과 여유로운 삶을 중시하는 웰빙(well-being)문화가 최근 사회적 이슈(issue)로 자리 잡아 가고 있는 가운데 콩으로 건강을 유지하려는 움직임이 전보다 더욱 활발히 진행되고 있다. 이러한 콩은 육류 단백질에 비해 질적인 면에서 전혀 뒤지지 않는 양질의 단백질이 풍부하며, 여러 기능성 생리활성 물질을 다량 함유함으로써 각종 만성 질환 예방에서도 좋은 식품으로 우리 식단에 각광 받고 있다. 최근 두부, 두유, 콩햄 등 콩관련 가공식품에 관하여 소비자의 관심이 높아짐에 따라 식용콩의 소비가 증가하고 있는 추세이다.

우리나라 콩의 소비는 2001년에 1,463천 톤이고 그중 식용콩의 수요량은 390천 톤이며 그 중 두부류 제조를 위한 식용콩 소비량은 약 30%인 118천 톤이 사용되고 있다<sup>1)</sup>. 두부는 오래전부터 제조되어 섭취하여 왔던 단백질 이용식품으로 단백질 뿐만아니라 지방질과 당질이 함유된 대표적 콩이용 비발효 식품이다. 두부는 육류를 섭취하지 않고 주로 곡물로부터 단백질을 섭취해야 하는 사람들에게 귀중한 단백질 공급식품으로 우리 식단에 중요한 위치를 차지하고 있다. 두부만이 갖는 고유의 특성 때문에 타 식품에 비하여 맛이 단백하고 체내의 신진대사와 성장발육에 절대적으로 필요한 필수 아미노산 및 필수 지방산이 고루 분포하고 있으며, 칼슘, 철분 등의 무기 물질이 다량 함유된 식물성 단백 식품이다.

두부의 일반 성분은 수분함량이 80~85%, 단백질이 약 8.5%, 지방질이 약 5.5%, 당질이 1.5% 내외로 고형분 중 단백질이 42~52%나 고단백 식품이며, 지방질과 당질은 단백질과 결합되어 있거나 응고된 단백질 조직 내에 수분과 함께 존재하고 있다<sup>2)</sup>.

두부제조 원리는 콩을 물에 담구어 충분히 수화시킨 뒤 약 10배의 물과 함께 마쇄하고 끓인 다음, 여과 또는 압착하여 불용성 성분인 비지를 제거한 콩우유에 응고제를 첨가하여 단백질을 응고시킨 뒤 압착하여 두부를 제조하게 된다<sup>3)</sup>. 이때 응고되지 않은 수용성 물질이 함유된 물을 순물이라 하며 순물의 양은 두



부와 비지에 80~85% 함유된 수분 함량을 제외하면 전체 물 첨가량의 약 50% 정도이다. 그동안 식품산업은 가공원료의 특성상 다른 산업과 달리 폐수처리가 그다지 큰 문제는 아니었으나 최근 환경문제에 대한 사회적 관심이 커짐에 따라 폐수유출에 대한 강력한 규제가 가해지면서 업계에는 폐수처리부담이 가중되었다<sup>4)</sup>.

따라서 규모가 큰 공장에서는 순물을 폐수처리하여 방류하지만 일부 소규모 생산 공장에서는 처리비용이 높아 폐수처리 없이 그대로 버려지고 있어 두부순물이 수질오염에 문제를 주고 있다<sup>5)</sup>. 순물에는 약 2~3%의 고형분 함량과 BOD와 COD가 각각 20,821ppm과 19,258ppm 정도로 보고되어 있어<sup>6)</sup> 이는 수질오염의 법적 규제치<sup>7)</sup>인 BOD 60~80ppm, COD 70~90ppm을 훨씬 넘는 수치임을 알 수 있다.

## 2. 순물의 기능성 소재

순물에 존재하는 총고형분은 2.70% 정도이며 그중 총 질소화합물이 0.43%, 총당이 1.12% 함유되어 있다<sup>8)</sup>. 질소화합물은 응고되지 않은 저분자 단백질이나 peptides로, 당류는 raffinose나 stachyose 등의 올리고당으로 이루어져 있다 (Table 1). 또한 암, 고혈압, 당뇨, 골다공증 등 만성 질환의 예방에 유익한 isoflavone, phytate, saponin 등의 기능성 성분이 함유되어 있어 순물로부터 회수하여 사용할 만한 유효성분들이 풍부한 것으로 알려져 있다<sup>9-10)</sup>.

**Table 1. Functional compounds and their bioactive function of soybean**

Isoflavone (M.W. 500~600)	Genistein	유방암, 전립선암, 대장암, 자궁암 등의 억제작용 <sup>11)</sup>
	Genistin	Tyrosine protein kinase(암세포의 증식 신호전달에 중요한 역할)저해 <sup>12)</sup> 암의 증식에 필요한 혈관 신생 저해 <sup>13)</sup> 동맥경화 예방, LDL-cholesterol감소,

		HDL-cholesterol 증가 <sup>14)</sup>
	Daidzein	골다공증 예방 <sup>15)</sup>
	Daidzin	음주욕구 저하 음주후 급격한 혈중알콜농도상승 억제
Oligosaccharide (M.W. 504~666)		장내균총개선 콜레스테롤, 중성지방 감소 <sup>16)</sup> <i>Bifidobacterium</i> 증식 향상 <sup>17)</sup>
Phytic acid (M.W. 660)		유방암 및 피부암의 생성 저해 <sup>18)</sup> 심장병 낮추는 효과 <sup>15)</sup>
Saponin		혈중 cholesterol 감소 항암효과, 면역증진효과항산화능력 <sup>20)</sup>
Peptides		항암성, 항고혈압성, 항혈전활성 Angiotensin Converting Enzyme(ACE)저해
Pinitol		혈당강하효과 혈중 cholesterol 감소 <sup>21)</sup>

순물에 함유된 기능성 물질 중 isoflavone은 genistin, daidzin, glycitin과 같이 포도당이 결합된 형태를  $\beta$ -glucoside로, 비당체 형태인 genistein, daidzein, glycitein를 aglycone으로 분류한다. 또한 malonyl과 acetyl기가 치환된 isoflavone 유도체가 밝혀짐으로서 총 12개의 isoflavone 이성질체가 존재 한다.

이러한 isoflavone의 생리활성 기능으로는 세포의 성장과 조절에 영향을 주어 암 방지 및 치료에 효과가 있으며, 여성 hormone인 estrogen과 유사한 특성을 갖고 있기 때문에 여러 hormone계 상황에서 estrogen antagonist로도, estrogen agonist로도 작용한다는 보고가 있다<sup>14)</sup>. 실제 isoflavone은 estrogen의 1/1000~1/10000 활성을 나타내며, 갱년기 이후 estrogen이 부족한 여성에게 나타나는 갱년기 장애 및 뼈의 형성과 용해 사이의 균형이 깨져 생기는 골다공증 예방을 위한 한 방법으로 콩의 daidzein과 genistein 등의 isoflavone 섭취가 중요한 예방

의학적 방법으로 대두되고 있다<sup>12)</sup>. 아시아 사람보다 칼슘 섭취량이 3~4배 많은 서양에서 골밀도가 낮고 골절환자 발생률이 4~5배 높은 것은 아시아 사람들이 콩이나 콩가공식품등을 일상적으로 많이 섭취하기 때문이라고 알려져 있다. 또한 이러한 isoflavone은 자궁암과 대장암등의 예방에도 효과가 있으며 순환기 질환과 관련된 고혈압 및 동맥경화에 탁월한 효과가 있다고 보고되어 있다<sup>22-24)</sup>.

순물 고형분의 30~40% 함유되어 있는 올리고당은 주로 sucrose, raffinose, stachyose 등으로 이루어지며, raffinose와 stachyose는 단맛이 있지만 인체의 효소에 의해 분해가 되지 않는 난소화성이므로 식품에 저칼로리당으로 사용될 수 있다, 특히 올리고당은 인체에 *Bifidobacteria*와 같은 장내 유용세균의 증식인자로 작용함과 동시에 대표적인 장내 유해세균인 *Clostridium perfringens* 등의 증식억제인자로 작용함에 따라 유해 대사물의 감소, 변비의 방지 등과 같은 인체의 건강을 유지하고 질병을 예방하는 기능성 식품소재로서 각광을 받고 있다<sup>25-26)</sup>. 또한 식이섬유와 유사하게 콜레스테롤과 중성지방을 감소시켜주는 효과가 보고<sup>27)</sup>된바 있으며 설탕의 약 70%에 해당되는 감미와 청량감 있는 감미질, 열이나 산 등등의 안정성 등이 높은 것으로 알려져 있어 식품산업에서는 음료, 제빵, 제과, 유아식 요구르트 등에 널리 이용되고 있다<sup>28)</sup>.

Phytic acid는 cyclohexane의 6인산에스테르로 보통 필수미네랄과 또는 단백질과의 복합체로써 발견된다. 대두는 많은 다른 종실과 곡류에서와 같이 phosphorous의 주요소인 phytic acid가 함유되어 있지만, phytate의 인산은 영양학적으로 이용되지 않는다. Phytate는 2가 혹은 3가 금속 ion ( $Zn^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ )들과 결합하여 불용성 화합물을 형성하여 이들 무기물의 체내 흡수를 저해한다고 하였다<sup>29)</sup>.

또한 phytate는 단백질과 작용하여 불용성 화합물을 형성하여 단백질의 용해도를 감소시키는 성질을 가지고 있으며, pepsin의 작용에 적합한 pH에서 ovalbumin과 elastin의 pepsin에 의한 소화작용에 저해를 일으켜 단백질의 인체내 이용율에 영향을 미치나 식이중 함유량이 0.2% 이하 일때는 저해작용이 없다고 보고되어 있다<sup>30,31)</sup>. 그러나 식이 중 1.0% 이상 함유되어 있으면 무기성분과 불용성의 복합체를 형성한다고 알려져 있다. 이렇게 phytate는 단백질, 무기성분

과 결합하여 불용성의 물질을 형성하여 그들의 이용성을 감소시키므로 콩 중의 phytate 함량을 줄이고자 하는 많은 연구들이 수행되어 왔다<sup>32)</sup>.

한편, Graf 와 Eaton<sup>33)</sup>은 phytate가 2가 양이온과 킬레이트 결합을 함으로써 항산화능을 나타낸다고 보고하여 phytate의 기능성에 대한 관심이 고조되고 있다. 아울러 phytate의 항암효과<sup>34-38)</sup>와 관상동맥질환 예방<sup>39-41)</sup> 및 sucrose와 DDT(1,1,1-trichloro-2,2-bis(P-chlorophenyl) ethane)에 의해 유발되는 지방간 생성을 억제한다고 보고<sup>42)</sup>된 바 있다. 따라서 식품에서 phytate를 제거하는 것이 바람직 한 것인가에 대해서는 많은 논란이 있다.

생리조절 기능을 갖는 식품성분으로서는 탄수화물, 펩타이드 혹은 단백질, 지질, saponin 등과 같은 배당체 등이 알려져 있다. Saponin은 배당체 화합물의 하나로 steroid 혹은 triterpenoid에 1개 이상의 당분자가 결합한 구조를 가지고 있으며 약 500여종의 식물이 사포닌을 함유하고 있는 것으로 알려졌다<sup>43)</sup>. 콩에도 여러 종류의 사포닌이 존재하는데 aglycone과 여기에 붙은 당의 종류와 수에 따라서 group A 사포닌 8종 (Aa, Ab, Ac, Ad, Ae, Af, Ag, Ah), group B 사포닌 5종 (I, II, III, IV, V), group E 사포닌 2종 (Bd, Bc) 그리고 DDMP (2,3-dihydro-2,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one) 5종 (αg, βg, βa, γg, τa)으로 분류할 수 있다<sup>44,45)</sup>.

콩 사포닌은 C-3 위치에 glucuronic acid가 부착되어 있는 기본 구조를 지니고 있는 한편, C-22 위치의 sugar chain에 따라 A, B, E의 세 종류로 구분되었다. 또한 Kudou 등<sup>46,47)</sup>에 의해 group B 사포닌이 진정한 콩 사포닌이며, group B 사포닌 중에 C-22 고리에 DDMP가 부착되어 있는 종류도 있는 것으로 밝혀졌다. DDMP 사포닌은 열이 가해짐에 따라 group B의 기본구조에서 DDMP가 탈락하게 되는데 이같이 DDMP가 탈락된 종류들을 다시 soyasaponin I, II, III, IV, V로 구분되었다<sup>48)</sup>. 그러나 이들 사포닌은 standard 물질을 분리하기 어려운 점 등으로 인하여 정확한 함량분석에 곤란을 겪고 있으나 최근 Hu 등<sup>48)</sup>에 의하여 정량분석을 위한 새로운 HPLC 방법이 제시되었다.

콩 사포닌은 원래 항 영양물질로 더 많이 알려졌으나<sup>49)</sup> 최근 여러 가지 생리활성 기능이 밝혀짐<sup>50,51)</sup>에 따라 많은 주목을 받고 있다. 콩의 여러 saponin 중 생리

활성은 DDMP 사포닌이 담당하며 최근까지의 보고에 따르면 혈중 콜레스테롤 감소효과<sup>52)</sup>, 항암효과<sup>53)</sup>, 면역증진효과<sup>54)</sup> 등을 수행하는 것으로 밝혀졌다. 이밖에 콩 사포닌은 담즙산과 결합함으로써 콜레스테롤 축적을 저해하며, 간 손상 억제, 알레르기 억제, 바이러스 억제 등의 생리활성도 지니고 있으며, 체내에서의 과산화지질의 생성을 방지하고 지질대사에 관여하여 노화, 비만방지에 효과가 있는 것으로 보고되었다<sup>43,55)</sup>

최근 들어 국민 식생활이 향상되고 건강에 대한 관심도가 증대됨에 따라 기능성 식품소재의 수요가 매년 증가하고 있으며 다양한 제품개발에 관한 연구가 식품산업을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 만약, 이러한 기능성 물질 등을 상당량 함유하고 있는 순물로부터 유용한 생리활성 물질을 분리 활용할 수 있는 방안이 모색된다면 두부제조시 폐수 처리되는 자원의 효율적 이용측면에서 경제적이며 바람직할 것으로 판단된다.

### 3. 막분리 기술

최근에 막분리 기술을 이용하여 식품산업에서 나오는 용수로부터 부가가치가 높은 성분들을 회수하려는 노력이 많이 진행되어 왔다. 예를 들어 치즈 제조시 부산물로 생산되는 치즈 whey로부터 가용성 고형물의 수거와 단백질 및 유당을 분리하려는 시도가 있었으며<sup>56,57)</sup> 우리나라의 경우에는 순물로부터 유용성 물질을 회수하기 위한 방법으로 한외여과막과 역삼투막을 이용한 방법<sup>58)</sup> 등이 있다. 순물에서 올리고당을 분리 회수하고자 연구한 발표로는 역삼투법에 의하여 분리할 경우 약 50%가 회수된다는 보고<sup>6)</sup>가 있었으며, 순물에 함유되어 있는 기능성 성분인 isoflavone의 회수에 관한 연구는 아직 발표된 바 없다.

이러한 막분리 기술은 초순수와 음용수 제조 등의 용수처리, 염료 및 염색폐수 등의 폐수처리 뿐만 아니라 식품산업에 우수성을 인정받아 산업화 응용에 적용되고 있다. 그 이유는 한외여과법과 역삼투법은 상의 변화 없이 용액중의 물질을 분리, 농축시킬 수 있는 막분리 기술의 일종으로 기존의 방법에 비하여 공정이 간편하고, 열에 민감한 제품의 처리시 우수한 효과가 있어 다양한 분야에서 각광을 받고 있다<sup>59)</sup>.

막분리의 종류에는 기공의 크기에 따라 정밀여과막(microfiltration, MF), 한외여과막(ultrafiltration, UF), 역삼투막(reverse osmosis, RO)등으로 구분된다. 정밀여과막은  $0.02\sim 2.0\mu\text{m}$ , 한외여과막은  $0.002\sim 0.2\mu\text{m}$ , 역삼투막은  $5\times 10^{-4}\sim 15\times 10^{-4}\mu\text{m}$ 의 기공의 크기를 가지며 압력은 기공의 크기가 작을수록 크다<sup>60)</sup>.

정밀여과막(MF)은 분자량 200,000 dalton 이상의 물질들을 선택적으로 분리하는데 유용한 공정으로서 다른 막분리 공정보다 낮은  $10\sim 100\text{psig}$ 로 시스템을 운영하기 때문에 비용이 저렴하여 순물에 함유되어 있는 거대 분자들을 제거하기 위한 prefiltration의 과정으로 사용될 수 있다<sup>61)</sup>.

한외여과막(UF)은  $10\sim 200\text{\AA}$  이상의 크기를 갖는 천연 고분자성 거대물질(proteins, starch, gums)이나 콜로이드성 분산물질들(pigments, paints, clays, latex particle)을 분리하는 공정으로서 한외여과시 분리대상 거대물질의 분자량 범위는 5,000~1,00,000 dalton에 해당되며 막에 적용되는 압력은  $10\sim 100\text{psig}$ 로서 저압력 상태에서 이용할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 순물에 존재하는 생리활성을 나타내는 isoflavone이나 올리고당과 같은 기능성 성분의 분자량이 약 1000 dalton 이하여서 그 회수가 어려운 문제점이 있다.

역삼투막은 삼투현상과는 반대로 고농도 용액쪽의 용매가 저농도 용액 측으로 역류하게 하는 방법을 이용하여 용매를 제외한 용액내의 모든 성분 물질들을 거르는 dewatering technique를 역삼투(RO)라고 한다. 이 공정은 이온 및 분자의 크기가  $10\text{\AA}$  미만의 용질을 분리하는 공정으로 식품의 폐수처리 뿐만 아니라 유기물의 회수, 식품의 농축, 반도체 산업용 초순수 제조, 의약품 및 생물학 제제의 분리 농축에 적용되어 산업적으로 많이 사용되고 있다. 그러나 salt rejection이 95~99%에 달하는 것으로 염이나 당류등도 회수할 수 있는 장점이 있는 반면 만족할 만한 유속을 유지하기 위해  $200\sim 1000\text{psig}$ 를 유지해야 하는 경제적인 손실이 있다<sup>62)</sup>.

이러한 역삼투막의 단점을 보완하기 위해 새롭게 등장한 나노여과법(nanofiltration, NF)은 분리특성상 한외여과막과 역삼투막의 중간정도의 특성을 지닌 여과과정으로서 salt rejection이 약 65% 이상이다. 나노여과막은 역삼투막의 경우 높은 삼투압으로 물질을 분리하기 위한 비용이 지나치게 드는 단점을

보완한 막으로서 역삼투막에 비해 에너지 소비를 약 21% 정도 감소시키며, 일반적으로 역삼투막의 일종이라고 지칭한다<sup>63)</sup>. 가장 큰 특징은 막의 표면에 전하를 띠는 물질이 있고 막의 기공 크기가 2nm 정도로 저분자량의 염을 주로 통과시킨다는 장점<sup>62)</sup>으로 순물의 막분리 과정 중 두부제조시 과잉 첨가된 염의 제거에 효과적이라 생각 된다.

따라서 순물에서 우리가 원하는 isoflavone과 올리고당을 회수하기 위하여 1차적으로 정밀여과막(MF)을 거쳐 순물에 함유되어 있는 부유물질과 고분자 불순물을 분리 제거한 후 2차적으로 한외여과 장치를 이용하여 단백질과 같은 고형분을 제거한다. 마지막으로 나노여과막을 이용하여 순물로부터 기능성 생리활성 물질을 농축하고 두부제조시 사용되는 응고제 등에 의해 잔류하는 염을 제거하는데 있어서 적당한 공정과정이 될 것이다.

#### 4. 식품에의 이용

산업기술의 발달과 경제수준의 향상으로 식생활이 서구화되고 외식의 빈도가 증가함에 따라 영양 불균형이 초래되고 있고 비만, 당뇨, 관상심장병 등 여러 가지 성인병의 발병율이 높아지고 있다. 소비자들의 건강에 대한 관심의 증가로 기능성이 첨가된 재료를 사용한 건강지향적인 식품에 대한 요구와 수요가 점점 증가하는 추세에 있으므로 질환의 예방과 치료에 도움을 줄 수 있는 기능성 성분을 찾아서 이를 식품에 이용하고자 하는 연구들이 활발히 진행되고 있다.

두부 순물을 ultrafilter(UF)막과 nanofilter(NF)막을 사용하여 분리 농축한 분말에는 기능성 성분인 isoflavone, oligosaccharides, phytic acid, saponin, peptides 및 유리아미노산 등의 성분이 함유되어 있어 식품에 첨가한다면 기능성이 강화된 제품생산이 가능할 것이다.

UF 또는 NF 등의 막분리에 의해 회수된 순물의 기능성 성분 이용에 대한 연구는 아직 보고된바 없다.

#### 5. 연구 목적

여러 가지 기능성 성분들을 함유하고 있는 순물에서 이들 물질을 분리하는

방법을 개발한다면 기능성 물질의 활용과 순물의 폐수처리 비용의 절감 효과가 있을 것이다. 따라서 두부류 제조 공정 중 발생하는 폐기물인 순물을 이용하므로 원료비용이 없고, 제조방법이 저렴하고 효과적일 것으로 생각되며 식품산업 폐수로 인한 수질오염을 방지할 수 있을 것이다. 또한 여기서 회수된 isoflavone과 올리고당은 식품의 기능성 소재로도 활용 가능 할 것으로 사료된다. 그러나 순물을 분리한 농축액은 위생적으로 모든 과정을 처리하여도 미생물에 의한 변질 가능성이 높다. 순물을 UF와 NF로 분리하기 전, 기능성 물질을 분리한 후의 농축액은 분무건조 전에 일정 기간 저장해야 하므로 저장조건의 설정이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 순물로부터 isoflavone과 올리고당 분리를 위해 사용한 한외여과막(UF)과 nano 여과막(NF)의 최적 여과 분리조건 조사와 막분리 시간이 경과됨에 따라 발생하는 막의 fouling을 고려한 UF, NF의 농축배수를 선정하였다. 그리고 순물의 막분리 과정을 거친 정화정도를 측정하기 위하여 막을 투과한 여과액의 COD, BOD, SS를 측정하였다.

또한 이들 농축액과 여과액의 점도, pH, 당도 등의 물리적 특성을 비교하고 적당한 건조방법을 조사하였으며, 농축액의 isoflavone과 올리고당 함량을 측정하여 막분리에 의한 회수율을 비교하였다. 이들을 농축, 건조하여 얻어진 UF, NF 농축분말들의 일반 성분 및 기능성 성분을 분석하였다. 또한 UF, NF 농축분말의 기능적 특성과 이들 분말 첨가시의 반죽특성을 조사하였다.

그리고 순물의 변질 방지를 위하여 순물변질에 관여하는 미생물을 분리하고 순물의 변질 방지를 위한 온도조사와 부패가 일어나지 않는 최적온도를 찾아내어 저장성 시험을 하였다. 두부 순물의 UF와 NF막을 사용하여 분리 농축한 분말의 활용 증진 방안으로 이를 음료, 빵, 면류 및 떡 등에 첨가하여 제품을 개발하고 관능적 및 기계적 품질특성을 평가함으로써 기능성 식품으로서의 적용성을 검토하고자 하였다.



## 제 2 절 연구내용 및 범위

본 과제는 막분리를 이용한 순물로부터 기능성 물질의 분리, 가공적성 및 이용에 관한 연구로 4개의 세부과제로 구성되어 있으며, 수행한 주요 연구 내용 및 범위는 다음과 같다.

세부 과제명	연구개발 내용 및 범위
세부과제 1. 순물의 분리방법 및 최적 조건 확립 (세종대 김우정, 2년)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ UF분리 및 농축조건 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ultrafilter를 사용하여 여과한 후 고형분농도 및 BOD, COD, SS조사</li> <li>- Ultrafiltration시 온도, 압력등에 따른 농축능력, 기능성성분에의 영향 조사</li> <li>- 최적 분리조건 확립</li> </ul> </li> <li>○ 농축액의 최적 분무건조조건 조사 및 최적건조 조건 확립</li> <li>○ NF분리 및 농축조건 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nanofilter를 사용하여 여과한 후 고형분농도 및 BOD, COD, SS조사</li> <li>- Nanofiltration시 온도, 압력등에 따른 농축 능력, 기능성성분에의 영향 조사</li> <li>- 최적 분리조건 확립</li> </ul> </li> <li>○ 농축액의 분무 또는 그 외의 건조조건 방법 비교 및 건조조건 확립</li> </ul>
세부과제 2. 기능성 성분분석 및 가공적성 조사 (세종대 오훈일, 2년)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ UF분리농축액의 일반 및 기능성 성분 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 고형분, 단백질, 비단백질소화합물, 지방질, 탄수화물</li> <li>- Isoflavone, oligo당, saponin, phytate</li> </ul> </li> <li>○ UF기능성분말의 식품가공특성 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 보수성, 용해도 측정</li> <li>- 단백질 전기영동 패턴</li> <li>- 유지 흡착력</li> <li>- 유화능 및 유화안정성</li> <li>- 거품형성능 및 안정성</li> </ul> </li> <li>○ 반죽 특성 조사               <ul style="list-style-type: none"> <li>- amylograph, farinograph</li> </ul> </li> </ul>

세부 과제명	연구개발 내용 및 범위
<p>세부과제 3. 순물의 변질 방지방법 확립 (세종대 경규향, 1년)</p> <p>세부과제 4. UF, NF 분리제품의 이용 방법조사 (대진대 정해정, 1년)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ NF분리농축액의 일반 및 기능성성분 조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>-고형분, 단백질, 비단백질소화합물, 지방질, 탄수화물</li> <li>-Isoflavone, oligo당, saponin, phytate</li> </ul> </li> <li>○ NF기능성분말의 식품가공특성 조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>-보수성, 용해도 측정</li> <li>-단백질 전기영동 패턴</li> <li>-유지 흡착력</li> <li>-유화능 및 유화안정성</li> <li>-거품형성능 및 안정성</li> </ul> </li> <li>○ 반죽 특성 조사 <ul style="list-style-type: none"> <li>-amylograph 등</li> </ul> </li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 순물의 변질방지 온도조사 (40°, 50°, 60°, 70℃)</li> <li>○ 미생물의 호기적 및 혐기적 배양</li> <li>○ 순물변질에 관여하는 미생물의 분리, 생화학 적 및 형태학적 분류 및 동정</li> <li>○ 부패가 일어나지 않는 최적온도에서 저장성 시험</li> <li>○ 순물에 부패미생물이 번식하였을 때 isoflavone의 분해여부 검토</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 기능성물질 분말의 식품에의 이용 <ul style="list-style-type: none"> <li>-가공식품에의 첨가 (음료, 면류, 빵류)</li> <li>-전통식품(떡)에의 첨가</li> </ul> </li> <li>○ 관능검사</li> <li>○ 첨가량 설정</li> </ul>

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

식품공업에 있어 막분리 기술은 과일 및 채소주스, 천연색소, 우유단백질 및 조당의 농축과 알콜음료의 품질개선 등 다양한 부문에 걸쳐 응용되어지고 있다<sup>64-68)</sup>. 또한 이 기술은 식품가공시 배출되는 폐액의 정화와 폐액 중에 용해되어 있는 부가가치가 높은 물질의 활용을 위한 농축과 회수에도 효과가 우수하여 이 분야에 관한 연구도 활발히 이루어지고 있다.

환경에 관한 인식이 높아지면서, 식품 산업폐수처리에 대한 강력한 규제들이 시행되면서 폐수처리와 이의 배출에 따른 업계의 부담은 점점증가하고 있는 실정이다. 현재 미국 및 유럽에서는 나노여과막과 같은 고압용 막을 폐수처리에 적용하고자 하는 시도가 이루어지고 있으며<sup>69)</sup>, 우리나라의 경우 식품산업폐수처리를 위한 막분리 기술의 활용에 관한 연구는 역삼투법을 사용시 대두 증자 폐액의 BOD 수치를 76.4~88.2%로 낮출 수 있었으며, 이러한 효과는 사용한 역삼투막의 재질특성을 비롯하여 역삼투 처리조건에 따라 차이가 큰 것으로 보고되어 있다<sup>70,71)</sup>.

또한 식품산업폐수에 함유된 유용한 물질 회수에의 이용은 예를 들어 치즈 제조 시 부산물로 생산되는 치즈 whey로 부터 가용성 고형물의 수거와 단백질 및 유당을 분리하려는 시도가 있었으며<sup>56,57)</sup> 두부제조시 발생되는 부산물인 순물로부터 유용성 물질을 회수하기 위한 방법으로 한외여과막과 역삼투막을 이용한 방법<sup>58)</sup> 등이 있다. 순물에서 기능성 물질의 회수에 관한 연구는 주로 올리고당에 관한 것으로 역삼투법에 의하여 분리할 경우 약 50%가 회수된다는 보고<sup>6)</sup>가 있었으며, 순물에 함유되어 있는 기능성 성분인 isoflavone의 회수에 관한 연구는 아직 발표된 바 없다. 순물에서의 기능성 물질을 전체적으로 분리하는 방법은 개발되지 않은 상태이나 한외여과막 및 나노여과막을 사용한 막분리 조건의 최적화로 산업화가 가능할 것이다. 따라서 두부순물에 함유된 가용성 고형물의 제거와 동시에 유용물질을 분리 활용할 수 막분리 기술은 수질오염 방지는 물론 자원의 효율적 이용에서도 바람직할 것이다.

막분리에 의해 회수된 순물의 유용물질 활용에 관하여는 아직 연구된바 없으나, 이와 유사한 연구로는 탈지콩가루, 분리콩단백, 농축콩단백 등을 빵이나 면류, 음료에의 첨가와 이용이 많이 보고된바 있다<sup>72-75)</sup>. 따라서 회수된 유용물질 또한 콩가공 제품과 유사한 분말형태로 제조될 것이며 capsule이나 tablet, 기존 가공 식품이나, 떡 또는 한과류, 빵 등에의 첨가로 기능성이 강화된 제품생산이 가능 할 것이다.

## 제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

### 세부과제 1. 순물의 분리 방법 및 최적 조건 확립

#### I. 재료 및 방법

##### 1. 재료

본 실험에 사용한 순물(Sunmul, soybean curd whey)은 (주) 두술(충남, 예산)에서 두부 제조시 발생하는 순물을 실험재료로 사용하였다. 두부제조를 위한 콩은 수입콩(미국산)이었고 응고제는  $\text{CaSO}_4$ 와  $\text{CaCl}_2$ 의 복합응고제 이었다. 한외 여과를 위한 순물은 두부공장 현장에서 두부 압착 후 발생하는 폐액을 사용하였다.

Isoflavone의 함량 분석에 사용된 표준 시약으로 genistein(4',5,7-trihydroxyisoflavone), genistin(4',5,7-trihydroxyisoflavone-7-glucoside), daidzein(4',7-dihydroxyisoflavone)은 Sigma사(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였으며 daidzin(4',7-dihydroxyisoflavone-7-glucoside)은 Wako사(Wako Chemical Co., Osaka, Japan)에서 구입하였고 glycitin과 glycitein은 Fujicco사(Fujicco Chemical Co., Japan)에서 구입하였다. Oligo 당의 함량분석에 사용된 표준시약은 sucrose, raffinose, stachyose로 이들은 Sigma사(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 그밖에 추출 및 이동상 용매로는 acetonitrile, ethanol(Fisher Sci., Phillipsburg, PA, USA), acetic acid(J.T.Baker, Inc., Phillipsburg, USA)은 HPLC용 용매를 사용하였다.

##### 2. 막분리 여과 및 농축방법

###### 1) UF 여과에 의한 농축 및 분리 조건 조사

###### (1) UF 여과 및 농축의 최적 조건 선정

순물의 막분리 농축을 위하여 사용한 막분리 농축기는 Millipore Corp.(USA) 제품으로 Millipore Korea Bioprocess Division인 (주) Puretech P&T(서울, 등촌동)에서 임대하여 사용하였다. Prefiltration을 위하여는 pore size가  $5\mu\text{m}$ 인 depth type의 microfiltration(MF)를 사용하였고, ultrafiltration(UF)을 위하여는 lab-scale 10k dalton의  $50\text{cm}^2$  UF막과 pilot plant 10k dalton 의  $0.1\text{m}^2$ 막을 사용



Microfiltration(MF)



Lab-Scale Ultrafiltration(UF)



Pilot-Plant Ultrafiltration(UF)



Pilot-Plant Nanofiltration(NF)

Fig. 1. The photograph of Membrane unit for MF, UF and NF filtration.

Table 2. Specifications of the membrane module used in this microfiltration(MF), ultrafiltration(UF) and nanofiltration(NF) system

Membrane	MF	UF(Lab-Scale)	UF(Pilot-Plant)	NF(Pilot-Plant)
Model	Econo-Klean	Biomax-10	Biomax-10	Nanomax-50
Molecular Weight Cut-Off	1~40microns	10k dalton	10k dalton	Salt rejection 65%
Material	Cellulose	Polyethersulfone	Polyethersulfone	Polyamide thin film
Module Size(cm)	Depth type (6.1 × 24.8)	Cassette type (3.0 × 18.8)	Cassette type (5.6 × 21.0)	Spiral type (4.6 × 30.5)
Effective Area(m <sup>2</sup> )	-	0.005	0.1	0.4
Temperature Range(°C)	121	4~50	4~50	4~50
pH Range(25°C)	1~14	1~14	1~14	4~10

하였다. 이것은 cassette type의 polyethersulfone(PES)재질 이었다(Fig. 1, Table 2).

순물의 여과는 prefiltration(MF)후에 ultrafiltration(UF)를 하였으며 prefiltration은 부유물질과 불용성 물질, 고분자 불순물의 분리제거를 위하여 MF를 사용하였다. UF는 일정온도에서 cross flow rate( $\ell/\text{min}$ ), 일정한 cross flow rate에서의 순물의 온도, 그리고 일정한 온도와 cross flow rate에서 TMP(trans-membrane pressure)를 변화시키면서 막분리 농축을 하였다. 이때 사용한 UF 막은 10k dalton의  $50\text{cm}^2$  막 이었다.

순물의 UF 분리시 순물의 온도와 차압인 TMP의 최적조건을 조사하기 위하여 RSM<sup>76)</sup>방법으로 검토하였다. 순물의 온도는 항온수조를 사용하여 10°C, 25°C, 40°C로 조절하였고 TMP는 1.5, 2.0, 2.5 bar로 압력을 조절하여 여과액의 flux변화를 측정하였다. 반응표면 분석법을 위해 Table 3과 같이 온도, TMP의 두 가지 변수를 독립변수로 하였다.

최적 조건을 선정하기 위하여 중심합성계획법(central composite design)의 한 요인변수는 실험계획에 의하여 온도와 TMP를 3단계로 부호화 하였고 투과 flux를 종속변수(Y)로 하였다. 그 결과를(Table 4) 2차 회귀 모형식을 사용하여 반응표면분석(RSM)과 등고분석(contour map)으로 도시하였으며 2차 회귀방정식에 의해 전체적 상관계수( $R^2$ )를 계산하고 최적 조건을 선정하였다. 이러한 모델식은 다음과 같다.

$$Y = \beta_1 + \beta_1 X_i + \beta_2 X_j + \beta_{12} X_i X_j + \beta_{11} X_i^2 + \beta_{22} X_j^2$$

여기서, Y는 종속변수,  $\beta$ 는 회귀계수이며,  $X_i, X_j$ 는 독립변수를 나타낸다.

**Table 3. Levels of flux conditions in experimental design for UF system**

Xi	Flux conditions	Levels		
		-1	0	+1
X <sub>1</sub>	Temperature(°C)	10	25	40
X <sub>2</sub>	TMP	1.5	2.0	2.5



**Table 4. Central composite design for the optimization of flux for UF**

Experiment number	Operation conditions	
	TMP(bar)	Temp.(°C)
1	1.5(-1)	10(-1)
2	1.5(-1)	25( 0)
3	1.5(-1)	40(+1)
4	2.0( 0)	10(-1)
5	2.0( 0)	25( 0)
6	2.0( 0)	40(+1)
7	2.5(+1)	10(-1)
8	2.5(+1)	25( 0)
9	2.5(+1)	40(+1)
10	2.0( 0)	25( 0)

## (2) Pilot plant에 의한 UF 막분리

막 분리는 Fig. 2와 같은 과정으로 순물을 MF에 통과시켜 permeate는 UF system으로 보내어 앞의 실험실 규모에서 선정된 UF 여과 및 분리 농축조건으로 UF system을 작동시켜 계속 막을 통과시키면서 원하는 농도배수로 농축된 retentate를 수거하고 이러한 과정에서 생긴 농축액을 동결건조와 분무 건조를 거쳐 만들어진 분말은 기능성 성분 분석에 사용하였다. 여과 후 UF system은 약 5L의 증류수로 불순물을 제거하고 UF 막에 잔류하는 오염물질을 0.1N NaOH로 30분간 세척한 후 다시 증류수로 여과액의 pH가 중성을 나타낼 때까지 충분히 세정하였다.

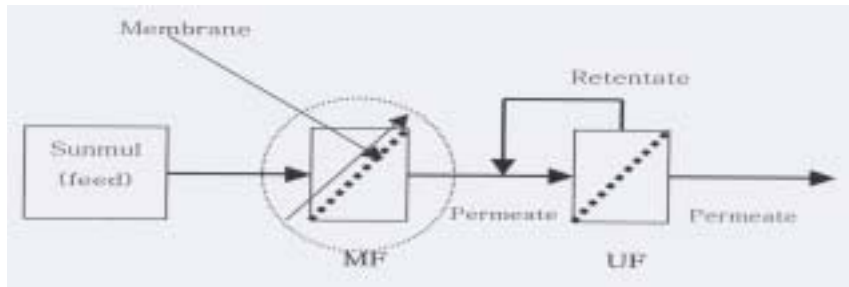


Fig. 2. Flow diagram for UF filtration of sunmul.

### (3) UF 농축액의 분무건조 방법

진공농축한 순물 UF 농축액의 분무 건조는 건물량 기준으로 DE 값이 12인 dextrin을 0, 20, 40% 첨가하여 Nitro Atomizer Pilot(Niroso, Denmark)를 사용하여 건조 시켰다. 건조전 농축액의 고형분 농도는 40 °Brix로 조정하였으며 건조 조건은 송풍(Inlet)온도 160℃, 배풍(Outlet) 온도 95℃, atomizer speed 15,000rpm, 풍량 140mmH<sub>2</sub>O 이었다.

## 2) NF 여과에 의한 농축 및 분리 조건 조사

### (1) NF 여과 및 농축의 최적조건 선정

Nanofiltration(NF)를 위하여 사용한 순물은 UF에서 사용한 순물과 같으며, NF막 분리를 위하여 사용한 막 분리장치는 UF 경우와 같은 Millipore Corp.(USA) 제품이였다. NF막은 salt rejection이 65%이고 막면적이 0.4m<sup>2</sup>인 spiral type의 millipore nanomax-50를 사용하였다(Fig. 1, Table 2).

NF를 위한 순물의 여과는 prefiltration과 UF filter를 통과한 여과액(permeate)을 사용하였으며 UF의 조건은 앞에서 선정된 시료온도 32℃와 TMP 2.4bar에서 실시하였다. NF 여과시 검토할 조건은 UF 여과액의 온도와 NF 장치의 압력 (psig)이 최적의 NF 여과에 얼마나 영향을 미치는지 알아보았다. 따라서 UF 여과액의 온도는 10℃, 25℃, 40℃로 조절하였고 압력은 150, 180, 210psig로 조절하여 여과액의 투과 flux 변화를 측정하였다. 이들 두 가지 조건의 독립변수와 종

속변수인 flux는 다음 표(Table 5)와 같이 변화시켜 RSM방법으로 검토 분석하였다.

RSM 방법으로 최적조건을 선정하기 위하여 요인변수는 온도와 압력(psig)를 3단계로 부호화 하였고 투과 flux를 종속변수(Y)로 하여 Table 6과 같은 중심합성계획에 의해 그 결과를 2차 회귀 모형식을 사용하여 반응표면분석(RSM)과 등고분석(contour map)으로 도시하였고 2차 회귀방정식에 의해 전체적 상관계수( $R^2$ )를 계산하고 최적 조건을 선정하였다.

**Table 5. Levels of flux conditions in experimental design for NF system**

Xi	Flux conditions	Levels		
		-1	0	+1
X <sub>1</sub>	Temperature(°C)	10	25	40
X <sub>2</sub>	Pressure(psig)	150	180	210

**Table 6. Central composite design for the optimization of flux for NF**

Experiment number	Operation conditions	
	Pressure(psig)	Temp.(°C)
1	150(-1)	10(-1)
2	150(-1)	25( 0)
3	150(-1)	40(+1)
4	180( 0)	10(-1)
5	180( 0)	25( 0)
6	180( 0)	40(+1)
7	210(+1)	10(-1)
8	210(+1)	25( 0)
9	210(+1)	40(+1)
10	180( 0)	25( 0)

## (2) Pilot plant에 의한 NF 막 분리

막 분리는 Fig. 3과 같은 과정으로 순물을 MF에 통과시켜 permeate는 앞의 실험에서 선정된 최적의 UF 여과 분리 농축조건으로 UF system을 작동시켰다. 여과된 UF permeate를 NF system으로 보내 이를 선정된 NF 막 분리 조건으로 다시 농축하여 원하는 농축배수까지 계속 막을 통과시켰다. 막분리 후 NF system은 약 4L의 증류수로 불순물을 제거하고 NF 막의 fouling을 유발한 오염 물질을 0.1N NaOH로 30분간 세척한 후 다시 증류수로 NF 여과액의 pH가 중성이 될 때까지 충분히 세정하였다. 농축된 retentate는 수거하여 건조시킨 후 만들어진 분말은 기능성 성분 분석에 사용하였다. 이때 NF 막분리에 의해 여과된 permeate는 COD와 BOD, SS 분석에 사용되었다.

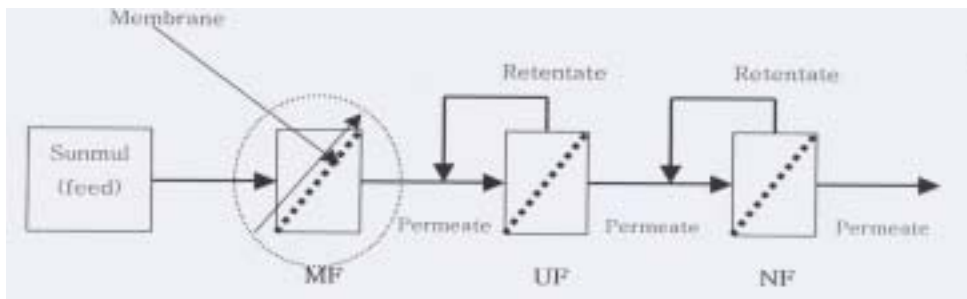


Fig. 3. Flow diagram for NF filtration of sunmul.

## (3) NF 농축액의 건조 방법

진공 농축한 NF 농축액의 건조를 위하여 상압건조, 진공건조, 동결건조와 같은 방법으로 농축액을 분말화 하였다. 상압건조 방법은 NF 농축액을 80℃의 열풍건조기(HAD BAEK Sci. Co., Korea)에서 예비건조 시킨 후 105℃의 dry oven(O-Sung Sci. Co., Korea)에 넣어 건조 시켰다. 진공 건조 방법은 rotary vacuum evaporator(EYELA Co., Japan)을 사용하여 70℃에서 건조시켰으며, 동결건조는 NF 농축액을 -70℃에서 24시간 동안 동결시킨 후 freeze dryer(II-Sin Eng. Co., Korea)을 사용하였다. 건조한 NF 분말을 60mesh의 체로 쳐서 시료로 사용하였다.

### 3. 막 분리시의 성질 및 이화학적 특성 분석

#### 1) 막분리시의 성질

##### (1) UF 장치의 TMP 측정

UF 장치에서는 feed solution의 흐름을 막(membrane)과 평행하게 유지함으로써 이물질이 막에 쌓여 여과되지 않는 경우를 최소화하기 위한 tangential flow filtration(TFF)의 여과 방법을 얻고자 할 때 고려되어야 하는 요소는 TMP(trans-membrane pressure)이다.

TMP(Trans-membrane pressure)는 막을 사이에 두고 걸리는 차압(pressure drop)으로 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{TMP} = \frac{P_{\text{in}} + P_{\text{out}}}{2} - \text{permeate pressure}$$

$P_{\text{in}}$  : Inlet feed pressure,  $P_{\text{out}}$  : Outlet retentate pressure

여기서 permeate pressure는 대기압을 의미하며 따라서 permeate pressure = 0이 되어 TMP는  $P_{\text{in}}$ 과  $P_{\text{out}}$ 의 평균값으로 계산하였다.

##### (2) Average flux

Average flux는 사용된 막의 단위면적( $\text{m}^2$ )과 단위시간(hrs)당 여과되는 평균 부피의 양으로 계산하였다.

$$\text{Average flux} = \frac{\text{여과부피(ml)}}{\text{막면적}(\text{m}^2) \times \text{여과시간(hrs)}}$$

##### (3) 농축배수(VCF)

농축배수(volumetric concentration factor)는 여과전 순물의 부피( $V_{\text{initial}}$ )를 여과후 얻어진 retentate의 부피( $V_{\text{final}}$ )로 나눈값을 계산 하였다.

$$VCF = \frac{V \text{ initial}}{V \text{ final}}$$

#### (4) Fouling index(b)

막 오염을 수식으로 표현하는 가장 간단한 방법은 semi-empirical model(반경험적 모델)의 파울링 모델식을 적용하였다. 사용된 역함수(power law)형태의 모델식<sup>77)</sup>을 적용하였다.

$$J_v = J_o t^{-b}$$

$J_v$  : 운전시간 t분에서의 투과 flux( $\ell/m^2 \cdot hr$ )

$J_o$  : 운전시간 1분에서의 투과 flux( $\ell/m^2 \cdot hr$ )

t : 운전시간(min)

b : fouling index

## 2) 막분리 후의 이화학적 특성

### (1) 점도, pH, 당도 측정

순물과 막분리 후 UF와 NF 농축액의 점도를 측정하기 위하여 점도계(Digital Viscometer model DV-II, USA)를 사용하여 시료의 점도를 측정하였다. 시료의 온도는  $20 \pm 1^\circ C$ 로 하였고, spindle=1을 사용하여 RPM 50에서 점도를 측정하였다. 순물과 농축액의 pH는 pH meter(Beckman, USA)를 사용하여 시료는 가능한 한 기포를 제거한 후 시료의 pH를 측정하였고, 당도는 refractometer (Atago, Japan)를 사용하여  $^\circ Brix$ 로 측정하였다.

### (2) 색도와 현탁도 측정

순물과 농축액 그리고 여과액의 색은 color difference meter(CR-200, Minolta Inc., Japan)를 사용하여 표면색을 Hunter 값인 L, a, b로 측정하였다. 이때 사용한 표준판의 색도는 분말일 경우 L : 95.10, a : 0.3126, b : 0.3191이었고, 액체일 경우 L : 100.00, a : 0.3101, b : 0.3162이었다. 색도는 3회 측정한 후 측정값의 평균값으로 나타내었다.

현탁도(turbidity)는 시료를 600nm에서 spectrophotometer(Beckman, DU650,

USA)를 사용하여 측정하였다.

### (3) 입도 측정

UF 분리 농축액을 rotary vacuum dryer로 진공농축 시켜 분무 건조한 분말의 입도 분포는 particle size analyzer(Cilas 1064, Cilas, France)로 입자 크기 및 분포도를 3회 측정하여 cumulation value 10, 50, 90%의 입자크기와 mean diameter의 전체 평균값을 계산하였다.

## 3) COD, BOD, SS 측정

COD(화학적 산소 요구량)는 수중의 유기물을 화학적으로 산화할 때 소비되는 산소량(mg/ℓ)을 측정하는 것으로 수중의 유기물양을 검사하는데 사용하며, BOD(생물학적 산소 요구량)는 수중의 분해 가능한 유기물질이 생물화학적으로 산화하는데 필요한 산소의 양으로 호기성 미생물을 증식, 호흡할 때 산소가 소비되는 것을 의미한다. 순물과 MF, UF, NF 여과액의 COD와 BOD, SS(부유물질)는 수질오염의 공정시험법<sup>78)</sup>에 준하여 측정하였으며 이들의 값은 다음방법 의하여 측정하였다.

### (1) COD 측정

300ml 둥근 플라스크에 시료 50ml을 취하여 물을 넣어 전량을 100ml로 하고 황산 10ml를 넣고 황산은 분말 약 1g을 넣어 세계 흔들어 준 다음 수분간 방치하고, 0.025N-과망간산칼륨액 10ml를 정확히 넣고 둥근바닥 플라스크에 냉각관을 붙이고 끓는 수욕중에서 30분간 가열하였다. 그 후 0.025N 수산화나트륨 10ml를 넣고 60~80℃를 유지하면서 0.025N-과망간산칼륨용액을 사용하여 옅은 홍색을 나타낼 때까지 적정하였다. 증류수 100ml를 사용하여 같은 조건으로 바탕시험을 하여 COD값을 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{COD}(\text{mg}/\ell) = (b - a) \times f \times \frac{1000}{V} \times 0.2$$

a : 바탕시험 적정에 소비된 0.025N-과망간산칼륨용액(ml)

b : 시료의 적정에 소비된 0.025N-과망간산칼륨용액(ml)

f : 0.025N-과망간산칼륨용액 역가(factor)

V : 시료의 양(ml)

## (2) BOD 측정

용존산소가 포화되도록 증류수를 충분한 시간동안 방치시킨 후 물 1ℓ에 대하여 phosphate 완충용액(pH 7.2,  $K_2HPO_4$  : 21.75g,  $KH_2PO_4$  : 8.5g,  $Na_2HPO_4 \cdot 12H_2O$  : 44.6g,  $NH_4Cl$  : 1.7g을 1ℓ의 증류수에 용해시킨 용액), 2.25%  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  용액, 2.75%  $CaCl_2$  용액, 0.025%  $FeCl_2 \cdot 6H_2O$  용액을 증류수 1ℓ당 1ml씩 첨가하여 희석수를 제조하였다.

① DO(용존산소)측정

② BOD 측정

위에서 만든 희석수에 순물과 막투과 여액을 50ml 넣은 다음 3개의 300ml용 BOD병에 채운 후 두개는 BOD 배양기에서 20℃ 어두운 곳에서 5일간 배양하고, 나머지 한 병은 15분간 방치 후 DO값을 측정하였다. 처음의 DO값과 5일 배양한 다음 남아있는 용존산소량의 평균치의 차이로부터 BOD를 다음식에 의하여 계산하였다.

$$BOD(mg/\ell) = (D_1 - D_2) \times P$$

$D_1$  : 희석(조제)한 검액(시료)의 15분간 방치한 후의 DO ( $mg/\ell$ )

$D_2$  : 5일간 배양한 다음의 희석(조제)한 검액(시료)의 DO 평균치( $mg/\ell$ )

P : 희석시료 중 시료의 희석배수(희석시료 / 시료량)

## (3) S S(부유물질) 측정

SS의 측정은 유리섬유 여지를 105~110℃에서 건조시켜 무게(a)를 측정하고 이를 여과기에 부착시킨 다음 시료를 여과기에 주입하면서 흡인 여과한 후 유리섬유 여지를 105~110℃의 건조기에서 건조시켜 무게(b)를 측정하여 다음식에 의해 계산하였다.



$$S \text{ S(mg/}\ell) = (b - a) \times \frac{1000}{V}$$

a : 시료 여과전의 유리섬유 여지 무게(mg)

b : 시료 여과후의 유리섬유 여지 무게(mg)

V : 시료의 양(mℓ)

#### 4. 막분리 농축액의 기능성 성분 분석

##### 1) Isoflavone 분석

UF, NF 분리농축액 분말의 isoflavone의 분석은 60 mesh 체를 통과한 분말 1g에 80% ethanol 20ml를 넣어 ultrasonicator에서 50℃에서 60분간 추출한 다음 고속원심분리기(HMR-2201V, Hanil centrifuge CO., Inchon, Korea)로 12000rpm에서 20분간 원심분리하여 추출하였다. 추출액은 syringe filter(0.22μm, Waters Co., Milford, Massachusetts, USA)로 여과하여 미세물질을 제거한 다음 HPLC(Waters Co., Milford, Massachusetts, USA)에 20μℓ 주입하여 Waters 486 absorbance detector로 254nm에서 1ml/min의 flow rate로 isoflavone을 분석하였다.

분석에 사용된 column은 Water사(Waters Co., Milford, Massachusetts, USA)의 XTerra™ RP<sub>18</sub> 5μm 4.6×250mm column을 사용하였고, mobile phase는 acetic acid 0.1%를 각각 함유한 3차 증류수(용매A)와 acetonitrile(용매B) 사용하였으며, gradient는 용매A : 용매B = 85 : 15로 시작하여 95분 후 같은 비율로 마쳤다. 분리한 isoflavone은 genistein, genistin, daidzein, daidzin, glycitein, glycitin이었고 이들 함량은 6가지의 표준 물질의 농도에 대한 peak면적의 표준 정량곡선(standard calibration curve)으로부터 계산하였다. Isoflavone의 결과는 건물량 기준(mg/g)으로 환산하였으며 3반복 측정결과의 평균으로 계산하였다.

## 2) Oligo 당 분석

Oligo 당 분석을 위한 UF, NF 농축액의 전 처리는 분말 1g에 10% ethanol 10ml를 넣어 ultrasonicator에서 60분간 추출한 다음 고속원심분리기 (HMR-2201V, Hanil centrifuge Co., Inchon, Korea)로 12000rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 상층액 0.5ml를 취하여 증류수 0.5ml와 10% lead acetate를 각각 0.5ml씩 첨가해 초고속원심분리기로 12000×g에서 5분간 원심분리 하였고, 상층액을 취하여 잔류하는 lead acetate를 제거하기 위해 10% oxalic acid를 첨가하여 침전 시킨 후 syringe filter (0.22 $\mu$ m, Waters Co., Milford, Massachusetts, USA)를 통과시켜 미세물질을 제거하고 이것을 HPLC(Waters Co., Milford, Massachusetts, USA)에 20 $\mu$ l주입하여 oligo 당을 목 등<sup>58)</sup>의 방법을 수정 보완한 방법으로 분석하였다.

분석시 사용된 column은 Waters사(USA)의 carbohydrate analysis column (3.9×300 mm, Waters)이었으며, 이동상은 탈기한 65% acetonitrile을 사용하였고 유속은 1.3ml/min이었다. 분리한 oligo 당은 sucrose, raffinose, stachyose이었고 이들 함량은 3가지의 표준물질의 농도에 대한 peak면적의 표준정량곡선(standard calibration curve)으로부터 계산하였다. Oligosaccharide의 결과는 건물량 기준 (g/g)으로 환산하였으며 3반복 측정결과의 평균으로 계산하였다.

## II. 결과 및 고찰

### 1. UF 여과에 의한 농축 및 분리조건 조사

#### 1) TMP와 온도에 따른 투과 flux의 변화

순물의 UF막분리 과정 중 TMP가 투과 flux에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 이때 순물의 온도는 25°C이었으며 TMP는 0.5~2.8bar의 범위였다. 그 결과 TMP가 0.5에서 2.4bar까지 증가하면서 투과 flux는 거의 직선적으로 증가하였다가 그 이상의 TMP에서는 증가하지 않았다. TMP가 1.0bar일 때의 flux는 25.0  $\ell/m^2hr$ , 2.0bar일 때에는 41.0  $\ell/m^2hr$ 이었으며 2.4bar에서 44.0  $\ell/m^2hr$ 로 최대값을 보여주었다. 그 이상의 TMP인 2.8bar에서는 44.0  $\ell/m^2hr$ 로 2.4bar때의 값과 거의 같았다. 따라서 순물의 UF 막투과를 위한 적절한 TMP는 2.0~2.5bar의 범위에서 UF를 작동하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

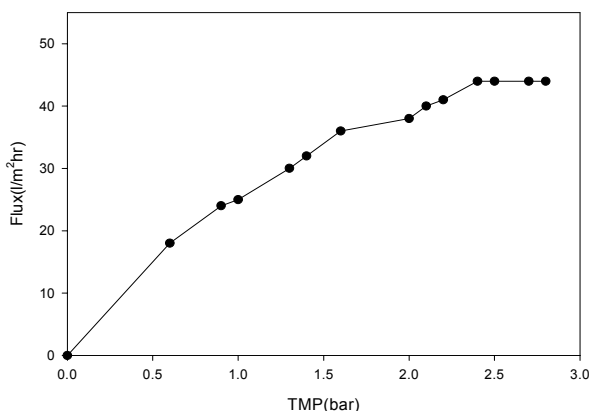


Fig. 4. Effects of TMP on permeate flux of sunmul during UF filtration at 20°C.

Fig. 5는 순물의 UF 분리 과정 중 순물의 온도가 투과 flux에 미치는 영향을 비교 한 것으로 전반적으로 순물의 온도가 낮을수록 flux도 감소하였고 막투과 시간이 길어지면서 투과 flux가 감소하였다. 막투과 개시 1분 후의 초기 flux는 10°C에서 32.0  $\ell/m^2hr$ , 25°C에서 42.0  $\ell/m^2hr$ , 40°C에서 59.0  $\ell/m^2hr$ 으로 온도에

따라 현저한 차이가 있었고 이러한 초기 flux는 시간이 경과됨에 따라 지속적 감소가 있어 0.33시간 후에는 각각 24.0, 34.0, 46.0  $\ell/m^2hr$ 로 감소하였다.

이 결과 순물의 UF분리는 40°C에서 여과하는 것이 가장 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 본 실험에 사용한 UF막의 재질이 유기성막 이어서 40°C이상에서는 막의 치밀성이 느슨해지는 특성이 있어 그 이하의 온도에서 조절하였다.

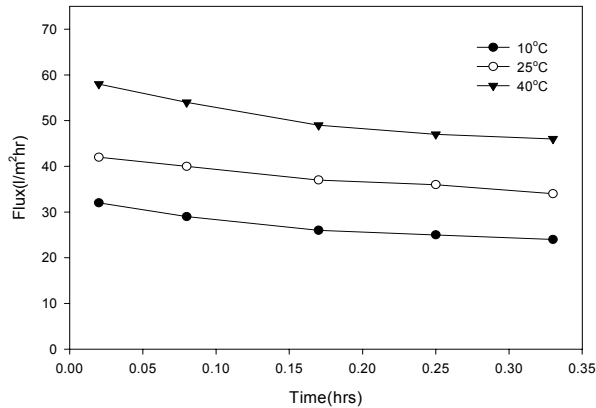


Fig. 5. Changes in permeate flux of sunmul during UF filtration at 2.0bar of TMP and different temperature.

## 2) RSM에 의한 최적 조건 선정

UF 막분리를 위한 TMP와 순물온도의 최적 조건을 선정하기 위하여 이들의 각 조건별 투과 flux의 양을 측정하여 반응표면분석 방법(RSM)으로 분석한 결과는 Fig. 6과 같다. 이때 TMP는 1.5, 2.0, 2.5 bar와 시료온도는 10, 25, 40°C로 하였다. 최적화 인자로 설정한 종속변수(permeate flux)에 대한 독립변수(TMP와 온도)의 변화에 의한 회귀식의 결과는 다음과 같다.

$$Y = -32.555556 + 50.452381X_i - 0.112698X_j + 0.233333X_iX_j - 10.571429X_i^2 + 0.008254X_j^2$$

종속변수에 미치는 독립변수의 영향을 살펴본 결과  $R^2$ 의 값은 0.9850으로 높은 상관관계를 가지고 있음을 알 수 있었으며, 이차함수로 회귀된 각각의 회귀식의 예측치를 분석한 결과 등고분석(contour map)에서 TMP 2.1bar, 시료온도 40°C 구간이 최대 투과 flux( $55 \text{ l/m}^2\text{hr}$ ) 구간이었다. 하지만 40°C 이상의 온도가 UF 막의 변성가능성이 있고 막분리 과정 중 온도가 5~7°C 상승됨을 고려할 때 TMP 2.3~2.4bar, 시료온도 30~32°C를 최적으로 선정하였다.

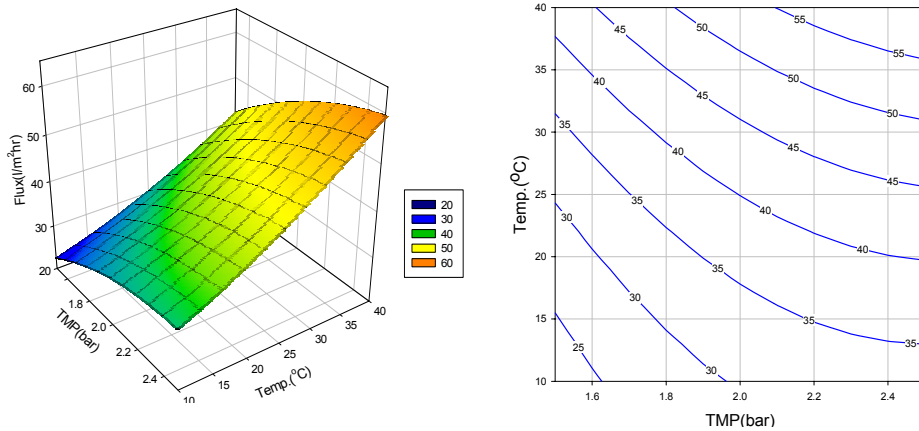


Fig. 6. Response surface and contour map for the effects of temperature and TMP on permeate flux by UF filtration.

### 3) 온도와 시간에 따른 fouling index 변화

UF 막분리를 계속할 경우 막에 오염 현상이 일어나게 되면서 투과 flux 량이 떨어지게 되는 현상 fouling이 일어나게 된다. 순물의 UF 여과시 fouling index를 구하여 투과 flux 량을 예측하고자 순물의 온도를 10, 25, 40°C로 달리하여 여과 시간에 따른 온도별 fouling index를 계산한 결과는 Fig. 7과 같다.

그 결과 fouling index는 막분리 시작 5분 후에는 0.0303~0.0444 범위였으나 분리시간이 경과하면서 점점 증가하였다. 시료 온도별 fouling index는 막분리 20분 경과 후 10°C가 0.0996, 25°C가 0.0721, 40°C가 0.0705으로 25°C와 40°C의 fouling index가 거의 비슷하게 낮았다. 반면에 시료온도 10°C에서는 fouling

index의 증가가 보다 높은 온도의 시료보다 현저하게 증가된 것을 볼 수 있었다. 따라서 UF 막분리는 시료온도 25℃이상의 온도로 유지하는 것이 UF 막의 fouling 생성을 최소한으로 억제하는데 효과가 있음을 알 수 있었다.

결과적으로, 위 두 결과를 고려하여 볼 때 순물의 UF 분리 농축시 조건으로는 시료온도를 30~32℃로 조절하며 UF system의 TMP를 2.3~2.4bar로 조절하는 것이 가장 경제적이며 효율적이라고 판단되었다.

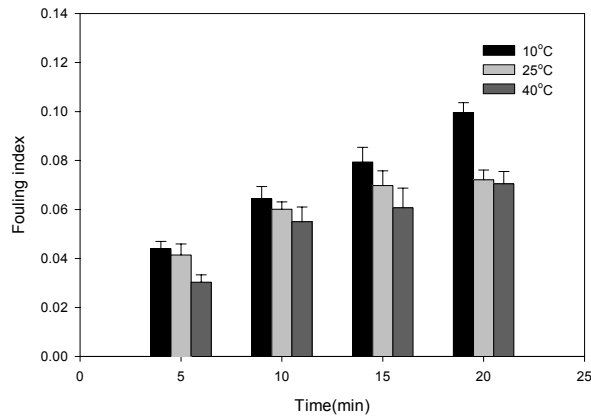


Fig. 7. Changes in fouling index during UF filtration at different temperature and TMP 2.0 bar from sunmul.

#### 4) UF 농축액의 isoflavone과 oligo 당 함량 비교

MF를 통과한 순물을 UF 막분리 후 분리된 농축액(retentate)을 동결건조 시키고 고형분 함량과 isoflavone 함량을 측정 한 결과는 Table 7과 같았다. 그 결과 두 겹의 cheese cloths로 여과시킨 순물의 고형분 함량은 1.04%이었던 것이 UF막을 통과 후 농축이 진행되면서 부피의 농축배수(VCF)가 6.0일 때는 1.60%, 10.0일 때는 1.80%로 증가하여 농축이 더 진행되면서 농도가 높아졌다. 콩의 주요 기능성 물질인 isoflavone을 순물과 UF농축액을 비교한 결과 total isoflavone은 순물에 1671.80 $\mu\text{g/g}$  함유되어 있던 것이 VCF 4.0의 UF농축액 고형분에는 1340.89 $\mu\text{g/g}$ 이었고 VCF 8.0에서는 1153.58 $\mu\text{g/g}$ , VCF 10.0에서는 1090.11 $\mu\text{g/g}$ 으로

낮아졌다. 농축배수가 높아지면서 isoflavone의 함량이 낮아진 것은 isoflavone의 분자량이 600이하여서 UF막을 통과하는 양이 많아졌기 때문이라 생각된다.

**Table 7. Total solid and isoflavone contents and isoflavone yield of sunmul and retentate separated by UF**

	Sunmul	UF retentate(VCF)			
		4.0	6.0	8.0	10.0
Volume(ml)	100	25.00	16.67	12.50	10.00
Total solids(%)	1.04	1.46	1.60	1.76	1.80
Isoflavone( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>1)</sup>					
Daidzein	81.42	64.56	76.06	75.42	75.90
Daidzin	551.63	422.36	368.68	337.10	323.68
Genistein	71.34	45.80	48.64	53.22	58.46
Genistin	762.90	654.31	577.26	547.56	505.69
Glycitein	33.41	21.68	23.04	23.76	23.82
Glycitin	171.10	132.18	124.58	116.52	102.56
Total	1671.80	1340.89	1218.26	1153.58	1090.11
Total isoflavone in retentate(mg) <sup>2)</sup>	1.74	0.49	0.32	0.25	0.20
Total isoflavone yield(%) <sup>3)</sup>		28.16 <sup>a</sup>	18.39 <sup>b</sup>	14.94 <sup>bc</sup>	11.49 <sup>c</sup>

1): g of isoflavone / g of total solids

2): Total isoflavone( $\mu\text{g/g}$ )  $\times$  total solids(%) / 100  $\times$  retentate volume(ml)

3):  $\frac{\text{Total isoflavone in UF retentate}}{\text{Total isoflavone in sunmul}} \times 100$

<sup>a, b, c</sup> Mean value with a row followed by the different letters are significantly different at 1% level by Duncan's multiple range tests

막분리에서 회수된 농축액을 순물 100ml를 기준으로 할 때 농축배수(VCF)가 4.0 일 때 25ml, 10.0 일 때는 10ml이어서 측정된 isoflavone을 농축액 부피(ml)와 고형분 함량(%)으로 계산한 total isoflavone의 총량은 순물 100ml의 경우

isoflavone은 1.74mg, VCF 4.0의 UF농축액은 0.49mg이었고 VCF 6.0은 0.32mg, VCF 8.0은 0.25mg, VCF 10.0은 0.20mg이었다. UF농축액에의 isoflavone 회수율은 농축배수(VCF)가 증가하면서 낮아져 VCF가 4.0일때 28.16%, 6.0일때 18.39%, 8.0일때 14.94%, 10.0일때 11.49정도이었다.

또한 oligo 당은 콩에 상당량 함유되어 있는 성분으로 일반적으로 콩에 약 10%정도이며 수용성이어서 두부제조시 순물에 녹아 나와 폐수의 오염을 증가시키는 물질중의 하나이다. 하지만 최근에는 oligo 당의 생리활성 기능이 탁월하다는 보고<sup>25-26)</sup>가 알려지면서 기능성 소재로 각광받고 있다. 콩에는 주로 이당류인 sucrose, 삼당류인 raffinose, 사당류인 stachyose로 구성되어 있다.

Table 8은 순물과 UF 농축액속에 존재하는 oligo 당 함량을 측정된 결과이다. 순물에는 oligo 당이 건물량으로 35.4%를 차지하며, oligo 당의 구성 비율은 sucrose : raffinose : stachyose가 4.4 : 2.0 : 3.6으로 존재하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 이<sup>5)</sup>에 따르면 5.0 : 1.0 : 4.0으로 그 비율에는 약간 차이가 있는 것으로 나타났으나 당의 함량의 순서는 동일하였다.

UF 막분리에서 회수된 농축액을 순물 100ml을 기준으로 할 때 총 oligo 당의 총량은 순물 100ml의 경우 0.368g, VCF 4.0의 UF 농축액은 0.101g, VCF 6.0은 0.066g, VCF 8.0은 0.055g, VCF 10.0은 0.047g으로 농축이 진행될수록 순물속에 함유된 oligo 당은 UF막을 더 많이 통과하고 있음을 알 수 있었다. 또한 UF 농축액에서의 oligo 당의 회수율은 27.57~12.77%로, 이는 isoflavone의 결과와 유사하였다.

따라서 순물에 존재하는 상당량의 isoflavone과 oligo 당은 UF막을 통과하여 UF 여과액(permeate)에 포함되어 있어 이들을 회수할 수 있는 NF막의 여과가 필요함을 보여주고 있다. 이때 UF 막분리에서 기능성 성분인 isoflavone과 oligo 당의 회수율을 고려하여 볼 때 VCF 10.0으로 농축하는 것이 isoflavone과 oligo 당의 함량을 UF 농축액속에 최소한 잔류하게 하고 NF system으로 가장 많이 흘러 들어가게 하는데 가장 효과적이었다. 그러나 UF system의 특성상 시간에 따른 UF막의 fouling 생성이나 농축 시간 등을 고려할 때 isoflavone의 회수율이 18.39%, oligo 당 회수율이 17.93%였던 VCF 6.0으로 UF system을 작동하는 것



이 가장 경제적이다 생각 된다.

**Table 8. Total solid and oligosaccharide contents and oligosaccharide yield of sunmul and UF retentate separated by UF**

	Sunmul	UF retentate(VCF)			
		4.0	6.0	8.0	10.0
Volume(ml)	100	25.00	16.67	12.50	10.00
Total solids(%)	1.04	1.46	1.60	1.76	1.80
Oligosaccharide(g/g) <sup>1)</sup>					
Sucrose	0.157	0.122	0.099	0.099	0.100
Raffinose	0.071	0.024	0.022	0.023	0.028
Stachyose	0.126	0.132	0.127	0.128	0.134
Total	0.354	0.278	0.248	0.250	0.262
Total oligosaccharide in retentate(g) <sup>2)</sup>	0.368	0.101	0.066	0.055	0.047
Total oligosaccharide yield(%) <sup>3)</sup>		27.57 <sup>a</sup>	17.93 <sup>b</sup>	14.95 <sup>bc</sup>	12.77 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>: g of oligosaccharide / g of total solids

<sup>2)</sup>: Total oligosaccharide(g/g) × total solids(%) / 100 × retentate volume(ml)

<sup>3)</sup>: 
$$\frac{\text{Total oligosaccharide in UF retentate}}{\text{Total oligosaccharide in sunmul}} \times 100$$

<sup>a, b, c</sup> Mean value with a row followed by the different letters are significantly different at 1% level by Duncan's multiple range tests

### 5) 농축정도에 따른 이화학적 특성

순물의 MF 여과액과 UF 농축 분리 과정 중 농축정도에 따른 pH, °Brix, viscosity, absorption 그리고 color의 변화를 측정된 결과는 Table 9와 같다. 순물의 pH 5.34에서 MF 여과 후 5.30으로 약간 감소하였던 것이 UF 분리와 농축이 진행되면서 더욱 감소하여 VCF 6.0의 경우 UF 농축액은 4.71, 여과액은 4.74

로 되어 산성화가 되고 있음을 알 수 있었다.

°Brix는 0.60의 순물이 MF 여과 후 0.50으로 낮아 졌고 UF 농축액의 경우 VCF가 증가함에 따라 증가하였다. 여과액 에서는 MF와 UF여과시 각각 0.50 °Brix와 0.4 °Brix로 감소하였으며 UF여과액에서는 농축정도와 상관없이 낮았다. Viscosity와 absorption 또한 °Brix와 매우 유사한 경향을 보여주었다. 현탁도 (600nm에서의 흡광도)에서도 MF여과 후 0.51에서 0.41로 감소하였고 UF농축액 에서는 증가한 반면 여과액 에서는 0.01로 크게 감소하였다.

**Table 9. Changes in pH, refractive concentration, viscosity, absorption and color of UF retentate and permeate of sunmul as affected by VCF**

	pH	°Brix	Viscosity (cp)	Absorption	Color		
					L	a	b
Sunmul	5.34	0.60	8.20	0.51	65.13	0.46	8.81
MF-P <sup>1)</sup>	5.30	0.50	7.20	0.40	66.05	0.40	8.45
UF-P(VCF)							
1.25	5.16	0.40	7.30	0.01	99.66	-0.56	2.13
1.67	5.09	0.40	8.00	0.01	99.51	-0.13	1.71
2.50	4.96	0.40	8.00	0.01	99.39	-0.04	1.67
6.00	4.74	0.40	7.70	0.01	99.40	-0.14	1.87
UF-R <sup>2)</sup> (VCF)							
1.25	5.09	0.60	9.20	0.41	64.65	1.24	8.52
1.67	5.06	0.60	9.90	0.44	61.96	1.58	8.72
2.50	4.95	0.80	9.90	0.65	56.70	1.60	9.00
6.00	4.71	0.90	10.40	1.01	43.49	1.62	9.01

<sup>1)</sup>: permeate

<sup>2)</sup>: retentate

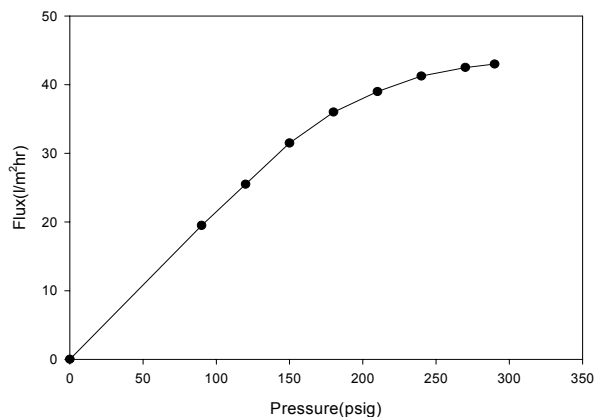
또한 농축액과 여과액의 색은 순물의 MF 여과 후 L값은 65.13에서 66.05로 다소 증가하였으나, a와 b값은 0.46에서 0.40, 8.81에서 8.45로 감소하였다. 농축이

진행됨에 따라 UF 농축액의 색은 L값이 현저하게 감소하였으며, a와 b값은 약간 증가하는 경향을 보였다. 또한 UF 여과액의 경우 L값은 다소 감소하였고 a값은 증가하였으나 b값은 감소하였다. 이러한 농축액의 색변화 현상은 농축이 진행됨에 따라 UF막을 빠져 나오지 못한 고분자 물질들의 농도가 농축액에서는 증가하고 여과된 액은 맑고 투명한색을 띠면서 색의 변화가 일어나는 현상이라고 생각된다.

## 2. NF 여과에 의한 농축 및 분리 조건 조사

### 1) 압력(psig)과 온도에 따른 투과 flux의 변화

순물의 UF 막 분리 후 여과된 UF permeate를 NF로 다시 분리·농축하기 위하여 NF막 장치의 압력(psig)이 투과 flux에 미치는 영향을 조사한 결과는 Fig. 8과 같다.

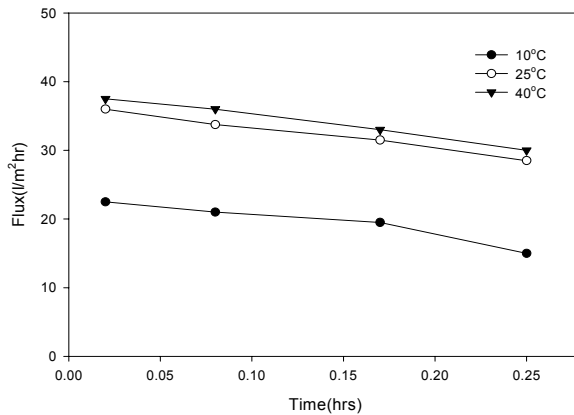


**Fig. 8. Effects of pressure(psig) on permeate flux of UF permeate during NF filtration at 20°C.**

이때의 UF permeate의 온도는 20°C로 일정하게 유지하였으며, NF 막의 압력은 0~270psig로 변화를 주어 투과 flux를 측정하였다. 그 결과 압력을 150psig까지 증가시켰을 때 투과 flux는 거의 직선적으로 증가하였다가, 그 이상의 압력에

서는 완만한 곡선적 증가를 보였다. 압력이 150psig 일때의 투과 flux는  $31.5 \ell / m^2 hr$ , 210psig일 때는  $39.0 \ell / m^2 hr$ 이었다. 높은 압력의 240과 270psig에서는 각각  $41.3 \ell / m^2 hr$ ,  $42.5 \ell / m^2 hr$ 로 최대 flux값을 보였지만, 압력의 증가에 비해 투과 flux의 증가는 현저하게 감소된 것을 알 수 있었다. 또한 NF filtration 장치의 압력을 200psig 이상으로 증가시켰을 때 높은 압력에 의한 NF막의 손상과 장치의 불안정으로 이상을 야기 시킬 수 있기 때문에 UF permeate의 NF막 분리를 위한 적절한 압력은 150~200psig의 범위에서 NF 시스템을 작동하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

UF permeate의 NF막 분리 과정 중 시료의 온도가 투과 flux에 미치는 영향을 비교한 결과는 Fig 9와 같다.



**Fig. 9. Changes in permeate flux of UF permeate during NF filtration at 150psig of pressure and different temperature.**

이때의 압력은 150psig로 일정하게 유지시켰으며 온도는 10, 25, 40°C로 조정하였다. 온도가 10°C일 때에는 현저하게 낮은 flux를 보였으나, 보다 높은 온도 25°C와 40°C에서는 큰 차이가 없었지만 40°C에서 가장 높은 flux를 나타냈다. 막 투과 개시 1분후의 초기 flux는 10°C에서  $22.5 \ell / m^2 hr$ , 25°C에서  $36.0 \ell / m^2 hr$ , 40°C에서  $37.5 \ell / m^2 hr$ 로 온도에 따라 투과 flux에는 큰 차이가 있었지만 특히, 낮은 온도 10°C에서 flux가 가장 크게 감소하였음을 알 수 있었다. 또한 초기 flux

는 시간이 경과함에 따라 막 오염과 UF permeate의 농축에 의하여 투과 flux는 지속적으로 감소하여 0.25시간 후에는 각각 15.0, 28.5, 30.0  $\ell/m^2hr$ 로 감소하였고 이러한 경향은 모든 온도에서도 유사하게 나타났다. 따라서 UF permeate의 NF 막 분리를 위한 적절한 온도는 유기성 NF막의 재질에 영향을 주지 않는 40°C이하의 온도, 10°C이상의 보다 높은 온도에서 여과하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

## 2) RSM에 의한 최적 조건 선정

UF system에서 얻어진 UF permeate의 NF 막분리를 실시하였다. 이때 NF막 여과 장치의 압력(psig)과 UF permeate 온도의 최적 조건을 선정하기 위하여 이들의 각 조건별 투과 flux의 양을 측정하여 반응 표면분석 방법(RSM)으로 분석한 결과는 Fig. 10과 같다. NF 장치의 압력은 150, 180, 210psig와 UF permeate 온도는 10, 25, 40°C로 조정하였다. 최적화 인자로 설정한 종속변수(permeate flux)에 대한 독립변수(압력과 온도) 변화에 의한 회귀식의 결과는 다음과 같다.

$$Y = -29.511905 + 0.403571X_i + 1.221419X_j + 0.000833X_iX_j - 0.000774X_i^2 - 0.018095X_j^2$$

종속변수인 투과 flux에 미치는 장치의 압력과 온도 즉, 독립변수의 영향을 살펴본 결과  $R^2$ 의 값은 0.9938으로 매우 높은 상관관계를 가지고 있음을 알 수 있었다. 이차함수로 회귀된 각각의 회귀식의 예측치를 분석한 결과 등고분석(contour map)에서 압력은 185psig이상, 온도는 25°C 이상일 때 최대 투과 flux 45.0  $\ell/m^2hr$  구간이었다. 이때 NF막 장치의 최대 압력 200psig와 막분리 과정 중 온도가 5~7°C 상승하여 NF막의 변성가능성이 있는 40°C이상의 온도를 고려하여 볼 때 최적의 조건은 압력 190~195psig와 UF permeate 온도 30~32°C으로 선정하였다.

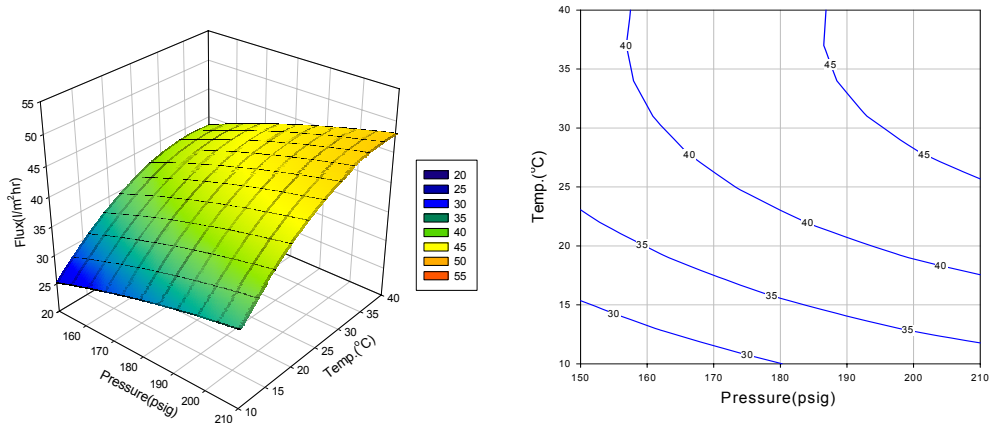


Fig. 10. Response surface and contour map for the effects of temperature and pressure on permeate flux by NF filtration.

### 3) 온도와 시간에 따른 fouling index 변화

NF막 분리를 계속할 경우 투과 flux량을 감소시키는 막의 fouling 현상이 일어난다. Fig. 11은 NF 여과시 UF permeate의 온도를 10, 25, 40°C로 달리하여 여과시간에 따른 온도별 fouling index를 계산한 결과이다. 막 분리 시작 후 5분에는 fouling index가 0.0253~0.0425의 범위로 낮았으며 온도별로는 40°C < 25°C < 10°C 순으로, 온도가 10°C일 때 가장 높게 나타났다. 이러한 경향은 시간이 경과함에 따라 보다 뚜렷이 나타났으며 15분 후에는 10°C가 0.1490, 25°C가 0.0857, 40°C가 0.0821으로 10°C의 경우 그 증가폭이 현저히 증가하였음을 보여주었다. 반면에 25°C와 40°C의 경우에는 시간 5분 경과 후에 fouling index의 차이가 다소 높게 나타났지만 15분 경과 후에는 거의 비슷한 fouling index 수치를 나타냈다. 따라서 UF 여과액의 온도를 25°C 이상을 유지하는 것이 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

결과적으로, 앞의 두 결과를 참고할 때 UF 여과액의 온도 30~32°C를 최적으로 선정하였으며, NF system의 압력을 190~195psig로 유지하는 것이 막분리 시간과 fouling 생성을 최소화할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

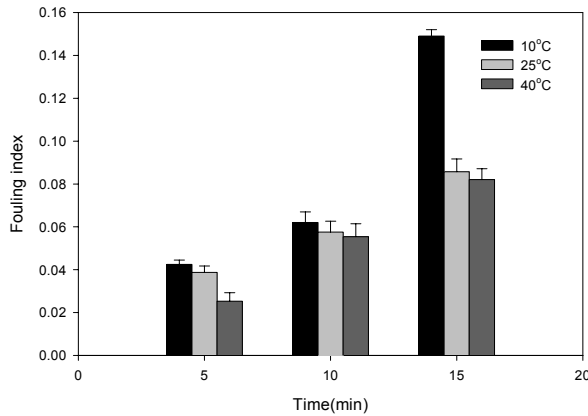


Fig. 11. Changes in fouling index during NF filtration at different temperature and 150psig of pressure from UF permeate.

#### 4) NF 농축액의 isoflavone과 oligo 당 함량 비교

순물의 UF system 막분리 후에 VCF 6.0으로 농축한 UF 농축액(retentate)은 수거하고, UF막을 통과한 UF 여과액에 존재하는 isoflavone을 회수하기 위하여 2차적으로 NF 막분리를 실시하였다. Table 10은 NF 막분리 후 분리된 NF 농축액을 동결 건조시키고 고형분 함량과 isoflavone의 함량을 측정된 결과이다. 이때 순물의 고형분 함량은 1.04%, UF막에 의해 6.0배로 농축된 UF 농축액의 고형분 함량은 1.60%이었고, UF 여과액이 NF 막에 의해 계속적으로 농축이 진행되면서 NF 농축배수(VCF)가 4.0, 6.0, 8.0, 10.0으로 증가함에 따라 고형분 함량도 2.80%, 4.12%, 4.74%, 4.81%로 높아졌다.

순물과 UF 농축액 그리고 NF 농축액의 기능성 성분인 isoflavone의 함량을 비교하여 본 결과 total isoflavone은 순물 고형분에 1671.80 $\mu$ g/g, VCF가 6.0인 UF 농축액에서는 1218.26 $\mu$ g/g로 함유되어 있던 것이 NF 농축액의 VCF가 4.0인 고형분에는 2372.98 $\mu$ g/g, VCF 10.0일때 2152.51 $\mu$ g/g으로 나타났다. NF 농축액의 고형분에 존재하는 isoflavone의 함량이 순물과 UF 농축액에 비해 높게 나타난 것은 분자량이 600이하의 isoflavone이 salt rejection 65%인 NF 막을 통과하지 못하고 NF 농축액속에 대부분이 잔류되었음을 알 수 있었다.

막분리에서 회수된 농축액을 순물 100ml를 기준으로 할 경우 VCF 6.0으로 한 UF 막분리 후 16.67ml의 UF 농축액과 73.33ml의 UF 여과액으로 분리 되었다. 이때 UF 여과액 전부를 NF system으로 보내고 NF 막에 의해 농축되어진 부피는 VCF가 4.0일때 20.83ml, 6.0일때 13.89ml, 8.0일때 10.42ml, 10.0일때 8.33ml였다. 측정된 isoflavone을 농축액의 부피(ml)와 고형분 함량(%)으로 계산한 total isoflavone의 총량은 각각 1.38mg, 1.33mg, 1.10mg, 0.86mg이었다.

**Table 10. Total solid and isoflavone contents and isoflavone yield of sunmul and NF retentate separated by NF system**

	Sunmul	UF	NF retentate(VCF)			
		6.0	4.0	6.0	8.0	10.0
Volume(ml)	100	16.67	20.83	13.89	10.42	8.33
Total solids(%)	1.04	1.60	2.80	4.12	4.74	4.81
Isoflavone( $\mu\text{g/g}$ ) <sup>1)</sup>						
Daidzein	81.42	76.06	118.84	115.77	101.00	103.46
Daidzin	551.63	368.68	670.27	643.32	592.19	552.96
Genistein	71.34	48.64	10.24	9.80	9.10	6.68
Genistin	762.90	577.26	1260.02	1247.70	1253.97	1227.64
Glycitein	33.41	23.04	35.49	35.07	30.18	32.33
Glycitin	171.10	124.58	278.12	266.55	238.40	229.44
Total	1671.80	1218.26	2372.98	2318.21	2224.84	2152.51
Total isoflavone in retentate(mg) <sup>2)</sup>	1.74	0.32	1.38	1.33	1.10	0.86
Total isoflavone yield(%) <sup>3)</sup>		18.39	79.31 <sup>a</sup>	76.44 <sup>a</sup>	63.22 <sup>b</sup>	49.43 <sup>c</sup>

1): g of isoflavone / g of total solids

2): Total isoflavone( $\mu\text{g/g}$ )  $\times$  total solids(%) / 100  $\times$  retentate volume(ml)

3): 
$$\frac{\text{Total isoflavone in UF and NF retentate}}{\text{Total isoflavone in sunmul}} \times 100$$

a, b, c Mean value with a row followed by the different letters are significantly different at 1% level by Duncan's multiple range tests.



Table 11은 NF 농축액에 함유되어 있는 oligo 당의 함량을 측정한 결과이며 NF 막에 의해 회수된 oligo 당의 회수율을 나타낸 것이다. 동결 건조한 NF 농축액의 oligo 당 함량은 건물량으로 VCF가 4.0일 때 45%에서 VCF 10.0일 때 50%으로 순물 고형분에 비해 약 40% 증가되었으며, 이는 UF 막분리에 의해 순물속에 존재하였던 10,000 dalton 이상의 큰 분자들이 제거되어 상대적으로 oligo 당의 함량이 높아졌음을 알 수 있었다. 또한 순물 100ml를 기준으로 할 경우 total oligo 당의 총량은 농축배수별로 각각 0.266g, 0.264g, 0.240g, 0.200g로 측정되었다.

**Table 11. Total solid and oligosaccharide contents and oligosaccharide yield of sunmul and NF retentate separated by NF system**

	Sunmul	UF	NF retentate(VCF)			
		6.0	4.0	6.0	8.0	10.0
Volume(ml)	100	16.67	20.83	13.89	10.42	8.33
Total solids(%)	1.04	1.60	2.80	4.12	4.74	4.81
Oligosaccharide(g/g) <sup>1)</sup>						
Sucrose	0.157	0.099	0.236	0.232	0.239	0.251
Raffinose	0.071	0.022	0.076	0.081	0.083	0.092
Stachyose	0.126	0.127	0.145	0.148	0.164	0.157
Total	0.354	0.248	0.457	0.461	0.486	0.500
Total oligosaccharide in retentate(g) <sup>2)</sup>	0.368	0.066	0.267	0.264	0.240	0.200
Total oligosaccharide yield(%) <sup>3)</sup>		17.93	72.43 <sup>a</sup>	71.69 <sup>a</sup>	65.23 <sup>b</sup>	54.44 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>: g of oligosaccharide / g of total solids

<sup>2)</sup>: Total oligosaccharide(g/g) × total solids(%) / 100 × retentate volume(ml)

<sup>3)</sup>: 
$$\frac{\text{Total oligosaccharide in UF and NF retentate}}{\text{Total oligosaccharide in sunmul}} \times 100$$

<sup>a, b, c</sup> Mean value with a row followed by the different letters are significantly different at 1% level by Duncan's multiple range tests.

따라서 NF 농축액의 회수율은 농축배수(VCF)가 증가함에 따라 감소하였으며, 이때 VCF 4.0과 6.0의 경우 isoflavone은 각각 79.31%와 76.44%로, oligo 당은 각각 72.43%와 71.69%로 가장 회수율이 높았으며 그 차이는 크지 않았다. 차후에 NF 농축액의 건조과정에서의 고형분 함량을 고려할 경우 VCF 6.0으로 NF막 분리를 실시하는 것이 효과적이라 생각된다.

결과적으로 순물을 UF와 NF system으로 막분리 할 경우 각각 VCF 6.0으로 농축하는 것이 가장 적합하며 이때의 isoflavone의 회수율은 순물의 약 93%, oligo 당의 회수율은 약 90% 정도 회수 가능 할 것이다.

#### 5) 농축정도에 따른 이화학적 특성

순물의 NF 농축 분리 과정 중 농축 정도에 따른 NF 농축액과 여과액의 pH, °Brix, viscosity, absorption 그리고 color의 특성 변화를 측정 한 결과는 Table 12 와 같다. 순물의 pH 5.34에서 NF의 막분리가 진행되면서 pH가 서서히 감소하여 VCF 8.0일 때 NF 여과액은 4.70, 농축액은 4.85로 감소하였다. °Brix의 경우 0.60의 순물이 NF 여과 후 0.50으로 감소하였다가 NF막을 통과한 NF 여과액에서는 전혀 측정되지 않은 반면 NF 농축액에서는 농축이 계속 됨에 따라 크게 증가하여 NF 막분리를 완료 하였을 때 4.60으로 순물보다 약 7배 이상 높아졌다. 순물에 녹아있던 수용성 고형분 물질 등은 NF막에 의하여 거의 모두 회수되었음을 알 수 있었다.

NF 여과액의 viscosity는 농축진행과 상관없이 거의 변화가 없었고 NF 농축액에서는 약간 증가하였다. 현탁도(600nm에서의 흡광도)에서는 °Brix와 거의 유사한 경향을 보여 NF 여과액 모두 0.01로 현탁도의 변화가 없었으나, NF 농축액은 농축이 진행됨에 따라 증가하여 VCF 8.0에서는 1.23으로 순물보다 약 2배 이상의 증가를 보였다. NF 여과액의 색은 농축정도에 따라 L, a, b 값 모두 100.03~100.10, -0.11~-0.40, 0.05~0.07 범위로 큰 색의 변화 없이 무색 투명한 상태였으며, NF 농축액은 NF 막분리가 완료된 VCF 8.0에서는 L값과 b값은 순물에서 각각 65.13, 8.81로부터 각각 95.72, 11.26로 증가하였고 a값은 0.46에서 -1.20으로 감소하였다.

Table 12. Changes in pH, refractive concentration, viscosity, absorption and color of NF retentate and permeate of sunmul as affected by VCF

	pH	°Brix	Viscosity (cp)	Absorption	Color		
					L	a	b
Sunmul	5.34	0.60	8.20	0.51	65.13	0.46	8.81
MF-P <sup>1)</sup>	5.30	0.50	7.20	0.40	66.05	0.40	8.45
NF-P(VCF)							
1.33	4.94	0.00	6.10	0.01	100.03	-0.11	0.07
2.00	4.80	0.00	6.30	0.01	100.10	-0.12	0.06
4.00	4.71	0.00	6.30	0.01	100.10	-0.12	0.05
8.00	4.70	0.00	6.30	0.01	100.06	-0.14	0.06
NF-R <sup>2)</sup> (VCF)							
1.33	5.04	0.60	6.60	0.02	99.30	-0.39	2.58
2.00	4.92	0.90	6.70	0.02	98.92	-0.48	3.37
4.00	4.89	2.10	6.80	0.04	98.14	-0.76	6.13
8.00	4.85	4.60	7.30	1.23	95.72	-1.20	11.26

<sup>1)</sup>: permeate

<sup>2)</sup>: retentate

따라서 이러한 모든 이화학적 특성 변화는 NF 농축이 진행됨에 따라 순물에 존재하는 일반적인 성분 물질 등이 NF 막을 통과하지 못하고 농축액속에 잔류되며 여과액속에는 NF 막을 통과할 수 있는 매우 작은 분자로 이루어진 성분들만 존재하리라 생각된다.

### 3. 막분리 농축액의 건조조건 조사

#### 1) UF 농축액의 건조조건

##### (1) UF 농축액의 진공농축 중 특성 변화

Pilot plant에서의 UF 분리농축액 고형분 농도는 VCF 6.0일 때 1.60%이어서 분무건조를 위해 더 농축을 해야 하기 때문에 진공농축을 실시하였다. 농축정도

를 °Brix로 측정하면서 농축시킬 때 UF분리 농축액은 1.0 °Brix였고 이를 40.0 °Brix까지 진공농축 시켰다. 이 과정에서의 농축액의 특성변화는 Table 13과 같다. 농축이 진행되면서 pH는 감소하여 pH 4.71에서 pH 4.31로 되었으며 점도는 10.40cp에서 328.00cp로 증가하였다. 600nm에서 측정한 탁도도 크게 증가하였다. 농축액의 색도는 L값이 크게 감소하여 착색물질의 농축현상과 농축액의 혼탁도 증가가 영향 주었으리라 생각된다. 붉은색의 a값은 1.62에서 4.62로 증가한 반면 b값은 감소하여 황색이 적어짐을 보였다.

**Table 13. Changes in pH, viscosity and color of UF retentate during vacuum concentration at 70°C**

°Brix	pH	Viscosity (cp)	Absorption (×100)	Color		
				L	a	b
1.0	4.71	10.40	0.01	43.49	1.62	9.01
10.0	4.39	22.90	0.18	13.35	1.53	6.05
20.0	4.36	58.00	0.37	8.30	3.30	5.02
30.0	4.33	150.00	0.54	5.07	4.31	3.29
40.0	4.31	328.00	0.82	3.57	4.62	2.34

## (2) 분무 건조 분말의 입도 및 수분 함량 비교

일반적으로 액상의 UF 농축액을 건조시키기 위해서는 여러 가지 방법 등이 있을 수 있다. 동결건조 방법은 가열에 의한 성분 변화가 없으나, 건조시간이 느리고 비용이 많이 드는 단점이 있어 최근에는 액상식품의 건조방법으로 분무 건조 방법이 많이 사용되고 있다. 그 이유는 동결건조 보다 생산성이 우수하고 건조온도가 비교적 높음에도 불구하고 원료가 열과 접촉하는 시간이 짧아 성분의 변화가 미비하다고 알려져 있기 때문이다<sup>79)</sup>. 따라서 UF 농축액의 건조 방법으로는 분무건조방법을 선정 하였으며, 분무 건조를 실시하기 위해 첨가된 부형제의

양과 배풍온도가 UF 분말 특성에 미치는 영향을 조사 하였다.

분무 건조된 UF 농축액의 입도는 Table 14와 같이 dextrin(DE=16) 첨가가 입도에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다. Cumulative value(Q<sup>3</sup>) 10%인 경우 0%와 20% dextrin첨가는 각각 1.99 $\mu$ m, 2.09 $\mu$ m로 비슷하였으나 40% dextrin 2.61 $\mu$ m로 커졌다. 50%와 90%의 Q<sup>3</sup>에서도 dextrin 0%와 20%는 비슷한 크기였으나 40%는 크게 증가하였다. 전체 평균값에서도 유사한 경향을 보여 dextrin 0%와 20%는 38 $\mu$ m정도이였으나 40% dextrin 첨가구는 141.7 $\mu$ m로 분무건조 분말의 직경이 약 3.7배 증가하였다. 따라서 분무건조를 위한 dextrin 첨가는 입자크기를 참고할 때 0%또는 20%첨가가 적절하였다.

**Table 14. Particle size distribution of spray dried UF retentate with addition of dextrin**

(unit:  $\mu$ m)

Parameter	Dextrin addition		
	0%	20%	40%
Diameter at 10% cumulation	1.99±0.17	2.09±0.10	2.61±0.25
Diameter at 50% cumulation	16.39±0.84	16.26±0.38	48.41±8.43
Diameter at 90% cumulation	113.83±2.44	108.63±1.81	422.09±11.44
Mean diameter	39.46±1.41	37.78±0.70	141.68±14.49

Table 15는 분무건조 분말이 수분함량으로 배풍온도가 증가하면서 분말의수분 함량이 감소하였고 dextrin 첨가량이 많을수록 수분함량이 감소하였다. 95℃의 경우 dextrin 0%는 8.25% H<sub>2</sub>O였으나 40% dextrin은 4.22% H<sub>2</sub>O로 수분함량이 대단히 낮아져 건조 분말의 상태를 유지하기 위하여 dextrin 20%를 첨가하고 송풍온도는 160℃, 배풍온도 95℃에서 건조시키는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

Table 15. Effects of outlet temperature and dextrin addition on moisture contents of spray dried UF retentate

Outlet Temp	Dextrin addition		
	0%	20%	40%
80℃	15.38	13.42	11.02
95℃	8.25	6.05	4.22
110℃	3.52	3.20	3.02

(3) UF 농축액의 dextrin 첨가별 분무건조 분말의 isoflavone과 oligo 당 함량 비교

UF 막 분리에 의해서 분리된 UF 농축액(retentate)을 분무건조(spray drying)시킬 때 부형제인 dextrin 첨가량 별로 isoflavone 함량 비교는 Table 16 과 같다. 기능성을 갖고 있는 daidzein, daidzin, genistein, genistin은 총 isoflavone의 약 90% 정도 이었으며 특히 기능성이 뛰어난 genistein과 genistin 은 전체 약 50%를 차지하고 있다. 또한 isoflavone의 인체 장내 흡수율이 좋은 aglycone 형태는 daidzein이 약 12%, genistein이 약 4% 정도 함유되어 있다. 분 무 건조 분말의 총 isoflavone은 0.12%로 순물의 0.17% 보다 낮아 이는 상당량의 isoflavone이 UF 막을 통과했기 때문으로 생각된다. UF 농축액의 분무 건조시 dextrin을 첨가하지 않은 것과 20%, 40% 첨가한 UF 분말에서의 총 isoflavone의 함량 차이는 각각 20%, 41%의 감소로 UF 농축액에 dextrin 첨가량과 거의 같은 경향을 나타냈다.

Table 17은 dextrin 첨가별 oligo 당의 함량 차이를 나타낸 결과이다. dextrin 을 20%와 40% 첨가한 UF 분말에서 oligo 당의 함량은 isoflavone의 경우와 같 이 dextrin과 감소한 oligo 당의 양은 거의 같았다. 장내 *Bifidobacteria*의 성장 번식에 유익한 raffinose와 stachyose는 전체 oligo 당의 약 56% 정도 이었다. Sucrose와 raffinose, stachyose의 함량 비는 4.3 : 2.0 : 3.6으로, 이 비율은 순물

에서의 oligo 당 조성비율(Table )과 거의 같은 경향을 나타냈다. 또한 분무 건조 시킨 총 oligo 당 함량은 23.6%이어서 순물의 35.4%와 비교할 때 상당히 감소하여 이는 oligo 당의 분자량이 낮아 그 일부가 UF막을 통과했기 때문이라 생각된다.

**Table 16. Isoflavone contents of spray dried UF retentate of sunmul with addition of dextrin for spray drying**

	UF(SD) <sup>1)</sup> added dextrin		
	0%	20%	40%
Isoflavone( $\mu\text{g/g}$ )			
Daidzein	144.45	119.85	83.98
Daidzin	349.87	314.75	224.70
Genistein	44.47	37.73	29.28
Genistin	576.33	420.38	308.10
Glycitein	25.10	20.80	15.26
Glycitin	104.30	93.98	68.40
Total isoflavone	1244.52	1007.49	729.72

<sup>1)</sup>SD: Spray drying

**Table 17. Oligosaccharide contents of spray dried UF retentate of sunmul with addition of dextrin for spray drying**

	UF(SD) <sup>1)</sup> added dextrin		
	0%	20%	40%
Oligosaccharide(g/g)			
Sucrose	0.103	0.085	0.056
Raffinose	0.048	0.034	0.032
Stachyose	0.085	0.066	0.044
Total isoflavone	0.236	0.185	0.132

## 2) NF 농축액의 건조 조건

순물의 NF 막분리에 의해 회수된 NF 농축액(retentate)의 최적 건조조건 제시를 위해 상업건조(oven drying ; OD), 진공건조(vacuum drying ; VD), 동결건조(freeze drying ; FD)를 하여 NF 분말의 색도 변화와 콩의 주요 기능성 성분인 isoflavone, oligo 당의 함량을 비교하여 적절한 건조조건을 선정하기 위한 실험을 하였다.

### (1) NF 진공 농축 중 특성 변화

NF 막분리에 의해서 분리된 NF 농축액(retentate)의 고형분의 농도는 VCF 6.0일 때 4.12%로서 순물의 고형분 1.04보다 약 4배 이상 증가하였지만 막분리 후 회수된 NF 농축액의 효과적인 건조를 위해서는 보다 더 농축이 필요하였기 때문에 NF 농축액의 진공 농축을 하였다. 진공 농축시 초기 NF 농축액의 °Brix는 약 5.0 이었고 농축이 진행 되는 동안에 농축 정도를 알아보기 위한 지표로서 °Brix를 측정하였다.

Table 18은 이러한 과정에서 농축액의 특성변화를 측정한 결과이다. pH의 변화는 NF 농축액의 진공농축 과정 중 초기 pH 4.85에서 농축되어 40.0°Brix가 되었을 때 4.14로 감소하였다. 점도는 지속적으로 증가하여 농축이 완료되었을 때 7.30cp에서 24.40cp로 높아졌지만, 이러한 점도의 상승은 앞의 UF 농축액 결과(Table 13)에 비교할 때 현저히 적은 증가였다. UF 막분리에 의하여 단백질이나 지질등과 같은 분자량이 큰 성분들이 UF 막분리에 의하여 모두 제거되어, UF 여과액을 막분리한 NF 농축액내에서는 큰 분자량의 물질이 거의 존재하지 않아 점도의 상승이 UF 농축액보다 낮았던 것이라 생각된다. 탁도 또한 점도와 유사한 경향을 나타냈다.

NF 농축액은 20.0°Brix에 도달 했을 때부터 농축액에서 백색의 침전물 생성이 관찰되기 시작하였고 이러한 침전물의 생성으로 L값은 현저히 감소하고 a값은 증가하기 시작하였으며 b값은 서서히 감소하였다. L값의 급격한 감소는 현탁액의 침전물이 주로 영향을 주었다고 생각된다.



Table 18. Changes in pH, viscosity and color of conc. NF retentate during vacuum concentration at 70°C

°Brix	pH	Viscosity (cp)	Absorption (×100)	Color		
				L	a	b
5.0	4.85	7.30	0.010	95.72	-1.20	11.26
10.0	4.58	8.12	0.019	91.53	-7.11	10.01
20.0	4.40	9.00	0.026	14.99	1.12	8.32
30.0	4.21	10.80	0.043	9.23	3.16	5.84
40.0	4.14	24.40	0.063	5.93	4.44	3.98

## (2) 건조 방법에 따른 색도 비교

NF 농축액(retentate)을 40.0°Brix로 진공 농축 시켰을 때 백색의 침전물이 생성되어 이것을 상등액(supernatant ; SPT)과 침전물(precipitant ; PPT)로 분리하고 동결건조(FD), 진공건조(VD), 상압건조(OD)방법으로 건조한 분말의 색의 특성을 측정한 결과는 Table 19와 같다.

건조방법에 따른 분말의 색도차이는 NF 농축액(conc. retentate)의 FD분말과 VD분말은 전반적으로 큰 차이가 없었다. 그러나 OD분말의 경우 L값에 현저한 감소가 있었고 a값은 '-'값에서 '+'값으로 높아졌으며 +b값은 낮아졌다. 이러한 변화는 상등액(SPT)에서도 같은 경향을 보여 주었다. 건조한 침전물(PPT)의 경우 건조방법과 상관없이 L, a, b값이 비슷한 백색 분말상태이었다. 다만 OD분말의 경우 -a값이 더 낮아졌고 b값이 약간 더 높았다. 전체적인 색차  $\Delta E$ 를 FD분말과 비교할 때 진공건조의 NF농축액(conc. retentate)과 상등액(SPT)분말의 경우 각각 1.47, 3.45로 비교적 적은 색 차이를 보인 반면, 상압건조는 각각 23.32, 24.38로 현저한 차이가 있었다. 이런 상압건조의 결과는 건조 중 높은 온도가 NF 농축액(conc. retentate)의 갈변반응을 많이 진행시켰기 때문이라고 생각된다. 이 결과는 동결, 진공, 상압건조시 blueberry의 L, a, b값을 비교할 때 상압건조에서 많은 색변화가 일어났다는 Yang과 Atallah의 보고<sup>80)</sup>와 유사한 결과를 보였다.

Table 19. Color and  $\Delta E$  of conc. NF retentate, SPT<sup>1)</sup> and PPT<sup>2)</sup> powder with different drying method

	Conc. NF retentate			SPT			PPT		
	FD <sup>3)</sup>	VD <sup>4)</sup>	OD <sup>5)</sup>	FD	VD	OD	FD	VD	OD
L	82.29±0.56	82.13±0.55	60.17±0.82	81.29±0.22	83.35±0.20	58.39±0.88	93.14±0.32	94.47±0.13	94.25±0.69
a	-1.09±0.02	-0.44±0.09	5.14±0.34	-1.17±0.10	-0.34±0.02	5.22±0.42	-0.07±0.05	0.02±0.01	-0.36±0.07
b	17.25±0.56	15.94±0.61	13.27±0.15	17.56±0.18	14.92±0.22	12.17±0.31	2.53±0.15	2.45±0.05	3.42±0.33
$\Delta E$ <sup>6)</sup>	-	1.47	23.32	-	3.45	24.38	-	1.34	1.45

<sup>1)</sup> : Supernatant    <sup>2)</sup> : Precipitant

<sup>3)</sup> : Freeze drying    <sup>4)</sup> : Vacuum drying    <sup>5)</sup> : Oven drying

<sup>6)</sup> : Total color difference =  $(\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$

### (3) 건조방법에 따른 isoflavone과 oligo 당의 함량 비교

40.0°Brix까지 진공농축된 NF 농축액(conc. retentate)에서 분리된 상등액(SPT)과 침전물(PPT)을 동결건조, 진공건조, 상압건조한 후 건조분말의 isoflavone 함량을 분석한 결과는 Table 20과 같다. NF농축액(conc. retentate)의 100ml의 고형분 무게는 동결건조에서 41.40g, 진공건조에서 34.55g, 상압건조에서 27.13g이 측정되었고, 상압건조후의 낮은 고형분 무게는 높은 온도에서의 가열로 일부 고형분이 분해되었기 때문으로 생각된다. 이러한 경향은 NF 농축액의 분리액인 상등액(SPT)과 침전물(PPT)에서도 유사하게 나타났다. NF 농축액(conc. retentate)의 건물량에 따른 isoflavone 함량은 FD분말, VD분말, OD분말에서 각각 2665.46 $\mu$ g/g, 3186.24 $\mu$ g/g, 5203.22 $\mu$ g/g로 OD분말에서 FD분말 보다 약 2배 정도 높게 측정되었다. 가열처리로 인하여 isoflavone의 isomer들이 isoflavone으로 전환이 보다 더 잘 진행되어 isoflavone 함량이 높게 나타난 것으로 여겨진다. 이러한 결과는 콩분말 용액을 가열처리 하였을 때 isoflavone의 함량이 증가하였다는 조<sup>81)</sup>의 결과와 유사하였다.

NF 농축액(conc. retentate)의 부피 100ml을 기준으로 할 경우 OD분말에서의 isoflavone은 141.46mg으로 다른 건조방법인 FD, VD분말에서의 약 110mg 보다 현저히 증가되었다. 상등액에서도 NF 농축액(conc. retentate.)과 유사한 경향을 보인 반면, 침전물(PPT)에서의 isoflavone 함량은 상등액(SPT)이나, NF 농축액(conc. retentate.)보다 너무 작아 이러한 비교는 큰 의미가 없었다.

또한 상등액(SPT)의 총 isoflavone 함량은 FD분말이 101.53mg, VD분말이 108.74mg, OD분말이 139.62mg으로 NF 농축액(conc. retentate)의 값들 보다 약간 낮았다. 진공농축한 NF 농축액(conc. retentate) FD분말의 isoflavone 함량을 100으로 하였을 때 건조방법에 따른 회수율은 진공건조가 99.76%이며, 상압건조는 127.92%으로 상압건조 방법에 의해 약 28%의 isoflavone의 증가를 보였다. 상등액(SPT)에서는 isoflavone 값이 진공농축한 NF 농축액의 값들과 유사하였지만, 침전물(PPT)에서는 약 2% 미만의 매우 낮은 회수율을 나타냈다. 따라서, NF 농축액(conc. retentate)내에 존재하는 isoflavone은 상등액(SPT)과 침전물(PPT)로 분리 시켰을 때 거의 모두 상등액(SPT)내로 잔류되었음을 알 수 있었다.

**Table 20. Contents of isoflavone in conc. NF retentate, SPT and PPT powder with different drying methods**

	Conc. NF retentate			SPT			PPT			
	FD <sup>1)</sup>	VD <sup>2)</sup>	OD <sup>3)</sup>	FD	VD	OD	FD	VD	OD	
Total solid(g) <sup>4)</sup>	41.40	34.55	27.13	33.10	28.30	21.73	6.73	5.76	4.33	
Isoflavone( $\mu$ g/g)										
Daidzein	48.52	74.42	483.16	64.24	88.64	646.36	9	9.88	10.98	0.10
Daidzin	633.10	848.00	2165.62	729.70	1016.20	2648.14	31.18	43.72	26.80	
Genistein	16.40	18.90	76.02	6.15	7.50	78.70	73.90	92.56	67.60	
Genistin	1737.58	2010.10	1922.56	2014.25	2428.14	2360.90	153.84	174.56	68.52	
Glycitein	1.30	1.36	34.98	0.81	2.02	45.36	4.94	5.38	3.62	
Glycitin	228.56	233.46	520.88	252.24	300.06	645.94	7.32	8.16	5.00	
Total	2665.46	3186.24	5203.22	3067.39	3842.56	6425.40	281.06	335.36	171.64	
Total isoflavone in 100ml(mg)	110.35	110.08	141.16	101.53	108.74	139.62	1.89	1.93	0.74	
Total isoflavone yield(%)	100.00	99.76	127.92	8	92.01	98.54	126.52	1.71	1.75	0.67

<sup>1)</sup> : Freeze drying    <sup>2)</sup> : Vacuum drying    <sup>3)</sup> : Oven drying

<sup>4)</sup> The weight of solids and isoflavone were measured on the basis of 100ml of conc. NF retentate

따라서 NF 농축액을 건조하여 기능성 식품원료로 이용할 경우 isoflavone 함량만을 고려할 때 40.0°Brix까지 진공농축된 NF농축액(conc. retentate.)을 원심분리시켜 백색의 침전물을 제거한 상등액(SPT)만을 취하여 상압 건조시키는 것이 isoflavone의 함량을 높이는데 효과적임을 알 수 있었다.

Table 21은 40.0°Brix로 진공농축한 NF 농축액(conc. retentate)과 상등액(SPT)과 침전물(PPT)을 동결건조(FD), 진공건조(VD), 상압건조(OD)에 의해 건조된 분말의 oligo 당 함량을 측정된 결과이다. NF 농축액(conc. retentate)의 oligo 당 함량은 FD분말의 경우 건물량의 35%, VD분말의 경우 39%, OD분말의 경우 15%정도로 측정되었다. NF 농축액(conc. retentate)의 부피 100ml를 기준으로 할 경우 총 oligo 당은 FD분말 14.66g, VD분말 13.44g, OD분말 4.07g으로, FD분말과 비교하여 VD분말에서는 약간 낮았지만 105°C의 온도로 가열 건조한 OD분말의 경우 약 70% 이상의 oligo 당 감소 현상을 볼 수 있었다. 이결과는 70°C에서의 진공건조는 oligo 당에는 큰 영향을 주지 않았으나 105°C에서의 건조는 oligo 당을 현저히 분해 시켰음을 알 수 있었다.

윤과 최<sup>82)</sup>도 키위를 건조시켰을 때 유리당의 함량이 진공건조가 가장 높고 열풍 건조한 것이 가장 낮았다는 보고를 하여 고온건조가 유리당의 분해를 촉진시켰다는 결과와 매우 유사하였다.

진공농축한 NF 농축액(conc.retentate)에서 상등액(SPT)만을 분리하여 oligo 당을 측정된 결과 건조방법에 따른 oligo 당의 함량 차이는 NF 농축액(conc. retentate)의 경우와 거의 같으며, 침전물(PPT)에서는 oligo 당이 전혀 측정되지 않았다. 따라서 NF 농축액(conc. retentate.) 속에 존재하는 모든 oligo 당은 원심분리에 의해 상등액(SPT)과 침전물(PPT)로 분리될 때 상등액(SPT)에 전량이 잔류되었음을 알 수 있었다. 또한 분석된 sucrose, raffinose, stachyose등의 oligo 당의 조성은 동결건조의 경우 약간의 차이는 있으나 sucrose : raffinose : stachyose가 약 5.5 : 1.0 : 3.5의 비율로 구성 되어 있어 기능성 당인 raffinose 과 stachyose가 전당의 약 45% 점유하고 있음을 보여주고 있다.

**Table 21. Contents of oligosaccharide in conc. NF retentate, SPT and PPT powder with different drying methods**

	Conc. NF retentate			SPT			PPT		
	FD <sup>1)</sup>	VD <sup>2)</sup>	OD <sup>3)</sup>	FD	VD	OD	FD	VD	OD
Total solid(g) <sup>4)</sup>	41.40	34.55	27.13	33.10	28.30	21.73	6.73	5.76	4.33
Oligosaccharide(g/g)									
Sucrose	0.190	0.208	0.103	0.241	0.252	0.105	ND	ND	ND
Raffinose	0.032	0.050	0.028	0.043	0.070	0.043	ND	ND	ND
Stachyose	0.132	0.131	0.019	0.149	0.161	0.053	ND	ND	ND
Total	0.354	0.389	0.150	0.433	0.482	0.201	ND	ND	ND
Total oligosaccharide in 100ml(g)	14.66	13.44	4.07	14.33	13.64	4.37	ND	ND	ND
Total oligosaccharides yield(%)	100.00	91.68	27.76	97.75	93.04	29.81	ND	ND	ND

<sup>1)</sup> : Freeze drying    <sup>2)</sup> : Vacuum drying    <sup>3)</sup> : Oven drying

<sup>4)</sup> The weight of solids and oligosaccharide were measured on the basis of 100ml of conc. NF retentate

ND : not detected

NF 농축액(conc. retentate)을 동결건조한 분말의 총 oligo 당을 100으로 하였을 때 건조방법별, 분획별 oligo 당의 회수율은 진공농축이 91.68%, 상압건조가 27.76%이었고 상등액(SPT)에 대부분 함유되어 있어 동결건조의 경우 97.75%가 회수됨을 알 수 있었다.

결과적으로 NF 농축액(conc. retentate)의 상압건조는 가열에 의한 isoflavone 함량의 향상 효과가 있었지만, 건조분말의 색 결과에서와 같이 갈색화 반응에 인한 색상이 암갈색으로 변하면서, 기능성 성분인 oligo 당의 감소가 현저하여 NF 농축액의 건조방법으로 부적합하다고 판단되었다. 또한 동결건조는 일반적으로 NF 농축액의 color와 성분에는 영향을 거의 주지 않았지만 건조시간이 느리고 비용이 많이 드는 단점이 있다. 진공건조는 건조분말의 색이나 기능성 성분의 회수율이 동결건조와 거의 유사하며, 동결건조보다 건조시간이 빠르고 간편하여 NF 농축액의 건조방법으로 적합하다고 판단되었다.

#### 4. 막투과 여과액의 COD, BOD, SS 비교

환경보호 차원에서 식품산업계의 오염물질 배출 규제가 날로 심해지고 있는데 두부 제조시 발생하는 순물의 경우 높은 유용성 성분을 함유하고 있는 반면, 수질오염에 큰 영향을 줄 수 있다. 이렇게 폐수로서 버려지고 있는 순물의 유용한 성분들을 회수하고 수질오염을 줄이기 위하여 막분리가 어떤 효과가 있는지 조사하였다.

Table 22는 순물과 막분리 여과액들의 COD, BOD 그리고 SS를 비교한 결과이다. 현재 우리나라 수질 환경 보전법의 폐수 배출 허용 기준에 의하면 COD의 경우 70~90ppm과 BOD의 경우 60~80ppm 이하여야 하는데<sup>7)</sup> 본 실험의 시료로 수거한 순물의 COD는 8419ppm, BOD는 4090ppm, SS는 1833ppm으로서 규제치에 COD는 약 100배 이상, BOD는 약 50배가 넘는 높은 수치였다.

기능성 성분을 회수하기 위한 막분리 과정을 거쳐 MF와 UF, NF막을 통과하면서 이들의 값은 현저히 감소하였다. COD의 경우 MF와 UF 여과액은 COD감소가 적었으나 NF 여과액은 순물 COD의 1.4%수준으로 COD의 수치를 높게 일

으키는 물질이 114ppm으로 98%이상 제거됨을 알 수 있었다. BOD에서는 COD와 달리 MF와 UF 여과시 90%이상의 BOD 발생요인이 제거되었고 NF 여과 후에는 77ppm으로 COD와 같은 98%이상의 제거효과가 있었다. 이와 같은 결과는 SS(부유물질)의 경우 더욱 현저하여 MF 여과만으로도 SS가 대부분 제거되고 UF와 NF 여과한 여액에서는 측정되지 않았다. 이결과는 SS물질이 MF만으로도 제거 될 수 있는 분자량이 큰 물질로 대부분 형성되어 있음을 보여주고 있다. 따라서 막분리 처리방법은 순물의 수질오염 발생 요인이 법적 규제치에 거의 근접한 수치로 감소하여 폐수의 종말 처리 과정의 효율성 측면과 회수된 기능성 성분의 재활용 측면에서도 효과를 보일 것으로 사료된다.

**Table 22. COD, BOD and SS of permeate obtained after MF, UF and NF filtration of sunmul**

(unit: ppm)

	Sunmul	Permeate		
		MF	UF	NF
COD	8,419	7,428	5,292	114
BOD	4,090	2,600	398	77
S S	1,833	174	ND	ND

ND : not detected



## 제 2 절 기능성 성분분석 및 가공 적성 조사

### I. 재료 및 방법

#### 1. 재료 및 시약

본 실험에 사용한 순물분말과 UF 농축분말은 세부과제 1에서의 조건대로 제조한 것을 받아 사용하였다. 기능성 성분의 분석에는 UF 농축액의 동결건조분말을 사용하였고, 가공적성 조사에서는 순물의 UF 농축액에 부형제인 dextrin을 각각 0, 20 및 40% 첨가하여 분무건조한 분말을 사용하였다. Isoflavone 정량에 사용된 standard 시약은 Wako사 (Osaka, Japan)와 Fujicco사 (Kobe, Japan)로부터 구입하여 사용하였으며, oligosaccharide 및 phytate 정량용 standard 시약은 Sigma사(St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였다. Phytate 정량에 사용된 음이온 교환수지는 Bio-rad사(Hercules, CA, USA)의 AG 1-X8 resin이었고, saponin standard는 Wako사 (Osaka, Japan)의 제품을 사용하였다. 단백질 분자량을 측정하기 위한 standards는 Bio-rad사(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였으며 기타 실험에 사용된 시약들은 모두 특급시약을 사용하였다.

#### 2. UF 및 NF 농축분말의 일반 성분 및 기능성 성분 조사

##### 1) 일반성분 분석

일반성분 분석은 AOAC 방법<sup>83)</sup>에 따라, 수분은 105℃ 상압가열건조법, 조단백질은 micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 550℃에서 직접회화법으로 분석하였다. 탄수화물은 시료에서 수분, 조지방, 조단백질 및 회분의 함량을 빼서 계산하였다. 비단백태질소(non-protein nitrogen, NPN)는 Bertola 등<sup>84)</sup>의 방법에 따라 trichloroacetic acid로 단백질을 침전시킨 후, 여과하여 여과지에 남은 침전물을 건조시켜 micro-Kjeldahl법으로 질소량을 계산하여 순단백질함량을 측정하였다. NPN 함량은 조단백질함량에서 순단백질 함량을 빼서 계산하였다.

##### 2) Isoflavone 분석

HPLC를 이용하여 세부과제 1과 동일한 방법으로 분석하였다.

### 3) Oligosaccharides 분석

시료 1g에 10% ethanol 10 ml를 넣고 sonicator에서 60분간 추출한 다음, 3,000×g에서 10분간 원심분리하여 그 상등액 0.5 ml를 취한 후, 증류수와 lead acetate를 각각 0.5 ml씩 첨가해 다시 12,000×g에서 10분간 원심분리하였다. 이 상등액을 취하여 syringe filter (0.45 $\mu$ m, Whatman International Ltd., Kent, UK)를 통과시킨 후, 20 $\mu$ l를 HPLC에 주입하여 oligosaccharide를 분석하였다. 분석에 사용한 column은 carbohydrate analysis column (3.9 × 300 mm, Waters Co., Milford, MA, USA) 이었으며, 이동상은 65% acetonitrile (in water, v/v)를 사용하였고 유속은 1.3 ml/min이었다. 각 oligosaccharide의 함량은 HPLC 분석결과를 표준검량곡선에 적용하여 산출하였다.

### 4) Saponin 분석

수포화 n-butanol 추출방법<sup>85)</sup>으로 시료로부터 saponin을 추출, 분리한 후, HPLC로 그 함량을 분석하였다. 시료 1g에 80% methanol (in water, v/v) 50 ml를 가하고 80℃에서 1시간 환류 추출한 후, 잔류물을 다시 80% methanol 용액 30 ml로 추출, 여과하는 조작을 2회 반복하여, 1차 추출액과 함께 감압농축하였다. 농축물을 증류수에 용해시키고 분획깔대기에 넣어 diethyl ether로 지용성 물질을 제거하였다. 물층을 수포화 n-butanol로 4회 추출한 후, butanol층을 모아 증류수로 씻어 낸 다음, butanol층을 감압 농축하였다. 농축물을 HPLC용 methanol 1 ml에 용해시킨 후, 0.45 $\mu$ m syringe filter로 여과하여 HPLC에 주입하였다. 분석조건은 Shiraiwa 등<sup>86)</sup>의 방법을 변형하여 Nova-pak C<sub>18</sub> column (3.9 × 300 mm, Waters Co., Milford, MA, USA)을 고정상으로 acetonitrile : 1-propanol : water : acetic acid (32.3 : 4.2 : 63.4 : 0.1, v/v) 용액을 이동상으로 하여 수행하였다. Saponin은 UV detector를 이용하여 205nm에서 검출하였고, 이때의 유속은 0.5 ml/min, 주입량은 20 $\mu$ l였다.

### 5) Phytate 분석

Phytate 함량은 Latta<sup>87)</sup>의 음이온교환 크로마토그래피법을 사용하여 측정하였다. 시료 1g에 2.4% HCl 100 ml를 가하여 2시간 동안 교반한 후, 12,000×g에서 15분동안 원심분리하여 상층액을 Whatman filter paper No.1으로 여과하였다. Glass column에 음이온 교환수지 1g을 충전시켜 0.7M NaCl 15 ml로 씻고, 3차 증류수로 Cl<sup>-</sup>이온이 검출되지 않을 때까지 충분히 씻어 주었다. 위에서 준비한 추출액을 15 ml 넣어 유출시키고, 다시 증류수 20 ml로 씻고 0.05M NaCl 용액 25 ml로 씻어낸 후에 0.7M NaCl 용액 15 ml로 phytate를 유출시켜 용액을 얻었다. 그 용액 3 ml에 wade 시약 1 ml를 넣어 발색시킨 후, 500nm에서 spectrophotometer(Beckman DU Series 600, Beckman Instrument Inc., Fullerton, CA, USA)로 흡광도를 측정하였다. Wade 시약은 ferric chloride 0.03g과 sulfosalicylic acid 0.3g을 증류수 100 ml에 녹여 만들었다.

### 6) 유리아미노산 분석

유리아미노산 분석은 Herbert 등<sup>88)</sup>의 방법을 변형하여 사용하였다. 시료 0.5g에 증류수 5ml를 첨가하여 30분간 sonication시킨 후, 0.45µm syringe filter (와 Sep-pak C<sub>18</sub> (Waters Co., Milford, MA, USA) 카트리지를 통과시킨 시료액과 ortho-phthaldialdehyde reagent를 같은 양으로 혼합하여 유도체화 시킨 다음, UV detector를 사용하여 338nm에서 검출하였다. Column은 Pico-Tag column (3.9×150mm, Waters Co., Milford, MA, USA)을 사용하였고, 이동상으로는 solvent A는 0.04M NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>(pH 7.8)를, solvent B는 acetonitrile:methanol:water(45:45:10, v/v/v)를 사용하였으며 gradient 조건은 Table 1과 같다. 유속은 1ml/min, 주입량은 20µl였다.

## 3. UF 및 NF 농축분말의 기능적 특성 조사

### 1) 용해도 측정

시료의 물에 대한 용해도는 시료 1g에 10 ml의 증류수를 첨가하고 10분간 교반한 후, 3,000×g에서 원심분리한 다음, 상층액을 버리고 남은 시료를 건조시켜

그 무게를 측정하여 계산하였다.

**Table 1. Gradient condition of mobile phase for analysis of free amino acid**

Time (min)	Solvent A (%)	Solvent B (%)
0	100	0
1.9	100	0
18.1	43	57
18.6	0	100
22.3	0	100
23.2	100	0
26.0	100	0

### 2) 유지 및 수분 흡착력 측정

유지 및 수분흡착력은 Lin 등<sup>89)</sup>의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 1.0g을 원심분리관에 넣은 후, 유지 흡착력의 경우는 콩기름(제일제당), 수분 흡착력의 경우는 증류수 20 ml를 가하여 실온에서 1시간 동안 vortex mixer로 15분마다 10초 동안 교반하였다. 이를 원심분리(1.600×g, 25min)하여 상등액을 제거한 후 무게를 측정하여 건조시료 100g에 대한 유지 및 수분 흡수량으로 나타내었다.

### 3) 단백질의 용해도 측정

용해도는 Lowhan 등<sup>90)</sup> 과 Franzen 과 Kinsella<sup>91)</sup>의 방법을 수정하여 두부순물단백질(SP), UF 및 NF 농축분말의 pH 및 NaCl 농도변화에 따른 단백질 용해도를 측정하였다. 시료 0.1g 에 증류수, 0.1M 또는 0.5M NaCl 수용액 10ml를 가하여 5분간 자석 교반기 (magnetic sttler)를 이용하여 분산 시킨 후 4N NaOH 나 4N HCl을 이용하여 pH 2, 4 ,6, 8, 10, 12 로 pH를 조절하여 25℃ shaking water bath에서 3 시간 동안 교반시켜 15000rpm 으로 15분간 원심분리 하였다. 상등액에서 0.1ml를 취해 3ml의 Bradford Reagent 와 반응시켜 20분간 상온에서 방치시킨 다음 595nm에서 흡광도를 측정하였으며, 용해도는 pH 12 에서의 용해도를 100%로 계산하였다.

#### 4) 유화력 및 유화 안정성

순물(sunmul)과 UF, NF 분말의 유화력 및 유화 안정성 측정은 Casella 등<sup>92)</sup>의 방법에 따라 4.0% 및 6.0% 시료용액의 pH를 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 및 10.0 으로 조절하여 6 ml씩 취하고 여기에 콩기름(제일제당) 4 ml를 첨가하여 New Hartford 사의 Waring blender로 2분간 유화시켰다. 생성된 유화 용액 0.1ml를 0.1% SDS 용액으로 250배 희석한 후 Beckman vis/uv spectrophotometer를 사용하여 500nm에서 흡광도를 측정 하였다. 이렇게 측정된 흡광도로부터 Emulsifying Activity Index(EAI)를 다음의 식에 의해 계산하였다..

$$EAI = 2T/\theta c$$

T = 탁도 =  $2.3 \times A/I$  (A=500nm에서의 흡광도, I=빛의 통과길이 m)

$\theta$  = 기름상의 부피분율=0.4,

c = 단백질의 농도=4%(6%)

유화안정성은 유화력 측정과 같은 방법으로 유화액을 만들어 80℃ 수조에서 30분간 방치한 후 이 유화액 0.1 ml를 0.1% SDS용액으로 250배 희석한 후, 500nm에서 흡광도를 측정하였다<sup>89)</sup>. 이 흡광도로부터 유화안정성 (emulsion stability)을 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{Emulsion stability}(\%) = (EAI_{\max} - EAI_{80^\circ\text{C}} / EAI_{\max}) \times 100$$

$EAI_{\max}$  = 초기 유화력,  $EAI_{80^\circ\text{C}}$  = 80℃, 30분후의 유화력

#### 5) 거품 형성력 및 안정성

거품 형성력은 Sathe와 Salunkhe의 방법<sup>93)</sup>을 변형하여 분리대두단백질(ISP), 두부순물단백질(SP), UF 및 NF 농축분말의 거품특성을 측정하였다. 즉 단백질 시료 0.1g에 증류수, 0.1M 또는 0.5M NaCl 용액 10 ml 씩을 가하고 pH를 2.0,

4.0, 6.0, 8.0 및 10.0로 조절한 후 Waring blender로 고속으로 5분간 거품을 형성시키고 100 ml 눈금실린더로 부피 변화를 측정하여 다음 식으로 계산하여 각 시료들의 거품형성력을 나타내었다,

volume increase(%)=

$$\frac{\text{Volume after whipping( ml) } - \text{ before whipping( ml) }}{\text{Volume before whipping( ml) }} \times 100$$

거품 안정성은 거품 형성 후 0~2시간 동안 5분 간격으로 시간이 경과한 뒤 남아있는 거품의 부피를 재어 위와 같은 식으로 계산하여 나타내었다.

## 6) 단백질의 전기영동

Laemmli법<sup>94)</sup>을 참고하여 분리대두단백(ISP)과 순물농축분말(SPC) 및 UF, NF 농축분말의 단백질 분자량 분포를 알아보고자 전기영동을 실시하였다. Vertical slab instrument(Amersham Bioscience, Hoefer SE 260 series)를 사용하였고 0.4%의 sodium dodecyl sulfate(SDS)를 함유한 12.5% polyacrylamide gel(12 × 10cm)과 3% stacking gel을 사용하여 분석하였다.

각각의 시료 1g 에 0.1M phosphate buffer(pH 7.0) 14ml를 넣어 30℃로 조정된 shaking water bath에서 100rpm으로 4시간 동안 진탕한 뒤 14500rpm에서 15분간 원심분리하여 얻은 상정액 400μl를 Eppendorf 시험관에 넣은 후 1ml sample buffer , 100μl 2-mercaptoethanol 를 첨가하여 98~100℃에서 5분동안 가열하여 방냉한 다음 stacking gel에 있는 well에 넣은 후 SDS를 포함한 Tris-glycine buffer(pH 8.3)를 전개용매로 하여 15mA에서 4시간 동안 전개하였다. Sample buffer는 1.0ml 0.5M Tris-HCl (pH 6.8), 0.8ml glycerol, 1.6ml 10% SDS, 0.4ml 2-mercaptoethanol, 0.2ml 0.1% bromophenol blue 와 4.0ml H<sub>2</sub>O를 혼합하여 제조하였다. 전개후 20% trichloroacetic acid 용액에서 1시간동안 고정화 과정을 거친 후 Coomassie blue R-250을 0.01% 되도록 녹인 methanol : acetic acid : water (5:1:4) 혼합용액에 담가 12시간 염색을 시킨 후 methanol : acetic acid

: water (5:1:4) 혼합용액에서 24시간 탈색시켰다. 단백질 분자량을 측정하기 위한 marker로는 Bio-rad 사(St. Louis, MO, USA)제품을 사용하였다.

#### 7) 단백질 아미노산 분석

시료 1g에 6N-HCl 15ml를 첨가하여 공기를 제거하고 질소를 채워 110°C heating block에서 24시간 분해시켰다. 이것을 3000×g에서 20분간 원심분리 한 후 여액을 60배 희석하여 0.45µm 필터와 Sep-pak C<sub>18</sub> 카트리지를 통과시켜 ortho-phthaldialdehyde로 유도체화 시킨 후, 유리아미노산 분석과 같은 방법으로 분석하였다<sup>88)</sup>.

#### 4. RVA에 의한 호화패턴 조사

밀가루와 밀가루에 순물분말, UF분말을 혼합한 복합분의 호화패턴을 신속점도계(RVA, Rapid Visco Analyser-4D, Newport Co., Australia)를 사용하여 ICC 표준방법<sup>95)</sup>에 따라 측정하였다. 밀가루 3.0g(건량기준)과 증류수 25ml를 RVA용기에 넣고, 50°C에서 1분간 유지 후 12°C/min의 가열속도로 95°C까지 가열하고 95°C에서 2.5분간 유지한 다음 12°C/min의 냉각속도로 50°C까지 냉각시키고 50°C에서 2분간 유지 하였다. RVA viscogram으로부터 최고점도, 최저점도, 최종점도, setback 및 peak time(min), pasting temperature를 구하였으며, 점도단위는 rapid visco unit(RVU)로 표시하였다.

## II. 결과 및 고찰

### 1. UF 및 NF 농축분말의 일반 및 기능성 성분 조사

#### 1) 일반성분

순물분말과 순물의 UF 및 NF 분리농축분말의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 순물분말과 순물의 UF 분리농축분말의 수분 함량과 탄수화물 함량에는 큰 차이가 없었으나, NF 분리농축분말의 경우 수분 함량은 UF 분리농축분말의 반 정도로 감소하였고, 탄수화물은 약 58%로 증가하였다. 조단백질 함량과 비단백태질소(NPN)의 함량은 UF막의 농축효과에 의해 UF 분리농축분말의 경우 순물분말에 비해 각각 2배와 2.5배정도 함량이 증가하였으며 NF 분리농축분말의 경우에는 UF막에 상당량의 조단백질과 비단백태질소 화합물이 통과 되지 못하여 UF 농축분말에 비해 각각 6배와 4배정도 함량이 낮게 나왔다. 또한 다량의 간수성분인 염들과 두부제조 시 사용되는 CaSO<sub>4</sub> 때문에 칼슘의 양이 상대적으로 많은 순물의 회분함량이 UF 및 NF 분리 농축분말에 비하여 50%, 30% 정도 높았으며 UF 분리 농축분말의 회분함량은 12.88%로 측정되었다. 이는 칼슘과 같이 분자량이 작을지라도 전하를 띄는 회분성분들은 단백질과 같은 물질과 결합하여 UF막을 통과하지 못하는 것으로 사료된다.

**Table 2. Proximate composition of sunmul powder before and after concentrating by a ultrafiltration and nanofiltration**

(Unit : %)

	SP <sup>1)</sup>	UF <sup>2)</sup>	NF <sup>3)</sup>
Mositure	7.87±1.08	10.08±0.25	5.63±0.11
Ash	24.18±1.16	12.88±1.16	17.5±0.37
Crude fat	2.60±0.11	0.94±0.09	0.62±0.11
Crude protein	15.53±0.71	30.06±1.41	5.23±0.08
(NPN <sup>4)</sup> )	(8.02±0.75)	(20.04±1.04)	(5.08±)0.01
Carbohydrate	50.24±1.46	45.59±0.71	71.25±0.37

<sup>1)</sup> SP : sunmul powder

<sup>2)</sup> UFC : ultrafiltration concentrate powder of soybean curd whey

<sup>3)</sup> NFC : nanofiltration concentrate powder of soybean curd whey

<sup>4)</sup> NPN : non-protein nitrogen

\*mean value of triplicates



## 2) 기능성 성분

### (1) Isoflavone

콩의 대표적인 생물학적 활성물질로 알려진 isoflavone은 여성 호르몬인 estrogen과 유사한 특성을 가지며, 혈중 콜레스테롤을 낮추고 폐경기 여성의 골격 손실을 억제하여 심혈관질환, 골다공증을 예방할 뿐만 아니라 폐경기 이후의 각종 증후군을 완화하고, 유방암, 전립선암, 난소암, 대장암 예방효과를 보이는 등의 다양한 생리활성효과가 계속적으로 보고되고 있다<sup>96)</sup>. 콩에 존재하는 isoflavone 함량은 콩의 품종과 분석방법에 따라 다소 차이가 있을 뿐만 아니라 연구자들에 따라 12가지 isoflavone을 모두 분리하여 total isoflavone 양으로 보고한 경우도 있지만, 그렇지 않은 경우가 거의 대다수이므로 발표된 문헌들에 따라 그 함량 차이가 크다. Eldridge와 Kwolek<sup>97)</sup>은 몇 가지 콩 품종에서 isoflavone 함량을 분석해 본 결과, 품종간에는 116~309mg/g의 함량분포 차이를 보였다고 보고하였고, Kodou 등<sup>98)</sup>은 콩에 존재하는 isoflavone 중 malonylgenistein와 malonyldaidzin이 각각 275.5mg/100g과 251.0mg/100g으로 전체 isoflavone의 66%를 차지하며, daidzin (129.4mg/100g)이 그 다음으로 많은 양을 차지한다고 보고하였다. 또한 Kodou 등<sup>98)</sup>은 생콩의 isoflavone pattern을 분석한 결과, 생콩에는 manonyl form과 glucoside의 형태의 isoflavone이 대부분이고, aglycone이나 acetyl form isoflavone은 분석되지 않았다고 보고하였다.

콩은 그 자체를 생식하기 보다는 두유, 두부, 콩가루, ISP(isolated soy protein), 된장과 같이 다양한 형태로 가공되어 소비되는데, 콩을 가공하는 과정 중에서 isoflavone은 손실 또는 변환된다. 특히 두부의 경우는 콩 전체 isoflavone의 33% 정도만이 두부로 이행되므로<sup>99)</sup>, 두부가공공정 중에 생산되는 순물로 나머지 67%가 빠져나가 버려지고 있는 실정이다. 따라서, 순물 중의 isoflavone 회수 및 그 이용가능성을 검토하기 위해, 순물과 순물의 UF 및 NF 농축분말의 isoflavone 조성과 함량을 비교해 본 결과(Table 3), UF 농축분말의 경우 비교적 분자량이 큰 malonyl isoflvaone류의 경우는 상당량이 회수된 반면, 나머지 isoflavone류 들은 그 함량이 순물분말에 비해 낮았고, 총 isoflavone 함량은 순물의 4/5정도에 해당하는 437.41mg% 였다. 한편, NF 농축분말은 UF막에 비해

cut-off 분자량이 낮으므로 isoflavone의 회수에 더 유리하여 UF 농축분말에 비해 2배 정도 높은 양의 isoflavone을 함유하였다. 이러한 결과는 김 등<sup>100)</sup>이 두부 순물을 UF와 NF로 농축시킨 후, isoflavone 함량을 측정한 결과 UF는 별로 효과를 보이지 않았지만, NF를 이용할 경우 2배의 isoflavone 농축효과를 나타내었다는 결과와 유사하였다. 그러나 genistein과 acetyl genistein은 UF 농축분말이 NF 농축분말보다 더 많은 양을 함유하고 있었다. 이것은 genistein과 acetylgenistin이 UF막에 걸러지는 단백질과 같은 일부 고분자분획과 결합하여 UF막에 같이 걸러지기 때문인 것으로 생각된다.

**Table 3. The composition of isoflavone as malonyl, acetyl, glucoside and aglycone types in Sunmul, UF and NF**

(Unit mg%)

Isoflavones		Sunmul	UF	NF
Malonyl	Daidzin	146.25	218.78	396.24
	Glycitin	32.34	24.63	56.08
	Genistin	208.11	105.68	388.40
Acetyl	Daidzin	1.19	N.D.*	2.96
	Glycitin	0.88	0.24	8.54
	Genistin	10.59	7.92	1.06
Glucoside	Daidzin	50.88	36.87	62.23
	Glycitin	15.78	12.46	25.70
	Genistin	8.82	6.94	15.21
Aglycone	Daidzein	35.35	18.45	32.27
	Glycitein	0.58	0.58	0.57
	Genistein	7.84	4.86	0.82
Total		518.61	437.41	990.08

\* N.D. : not detected.

김 등<sup>96)</sup>은 생콩에 존재하는 isoflavone을 분석하여, 생콩에 분포하는 isoflavone의 종류와 양이 다음과 같음을 보고하였다. Malonyldaidzein, 137.40mg%; malonylglycitin, 0.69mg%; malonylgenistin 169.50mg%; acetyldaidzin, 2.26mg%; acetylglycitin, 19.50mg%; acetylgenistin, 1.70mg%; daidzin, 26.03mg%, glycitin,

0.29mg%, genistin, 39.26mg%; daidzein, 0.75mg%; glycitein, 0.20mg%; genistein, 0.84mg%; total isoflavone, 398.50mg%. 이러한 콩의 isoflavone pattern은 본 연구에서 분석한 순물과 UF 및 NF 농축분말의 isoflavone pattern과 유사하나, 콩에 비해 이들 농축분말의 경우 상대적으로 aglycone의 함량이 다소 높았다. 이것은 두부 가공 시, 콩을 가열하는 과정에서 일부 glucoside들이 분해되었기 때문인 것으로 생각된다.

## (2) Oligosaccharides, Saponin 및 Phytate

콩 올리고당은 식이섬유와 함께 장내에서 비타민 합성을 촉진하고, 유해균 및 외부 침입균의 증식을 억제하며, 아울러 ammonia와 amine의 생성을 억제할 뿐만 아니라 면역기능을 강화하고 장관의 연동운동을 촉진<sup>101)</sup>하며 소화와 흡수를 촉진하는 유용균인 *Bifidobacteria*의 성장을 촉진시킨다<sup>102)</sup>.

순물분말과 순물의 UF 및 NF 분리농축분말의 oligosaccharide 함량을 측정된 결과(Table 4), 순물분말과 UF 분리농축분말의 stachyose 함량에는 거의 차이가 없었으나, UF 분리농축분말의 경우 순물분말에 비해 sucrose와 raffinose의 함량이 상당히 낮았다. 이는 비교적 분자량이 큰 사당류인 stachyose는 UF 막에 상당량이 걸리었지만, stachyose에 비해 분자량이 작은 sucrose와 raffinose는 막을 통과했기 때문인 것으로 생각된다. 특히 sucrose의 경우는 대략 75% 정도가 UF 막을 통과하는 것으로 나타났다. 따라서, UF 분리농축분말의 총 oligosaccharide 함량 역시 순물분말에 비해 낮으며 대략 순물분말 총 oligosaccharide 양의 2/3정도를 함유하고 있었다. 그러나 실제 UF 막을 통과할 수 있는 sucrose나 raffinose의 상당량이 막에 걸리는 것은 분자량이 비교적 큰 단백질이 UF막에 의해 회수될 때 단백질과 단단하게 결합되어 있는 당도 같이 회수되어 올리고당 정량시 분석되어진 것으로 여겨진다. 이러한 결과는 Omosaiye 등<sup>103)</sup>이 콩의 물 추출물로부터 oligosaccharide를 제거하기 위해, MW cut-off가 50,000인 UF막을 사용하여 여과시켰을 때, 전체 콩 oligosaccharide의 96% 이상이 회수 되었다는 결과와는 다소 차이가 있는데, 이것은 Omosaiye 등<sup>103)</sup>의 경우 UF막 투과를 연속적으로 반복하여 수행하였기 때문인 것으로 생각된다.

**Table 4. The composition of oligosaccharides and the contents of saponins and phytate in sunmul powder before and after concentration by ultrafiltration and nanofiltration**

(Unit : %, dry basis)

	Sunmul	UF	NF
Oligosaccharides			
Sucrose	12.85±0.51	3.61±1.31	15.62±1.02
Raffinose	6.03±0.06	4.19±1.61	5.24±0.16
Stachyose	11.81±0.15	11.60±2.21	19.39±1.95
Total	30.69±0.31	19.29±1.92	39.95±1.20
Saponins	0.097±0.003	0.095±0.001	0.024±0.002
Phytate	0.23±0.01	0.06±0.01	0.09±0.01

\*mean value of triplicates

NF 분리농축분말의 경우는 UF 농축분말보다 전체적으로 oligosaccharide의 함량이 높았으며, 특히 이당류인 sucrose의 농축효과에 있어서 4.5배 정도 더 높은 수치를 나타내었다. 순물과 NF 분리농축분말의 oligosacchride 함량을 비교하였을 때, 큰 차이가 없는 것으로 보아 NF막에서 거의 대부분의 oligosacchride가 농축되어 회수되는 것으로 여겨진다.

본 실험에 사용한 두부순물의 올리고당 조성은 sucrose : raffinose : stachyose 2 : 1 : 2의 비율로 분석되었는데, 이것은 이<sup>5)</sup>의 연구결과에서 순물에 존재하는 올리고당의 비가 4 : 1 : 5라는 보고와는 차이가 있다. 이러한 비율에서의 차이가 생긴 것은 콩의 저장 기간, 온도, 품종, 응고제의 양 등에 의한 차이에서 비롯된 것으로 사료된다. 반면 두부순물을 한외여과시켰을 경우 stachyose만이 일부 회수되고, nano여과법을 실시하여 두부순물을 농축하였을 경우에는, 삼탄당과 사탄당의 전량이 회수되었다고 보고한 김<sup>10)</sup>의 결과와 본실험의 결과는 일치하였다.

김과 김<sup>9)</sup>이 두부순물에 함유된 가용성 물질을 역삼투막으로 분리·농축한 후 올리고당을 측정된 결과, sucrose, raffinose 및 stachyose의 함량은 건물 중으로 각각 32.59%, 4.76% 및 9.99%이었으며 이 세 당류를 합한 양은 총당의 89.0%를

차지한다고 보고하였다. 또한, 두부순물에 함유된 각 유리당의 함량을 원료콩과 비교하였을 때에는 sucrose가 6.6배 정도 높았고, raffinose와 stachyose는 각각 4.3배 및 2.3배로 분자량이 큰 당일수록 그 배율이 낮아지는 경향을 보인다고 하였다. 한편, Ku 등<sup>104)</sup>은 효모로 발효한 대두침출액을 UF막 여과기를 이용하여 MW cut-off 20,000으로 여과한 후 투과액을 다시 MW cut-off 5,000으로 여과하여 회수한 각각의 단계별 투과액과 보유액의 올리고당을 측정하였는데, 전반적으로 보유액이 투과액보다 약간 높은 함량을 나타내었다고 보고하였다.

Saponin은 이중 극성을 가지는 열에 안정한 당복합체로, 과거에는 쓴맛과 아린 맛으로 식품에 좋지 못한 영향을 미치고, 적혈구 막을 파괴하는 독성 물질로 알려져 있었으나, 최근 연구에 의해 생체에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 드러났다. 아울러, saponin이 cholesterol을 낮추고 면역 반응을 자극하며 항암작용이 있는 것으로 알려져 많은 연구가 진행되고 있다<sup>96)</sup>. Phytate 또한 과거에는 무기물 및 단백질과 결합하여 칼슘이나 마그네슘과 같은 필수무기성분의 흡수를 저해하고 단백질의 소화율을 감소시키는 물질로 알려져, 이를 콩 가공과정에서 제거하고자 하는 연구들이 수행되었는데, 최근에는 phytate의 항산화 효과 및 다양한 항암효과가 발표되면서 콩으로부터 이들을 분리해 이용하고자 하는 연구들이 진행되고 있다<sup>42)</sup>.

UF 농축분말과 순물분말간의 saponin 함량은 큰 차이가 없었으나, NF 농축분말의 경우 상대적으로 그 함량이 낮아 순물 saponin 양의 1/4정도의 수준이었다. 이러한 결과는 상대적으로 분자량이 큰 saponin이 UF막에서 상당량 회수된다는 것을 보여주고 있다. Phytate의 경우는 UF 농축분말의 함량이  $0.06 \pm 0.01\%$ 로 순물분말의  $0.23 \pm 0.01\%$ 의 약 1/4정도의 수준만이 남아 있었으며, NF 분말의 경우는  $0.09 \pm 0.01\%$ 로 UF 분말에 비해서 1.5배정도 더 많은 양의 phytate가 회수되었지만, 순물에 비해서는 상당히 낮은 수치였다. 따라서 이 결과에서 알 수 있듯이, phytate는 상당량이 NF막을 통과하여 손실되는 것으로 보여진다.

Okubo 등<sup>105)</sup>은 phytate함량이 낮은 콩단백농축물(SPC)를 제조하기 위해, MW cut-off가 30,000인 막을 사용하여 ultrafiltration 실시한 결과, 98% 이상의 phytate를 제거하였다고 보고하였는데, 본 실험의 결과보다 회수율이 더 높은 것

은 사용한 UF막의 MW cut-off의 차이 때문인 것으로 생각된다. 또한 Shallo 등<sup>106)</sup>도 UF막을 이용하여 SPC를 제조할 때, pectinase 처리와 ultrafiltration을 반복 실시함으로써 최종 SPC에 함유되어 있는 phytate의 양이 0.02%로 대조구 phytate 함량의 약 1% 정도에 해당하는 수준이라고 보고하였다.

### (3) 유리아미노산의 함량 및 조성

순물과 UF 및 NF로 분리농축하여 동결 또는 분무 건조한 분말의 유리 아미노산 조성을 HPLC로 분석한 결과는 Table 5와 같다. 순물의 경우 glutamic acid가 27.33mg%로 가장 많이 함유되었고 그 다음이 histidine>arginine 순이었으며 총 유리아미노산 함량은 99.07mg%였다. 한편, UF로 농축한 분말의 경우 glutamic acid가 45.57mg%로 가장 많이 함유되었고 그 다음이 lysine으로 24.32mg%였다. 총 유리아미노산 함량은 131.95mg%였으며 NF로 농축분말한 경우에는 threonine이 854.87mg%로 가장 많이 함유되었으며 그 다음이 arginine>tyrosine> glycine 순으로 함량이 높았다.

NF 농축분말의 총유리아미노산 함량은 2,110.1mg%로 순물과 UF 분리농축분말 보다 각각 약 21배, 16배 함량이 많았다. 이는 대부분의 아미노산의 분자량이 75~240임을 감안할 때 이들 아미노산이 UF막을 통과했기 때문인 것으로 생각된다. 유리아미노산의 함량은 맛과 깊은 상관관계가 있으므로, 순물과 UF 및 NF 분리농축액을 물에 녹여 맛을 본 결과, 순물의 경우 딸기잼 향과 유사한 풍미를 가진 반면 UF로 농축한 분말은 약한 딸기잼 향을 나타냈고 glutamic acid 함량이 높아 감칠맛을 나타냈으며 NF 분리 농축액의 경우에는 약한 짠맛과 단맛을 나타내었다.

**Table 5. The composition of free amino acids in sunmul powder before and after concentration by a ultrafiltration and nanofiltratio**

(Unit : mg%)

Amino acid	Sunmul	UFC	NFC
Aspartic acid	5.34	7.21	61.08
Glutamic acid	27.33	45.57	54.37
Serine	6.96	1.50	7.04
Histidine	14.13	6.05	27.03
Threonine	2.88	6.45	854.81
Alanine	6.74	6.87	20.14
Arginine	12.59	7.99	486.25
Tyrosine	3.28	3.58	372.84
Glycine	2.21	2.88	104.97
Cysteine	0.64	1.96	-
Valine	3.41	2.16	7.94
Methionine	1.97	3.77	29.15
Phenylalanine	0.81	5.19	27.36
Isoleucine	0.84	2.57	14.51
Leucine	1.08	3.88	1.91
Lysine	8.86	24.32	40.70
Total	99.07	131.95	2,110.10

## 2. UF 및 NF 농축분말의 기능적 특성 조사

### 1) UF 및 NF 농축분말의 물에 대한 용해도

순물과 순물의 UF 및 NF 농축분말의 물에 대한 용해도를 조사한 결과 (Fig. 1), 순물과 dextrin이 첨가되지 않은 UF 및 NF 농축분말의 용해도는 서로 유사하였으며, dextrin의 양이 증가할수록 UF 농축분말의 용해도가 증가하여 dextrin이 40% 첨가된 경우의 용해도는 93.3% 였다. 반면 ISP(isolated soy protein)의 경우는 용해도가 30% 정도로 상당히 낮았다. 이 결과는 ISP는 콩으로부터 단백질을 분리하여 단백질 함량(90%이상)을 높인 제품일 뿐만 아니라, 콩으로부터 ISP를 제조하는 과정 중 탈지콩가루를 묽은 알카리(pH<9)로 추출한 후 원심분리하여 상등액을 산으로 pH를 4.5로 맞춰 침전시키는 과정 중 단백질의 변성이 일어났기 때문이라고 생각된다.

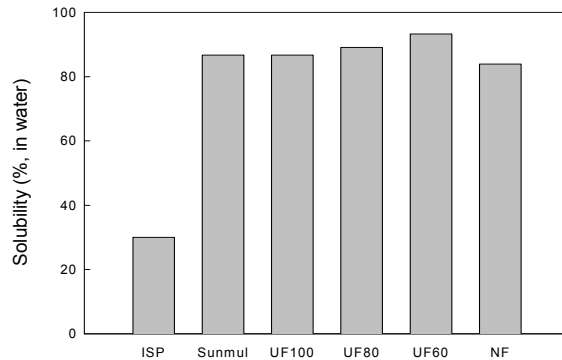


Fig. 1. Solubility of sunmul and UF prepared with various dextrin concentrations and NF.

UF100 : spray dried with UF only  
 UF80 : spray dried with 20% dextrin  
 UF60 : spray dried with 40% dextrin

## 2) 유지 및 수분 흡착력

유지 및 수분흡착력을 측정한 결과는 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다. 유지 흡착력은 향미를 보존해 주고 입속에서 감촉을 좋게 해주는 육제품의 기능성 중 하나이다. ISP의 유지흡착력은 건조시료 100g당 흡착한 유지량이 125.29g으로 순물과 UF 및 NF로 동결건조한 분말보다 더 높았으며, 순물과 NF로 동결건조한 분말은 각각 97.33g, 94.74/100g의 유지흡착력을 가지고 있었고, UF로 농축한 분말은 부형제로 첨가한 dextrin의 농도가 높아질수록 유지흡착력이 높아짐을 알 수 있었다. 즉 ISP>UF 농축분말>순물, NF 농축분말 순으로 유지흡착력이 높았다. 이는 UF 농축분말이 순물분말 및 NF 농축분말에 비해 분자량이 큰 단백질 함량이 높기 때문인 것으로 생각된다. Sathe와 Salunkhe<sup>93)</sup>는 친수기와 소수기의 평형, 단백질의 농도, pH 등이 유화성에 영향을 미친다고 하였으며, 소수성 탄소수가 증가할수록 유화성이 증가한다고 하였다.



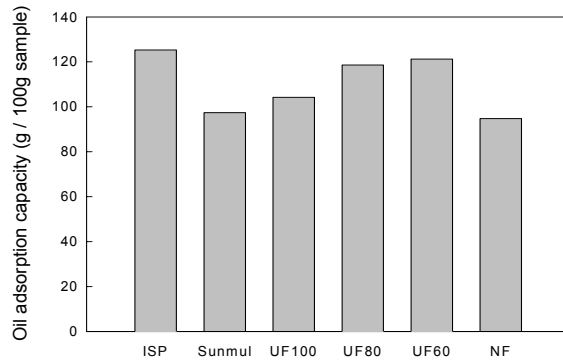


Fig. 2. Oil adsorption capacities of sunmul, UF spray dried with various dextrin concentrations and NF.

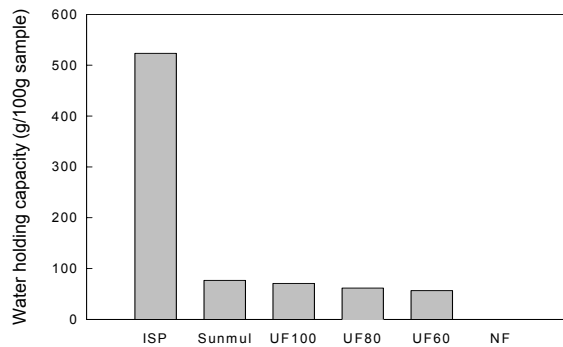


Fig. 3. Water holding capacities of sunmul, UF spray dried with various dextrin concentrations and NF

단백질의 수분흡착력은 단백질 제품과 물과의 상호반응을 나타내는 용어로 제품내에 물의 일부가 남아 있는 것을 말한다. 이 친수반응 능력을 평가하는 것은 소스나 gravies 같은 제품의 원료 배합비를 결정하는데 매우 중요하다. 수분흡착력은 ISP>순물>UF 농축분말의 순으로 나타났으며, UF 농축분말은 dextrin 첨가 농도가 증가할수록 수분흡수력은 유지흡착력과는 반대로 감소하였다. ISP의 수분

흡착력이 큰 것은 상업용 분리대두 단백질을 제조하는 과정 중 산침전을 사용하는 것이 단백질의 변성을 일으켜 수화능력을 증가시키는데 크게 기여 한 것으로 보인다. Arrese 등<sup>107)</sup>은 ISP에서 단백질의 변성도가 클수록 수분흡수력이 증가한다고 보고 하였는데, 이것은 polypeptide chain이 unfolding 되어 흡수된 물을 trapping 할 수 있는 matrix를 형성하기 때문이라고 보고하였다. 한편 NF 농축분말의 경우 수분흡착력은 나타나지 않았다. 이것은 NF가 다량의 탄수화물(71.25%)을 함유하고 분자량이 작은 펩티드를 함유하고 있어 이들에 물을 첨가하면 완전히 용해하여 원심분리 하였을때 침전이 거의 생기지 않았기 때문이다. 또한 UF 농축분말의 dextrin 첨가농도가 높아질수록 수분 흡수력은 유지 흡착력과는 반대로 감소하였다.

### 3) 단백질 용해도

순물 및 UF 농축분말의 pH와 NaCl 농도에 따른 단백질 용해도를 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 순물 및 UF 농축분말의 물에 대한 단백질 용해도는 pH가 감소됨에 따라 감소하다가 대두 단백질의 등전점 부근인 pH 4에서 순물, UF 농축분말(UF100), 부형제로 20%의 dextrin을 첨가한 UF80 및 40% dextrin을 첨가한 UF 60은 각각 70.85, 79.99, 73.61 및 59.16%로 가장 낮은 용해도를 나타냈으며 pH 2 에서 용해도가 다시 증가하는 전형적인 대두 단백질의 용해도 경향을 보였다. 그러나 이러한 V자 모양의 용해도는 ISP에 비해 훨씬 완만하였다. 단백질은 pH에 의해 크게 영향을 받는데 등전점에서는 순전하(net charge)가 '0'이 되므로 분자간에 반발력이 최소화되며 분자간 S-S 결합이나 소수결합이 연계되어 침전이 일어나기 때문에 pH 4에서 가장 낮은 용해도를 나타내고, 등전점에서 멀어질수록 순전하가 증가하여 단백질 분자 간에 반발력이 증가하여 용해도가 증가하게 된다<sup>108,109)</sup>. 또한 김<sup>110)</sup>은 pH 2에서의 용해도가 pH 4에서보다 높은 이유를 단백질의 재용해 때문이며, 이는 pH에 따라 단백질의 하전상태가 친수적 경향을 나타내기 때문이라고 보고하였다. 순물 및 UF 농축분말의 단백질 용해도는 pH 4 이하의 산성 영역에서 12.16%에서 최고 33.62% 가량 증가하였다. UF 농축분말의 경우 전반적으로 모든 pH 구간에서 ISP 보다 높은 용해도를 나타내었다

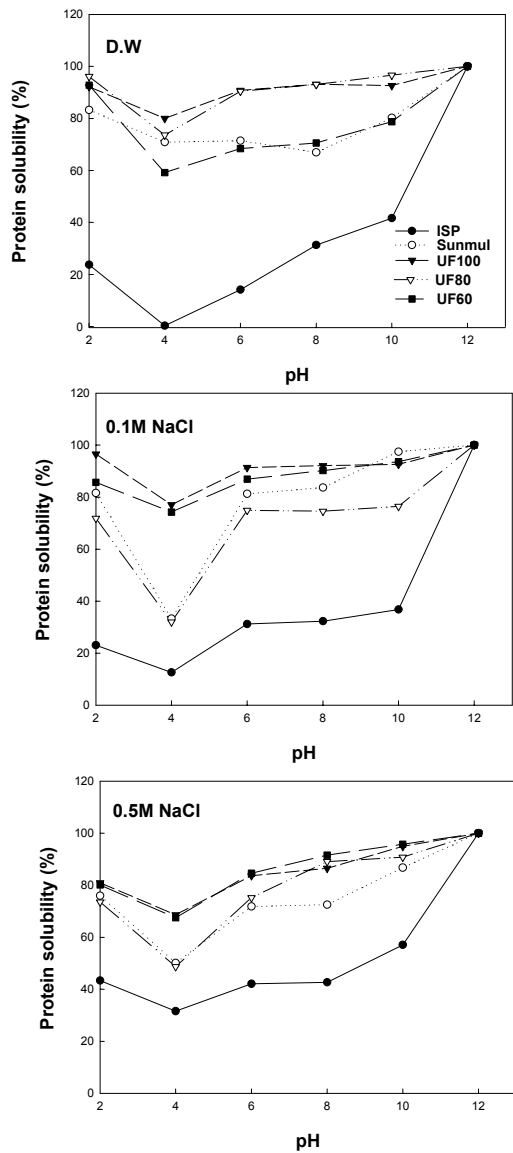


Fig. 4. Effects of pH and NaCl concentrations on the protein solubility index of Sunmul and UF spray dried with various concentrations of dextrin.

데 이것은 역삼투압법으로 분리 농축한 두부순물단백질과 ISP의 용해도를 비교한 김 등<sup>59)</sup>의 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 이는 대두에 함유되어 있는 대부분의 분자량이 큰 단백질의 경우 두부 제조 시 두부로 응고되고 분자량이 작은 수용성 단백질들은 순물로 유출되기 때문이라고 생각된다. 또한 ISP가 순수단백질인 반면 순물과 UF 농축분말의 경우 구성성분이 단백질 외에 탄수화물이 다량 포함되어 있어 각 pH에 대한 용해도에 관여한 것으로 사료된다. 순물 및 UF 농축분말에 0.1M NaCl을 첨가하여 pH 변화에 따른 용해도를 조사한 결과 UF60을 제외한 순물, UF100 및 UF80 분말은 pH 4에서 각각 33.23, 77.06, 31.99%로 증류수 처리구보다 용해도가 감소하였다. UF80의 경우 전 pH 구간에서 증류수 처리 구간보다 평균 24% 정도 용해도가 감소하는 경향을 나타낸 반면, 나머지 시료들은 pH 4를 제외한 전 구간에서 용해도가 증가하는 경향을 나타내었다. Kakalis 와 Regenstein<sup>111)</sup>은 달걀흰자 단백질에 소량의 염을 첨가하면 알칼리의 용해도가 증가한다고 보고하였는데, 이는 염 농도가 낮을 때 염과 단백질 사이의 인력으로 정전기적인 단백질-단백질간의 상호작용(결합력)이 억제되어 용해도가 증가하는 염용(salting in)을 보이기 때문인 것으로 보인다. 이와 대조적으로 0.5M NaCl을 첨가하면, 0.1M NaCl 첨가구 보다 ISP의 경우 용해도가 증가한 반면, UF80과 순물의 pH 4를 제외하고는 전반적으로 용해도가 감소하였다. 특히 UF100의 경우 pH 2에서 0.1M NaCl 첨가구에 비해(96.55%) 용해도가 15.65% 감소하여 최고 감소치를 나타내었다. 이와 같이 염의 농도가 높을 때에는 염과 단백질이 결합하여 불용성의 복합체를 형성하거나, 염의 이온이 수화되려는 경향이 강해 단백질과 서로 경쟁하게 되므로 용해도가 감소된 것으로 생각된다.

NF 농축분말의 pH 및 NaCl 농도에 따른 단백질의 용해도 변화는 Fig. 5와 같다. 증류수, 0.1M 및 0.5M NaCl 처리에서 NF 농축분말은 순물 및 UF 농축분말과는 달리 pH 6 부근에서 각각 63.33, 57.06, 61.84%로 가장 낮은 단백질 용해도를 나타내었으며, pH 10의 알칼리 조건에서 보다 pH 2의 산성 조건에서 증류수에서는 89.21%, 0.1M NaCl에서는 79.0%, 0.5M NaCl에서는 86.74%로 가장 높은 값을 나타내었다. 이는 UF 농축분말의 용해도는 pH 4에서 가장 낮았으며, 산성 또는

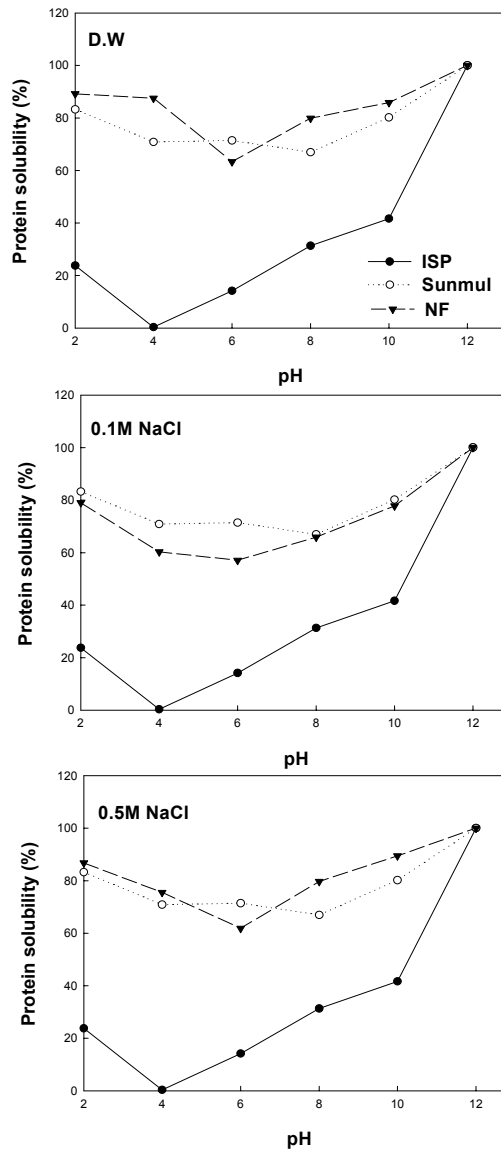


Fig. 5. Effects of pH and NaCl concentrations on the protein solubility index of Sunmul and NF powder.

알칼리 쪽으로 갈수록 증가하는 반면, NF 농축분말은 pH 4이하의 산성에서 잘 용해되지만 알칼리에서는 침전현상이 많이 일어나는 것과 관련이 있을 것으로 사료된다. 증류수 처리에서 NF 농축분말 단백질의 용해도는 pH 4에서 순물에 비해(70.85%) 16.64%로 최대 증가치를 나타내었으며 pH 6을 제외한 전 pH에서 순물의 단백질 용해도와 비교하여 평균 10.31% 증가하였으며, 0.1M 분NaCl 처리구의 단백질 용해도는 pH 8 이하에서는 순물에 비해 단백질 용해도가 낮았으나 pH 8 이상에서는 순물과 유사한 경향을 나타내었다. 하지만 0.1M NaCl을 첨가하였을 경우 용해도가 전반적으로 평균 6.52% 감소하여 증류수 처리 구에 비해 낮은 단백질 용해도를 나타내었다.

한편, 0.5M NaCl을 첨가하였을 경우 pH 6을 제외하고는 순물에 비해 단백질 용해도가 높게 나타났으며, 특히 pH 8에서 12.78%로 가장 많이 증가하였다. NF 농축분말의 pH 와 NaCl 농도에 따른 단백질의 전반적인 용해도는 증류수 처리구가 가장 높았고 그 다음이 0.5M, 0.1M NaCl 순이었으나 pH 변화에 따라서는 ISP와는 달리 용해도에서 큰 차이를 보이지 않았다. 전반적인 용해도 곡선을 비교 시 0.1M NaCl 처리 구간이 가장 완만한 용해도 곡선을 나타내었다.

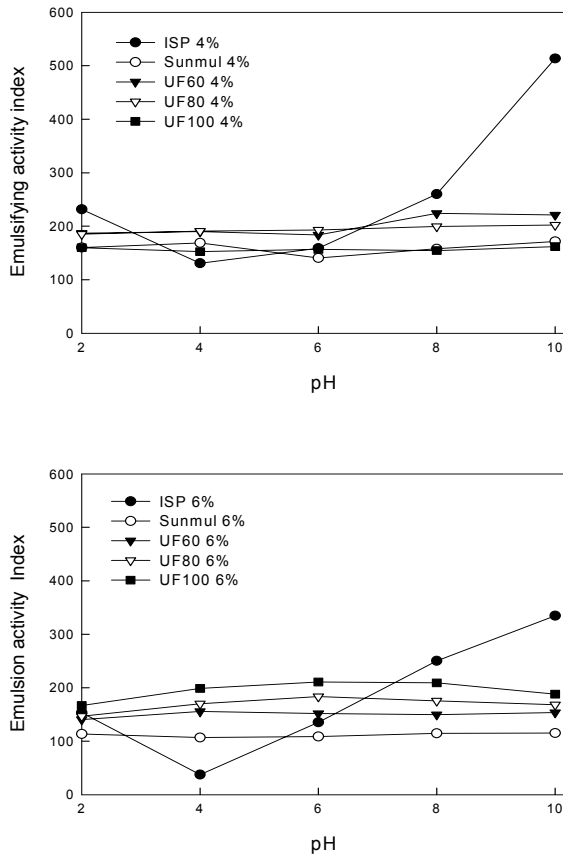
식품단백질의 중요한 기능적 특성중의 대개는 물과의 상호작용과 관련이 있으며 단백질 분자의 용해도가 바로 이런 물과의 상호작용과 관련 있는 과정, 즉 습윤, 팽윤, 용매화, 용해를 동시에 포함하는 과정이다. 이중 팽윤 과정은 단백질 matrix에 의한 물의 자발적인 흡수과정에 의해 일어나는 작용이며, 거품 형성력과 유화력들의 다른 기능적 특성들은 단백질 시료가 용매에 녹을 수 있는 능력에 달려있다. 하지만 단백질 용해도는 분자형태, pH, 이온강도, 온도, 기계적 방해하는 힘과 같은 요인에 영향을 받는다<sup>112)</sup>. 따라서 순물, UF 및 NF 농축분말이 ISP보다 비교적 높은 용해도를 보이는 것은 두부순물단백질은 주로 친수성의 분자량이 작은 수용성 단백질로 구성되어 있으며 이들은 위에서 말한 습윤과 팽윤 과정을 보다 증가시키는 요인들로 결국은 용해도를 증가시키는 여러 요인들 중의 하나로 사료된다.

#### 4) 유화력 및 유화안정성

순물과 UF 및 NF 농축분말을 각각 4%, 6% 용액으로 만든 후, pH에 따른 단백질의 유화력 및 유화 안정성을 측정한 결과는 Fig.6, 7, 8과 같다. 4% 순물 및 UF 농축분말 용액의 유화력은 전반적으로 pH에 따른 변화가 없었으며, 순물과 UF 농축 분말에 부형제인 dextrin을 40% 첨가한 실험구는 EAI가 150정도인데 반해, 부형제 무첨가 UF 농축분말과 20% 첨가 분말의 경우에는 EAI 값이 190~220 정도로 다소 높게 나타났다. 이러한 현상은 순물분말의 단백질 함량이 UF 농축분말의 단백질 함량의 1/2정도로 낮고, 부형제가 40% 첨가된 UF 농축분말의 경우는 부형제 첨가로 인해 전체 단백질 함량이 줄어들었기 때문인 것으로 각된다. 오<sup>113)</sup>는 두부순물에서 단백질을 등전점인 pH 4.1에서 추출하여 유화력을 측정한 결과 등전점인 pH 4.1에서 최소치를 보였고 등전점에서 멀어질수록 유화력이 증가하는 경향을 보였다고 보고하였다.

그러나 본 실험에서는 순물 자체를 동결건조 하였거나 UF 농축분말시료를 사용하기 때문에 등전점이 다른 여러 가지 단백질을 포함하고 있다. 한편, ISP는 등전점 부근인 pH 4에서 유화력이 급격히 감소하였으며, pH 8~10정도의 알칼리 조건에서 유화력이 급격히 증가하여 pH 10에서는 EAI가 510 정도로 상당히 높은 수치를 나타내었다. 한편, 순물 및 UF 농축분말이 pH 4.0 에서도 다른 pH 영역의 유화력과 큰 차이를 보이지않는 것은 등전점이 각기 다른 여러 가지 단백질을 포함하고 있기 때문이라고 사료된다. 김과 이<sup>114)</sup>는 pH 변화에 따른 루우핀 콩 단백질의 유화력이 pH 4.0 에서도 다른 pH 영역의 유화력과 큰 차이를 보이지 않다고 보고하여 본 실험 결과와 유사하였다. 6% 순물 및 UF 농축 분말 용액의 유화력은 4% 용액에서와 같이 전 시료가 pH에 따른 변화가 없이 pH 2~10 사이에 거의 일정하였으나 순물의 유화력이 UF 농축분말시료들 보다 낮았다.

따라서 이러한 결과를 토대로 보면, pH 전반에 걸친 유화력은 ISP에 비해 UF 농축분말의 유화력이 떨어지지만, ISP의 유화력이 떨어지는 pH 4 부근에서는 오히려 UF 농축분말을 ISP 대신 이용함으로써 유화를 더욱 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다. pH 변화에 따른 유화안정성은 4% ISP 용액의 경우 등전점 부근인 pH 4.0에서 가장 낮았고 pH가 이보산성쪽이나 알칼리쪽으로 감에 따라 급격



**Fig. 6. Effects of pH on the emulsifying activity index of sunmul and UF spray dried with various concentrations of dextrin.**

히 증가하였다. 순물용액의 유화안정성은 ISP와 같이 pH 4.0에서 가장 낮았고, 전반적으로 ISP와 유사한 경향을 보였다 으나 UF 농축분말 용액은 pH가 증가함에 따라 감소되는 경향을 보였다. pH에 변화에 따른 6% ISP 용액의 유화안정성은 4% 용액에서와 비슷한 경향을 나타내었으나 4% 용액에서 보다 훨씬 안정하였다. 이와 대조적으로 순물은 pH에 따른 유화안정성의 변화가 없이 거의 일정하였다. UF농축분말 시료들은 pH 6.0에서 가장 낮은 안정성을 보였고 이보다 산성 pH에서는 유화안정성이 높았다.



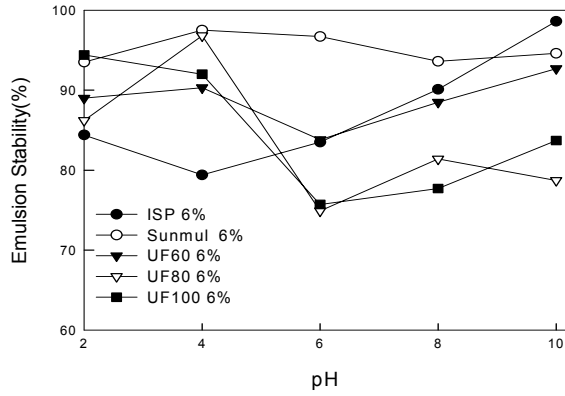
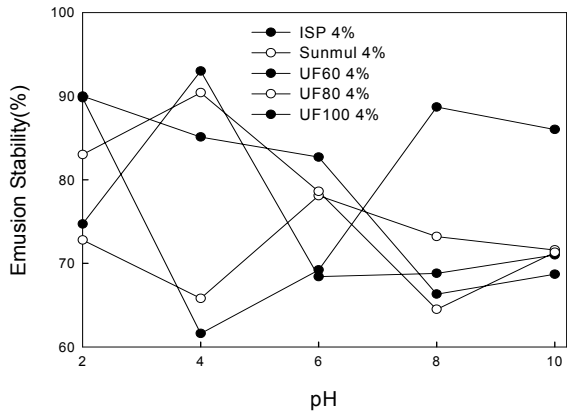
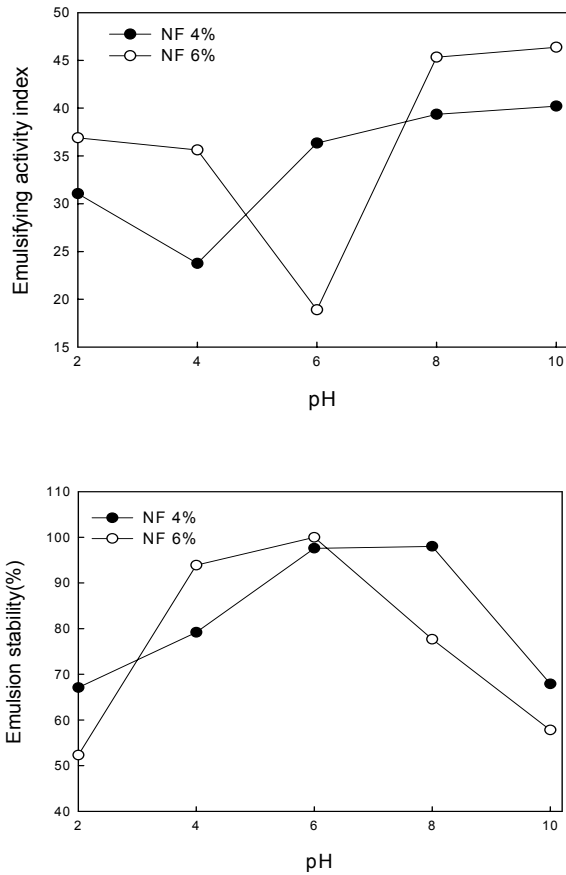


Fig. 7. Effects of pH on the emulsion stability of Sunmul and UF spray dried with various concentrations of dextrin.



**Fig. 8. Effects of pH on the emulsifying activity index and emulsion stability of NF.**

UF 농축분말 용액은 대체로 75~92%의 유화안정성을 나타내었다. 한편, 4% 및 6% NF 농축분말 용액의 유화력은 각각 pH 4.0 및 6.0에서 최저값을 나타냈으며 순물 NF 농축분말의 EAI 값은 19~50으로 UF 농축분말보다 4~10배 정도 낮았다. 이것은 NF 농축분말의 단백질 함량이 UF 농축분말 보다 6배 정도 낮았고, 분자량이 작은 단백질을 함유하고 있기 때문인 것으로 생각된다. NF 농축분말 용액의 유화안정성은 용액의 농도에 관계없이 pH 6.0에서 최대값을 보였고, pH

가 이보다 산성쪽이나 알칼리쪽으로 감소 또는 증가함에 따라 안정성이 증가하였다. NF 농축분말 용액의 유화 안정성은 53~98%로 유화력 자체가 매우 낮기 때문에 상대적으로 매우 높게 측정되었다.

### 5) 거품형성력 및 안정성

순물과 순물의 UF 농축분말의 거품형성능을 pH 및 NaCl 농도에 따라 비교한 결과는 Fig. 9와 같다. ISP를 증류수에 용해 시켰을 경우 거품형성능은 등전점인 pH 4 부근에서 최소가 되었고, pH가 이보다 산성 또는 알칼리성 쪽으로 감소 또는 증가함에 따라 급격히 증가하였다. 가장 높은 거품형성능은 pH 10의 증류수에서 80%로 나타났다. Nath 와 Narasinga Rao<sup>115)</sup>는 구아콩 단백질의 거품형성력은 등전점에서 최소가 되며, 그 이유는 낮은 단백질의 용해성과 단백질 구조가 풀리는 것을 막으려는 분자간의 상호작용 때문으로, 전기적 반발력이 최소가 되어 분자 상호간의 응집성이 증가하고 거품을 형성하는 단백질 막의 기계적 성질과 점도를 증가시켜 주기 때문이라고 하였다.

그러나 이러한 등전점 부근을 중심으로 한 V자 모양은 0.1M 및 0.5M NaCl을 첨가함에 따라 커브가 완만해졌다. 이와 대조적으로 순물과 UF 농축분말 용액을 증류수에 용해 시켰을 때 각각 pH 4 및 6에서 최대 거품형성능을 나타내었다. 한편, UF 농축분말을 0.1M 및 0.5M NaCl 용액에 용해 시켰을 경우 pH가 8.0까지 증가할수록 거품형성능은 감소하였으며 NaCl 농도가 증가함에 따라 전반적으로 약간 감소하는 경향을 보였다. 일반적으로 염은 단백질의 용해도, 점도, 접힘과 응고에 영향을 주면서 거품형성능을 향상시켜 주나 안정성은 감소시킨다고 보고<sup>116)</sup> 되었으나 본 실험의 경우는 pH 4-6에서 거품형성능이 가장 우수하였으며, 증류수에서는 pH가 알칼리 영역에 가까워질수록 거품형성능이 저하되었지만, NaCl이 첨가된 용액에서는 약간 상승하였다.

앞에서 살펴본 유화력에서와 마찬가지로 거품이 형성되기 위해서는 일단은 단백질이 용액 중에 용해되어야 하기 때문에 용해도 같은 성질이 중요하지만 단백질 분자가 빠르게 계면에서 펼쳐져서 기름이나 공기를 안정하게 가두고 유화액이나 거품을 유지하기 위해서는 단백질의 표면소수도가 중요한 역할을 한다.

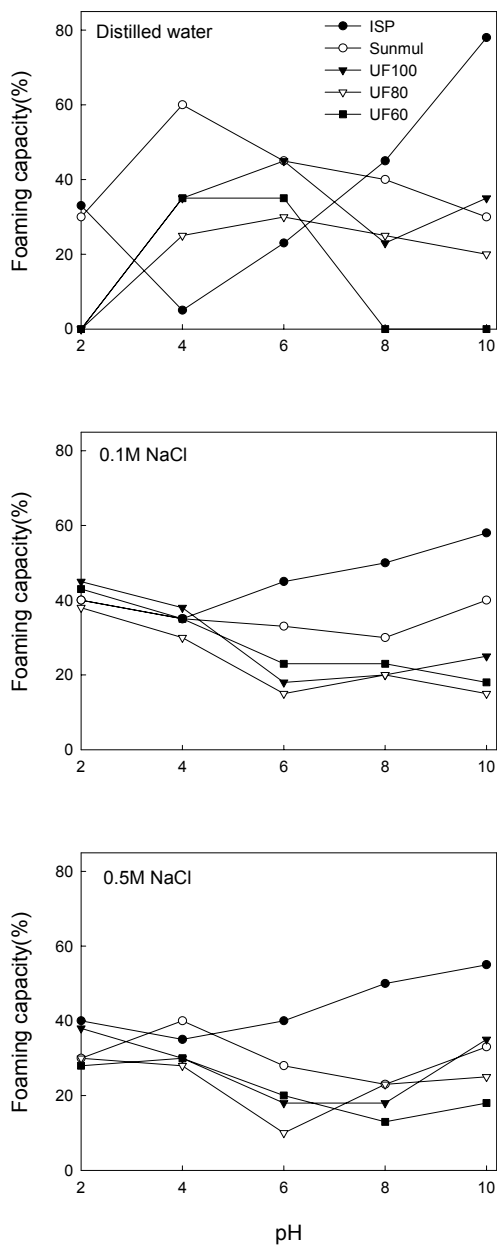


Fig. 9. Effects of pH on the foaming capacity(%) of Sunmul and UF spray dried with various concentrations of dextrin.

Nakai<sup>117)</sup>는 용해도, 점도, 소수성이 거품 형성력에 미치는 기여도를 연구한 결과 점도, 소수성도, 용해도 순서로 거품 형성력과 상관관계가 높다고 하였다. Kato와 Nakai<sup>118)</sup>는 단백질의 표면 소수성이 거품 형성력과 관계가 있는 표면장력과 계면장력을 낮추는 능력과 플러스의 상관관계가 있다고 보고 하였다. 한편 pH에 따른 거품의 안정성을 비교한 결과 (Fig. 10, 11, 12) ISP를 물에 용해하였을 경우 pH 2, 8 및 10에서는 거품이 60분까지 비교적 안정하였으나 pH6 에서는 35분에 pH4에서는 거품이 소멸되었다. 순물의 경우 pH 4, 6 및 8에서는 시간이 경과함에 따라 60분까지 거품의 안정성이 지속적으로 감소되는 경향을 보였으나 pH 2 및 10에서는 10분 및 20분 후에 거품이 소멸되었다.

이와 대조적으로 UF 농축분말들은 거의 모든 pH에서 20분 안에 거품이 소멸되었으며 시료를 0.1M 및 0.5M NaCl에 용해하였을 경우 ISP는 pH4를 제외한 모든 pH에서 거품 안정성이 시간이 지남에 따라 점진적으로 감소하여 60분 후에도 초기 거품 형성능의 반 정도를 유지하여 상당한 거품 안정성을 나타내었다. 그러나 pH 4에서는 거품이 비교적 높은 안정성을 보였는데, 이것은 등전점에서 용해도의 감소가 단백질 표면에 높은 점도를 가지게 해서 거품형성은 어려우나 거품의 안정성은 증가한다는 변<sup>119)</sup>의 결과와 일치하였다. 순물의 경우 pH 2 및 4에서는 시간이 경과함에 따라 60분까지 거품이 안정하였으나 pH 6, 8, 및 10에서는 10분 후에 거품이 소멸되었다. 이와 대조적으로 UF 농축분말들은 거의 모든 pH에서 거품형성 초기 또는 20분 안에 거품이 소멸되었다. 반면 순물의 NF 농축분말의 경우 거품형성능을 보이지 않았다. 이것은 NF 농축분말이 분자량이 작은 펩티드만 소량 함유하고 있기 때문으로 생각된다.

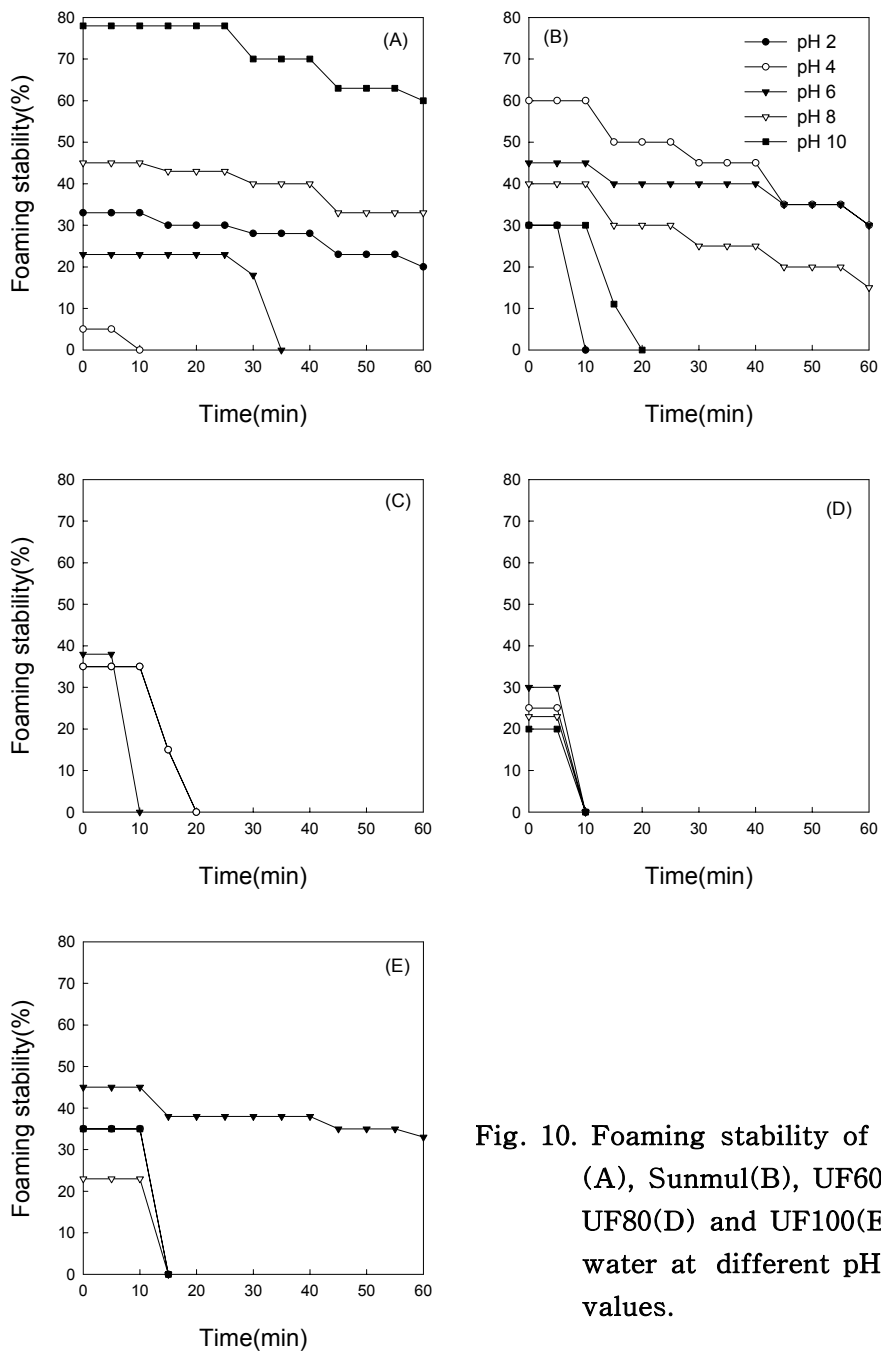


Fig. 10. Foaming stability of ISP (A), Sunmul(B), UF60(C), UF80(D) and UF100(E) in water at different pH values.

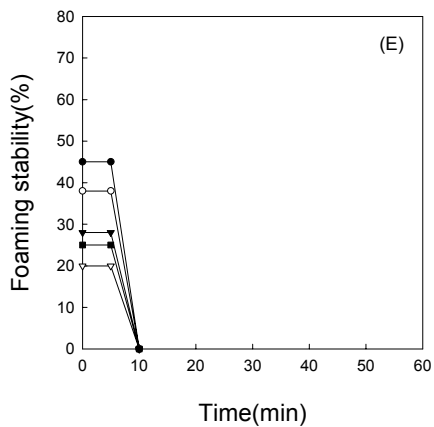
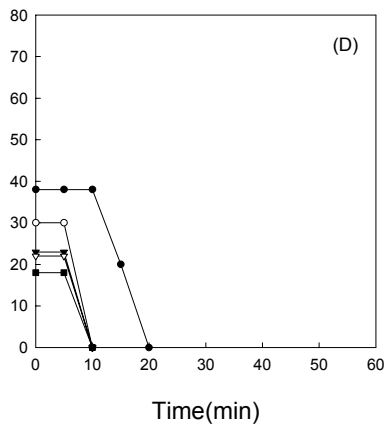
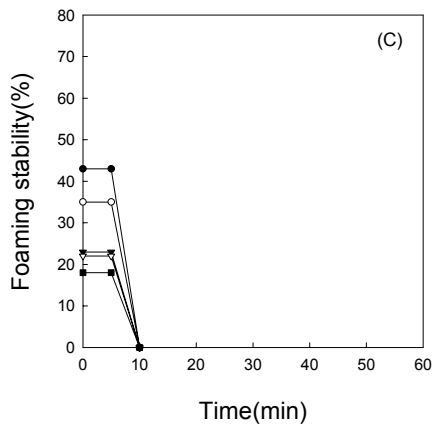
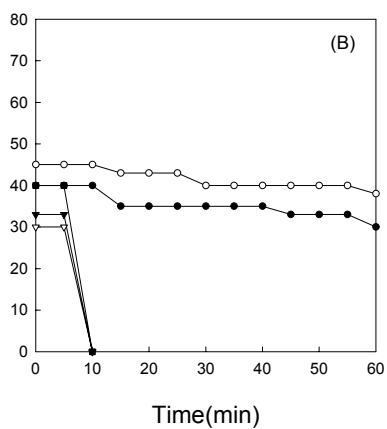
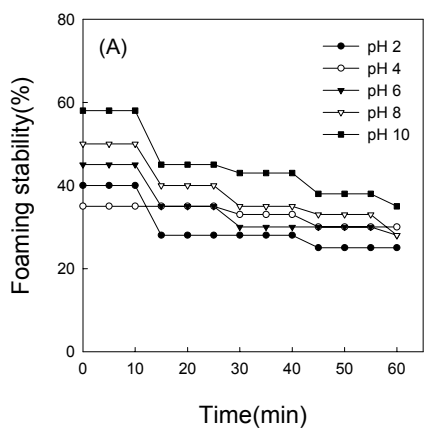


Fig. 11. Foaming stability of ISP (A), Sunmul(B), UF60(C), UF80(D) and UF100(E) in 0.1M NaCl at different pH values.

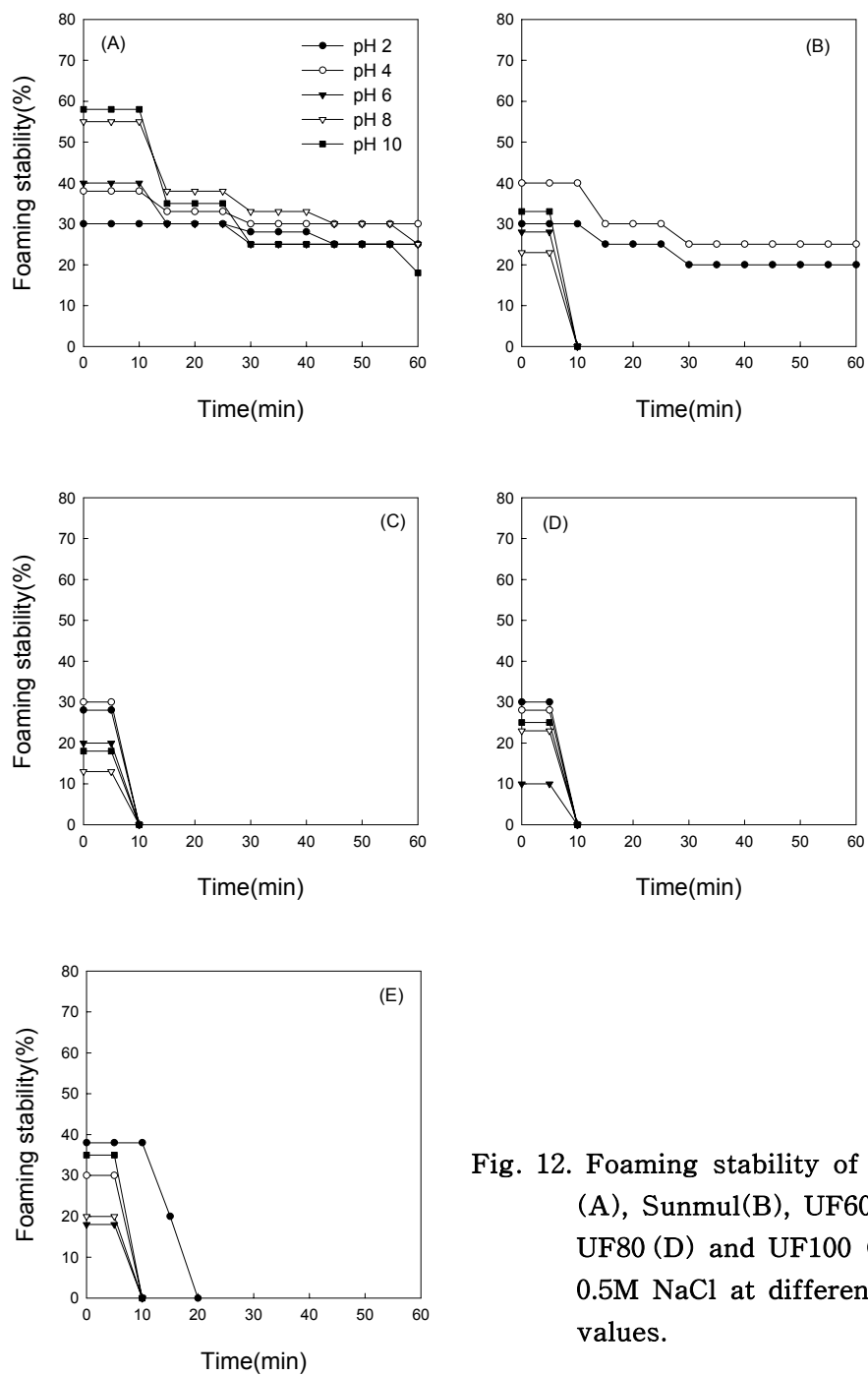
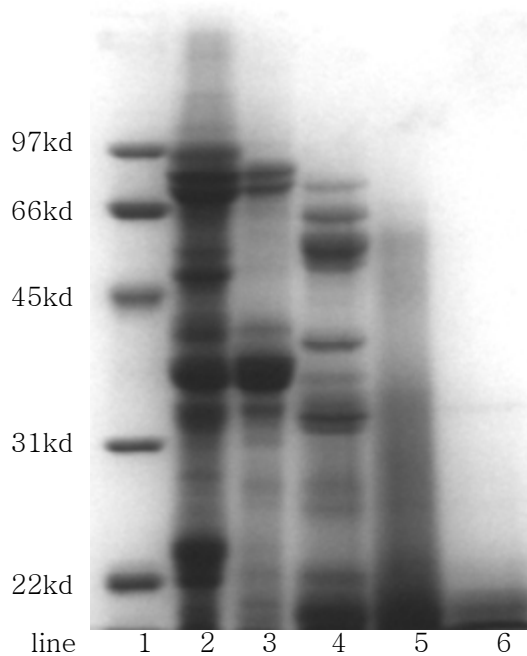


Fig. 12. Foaming stability of ISP (A), Sunmul(B), UF60(C), UF80 (D) and UF100 (E) in 0.5M NaCl at different pH values.



## 6) 단백질의 전기영동

콩의 단백질 추출물, ISP, 순물과 UF 및 NF 농축분말의 단백질 subunit pattern을 알아보기 위해, SDS-PAGE를 수행한 결과 Fig. 13과 같은 SDS-PAGE profile을 얻었다. Flin과 Gregerson<sup>120)</sup>은 콩단백질의 주요 단백질 분획이 glycinin (11S)과  $\beta$ -conglycinin (7S)인데, glycinin은 산성 subunits (38kd)와 염기성 subunits (20kd)로 구성되어 있고,  $\beta$ -conglycinin은  $\alpha'$ (58kd),  $\alpha$ (57kd),  $\beta$ (42kd) subunits으로 이루어져 있다고 보고하였는데, 본 실험에서도 콩 추출물 단백질의 경우 유사한 전기영동 pattern을 확인할 수 있었으며, 그 외에 66kd 이상인 단백질 band와 24kd 가량의 단백질 band도 관찰할 수 있었다.



**Fig. 13. SDS-PAGE profile of soybean protein extract, ISP, sunmul, UF and NF.**

Lane 1, MW standards; lane 2, soybean protein extract;  
lane 3, ISP; lane 4, UF; lane 5, NF.

ISP의 전기영동 pattern은 콩단백질의 pattern과 유사하였으나, ISP의 경우  $\beta$ -conglycinin의  $\alpha'$ 와  $\alpha$  subunit이 관찰되지 않았다. 순물의 경우는 38kd인 산성 subunit band가 상당히 희미하게 나타났고 콩과 ISP에서 관찰되는 분자량 66kd 이상의 밴드들 중 70kd에 해당하는 하나의 band만이 관찰되어 콩단백질과는 다소 차이가 있었다. 이것은 분자량이 큰 콩의 단백질 분획이 두부 제조 과정 중 순물로 빠져나가지 않고 두부로 이행되기 때문인 것으로 생각된다.

이것은 이와 황<sup>121)</sup>이 두부순물의 단백질 pattern을 SDS-PAGE로 분석한 결과, glycinin과  $\beta$ -conglycinin의 고유한 subunit은 거의 나타나지 않고 glycinin의 산성 subunit의 위치에 가늘고 흐린 band만이 나타났다고 보고한 바와 일치한다. 또한 콩단백질의 단백질 전기영동 pattern에서 관찰되는 분자량이 큰 단백질 band가 순물에서는 관찰되지 않았으므로 두부 제조 시 분자량이 작은 subunit만이 순물로 이동한다고 보고한 이와 황<sup>121)</sup>의 결과와도 일치한다. UF 농축분말은  $\beta$ -conglycinin의  $\alpha'$  subunit (58kd)으로 추정되는 band와 glycinin의 산성 subunit (38kd)으로 추정되는 band가 희미하게 관찰되었고 NF 농축분말의 경우는 분자량 20kd 이하의 band만이 관찰되었다. 이것은 UF막의 분자량 cut-off가 NF막보다 크기 때문에 UF 농축분말에서는 비교적 분자량이 큰 band가 관찰된 것이고 NF 농축분말에서는 저분자 단백질 분획의 band만이 관찰된 것으로 생각된다.

## 7) 단백질 아미노산 분석

순물은 단백질 또는 아미노산의 영양학적 가치가 인정되어 Xanthan gum<sup>122)</sup>과 vitamin B<sub>12</sub><sup>123)</sup> 생산을 위한 발효 기질로 사용되어 왔다. 순물과 순물의 UF 및 NF 농축분말에 함유되어 있는 단백질 성분들의 아미노산 조성을 HPLC로 분석한 결과 (Table 6), 순물은 glutamic acid, aspartic acid, lysine, serine 순으로 아미노산 함량이 많았다.

이 결과는 두부 순물에 존재하는 아미노산을 분석한 김 등<sup>59)</sup>과 Wang 과 Cavins<sup>124)</sup>의 실험에서 glutamic acid, aspartic acid, arginine, lysine 순으로 나타난 결과와는 그 순서가 약간 다를 뿐 유사하였다. UF 농축분말의 아미노산 함량

은 glutamic acid, aspartic acid, lysine, histidine의 순이었으며 NF 농축분말은 tyrosine을 가장 많이 함유하였고 그 다음이 glutamic acid, histidine 순으로 나타났다. 단백질의 총아미노산 함량은 UF 농축분말의 경우 196.69mg/g으로 순물의 86.83mg/g과 NF 농축분말의 30.02mg/g보다 각각 2.3배 및 6.5배정도 높게 나타났다는데, 이는 Kjeldahl법으로 조단백질 함량을 측정한 결과와 일치하였다.

소수성 아미노산 (Ala, Val, Met, Ile, Leu, Phe)도 UF 농축분말이 43.16mg/g으로 순물의 21.07mg/g 과 NF 농축분말의 6.77mg/g 보다 높았다. Kato와 Nakai<sup>118)</sup>는 형광을 이용한 소수성도 정량에서 단백질의 소수도와 유화형성력 사이에 유의적인 관계가 있다고 보고하였다. 본 실험에서 UF 농축분말의 소수도가 순물의 소수도보다 높았고 유화형성력 역시 높았다. 그러나 Aoki 등<sup>125)</sup>은 단백질의 유화형성력은 유화성과 지질성 사이의 균형에 의존한다고 하였으며 단백질의 소수성이 증가한다고 유화형성력이 증가하지는 않는다고 하였다.

Wang과 Cavins<sup>124)</sup>은 순물에서 lysine의 함량은 높았으나 phenylalanine, isoleucine, leucine, valine 과 같은 필수 아미노산의 함량은 낮았다고 보고하였다. 본 실험에서도 순물의 lysine 함량은 비교적 높았으나 다른 필수아미노산인 phenylalanine, isoleucine, leucine의 함량은 낮았는데, 이것은 Wang과 Cavins<sup>124)</sup>의 결과와 일치하였다. 전체 아미노산에 대한 필수 아미노산의 비율은 순물이 29.3%, UF 및 NF 농축분말이 각각 27.81%, 23.25%로 나타나 큰 차이를 보이지는 않았다.

**Table 6. The composition of free amino acids in sunmul powder before and after concentration by a ultrafiltration**

(Unit : mg/g)

Amino acid	ISP	Sunmul	UF	NF
Aspartic acid	26.61	11.98	27.62	2.14
Glutamic acid	86.92	20.42	43.02	4.86
Serine	16.7	5.27	12.08	0.3
Histidine	56.63	5.5	14.23	2.77
Threonine	98.15	5.5	11.42	trace
Alanine	18.35	5.25	13.17	0.73
Arginine	22.74	3.82	7.8	0.27
Tyrosine	77.44	1.2	9.0	9.61
Glycine	12.2	trace	trace	trace
Cystine	trace	2.45	3.65	2.36
Valine	28.45	5.22	11.87	0.88
Methionine	8.2	2.6	6.51	0.24
Phenylalanine	48.55	2.62	4.32	2.16
Isoleucine	25.91	1.99	2.62	2.3
Leucine	trace	3.39	4.67	0.46
Lysine	24.97	9.62	24.71	0.94
Total	551.82	86.83	196.69	30.02

### 3. RVA에 의한 UF 및 NF 분말 첨가 반죽의 호화패턴 조사

RVA는 밀가루나 전분의 호화특성을 측정하기 위하여 amylograph를 대신하여 쓰여지고 있으며 적은 양의 시료를 사용할 수 있고 기계 작동 시간이 빠르다는 이점을 가지고 있다. 순물분말과 UF 농축분말을 밀가루 양의 1, 3 및 5% 씩 첨가하여 호화패턴의 변화를 RVA로 측정한 결과는 Fig. 14 및 Table 7과 같다.

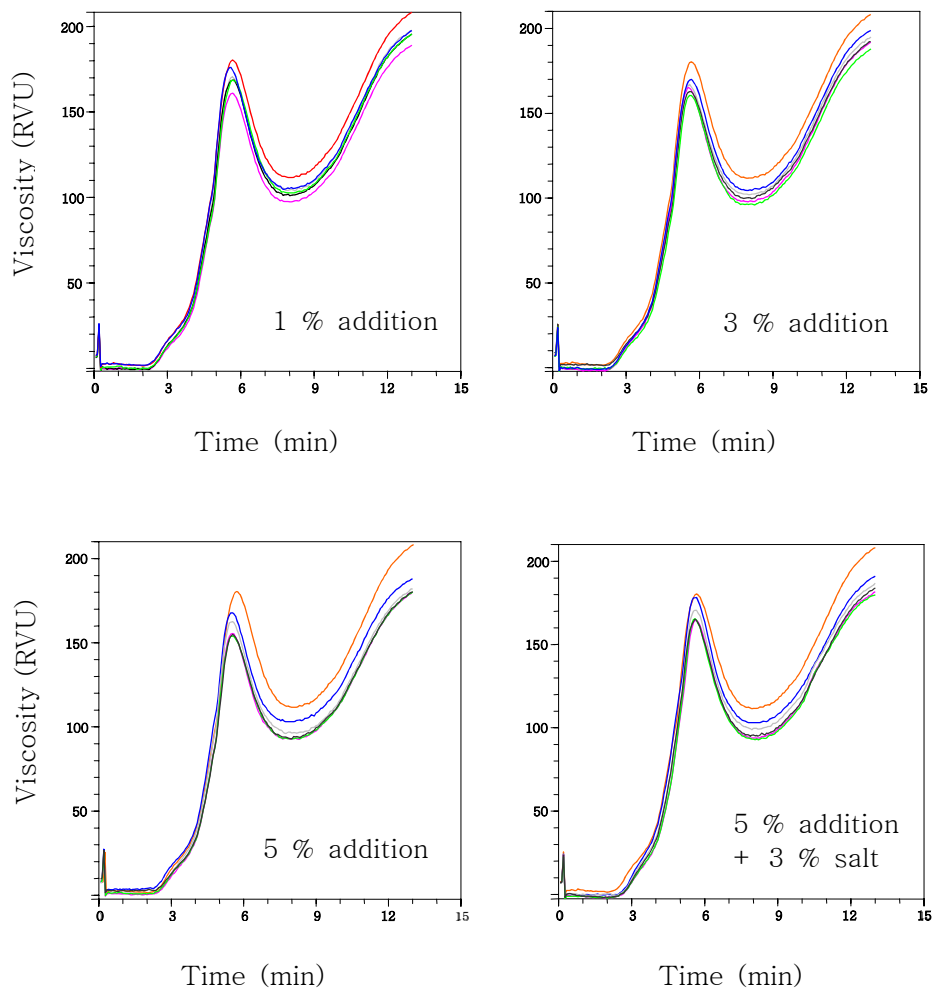


Fig. 14. Viscograms of wheat flour with various concentrations of SP, UFC and ISP by RVA.

— Control. — ISP — SP — UF-100 — UF-80 — UF-60

Table 7. Effects of addition of ISP, summul and UF on RVA viscogram properties

Amount of addition		Peak (RVU)	Trough (RVU)	Final viscosity (RVU)	Peak time (min)
Control (0%)		180.42	111.67	208.33	5.67
1 %	ISP	176.25	104.75	197.67	5.60
	SP	170.58	103.92	197.92	5.67
	UF-100 <sup>1)</sup>	162.17	98.17	192.42	5.53
	UF-80 <sup>2)</sup>	169.33	103.25	196.17	5.67
	UF-60 <sup>3)</sup>	169.50	101.75	196.33	5.73
3 %	ISP	170.00	104.42	198.83	5.67
	SP	166.92	102.17	194.92	5.60
	UF-100	165.25	97.83	191.83	5.53
	UF-80	162.25	97.58	190.92	5.60
	UF-60	158.25	95.50	185.92	5.60
5 %	ISP	167.92	103.25	188.17	5.47
	SP	162.75	96.25	182.08	5.53
	UF-100	153.67	90.75	178.33	5.53
	UF-80	152.17	90.08	177.33	5.53
	UF-60	152.92	91.92	179.25	5.47
5 % +	ISP	178.25	103.17	191.08	5.67
	SP	170.83	98.92	186.92	5.60
3 % salt	UF-100	164.58	93.75	181.75	5.67
	UF-80	165.25	94.92	184.08	5.60
	UF-60	165.50	92.83	179.75	5.60

<sup>1)</sup>UF-100 : spray dried with UF only

<sup>2)</sup>UF-80 : spray dried with 20% dextrin

<sup>3)</sup>UF-60 : spray dried with 40% dextrin

ISP, 순물 및 UF 농축분말 모두 밀가루에 첨가시, 무첨가구에 비해 최고점도와 최종점도가 감소하였다. 감소정도는 UF 농축분말>순물>ISP의 순이었으며, UF

농축분말에 첨가한 dextrin양의 영향은 받지 않았다. 특히, 각 시료 5%를 밀가루에 첨가했을 경우에 점도가 가장 많이 감소하였고, UF 분말 5%를 밀가루에 첨가한 경우, 대조구의 최고점도보다는 약 20% 정도, 최종점도보다는 약 10% 정도 감소하였다. 따라서 UF 농축분말 첨가 시 나타나는 점도의 감소를 보완하기 위해 밀가루 양의 3%에 해당하는 소금과 UF 농축분말 5%를 밀가루에 첨가하여 호화패턴을 조사한 결과, 대조구 보다는 작았지만 최고점도가 1% 시료첨가구와 비슷하게 증가하였다.

NF 농축분말을 밀가루에 1, 3, 및 5% 첨가하여 호화패턴을 분석한 결과는 Fig. 15와 Table 8에 나타내었다. NF 농축분말을 첨가한 경우도 UF 농축분말을 첨가한 경우와 마찬가지로, 그 첨가량이 증가할수록 최고점도와 최종점도 모두 감소하였다. 그러나, UF 첨가구는 5% UF 농축분말의 첨가로 인해 발생하는 점도의 감소를 3%의 소금을 첨가함으로써 어느 정도 완화시킬 수 있었지만, NF 첨가구는 소금을 첨가하더라도 점도의 회복이 이루어지지 않았다. 이는 UF 농축분말이 NF 농축분말에 비해 반죽에 영향을 미치는 단백질의 분자량이 크고 함량이 더 많기 때문인 것으로 생각되며, 아울러 NF 농축분말에 다량 존재하는 무기염류들이 소금의 반죽촉진 작용을 방해하기 때문인 것으로 생각된다.

김<sup>126)</sup>은 발아 콩가루를 4, 6, 8, 10 및 12% 씩 밀가루에 첨가하여 RVA로 호화패턴을 비교하였는데, 발아 콩가루의 함량이 많아질수록, 최고점도, 최저점도, 최종점도, setback 및 peak time이 낮아져서 이를 개선하기 위해 3%의 소금을 첨가해 호화패턴을 측정된 결과, 전체적인 모든 점도에 대해 5% 정도의 상승효과가 나타났다고 보고하였는데, 이는 본 실험의 결과와 일치한다. 또한 정과 김<sup>127)</sup>도 소금이 밀가루 반죽의 리올로지 특성에 미치는 영향을 파악하기 위해 밀가루 양의 1.7%에 해당하는 소금을 반죽에 첨가한 후, farinograph와 extenso-graph 및 amylograph의 최고점도를 비교하였는데, 그 결과 역시 본 실험의 결과와 마찬가지로 소금의 첨가가 gluten 형성을 촉진시킴으로써 점도의 상승효과를 나타내었다고 보고하였다.

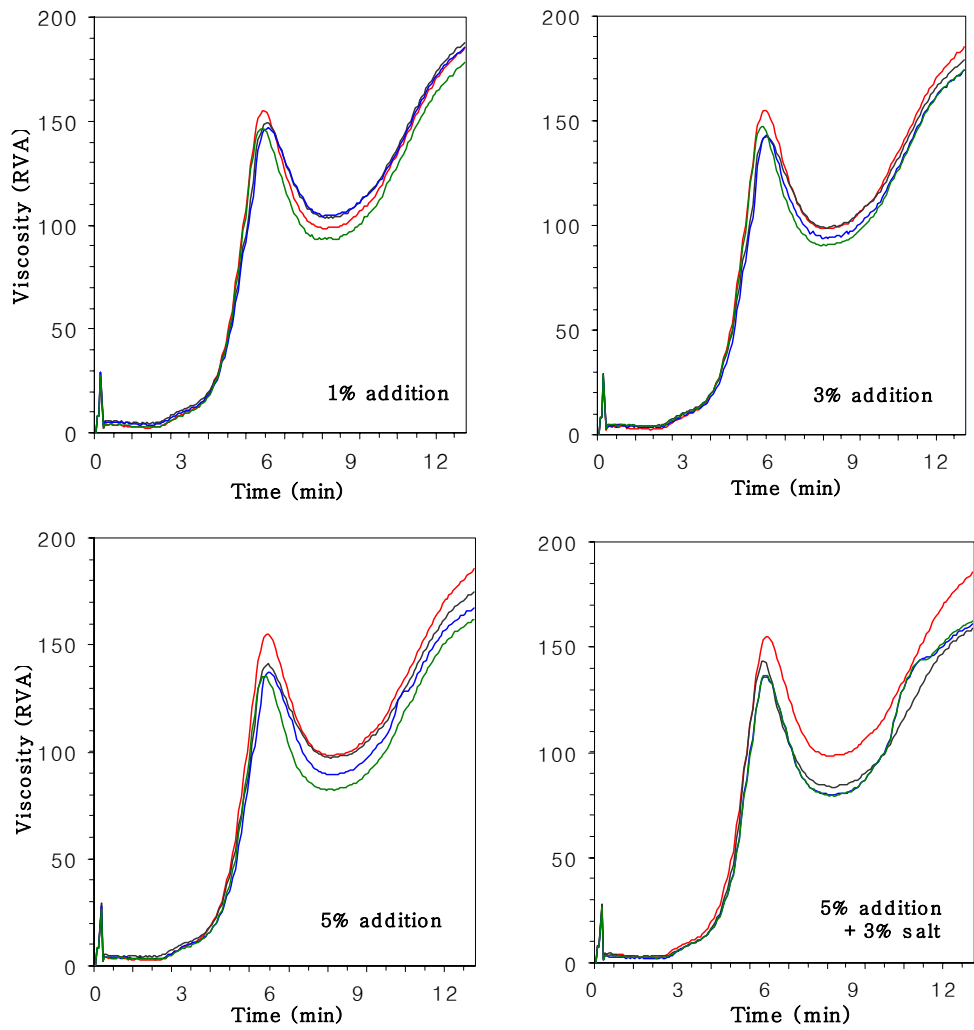


Fig. 15. Viscograms of wheat flour of ISP, sunmul, NF by RVA

— Control — ISP — UF — NF



Table 8 . Effects of addition of ISP, summul and NFC on RVA viscogram properties

Added amount	Peak (RVU)	Trough (RVU)	Final viscosity (RVU)	Peak time (min)	
Control (0%)	154.75	98.50	185.33	5.93	
1 %	ISP	148.83	104.08	185.75	6.00
	SP	146.88	104.25	185.42	6.07
	NF	146.42	93.17	173.08	5.87
3 %	ISP	149.17	103.54	187.59	6.04
	SP	143.17	93.58	174.00	5.93
	NF	147.25	90.25	174.09	5.80
5 %	ISP	140.96	97.00	174.63	5.93
	SP	137.54	89.30	167.29	5.93
	NF	135.08	82.04	161.96	5.77
5 % + 3 % salt	ISP	143.42	83.29	158.71	5.77
	SP	136.04	79.96	160.80	5.84
	NF	134.96	78.84	161.08	5.84

## 제 3 절 순물의 변질방지 방법 확립

### I. 재료 및 방법

#### 1. 재료

본 실험에 사용한 순물은 (주)두술 (충남, 예산)에서 순물 (두부 제조시 발생하는 순물과 유부 제조시 발생하는 순물)을 사용하였다. 균주의 배양에 사용한 tryptic soy broth와 MRS broth는 Difco 사 (Detroit, MI, USA) 제품을 사용하였고 16S rRNA sequence 분석에는 CEQ DTCS-Quick Start Kit (Beckmann Coulter)을 사용하였고 당발효성 분석에는 API 50 CHL system (bioMerieux sa, Marcy-l'Étoile, France)을 사용하였다.  $\beta$ -glucosidase 활성 시험에 사용한 pNPG (p-nitrophenyl- $\beta$ -D-glucopyranoside)는 Sigma 사 (St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다.

#### 2. 균주

표준균주로 사용한 *Escherichia coli* B34, *Staphylococcus aureus* B33, *Bacillus subtilis* B17 는 Fleming, H.P. (Food Fermentation Laboratory, USDA/ARS, North Carolina State University)으로부터 분양 받아 사용하였다. *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* KCTC3124와 *Leuconostoc argentinum* KCTC3773, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* KCTC3505는 생명공학 연구소 (Korean collection for type culture, 대전)에서 분양받아 사용하였고 *Saccharomyces cerevisiae* ATCC4126와 *Leuconostoc citreum* ATCC49370은 ATCC (American type culture collection, Manassas, Virginia, USA)로부터 분양 받아 세종대학교 식품공학과에서 동결 보관중인 균주를 사용하였다.

젖산균은 lactobacilli MRS agar (MRSA; Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 일반세균은 tryptic soy agar (TSA; Difco Laboratories) 평판배지에 streaking 하여 30℃에서 48시간 배양한 뒤 여기에서 잘 분리되어 나타난 colony를 각각 살균된 MRSB와 TSB 배지에 접종하여 20시간 동안 재배양 한 것을 시험용 종균으로 하였다. 종균을 각각의 선택배지에서 대수기 후반까지 액체배양

하여 원심분리한 균체에 16%의 glycerol이 함유된 각각의 선택배지를 첨가하여 -64℃의 냉동고에 저장하면서 사용하였다.

### 3. 순물의 총균수 (total aerobic plate count) 측정

순물의 총균수 측정은 표준방법 (standard plate count method)을 사용하였으며, 적절히 희석한 순물 1mL를 PCA (plate count agar; Difco Laboratories)배지에 평판주가법(pour plate method)으로 접종한 뒤 30℃에서 24~48시간 동안 배양한 후에 나타난 colony 수를 계수하여 CFU/mL로 표시하였다.

### 4. 순물 부패세균의 분리

순물로부터 세균을 분리하기 위하여 두부 제조시 발생하는 순물 (두부와 유부)을 살균병에 채취하여 냉장온도에서 보관하면서 부패균주의 분리에 사용하였다. 균주의 분리는 PCA 와 TSA에 각각 접종하여 30℃에서 48시간 동안 배양하면서 그 균락의 형태 및 색깔을 관찰하였다<sup>128)</sup>.

### 5. 순물 부패세균의 동정<sup>129)</sup>

#### 1) 16S rRNA gene sequence 분석

16S rRNA gene (535 염기) 서열 분석은 독일의 DSMZ (Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen GmbH, Braunschweig, Germany) 기관에 의뢰하여 실시하였다. 유전자의 DNA 추출, 16S rDNA의 증폭, PCR의 방법은 Rainey 등의 방법에 따라 행하였다. CEQTM8000 Genetic analysis system (Beckmann Coulter)을 사용하였고 sequence는 CEQTM8000 Genetic analysis system을 사용하여 실시하였다. 염기서열은 GenBank (national center for biotechnology information, Bethesda, U.S.A.)로부터 얻은 16S rRNA sequence를 이용하여 정렬하였다.

#### 2) 당 발효성 분석

당 발효성 시험은 API 50CHL system (bioMerieux sa, Marcy-l'Etoile,

France) 을 이용하여 실시하였다. 시험 균주는 MRS 액체 배지를 이용하여 30℃에서 24시간 동안 배양하였고 원심분리에 의해 균체를 모아서 API 50CHL 배지 10 mL에 현탁시켜 탁도를 맞추었다. 균을 부유시킨 API 50CHL 배지는 스트립의 각 튜브에 분주하였고 증류수를 부어 수분을 유지하도록 미리 준비해둔 tray에 스트립을 올려놓고 뚜껑을 덮어 30℃에서 24시간 이상 배양하면서 색깔의 변화를 3일 이상의 기간 동안 관찰하면서 기록하였다.

## 6. 순물 부패세균의 호기적, 혐기적 배양

순물 부패세균의 호기적 배양은 tryptic soy broth와 MRS broth에 각각 접종하여 30℃에서 24~48시간 동안 배양하면서 관찰하였다. 순물 부패세균의 혐기적 배양은 Bactron anaerobic chamber (Sheldon manufacturing, Inc.)에서 하였다. 순물에서 분리한 세균을 미리 24시간 전에 만들어 혐기적 상태에서 방치해 둔 TSB와 MRSB에 접종하여 30℃에서 24~48시간 동안 배양하면서 관찰하였다.

## 7., 순물 배지에서 순물세균의 생육

순물을 원심분리기 (HMR-2201V, Hanil Centrifuge Co., 인천)에서 15,000 rpm 으로 20분 동안 원심분리한 후 상등액을 membrane filter (0.45 $\mu$ m pore size, 25 mm diameter, Gelman Sciences, Ann Arbor, MI, USA)로 여과 제균하여 배지로 사용하였다. 순물배지에 순물에서 분리한 세균, 일반세균과 젖산균 등을 초기 접종균수가 1.4 $\times 10^5$  CFU/mL되도록 접종한 후 30℃에서 24시간 동안 배양한 후 spiral autoplate system (Autoplate 4000, Spiral Biotech, USA)를 이용하여 생균수를 측정하였다. 또한 순물세균은 순물배지에 접종한 후 3시간 간격으로 24시간 동안 spiral autoplate system으로 균수를 측정하여 생육곡선을 나타내었다.

## 8. 순물 부패세균의 $\beta$ -glucosidase 활성 시험

순물에서 분리한 부패세균 (S1과 S2)을 TSB 5mL에 30℃에서 24시간 배양한 후 배양액 5mL에 50mM pNPG (100 mM phosphate buffer (pH 7.0)) 1 mL를 첨가하였다. 37℃에서 30분과 60분 경과 후에 spectrophotometer를 이용하여 420

nm에서 O. D.를 측정하였다.

### 9. 순물 부패세균의 isoflavone분해여부 분석

순물 부패세균의 isoflavone분해여부를 측정하기 위하여 순물에서 분리한 세균 중  $\beta$ -glucosidase의 활성이 높은 S1을 UF와 NF처리한 순물 농축액에 접종하여 30℃에서 24시간 배양하고 제균한 후 동결건조를 하여 HPLC를 이용하여 isoflavone의 함량을 분석하였다.

## II. 결과 및 고찰

### 1. 순물 부패세균의 분리특성 및 부패방지 온도

순물 부패세균의 분리는 PCA agar와 tryptic soy agar에 각각 접종하여 30℃에서 48시간 동안 배양하면서 그 균락의 형태 및 색깔을 관찰하였다. 순물의 총균수를 측정하였을 때  $6.8 \times 10^7 \sim 3.4 \times 10^8$  범위의 순물을 시료로 부패세균을 분리하였다. 이때, pH의 범위는 5.2~5.3 였다. 분리된 순물 부패세균은 19균주로 크게 4가지 그룹으로 나뉘었다 (Table 1). 그룹 I에는 4균주가 속하였으며, colony는 작고 백색의 색깔을 나타내며, 그람 양성을 나타내었다. 이 그룹에 속하는 균주는 12~37℃ 범위의 온도에서 생육이 가능하였으나 40℃ 이상의 온도에서는 생육하지 못하였고 4℃에서는 6일 이후에 서서히 생육하는 것이 관찰되었다. 그룹 II에 속하는 9균주는 그람 양성과 구균의 형태를 나타내었고 colony의 형태가 그룹 I과 유사하여 백색을 나타내며 점성이 없는 형태를 나타내었으나 40℃에서 생육이 가능하였고 TSB에서 배양시 pH가 5.2~5.3으로 나타났다. 그룹 III에 속하는 4균주는 미색을 나타내었으며 점성은 없고 구균의 형태를 나타내었고 그람양성을 나타내었다. 생육온도는 12℃이하에서 생육하지 못하였으나 45℃에서도 생육이 가능하였다. 그룹 IV에 속하는 2균주는 노란색을 나타내며 점성이 있는 colony의 형태로 그람양성의 간균 형태를 나타내었다. 생육 온도는 12~30℃에서 생육하였다.

Table 1. Characteristics of sunmul isolates

Cluster ( No. of strain)	Colony		Cell	Gram stain	Growth at (°C)					
	Color	mucoid			4	12	30	40	45	50
I (4)	White	-	Coccus	+	-*	+	+	-	-	-
II (9)	White	-	Coccus	+	-	+	+	+	-	-
III (4)	Creamy	-	Coccus	+	-	-	+	+	+	-
IV (2)	Yellow	+	Rod	+	-	+	+	-	-	-

\* : Growth after 6 days

## 2. 순물 부패세균의 생육특성

순물에서 분리한 부패세균은 혐기적 조건과 호기적 조건에서 모두 생육하였고, 순물세균을 순물배지에 접종하여 24시간 동안 3시간 간격으로 생육정도를 측정하였다. 그룹1과 2의 세균인 S1과 S2는 순물에서 잘 번식하여 각각  $8.2 \times 10^8$  CFU/mL과  $2.6 \times 10^8$  CFU/mL로 나타났으며 두 그룹이 순물의 중요한 부패세균으로 인정되었고 3과 4그룹은 번식이 충분하지 않아 중요한 순물 부패세균이 아님을 알 수 있었다(Fig. 1)

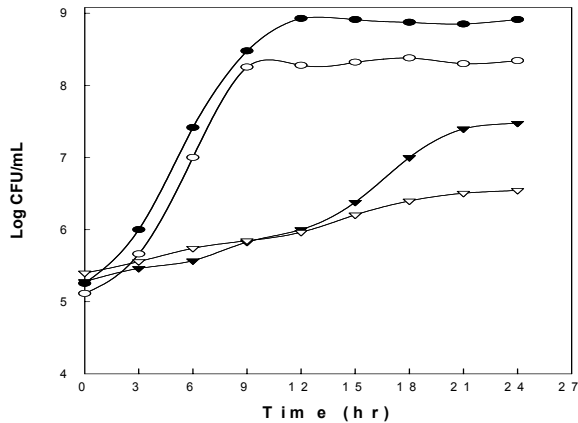


Fig. 1. Growth of sunmul isolates in sunmul at 30°C.

순물을 배지로 하여 배양하였을 때, *Escherichia coli* B34는  $6.2 \times 10^6$ , *Staphylococcus aureus* B33는  $3.3 \times 10^7$ , *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*

KCTC3124는  $1.3 \times 10^7$ , *Leuconostoc citreum* ATCC49370는  $1.8 \times 10^7$ , *Leuconostoc argentinum* KCTC3773는  $1.5 \times 10^7$ , *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *mesenteroides* KCTC3505는  $1.4 \times 10^7$ , *Saccharomyces cerevisiae* ATCC4126는  $1.6 \times 10^7$ , *Bacillus subtilis* B17는  $8.4 \times 10^6$  등으로 나타났다. 이것은 순물에서 분리하지 않은 일반세균 및 젖산균 등은  $6.2 \times 10^6 \sim 3.3 \times 10^7$  CFU/m을 나타내어 순물에서 충분히 생육하지 못하는 것으로 나타났다(Table 2).

**Table 2. Growth of sunmul isolates in comparison with other microorganisms in sunmul at 30 °C**

Microorganisms	Log CFU/mL
S1	8.9
S2	8.4
S3	7.4
S4	6.4
<i>Escherichia coli</i> B34	6.7
<i>Staphylococcus aureus</i> B33	7.5
<i>Bacillus subtilis</i> B17	6.9
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> subsp. <i>mesenteroides</i> KCTC3505	7.1
<i>Leuconostoc argentinum</i> KCTC3773	7.2
<i>Leuconostoc citreum</i> ATCC49370	7.3
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC4126	7.2
<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> KCTC3124	7.1

### 3. 순물 부패세균의 동정

#### 1) 16S rRNA gene sequence 분석

순물에서 분리된 세균 19주는 형태학적인 방법에 의해 4그룹으로 분류하였고 16S rRNA gene sequence 분석 (초기 500염기)결과 그룹 I은 *Leuconostoc citreum* (유사성 100%), 그룹 II는 *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* (유사성 99.6%), 그룹III은 *Kocuria kristinae* (유사성 99.3%)와 그룹 IV는

*Microbacterium hominis* (유사성 99.1%)로 동정되었다(Table 3). 그룹1의 S1은 *Leuconostoc citreum* KCTC3526<sup>T</sup>와 100% 유사성을 나타내었는데 이것은 초기 500 염기 서열이 완전 일치하는 것으로 GenBank (national center for biotechnology information, Bethesda, U.S.A.)의 BLAST program을 이용하여 S1과 *Leuconostoc citreum* ATCC49370<sup>T</sup>과 blast하였을 때 Fig. 2와 같이 일치하는 것으로 나타났다. 다른 그룹에 속하는 순물 세균도 유사성이 99%이상으로 높게 나타났다.

**Table 3. 16S rRNA gene sequence similarity values for sunmul isolates and related taxa based on partial sequence comparison**

	Strains	Similarity (%)
S1	<i>Leuconostoc citreum</i> KCTC3526 <sup>T</sup>	100
S2	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> NCDO2118 <sup>T</sup>	99.6
S3	<i>Kocuria kristinae</i> DSM20032 <sup>T</sup>	99.3
S4	<i>Microbacterium hominis</i> IFO15708 <sup>T</sup>	99.1

```

Lc 001 gatgaacgctggcggcgtgcctaatacatgcaagt cgaacgcgcagcgagaggtgcttgcaccttcaagcgagtggcgaacgggtgagtAACacgtgga
S1 *****
Lc 101 caacctgcctcaaggctggggatAACatTtggaaacagatgctaataccgaataaaacttagtatacgcatagatcaagctaaaaggcgtacggcgtca
S1 *****
Lc 201 cctagagatggatccgcggtgcattagttagttggtggggtaaagcctaccaagacgatgatgcatagccgagtgagagactgatacggccacattggg
S1 *****
Lc 301 actgagactcggccaaactcctacgggaggtgcagtagggaatcttcacaatggycgcaagcctgatggagcaacgcccgctgtgtgatgaagcctt
S1 *****
Lc 401 tcgggtcgtaaagcactgttgtatgggaagaaatgctaaaataggyaatgattttagttgacggtaccataccagaaagggacggctaaatcgtgcc
S1 *****
Lc 501 gcagcccggtaatcgtatgtcccgagcgttatccggatttattggcgtaaagcgagcgcagacggttgattaaagtctgatgtgaaagcccggagctc
S1 *****

```

**Fig. 2. Comparison of 16S rRNA gene sequence of S1 in cluster I with *Leuconostoc citreum*. Lc, *Leuc. citreum* ATCC49370<sup>T</sup>, Start mark indicates identical base.**



## 2) 당발효성 분석

순물에서 분리한 부패세균의 당발효성 분석시험은 순물에서 주요 부패세균으로 나타난 그룹1과 2의 균주인 S1과 S2에 대해 실시하였다. 분석결과(Table 4)는 표준균주와의 결과와 비교하였다. 그룹 1에 속하는 S1은 galactose, maltose, ribose는 모두 양성으로 나타났고 lactose, melibiose, raffinose는 음성으로 나타나 발효하지 못하는 것으로 나타났다. 표준균주인 *Leu. citreum* ATCC49370T와 비교해 보면 표준균주는 lactose, melibiose, raffinose가 양성인데 비해 S1은 음성으로 나타났다. 그룹 2에 속하는 S2는 galactose, lactose, maltose, ribose는 양성으로 나타났고 melibiose, raffinose는 음성으로 나타나 발효하지 못하는 것으로 나타났다.

Table 4. Comparisons of fermentation responses of sunmul isolates (S1 and S2)

Strains	Acid from					
	Gal	Lac	Mal	Mel	Raf	Rib
S1	+	-	+	-	-	+
S2	+	+	+	-	-	+
<i>Leuc. citreum</i> ATCC49370 <sup>T</sup>	+	+	+	+	+	-
<i>Lactococcus lactis</i> <sup>*</sup>	+	+	+	-	-	+

## 4. 순물부패세균의 $\beta$ -glucosidase의 활성 측정

순물의 주요한 부패균주로 나타난 S1과 S2를 이용하여  $\beta$ -glucosidase의 활성을 측정하였다(Table 5). 그룹1에 속하는 S1의 경우 O.D. 값의 변화가 60분 경과 후에 0.5026으로  $\beta$ -glucosidase의 활성이 있는 것으로 나타났으나 그룹 2에 속하는 S2는 60분 경과 후에도 0.1607로 나타나 S1의 활성과는 차이를 나타내었다. 이 사실로 보아 분리균주 S1은  $\beta$ -glucosidase 결함을 분해할 수 있고 따라서 배당체 구조를 갖는 isoflavone을 가수분해할 수 있는 것으로 판단되었다.

Table 5.  $\beta$ -glucosidase activity of sunmul isolates(S1 and S2)

sunmul Isolates	O. D. (420nm)	
	30 min	60 min
S1	0.3134	0.5026
S2	0.1566	0.1607

### 5. 순물부패세균의 isoflavone 분해여부 분석

순물에서 분리한 세균 S1을 순물(UF 농축액과 NF 농축액)에 배양하여 HPLC를 사용하여 isoflavone의 함량변화를 분석한 결과(Table 6) UF와 NF농축액 모두에서 isoflavone이 분해되는 것을 알 수 있었다. 특히 NF농축액은 UF농축액보다 초기 isoflavone함량이 많음에도 불구하고 S1에 의한 isoflavone분해도가 높았는데 이는 NF농축액에 세균 S1의 영양성분인 당이 UF농축액에 비해 많아 세균의 생육과 isoflavone 분해효소인  $\beta$ -glucosidase의 분비가 많기 때문으로 해석된다.

Table 6. Isoflavone of UF and NF filtration of sunmul after incubation for 24hr by sunmul isolates

	UF retentate <sup>1)</sup>		NF retentate <sup>1)</sup>	
	Control	S1	Control	S1
Isoflavone(mg) <sup>2)</sup>	0.932	0.635	2.450	0.429

<sup>1)</sup> 8 VCF (volume concentration factor)

<sup>2)</sup> Isoflavone : daidzin + glycitin +genistin + daidzein + glycitein + genistein

## 제 4 절 UF, NF 분리 제품의 이용방법 조사

### I. 재료 및 방법

#### 1. 재료

요구르트 제조에 사용된 사용 균주는 H사에서 혼합균주(*Lactobacillus acidophilus*  $3 \times 10^8$ /g, *Lactobacillus bulgaricus*  $5 \times 10^8$ /g, *Lactobacillus yogurti*  $2 \times 10^8$ /g, *Streptococcus thermophilus*  $1 \times 10^9$ /g)를 구입하여 사용하였고 머핀제조에는 박력분을, 국수제조에는 중력분을 사용하였으며 그 외 우유, 설탕, 버터, 계란, 베이킹 파우더 및 소금(정제염) 등은 시중에서 판매되는 제품을 구입하여 사용하였다. 증편반죽의 제조에 사용된 쌀은 일반미를 사용하였으며, 탁주는 서울 장수막걸리(pH  $3.40 \pm 0.05$ ), 물은 증류수를 사용하였다. 분석에 사용된 시약은 1등급 이상의 시약을 사용하였다.

#### 2. UF와 NF 분말을 이용한 제품 개발

##### 1) UF와 NF 분말을 첨가한 요구르트

###### (1) 요구르트의 제조

발효 기질로써 전지 우유에 탈지분유 4%(W/V)를 첨가하여 고형분의 함량을 증가시키고 UF 또는 NF 분말을 탈지분유의 6.25%, 12.5% 그리고 25%로 대체하여 hand mixer로 1분간 균질화한 다음 60~65℃에서 20분간 살균하였다. 살균된 기질을 실온으로 방냉한 후 혼합 젖산균 1g을 접종하여 37℃ 항온기에서 24시간 배양하면서 시간별(0, 6, 12, 18, 24시간)로 pH, 적정산도, 생균수 및 점도 측정을 실시하고 휘발성 향기성분을 분석하였다.

###### (2) pH 및 적정산도 측정

UF 및 NF 분말 첨가 요구르트 발효액의 pH는 pH meter(level II, inoLab, Germany)로 직접 측정하였고 발효 중 경시적인 젖산균의 산생성을 조사하기 위한 적정산도는 발효액 10g에 증류수 20ml를 가한 후 0.1N NaOH로 pH가 8.1이 될 때까지 적정하고 젖산으로 환산하였다.

$$\text{적정산도(\%)} = \frac{0.1 \text{ N NaOH 소모량} \times 0.1 \text{ N NaOH factor} \times 0.9}{\text{시료(g)}} \times 100$$

### (3) 점도 측정

UF 또는 NF 분말 첨가 요구르트의 점도 변화는 발효과정 중의 요구르트를 시간별로 일정량 취한 후, 4℃ 냉장고에 보관하여 온도가 11~14℃가 되었을 때 꺼내어 viscometer(Viscostar L, Spain) 3번 spindle을 사용하여 20 rpm에서 1분 경과 후부터 30초 간격으로 3분까지 점도를 측정하였고 3회 이상 반복 실험하였다.

### (4) 색도 측정

UF 또는 NF 분말 첨가 요구르트를 제조하여 색차계(JX 777. Juki, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였고 세 개의 시료를 한 시료당 10회 반복 측정하여 평균치로 나타내었다.

### (5) 생균수 측정

발효과정 중 경시적인 생균수 변화를 측정하기 위해 시료 1g을 취하여 0.85% saline solution에 10배 희석법으로 희석한 후 BCP plate count agar(Eiken Chemical Co., Japan) 평판배지에 도말한 후 37℃에서 24~74시간 배양하여 나타난 황색 conoly의 수를 계수하여 CFU(colony forming unit)/ml로 나타내었다.

### (6) SPME를 이용한 휘발성 향기성분 분석

UF 또는 NF 분말 첨가 요구르트의 휘발성 향기 성분의 분석은 SPME 방법으로 실시하였다. 요구르트 10g을 취하여 30ml headspace glass vial에 담고 septum (Supelco, USA)으로 밀봉하였다. 여기에 SPME fiber를 꽂아 1cm 노출시켜 vial을 60℃ water bath에서 20분간 휘발성 성분을 흡착시켰다. SPME

fiber의 선택은 예비실험을 통하여 가장 예민하게 반응성하는 75 $\mu$ m carboxen-polydimethylsiloxane(CAR/PDMS)을 사용하였으며 fiber를 GC injection port에 노출시켜 2분간 탈착시켰다. GC 분석은 FID(flame ionized detector)가 장착된 Hewlett Packard Model 6890 Plus Gas Chromatograph(Hewlett Packard Co., USA)를 사용하여 실시하였다. 컬럼은 HP-5 (25m x 0.32mm I.D.)를 사용하였고 주입기의 온도는 220 $^{\circ}$ C로 하였으며 오븐 온도는 40 $^{\circ}$ C에서 2분간 유지한 다음 120 $^{\circ}$ C까지 6 $^{\circ}$ C/min로, 220 $^{\circ}$ C까지 8 $^{\circ}$ C/min로 상승시켰다. 휘발성 성분의 동정은 Hewlett Packard GC-MS (Hewlett Packard Co., USA)를 이용하여 GC와 동일한 조건으로 분석하였으며 사용된 library는 Wiley 7n.1 이었다.

## (7) 관능 검사

발효가 완료된 요구르트에 10% (w/w)에 상당하는 설탕을 첨가하여 냉장고에서 수시간 방냉한 후 관능검사를 실시하였다. 평가항목은 색(color), 냄새(odor), 맛(taste), 조직감(mouthfeel), 뒷맛(aftertaste) 및 전체적인 바람직성(overall desirability)에 대하여 각 항목별로 9점 척도법으로 평가하였다.

## 2) UF와 NF 분말을 첨가한 머핀

### (1) 머핀의 제조

머핀은 일반 제조 방법으로 제조하였고 재료 배합비는 Table 1과 같다. 즉, 밀가루, 베이킹 파우더, 소금, UF(NF)분말을 체질하여 두고, 설탕, 계란, 우유, 버터를 넣어 크림상이 되도록 hand mixer로 1분간 반죽한 후 체질한 재료들을 넣어 30초간 반죽하였다. 유산지를 깐 머핀컵에 35g씩 취하여 예열된 오븐에 넣고 윗불 190 $^{\circ}$ C, 아랫불 190 $^{\circ}$ C에서 20분간 구워낸 후 꺼내어 상온에서 2시간 방치하고 분석실험을 실시하였다.

**Table 2. Formula for muffin prepared with different levels of UF(NF) powder**

Groups	Ingredient(g)							
	flour	UF(NF)	milk	sugar	butter	egg	salt	baking powder
UF(NF)-0	90.0	0	45	45	45	45	0.2	3
UF(NF)-3	87.3	2.7	45	45	45	45	0.2	3
UF(NF)-5	85.5	4.5	45	45	45	45	0.2	3
UF(NF)-7	83.7	6.3	45	45	45	45	0.2	3

UF(NF)-0 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-0%

UF(NF)-3 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-3%

UF(NF)-5 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-5%

UF(NF)-7 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-7%

## 2) 머핀의 무게, 부피, 단면의 높이 및 용적밀도 측정

머핀의 부피는 종자치환법으로 측정하였고 용적밀도(ml/g)는 부피를 무게로 나누어 구하였으며 단면의 높이는 머핀을 위에서 아래로 반으로 잘라 최고 높이를 측정하였고 각각 3회 반복 측정하여 평균치로 나타내었다.

## 3) 색도 측정

머핀의 색도는 머핀 내부의 색을 색차계(JX 777, Juki, Japan)를 이용하여 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 10회 반복 측정하여 평균치로 나타내었다.

## 4) 조직감 측정

머핀의 조직감 측정은 rheometer(Compac-100, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 masticability test를 실시하였고 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 검성(gumminess) 등을 조사하였다. 한 처리군당 3개의 시료를

이용하여 각각 3회 반복 측정 하여 평균치로 표시하였으며 측정시 사용된 조건은 Table 2와 같다.

**Table 2. Operating conditions of rheometer for texture analysis**

Parameter	Condition
Test type	mastication
Adaptor type	circle (diameter 10 mm)
Load cell (max)	2 kg
Table speed	120 mm/min
Sample height	20 mm

#### 5) 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM)에 의한 표면구조

머핀의 기공상태를 관찰하기 위하여 생시료를 건조처리와 전도성 도금처리 없이 수분을 함유한 상태로 30kV 가속 전압에서 50배, 1 torr 상태하에서 주사전자현미경(Philips, XL30 ESEM, Netherlands)으로 관찰하였다.

#### 6) 관능검사

머핀의 관능검사는 훈련된 8명의 관능평가요원에 의하여 실시하였다. 평가항목은 표면색(surface color), 내부색(interior color), 고소한 냄새(odor), 맛(taste), 조직감(mouthfeel), 뒷맛(aftertaste) 및 전체적인 바람직성(overall desirability) 등에 대하여 각 항목별로 9점 척도법으로 평가하였다.

### 3. UF와 NF 분말을 첨가한 국수

#### 1) 국수의 제조

밀가루 사용량의 0, 1.5, 3, 5, 7%를 UF(NF) 분말로 대체하고 전체 복합분 중량의 3%에 해당하는 소금을 물에 첨가하여 Table 3과 같은 비율로 재료를 혼합하여 반죽기(K5SS, Kitchenaid, USA)에서 10분간 반죽한 다음 polyethylene 백

에 넣어 20℃ 온도에서 2시간 동안 반죽을 숙성시켰다. 숙성된 반죽은 가정용 국수제조기(A-Ryuk, Korea)를 사용하여 롤 간격 3.0, 2.2, 1.4mm로 점차 줄여가면서 각각 2회씩 sheeting하여 면대를 형성하였으며, 최종적으로는 1.5 × 4.0mm 굵기의 생면을 제조하여 시료로 사용하였다.

**Table 3. Formula for the addition of UF(NF) to noodle preparation**

Groups	Ingredient(g)			
	flour(g)	UF(NF)(g)	salt(g)	water(ml)
UF(NF)-0	100	0	3	45
UF(NF)-1.5	98.5	1.5	3	45
UF(NF)-3.5	97	3.0	3	45
UF(NF)-5.0	95	5.0	3	45
UF(NF)-7.0	93	7.0	3	45

UF(NF)-0 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-0%

UF(NF)-1.5 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-1.5%

UF(NF)-3 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-3%

UF(NF)-5 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-5%

UF(NF)-7 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-7%

## 2) 신속점도 측정계에 의한 반죽 특성 조사

UF 분말을 0, 1.5, 3, 5, 7%로 첨가한 복합분 첨가 밀가루 반죽의 소화특성을 신속점도 측정계(Rapid visco analyzer, RVA, Newport, Australia)를 이용하여 측정하였다.

## 3) 국수의 조리특성 측정

제조한 생면 20g을 50ml의 끓는 물에 넣고 4분간 조리한 후 국수의 무게, 부피, 조리액의 탁도를 측정하였다. 무게는 흐르는 냉수에 30초간 냉각시킨 다음



조리용 채로 건져 5분간 실온에 방치하면서 물기를 제거한 후 측정하였다. 부피는 500ml 메스실린더에 200ml의 증류수를 채운 후 생면과 조리면을 각각 넣어 증가하는 물의 부피를 국수의 부피로 계산하였다. 조리면의 수분 흡수율은 삶아 건져낸 국수를 5분간 물기를 제거한 후 측정한 국수의 무게에서 생면의 무게를 빼고 생면의 무게으로 나누어 준 후 100을 곱하여 계산하였다. 국물의 탁도는 삶은 국수를 건져낸 물을 총 부피가 500ml가 되게 희석한 다음 냉각 하여 675nm에서 흡광도를 측정하였다. 조리특성은 3회 반복 실험하여 측정하였다.

#### 4) 색도 측정

국수의 색도는 생면과 조리면의 표면 색도를 색차계(JX 777, Juki, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 측정하였으며 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 10회 반복측정하여 평균치로 나타내었다.

#### 5) 조직감 측정

국수의 조직감 측정은 rheometer(Compac-100, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 mastication test를 실시하였고 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 검성(gumminess)등을 측정하였다. 한 처리군당 3개의 시료를 이용하여 각각 3회 반복 측정하여 평균치로 표시하였으며 측정시 사용된 조건은 Table 4와 같다.

Table 4. Operating condition of rheometer for texture analysis

Parameter	Condition
Test type	mastication
Adaptor	Round(Diameter 10mm)
Table speed	120 mm/min
Lodecell	2kg
Set Value	10mm

## 6) 관능검사

관능검사는 국수를 끓는 물에 4분정도 삶은 후 흐르는 물에 냉각시킨후 물기를 제거하고 관능검사 시작 10분전에 국수를 훈련된 8명의 관능평가요원에게 제시하여 실시하였다. 평가항목은 색(color), 냄새(odor), 부드러운 정도(softness), 질깃한 정도(stickiness), 전체적인 바람직성(overall desirability) 등에 대하여 각 항목별로 9점 척도법으로 평가하였다.

## 4. UF와 NF 분말을 첨가한 증편

### 1) 증편의 제조

멥쌀은 수세하여 실온에서 하룻밤(15시간) 침지한 후 체에 받쳐 1시간 동안 물기를 제거한 다음 제분하였다. 제분한 가루는 체를 통과시킨 후 비닐 백에 250g씩 담아 탈기한 후 밀봉하여 -20℃의 냉동고에 보관하면서 사용하였다. 쌀가루에 대하여 UF(NF) 분말을 0%, 0.5%, 1%, 2%, 3%로 첨가하고 다른 재료를 Table 5와 같은 비율로 첨가하여 반죽을 제조한 후 30g씩 용기에 담아 랩을 씌우고 35℃ 향온기에서 4시간 동안 1차 발효시켰다. 1차 발효 후에 30초 동안 교반하여 가스를 제거하고 증편틀(직경 60mm × 높이 25mm)에 붓고 다시 동일 조건에서 20분간 2차 발효를 실시하였다. 그 후 김이 오른 찜통에서 20분간 찌고 꺼내서 10분간 뜸을 들여 1시간 방냉 후 시료로 사용하였다.

### 2) 증편 반죽의 pH 측정

UF 분말의 첨가량을 달리하여 재료를 혼합한 증편반죽을 4시간 동안 발효시키면서 1시간 간격으로 pH를 측정하였다. 즉, 반죽 5g씩을 각각 취하여 25ml의 증류수를 가하고 균일하게 분산시킨 다음 pH meter(level II, inoLab, Germany)로 pH를 측정하여 4시간 동안의 변화를 측정하였다.

Table 5. Formula for Jeung-Pyun prepared with different levels of UF(NF) powder

Groups	Rice powder (g)	UF(NF) powder (g)	Sugar (g)	Salt (g)	Takju (ml)	Water (ml)
UF(NF)-0	100	0	21	1	15	45
UF(NF)-0.5	99.5	0.5	21	1	15	45
UF(NF)-1.0	99	1.0	21	1	15	45
UF(NF)-2.0	98	2.0	21	1	15	45
UF(NF)-3.0	97	3.0	21	1	15	45

UF(NF)-0 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-0%

UF(NF)-0.5 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-0.5%

UF(NF)-1.0 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-1.0%

UF(NF)-2.0 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-2.0%

UF(NF)-3.0 : ultrafiltered(nanofiltered) powder-3.0%

### 3) 증편 반죽의 부피 측정

증편 반죽의 발효 중 부피 변화를 알아보기 위하여 mess cylinder에 반죽을 50ml씩 담고 35℃ 항온기에 4시간 동안 발효시키면서 30분 간격으로 부피의 변화를 측정하였다.

### 4) 증편의 무게, 부피 및 용적밀도 측정

증편의 부피는 좁쌀을 사용한 종자치환법으로 측정하였으며 용적밀도는 부피를 무게로 나누어 구하였으며(ml/g) 모든 측정은 3회 반복 측정하였다.

### 5) 색도 측정

증편의 색도는 색차계(JX 777. Juki, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였고 세 개의 시료를 한 시료당 10회 반복 측정하여 평균치로 나타내었다.

## 6) 조직감 측정

증편의 조직감을 측정하기 위해 Rheometer(Compac-100, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 masticability test를 실시하였고 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 겹성(gumminess) 등을 조사하였다. 세 개의 시료를 한 시료당 3회 반복 측정하여 평균치로 표시하였다.

## 7) 관능 검사

관능검사는 증편을 실온에서 1시간 방냉한 후 관능검사실에서 실시하였다. 관능검사 요원은 식품영양학과 4학년 학생 8명을 선발하여 평가항목에 대하여 설명하고 특성의 개념과 강도 평가에 대하여 익숙해지도록 훈련을 시킨 다음 본 실험을 실시하였다. 평가항목은 냄새(탁주향), 단맛, 신맛, 촉촉한 정도, 기포의 균일한 정도, 전체적인 바람직성 등을 7점 척도법을 사용하여 평가하였다.

## II. 결과 및 고찰

### 1. UF와 NF 분말을 첨가한 요구르트

#### 1) pH 및 적정 산도(titratable acidity)의 변화

UF와 NF 분말 첨가 요구르트의 발효과정 중 pH와 산도 변화는 Table 6~9와 같다. UF 분말 첨가 요구르트의 접종 직후 pH는 6.06~6.53으로 UF 분말 첨가량의 증가에 따라 pH가 저하되었다. pH는 발효 12시간까지 급격히 떨어다가 그 후에는 완만히 저하하고 각 시료간에 pH 격차가 줄어들어 발효 24시간 후 최종 pH는 대조군이 3.68, UF 분말 첨가군이 3.67~3.70으로 시료간에 유의적인 차이가 없었다. 적정산도의 경우, 접종 직후에는 0.20~0.28%로 UF 분말 첨가군이 대조군에 비하여 유의적으로 낮았고 발효 12시간 후 적정산도는 0.95~1.02%로 현저히 증가하였는데 이러한 현상은 pH가 저하되는 경향과 일치하는 결과라 할 수 있다. 그 이후 적정산도는 완만히 증가하여 발효 24시간 후 2.01~2.06%으로 각 시료간에 차이가 없는 것으로 나타났다.

NF 분말 첨가 요구르트도 UF 분말 첨가 요구르트와 비슷한 경향을 나타내어 초기 pH는 6.23~6.53으로 NF 분말 첨가 시료에서 유의적으로 낮게 측정되었고 발효 시간이 경과함에 계속 저하하여 발효 24시간 후 pH는 3.67~3.69로 나타났으나 시료간에 차이가 없었다. NF 분말 첨가 요구르트의 적정산도는 발효 초기 0.20~0.22%를 나타냈고 발효 24시간 후에는 2.02~2.05%로 현저히 저하되었으나 시료간에 차이는 없는 것으로 나타났다. 요구르트의 적정 pH 범위는 3.27~4.53이며<sup>130)</sup> 적정산도는 0.95~1.20%라는 자료<sup>131)</sup>와 본 실험의 결과를 비교하여 볼 때 pH는 대체로 일치하는 경향을 나타내었으나 적정산도는 높게 나타났다. 이러한 결과는 젖산균주로 단일균주보다는 혼합균을 사용하였기 때문으로 사료된다. 고구마와 호박을 첨가하여 요구르트를 제조한 경우, 발효 24시간 후의 pH는 4.17~4.25, 적정산도는 1.205~0.002%이었고<sup>132)</sup> 매실을 첨가한 호상 요구르트의 발효 24시간 후 pH는 3.93~4.53, 적정산도는 0.85~1.23%로 보고<sup>133)</sup>함으로써 본 실험의 결과보다 pH는 높게 나타났고 적정산도는 낮게 나타나서 첨가된 물질의 종류에 따라 최종 pH와 적정산도가 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

**Table 6. Changes in pH during fermentation of yogurt added with different levels of UF powder**

Groups	Incubation time (hour)				
	0	6	12	18	24
UF-0	6.53±0.03 <sup>a</sup>	4.61±0.29	3.89±0.01	3.75±0.00	3.68±0.00
UF-6.25	6.42±0.04 <sup>ab</sup>	4.54±0.21	3.91±0.02	3.77±0.01	3.70±0.01
UF-12.5	6.29±0.06 <sup>b</sup>	4.49±0.15	3.91±0.03	3.78±0.03	3.70±0.03
UF-25.0	6.06±0.06 <sup>c</sup>	4.46±0.13	3.91±0.02	3.75±0.00	3.67±0.02

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

**Table 7. Changes in titratable acidity(%) during fermentation of yogurt added with different levels of UF powder**

Groups	Incubation time (hour)				
	0	6	12	18	24
UF-0	0.20±0.01 <sup>a</sup>	0.95±0.14	1.55±0.02	1.84±0.06	2.02±0.05
UF-6.25	0.21±0.01 <sup>a</sup>	1.00±0.84	1.53±0.07	1.79±0.04	2.01±0.06
UF-12.5	0.24±0.01 <sup>b</sup>	1.02±0.04	1.52±0.04	1.77±0.00	2.06±0.07
UF-25.0	0.28±0.01 <sup>c</sup>	1.01±0.07	1.54±0.06	1.86±0.03	2.06±0.06

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

**Table 8. Changes in pH during fermentation of yogurt added with different levels of NF powder**

Groups	Incubation time (hour)				
	0	6	12	18	24
NF-0	6.53±0.03 <sup>a</sup>	4.61±0.29	3.89±0.01	3.75±0.00	3.68±0.01
NF-6.25	6.40±0.02 <sup>b</sup>	4.27±0.16	3.87±0.02	3.75±0.04	3.67±0.04
NF-12.5	6.33±0.01 <sup>b</sup>	4.25±0.17	3.88±0.04	3.75±0.03	3.69±0.04
NF-25.0	6.23±0.04 <sup>c</sup>	4.24±0.16	3.86±0.00	3.73±0.01	3.67±0.01

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

**Table 9. Changes in titratable acidity(%) during fermentation of yogurt added with different levels of NF powder**

Groups	Incubation time (hour)				
	0	6	12	18	24
NF-0	0.20±0.01	0.95±0.14	1.55±0.02	1.84±0.06	2.02±0.05
NF-6.25	0.20±0.00	1.16±0.17	1.59±0.02	1.84±0.00	2.05±0.04
NF-12.5	0.21±0.00	1.18±0.17	1.57±0.09	1.81±0.03	2.02±0.02
NF-25.0	0.22±0.01	1.14±0.12	1.62±0.01	1.86±0.05	2.03±0.04

## 2) 점도

UF 와 NF 분말을 첨가하여 요구르트를 제조하고 발효 24시간동안 요구르트의 점도를 측정 한 결과는 Table 10과 같다. 발효 6시간후부터 점도가 증가하기 시작하여 432.84~620.50 cps로 측정되었으며 대조군보다 UF 분말 첨가군의 점도가 낮게 나타났다. 발효 12시간 후부터 점도는 급격히 증가하여 대조군이 2453.50 cps, 첨가군이 1912.34~32344.92 cps으로 측정되었고 발효 24시간에는 대조군이 3196.34 cps로 가장 높았고 25% 첨가군이 2623.00 cps로 가장 낮게 측정되었다.

NF 분말 첨가 요구르트도 UF 분말 첨가시와 비슷한 경향을 나타냈으며 발효 24시간후 점도는 3097.25~3574.92 cps로 6.25%첨가군에서 가장 높았고 25% 첨가군이 가장 낮은 값을 보였다.

**Table 10. Changes in viscosity of yogurt added with different levels of UF and NF powder dutin fermentation at 37°C**

(unit : centipoise, cps)

Groups	Incubation time (hour)				
	0	6	12	18	24
UF-0	9.75	620.50	2453.50	3366.25	3196.34
UF-6.25	10.00	592.67	2344.92	3209.75	3189.75
UF-12.5	10.33	548.42	2273.09	3041.42	2965.75
UF-25.0	10.04	432.84	1912.34	2624.25	2623.00
NF-0	9.75	620.50	2453.50	3366.25	3196.34
NF-6.25	9.27	434.84	2392.17	3062.09	3574.92
NF-12.5	10.09	541.92	2334.92	2963.09	3456.34
NF-25.0	9.45	530.00	2193.84	2750.67	3097.25



### 3) 색도

UF와 NF 분말 첨가 요구르트의 색도를 측정한 결과는 Table 11과 같다. UF 분말 첨가 요구르트의 L값은 대조군이 77.69, 첨가군이 76.95~77.47로 유의적인 차이가 없었으며 적색도를 나타내는 a값은 -0.05~-0.12로 모든 시료들이 (-)값을 나타내어 적색보다는 녹색을 띠는 것으로 측정되었다. 황색도인 b값은 UF 분말 첨가량이 증가함에 따라 대조군의 5.81보다 높아져서 6.25%, 12.5%, 25% 첨가군이 각각 6.08, 6.45, 6.82의 값을 나타내어 유의적인 차이를 보였는데 이는 UF 분말 자체의 황색에 의한 영향으로 여겨진다.

NF 분말 첨가 요구르트의 L값은 대조군이 77.69이고 NF 분말 첨가군이 77.30~77.70으로 측정되어 별 차이가 없었으며 a값은 대조군보다 (-)값이 약간 감소하였다. Hunter b값은 NF 분말 6.25%, 12.5%, 25% 첨가군에서 각각 6.58, 6.88, 7.48로 대조군의 5.81보다 높게 나타났는데 이러한 결과 역시 NF 분말 자체의 황색에 기인한다고 하겠다.

**Table 11. Hunter Lab value of yogurt added with different levels of UF and NF powder**

Groups	Color value		
	L	a	b
UF-0	77.69±0.08 <sup>a</sup>	-0.12±0.92 <sup>a</sup>	5.81±0.39 <sup>a</sup>
UF-6.25	77.47±0.01 <sup>a</sup>	-0.11±0.86 <sup>a</sup>	6.08±0.28 <sup>a</sup>
UF-12.5	77.37±0.27 <sup>a</sup>	-0.05±0.75 <sup>a</sup>	6.45±0.57 <sup>ab</sup>
UF-25.0	76.95±0.23 <sup>a</sup>	-0.12±0.59 <sup>a</sup>	6.82±0.57 <sup>b</sup>
NF-0	77.69±0.08 <sup>a</sup>	-0.12±0.92 <sup>a</sup>	5.81±0.39 <sup>a</sup>
NF-6.25	77.70±0.17 <sup>a</sup>	-0.05±1.05 <sup>a</sup>	6.58±0.14 <sup>b</sup>
NF-12.5	77.56±0.01 <sup>ab</sup>	-0.05±1.12 <sup>a</sup>	6.88±0.23 <sup>bc</sup>
NF-25.0	77.30±0.01 <sup>b</sup>	-0.06±1.16 <sup>a</sup>	7.48±0.11 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

#### 4) 생균수

UF와 NF 분말 첨가 요구르트의 발효시간에 따른 생균수의 변화를 측정한 결과를 Fig. 1, 2에 나타내었다. UF 분말 첨가 요구르트의 경우, 접종 직후  $1.4 \sim 3.0 \times 10^7$  CFU/ml를 나타낸 생균수는 18시간까지 급격한 증가를 보이다가 그 이후 완만히 증가하여 발효 24시간 후  $12.6 \sim 14.3 \times 10^8$  CFU/ml를 나타내었고 대조군보다 UF 분말 첨가군에서 생균수가 높게 측정되었으나 유의적인 차이는 없었다 (Fig. 1). NF 분말을 첨가한 요구르트의 발효 24시간 후 생균수는  $9.16 \sim 13.0 \times 10^8$  CFU/ml로 나타내었는데 25% 첨가군은 대조군에 비해 오히려 생균수가 적게 측정되어 젖산균의 생육을 저해하는 성분이 NF 분말에 함유되어 있다고 추측된다 (Fig. 2).

길경 첨가 요구르트<sup>134)</sup>에서는 길경 첨가에 의하여 대조군보다 생균수가 감소하였는데 이는 길경에 saponin 함량이 많기 때문이라고 하였다. 썩 추출물 첨가 요구르트<sup>135)</sup>와 배양 인삼 추출액 첨가 요구르트<sup>136)</sup>에서는 첨가물에 의하여 젖산균의 증식이 대조군에 비하여 촉진되었다고 보고하였다. 다시마 열수 추출물 첨가 요구르트는 0.5% 농도에서 생균수가 최고치를 나타낸 반면, 1.0% 농도에서는 대조군에 비해 다소 감소된 것으로 보고<sup>137)</sup>함으로써 첨가물의 농도가 생균수에 영향을 준 것을 알 수 있다. 호상 요구르트의 젖산균 수는  $10^8$  CFU/ml 이상으로 규정하고 있는데 본 실험의 결과에서 보듯이 모든 실험군에서 적정치 범위 이상의 생균이 존재함을 알 수 있었다.

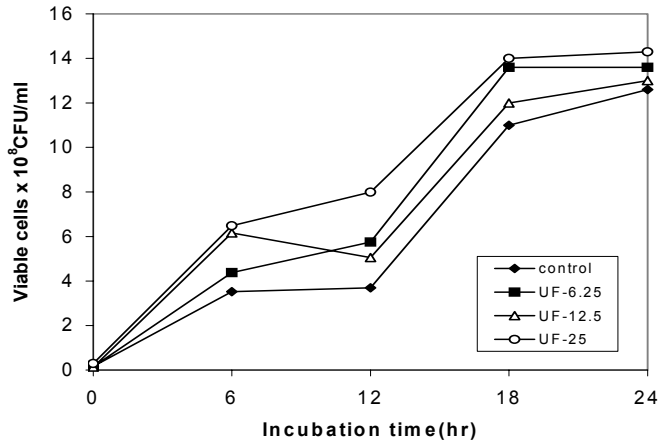


Fig. 1. Changes of viable cell counts in yogurt added with different levels of UF powder during fermentation.

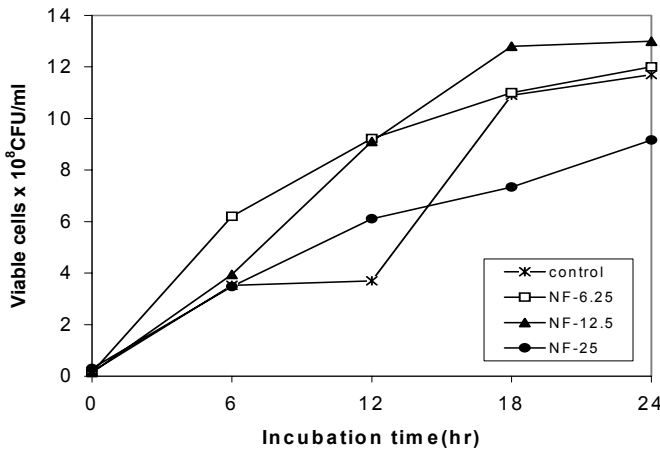


Fig. 2. Changes of viable cell counts in yogurt added with different levels of NF powder during fermentation.

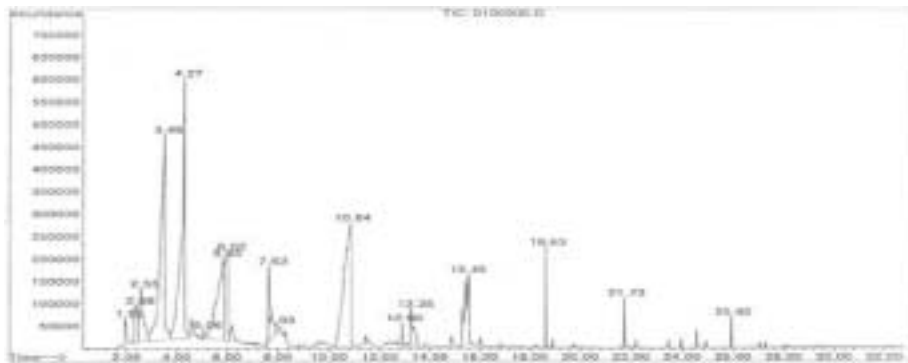
## 5) SPME를 이용한 휘발성 향기성분 분석

UF와 NF 분말 첨가 요구르트의 휘발성 향기 성분을 SPME로 포집한 다음 이를 GC-MS로 분석하여 얻어진 chromatogram을 Fig. 3에 나타내었다. 25% UF 분말 첨가 요구르트에서 향미 성분이 가장 많이 생성된 것을 알 수 있고 그 다음이 대조군 > 25% NF 분말 첨가 요구르트 순으로 나타났다. Table 12에 GC-MS로 분석하여 library로 동정한 결과를 나타내었다. 요구르트의 향미를 결정하는 중요 성분인 acetaldehyde는 세 종류의 요구르트에서 모두 발견되었는데 acetaldehyde의 생성은 pH가 5.0이하로 감소될 때 촉진되어 pH 4.0까지 지속적이라고 하였다<sup>138)</sup>.

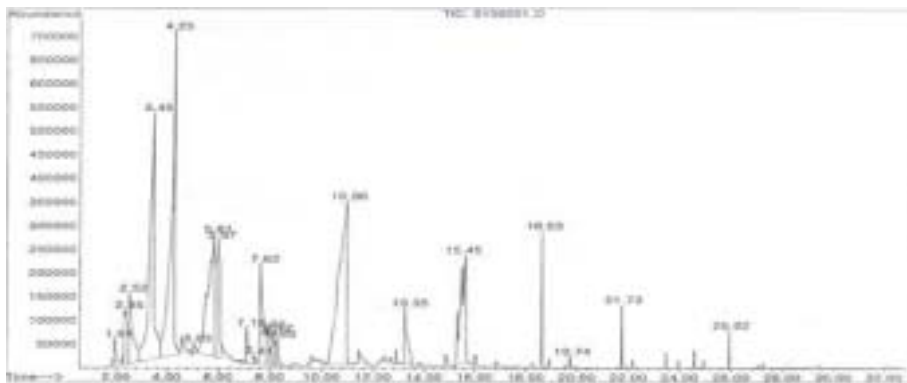
Acetaldehyde의 생성 경로는 *L. bulgaricus*에 존재하는 aldehyde dehydrogenase와 *Str. thermophilus*에 존재하는 alcohol dehydrogenase에 의해 glucose가 aldehyde로 전환되고 aldehyde가 ethanol로 전환되는 과정에서 형성된다<sup>139)</sup>. Threonine도 acetaldehyde의 전구체로 알려져 있는데<sup>140)</sup> UF 분말에 threonine 등 아미노산이 함유되어 있어 성분이 검출되었다고 사료된다. Ethanol은 우유에서 유래되는 것으로 요구르트의 향미에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있고 2-heptanone도 우유로부터 유래하는데 향미에 별 영향을 주지 못하며 존재량도 적은 것으로 알려져 있다.

요구르트의 향미 결정에 중요한 것으로 알려진 diacetyl은 적은량으로 존재하여 본 실험에서는 UF분말 첨가 요구르트에서만 발견되었다. 일반적으로 diacetyl은 요구르트에 0.5~2ppm정도 존재하나, 원료우유의 조성이나 제조에 이용된 유산균의 종류에 따라 차이가 있다. 휘발성 지방산도 요구르트의 향기에 기여한다고 알려져 있는데 본 실험에서는 acetic acid(C<sub>2</sub>), butanoic aci(C<sub>4</sub>), hexanoic acid(C<sub>6</sub>)와 decanoic acid(C<sub>10</sub>) 등의 지방산이 검출되었고 특히 UF 분말 첨가 요구르트에서 다양하게 검출되었다.

a)



b)



c)

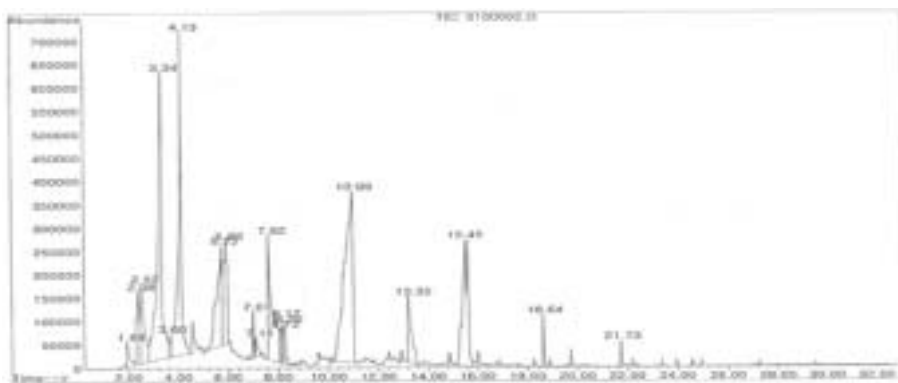


Fig. 3. Gas chromatogram of volatile compounds in yogurt prepared with different levels of UF and NF powder a) control, b) yogurt with UF powder, c) yogurt with NF powder.

**Table 12. Volatile compounds in yogurt**

Peak	Peak	R.T.	Area %	Compounds	Peak	R.T.	Area %	Compounds
C o n t r o l	1	1.95	1.40	ethylene diamine	10	7.93	0.40	2-heptanone
	2	2.38	2.74	1-butanol	11	10.84	18.73	hexanoic acid
	3	2.55	4.68	acetaldehyde	12	12.90	0.48	cylcotissoloxane
	4	3.48	18.91	acetic acid	13	13.36	2.77	undecane
	5	4.27	16.83	1,4-dioxane	14	15.45	7.02	benzoic acid
	6	5.06	0.23	2-butenal	15	18.63	1.63	cyclotetrasiloxane
	7	5.85	12.89	butanoic acid	16	21.73	0.84	cyclopentasiloxane
	8	6.02	6.08	butanoic acid	17	25.92	0.47	2-amino-2-oxo-acetic acid
	9	7.63	3.89	2-heptanone				
U F 2 5 %	1	1.94	1.15	diethyl oxide	12	8.07	0.99	2-heptanone
	2	2.35	2.87	diacetyl	13	8.17	0.79	2-heptanone
	3	2.52	3.98	EtoH acetaldehyde	14	8.28	0.61	2-heptanone
	4	3.45	15.83	acetic acid	15	10.96	19.04	hexanoic acid
	5	4.25	15.53	1,4-dioxane	16	13.35	2.48	dihexyl
	6	5.05	0.24	2-butenal	17	15.46	7.70	benzoic acid
	7	5.80	11.77	butanoic acid	18	18.63	1.48	cyclotetrasiloxane
	8	7.10	1.43	hexanoic acid	19	19.74	0.18	decanoic acid
	9	7.40	0.24	1-hexanol	20	21.73	0.67	cyclopentasiloxane
	10	7.63	4.70	2-heptanone	21	25.92	0.33	2-amino-2-oxo-acetic acid
	11	7.90	1.62	2-heptanone				
N F 2 5 %	1	1.94	1.02	diethyl oxide	11	7.62	7.72	2-heptanone
	2	2.38	3.41	1-butanol	12	8.12	0.94	2-heptanone
	3	2.52	4.05	acetaldehyde	13	8.17	0.72	2-heptanone
	4	3.35	17.46	hydrazine	14	8.25	1.20	2-heptanone
	5	3.60	0.62	butylamine	15	10.99	20.69	hexanoic acid
	6	4.13	13.23	diethylene ether	16	13.35	2.99	2-nonanone
	7	5.72	7.48	butanoic acid	17	15.45	10.24	benzoic acid
	8	5.89	5.95	butanoic acid	18	18.63	0.64	cyclotetrasiloxane
	9	7.01	0.72	furfuryl alcohol	19	21.73	0.29	cyclopentasiloxane
	10	7.11	0.62	cyclopentane				

## 6) 관능 검사

발효가 완료된 요구르트에 10%(w/w)의 설탕을 첨가하여 냉장고에서 수시간 방냉한 후 관능검사를 실시한 결과는 Table 13과 같다. UF 분말 첨가 요구르트의 색상은 모든 시료가 비슷하게 평가되었으며 냄새와 조직감도 시료간에 차이가 없었다. 신맛은 대조군이 5.34, 25% 첨가군이 5.81로 다른 시료에 비해 높은 점수를 받았는데 이는 UF 분말에 함유되어 있는 phytic acid에 의한 것이라 할 수 있다.

요구르트를 삼키고 난 후의 뒷맛의 정도를 평가한 후미 항목에서는 UF 첨가량이 증가할수록 높은 점수로 평가되는데 이유는 UF 분말에 함유되어 있는 isoflavone 성분의 고유한 냄새에 기인하는 것으로 생각된다. 전체적인 바람직성에서는 6.25% 첨가군이 5.13으로 대조군의 4.94 보다 높은 점수를 받았고 12.5%, 25% 첨가군은 4.88과 4.59로 각각 평가되어 대조군보다 낮은 점수를 받았으나 시료간에 유의적인 차이는 없었다.

NF 분말 첨가 요구르트의 색상은 대조군이 4.56으로 가장 낮게 평가되었고 25% 첨가군이 5.19으로 노란색이 짙어지는 것으로 평가되었는데 이는 Table 6에서와 같이 b값이 증가한 것과 일치하는 결과라고 하겠다. 냄새와 조직감은 시료간에 차이가 없었으며 신맛과 후미의 강도는 NF 분말 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 평가되었다. 전체적인 바람직성에서는 6.25% 첨가군이 5.06으로 대조군의 5.38보다 다소 낮은 점수를 받았고 12.5%, 25% 첨가군은 4.75, 4.00으로 각각 평가되어 대조군보다 낮은 점수를 받아 관능성이 저조해지는 결과를 가져왔다.

이상의 결과로 볼 때 NF 분말 보다는 UF 분말을 이용하여 첨가수준을 조절하고 제조방법을 다양화 한다면 식품영양학적으로 우수한 요구르트가 제조되어 이용 가치가 증대되리라고 본다.

**Table 13. Sensory scores of yogurt added with different levels of UF and NF powder**

Groups	Color	Odor	Sour taste	Mouthfeel	Aftertaste	Overall desirability
UF						
UF-0	4.75 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	5.44 <sup>a</sup>	4.88 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	4.94 <sup>a</sup>
UF-6.25	4.81 <sup>a</sup>	4.69 <sup>a</sup>	5.25 <sup>a</sup>	4.94 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>	5.13 <sup>a</sup>
UF-12.5	4.75 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>	5.31 <sup>a</sup>	4.94 <sup>a</sup>	1.57 <sup>a</sup>	4.88 <sup>a</sup>
UF-25	4.94 <sup>a</sup>	4.69 <sup>a</sup>	5.81 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>	2.19 <sup>b</sup>	4.59 <sup>a</sup>
NF						
NF-0	4.56 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>	5.06 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>	1.44 <sup>a</sup>	5.38 <sup>a</sup>
NF-6.25	4.75 <sup>a</sup>	4.70 <sup>a</sup>	5.25 <sup>a</sup>	4.81 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	5.06 <sup>ab</sup>
NF-12.5	4.81 <sup>a</sup>	5.30 <sup>a</sup>	5.63 <sup>ab</sup>	5.00 <sup>a</sup>	1.69 <sup>a</sup>	4.75 <sup>b</sup>
NF-25	5.19 <sup>b</sup>	5.29 <sup>a</sup>	6.06 <sup>b</sup>	5.06 <sup>a</sup>	2.31 <sup>a</sup>	4.00 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

## 2. UF와 NF 분말을 첨가한 머핀

### 1) 머핀의 무게, 부피, 단면의 높이 및 용적밀도

UF와 NF 분말을 첨가하여 제조한 머핀의 무게, 부피 및 단면의 높이를 측정한 결과는 Fig. 4~7과 같다. 머핀의 무게는 28.8~29.0g으로 UF 분말 첨가군이 대조군보다 약간 증가하였고, 부피는 대조군이 76.3ml, UF 분말 첨가군이 70.6~74.7ml로 대조군보다 감소한 것으로 나타났다(Fig. 4). 머핀 단면의 높이도 대조군보다 UF 분말 첨가군이 낮았는데, 이러한 경향은 당절임 매실과즙을 첨가한 머핀<sup>141)</sup>, 수수가루를 첨가한 머핀<sup>142)</sup> 실험 결과에서도 나타났다. 밀가루의 일부를 찹쌀가루로 대체하여 제조한 머핀 연구에서는 찹쌀가루 함량이 증가할수록



머핀의 높이가 감소하고 옆으로 퍼지는 양상을 보인다고 보고<sup>143)</sup>하였다. 부피를 무게로 나눈 용적밀도는 대조군이 2.65ml/g, UF 분말 첨가군이 2.43~2.60ml/g으로 대조군보다 낮게 나타났는데(Fig. 5), 이는 앞에서 살펴본 바와 같이 대조군에 비하여 상대적으로 UF 분말 첨가군의 무게가 증가하고 부피는 감소하였기 때문이다.

NF 분말 첨가 머핀의 경우도 UF 분말 첨가 머핀의 경우와 비슷한 경향을 나타내었다. 즉, NF 분말 첨가군이 대조군보다 무게는 증가하였고, 부피는 유의적으로 감소하여(Fig. 6) 용적밀도가 대조군은 2.48, NF 분말 첨가군은 2.22~2.38로 대조군보다 낮았다(Fig. 7). 이와 같이 UF 및 NF 분말 첨가에 의하여 머핀 부피와 단면의 높이가 저하되는 현상은 밀가루가 다른 첨가 물질에 의하여 대체됨으로써 상대적으로 글루텐이 희석되어 gluten 형성이 약화되었기 때문으로 설명하고 있다<sup>143)</sup>.

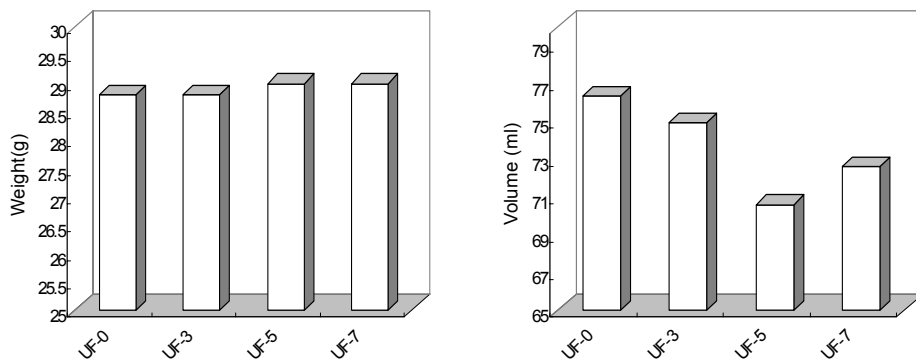


Fig. 4. Weight and Volume of muffin prepared with different levels of UF powder.

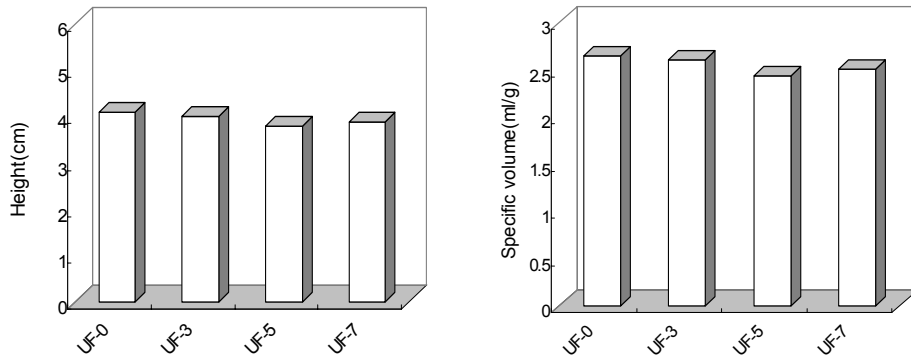


Fig. 5. Height and specific volume of muffin prepared with different levels of UF powder.

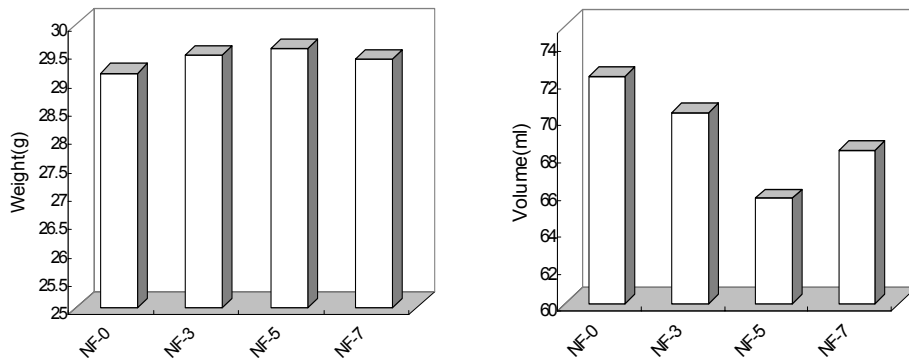


Fig. 6. Weight and volume of muffin prepared with different levels of NF powder.

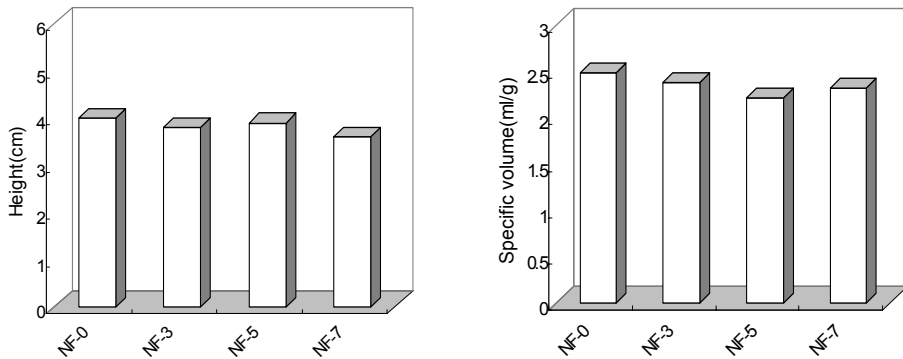


Fig. 7. Height and specific volume of muffin prepared with different levels of NF powder.

## 2) 색도

UF와 NF 분말을 첨가하여 제조한 머핀 내부의 색을 측정된 결과는 Table 14과 같다. 밝기를 나타내는 Hunter L값은 64.58~69.22로 대조군에 비하여 UF 분말 첨가군이 낮게 측정되었고 특히 7% 첨가군은 64.58로 가장 낮았는데 이같은 결과는 흰색의 밀가루 함량이 UF 분말 첨가량의 증가에 따라 감소하였기 때문이다. 적색도를 나타내는 a값은 대조군이 0.44, UF 분말 3% 첨가군이 0.75, 5% 첨가군이 0.61로 대조군보다 높게 나타났으나 7% 첨가군에서는 0.36으로 대조군보다 낮게 측정되었다. 황색도를 나타내는 b값은 UF 분말 첨가군이 대조군보다 다소 높은 값을 나타내었으나 유의적인 차이는 없었다.

NF분말 첨가 머핀의 L값은 대조군이 68.22이었고 3%, 5%, 7% 첨가군이 각각 61.86, 64.83 및 61.50으로 대조군보다 낮게 나타났다. Hunter a값은 대조군이 0.39이고 NF 분말 첨가군이 0.76~0.83으로 NF 분말 첨가농도 증가에 따라 적색도가 증가하는 것으로 나타났으며 b값은 27.34~28.17로 모든 시료간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 포도씨추출분말을 첨가하여 제조한 머핀의 색도는 포도씨추출분말 첨가량이 증가할수록 L값은 감소하고 a값은 증가하였다고 보고<sup>144)</sup>하여 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

Table 14. Hunter Lab value of muffin prepared with different levels of UF and NF powder

Groups	Color value		
	L	a	b
UF			
UF-0	69.22±2.94 <sup>a</sup>	0.44±0.37 <sup>a</sup>	26.14±0.28 <sup>a</sup>
UF-3	68.49±0.64 <sup>a</sup>	0.75±0.18 <sup>a</sup>	27.48±0.45 <sup>b</sup>
UF-5	67.96±2.46 <sup>a</sup>	0.61±0.23 <sup>a</sup>	26.63±0.21 <sup>a</sup>
UF-7	64.58±1.81 <sup>b</sup>	0.36±0.28 <sup>a</sup>	26.35±0.50 <sup>a</sup>
NF			
NF-0	68.22±2.24 <sup>a</sup>	0.39±0.26 <sup>a</sup>	27.42±0.72 <sup>a</sup>
NF-3	61.86±3.19 <sup>b</sup>	0.79±0.41 <sup>a</sup>	27.92±0.99 <sup>a</sup>
NF-5	64.83±4.11 <sup>ab</sup>	0.76±0.41 <sup>a</sup>	28.17±0.87 <sup>a</sup>
NF-7	61.50±2.81 <sup>b</sup>	0.83±0.27 <sup>a</sup>	27.34±1.13 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

### 3) 조직감

UF와 NF 분말 첨가 머핀의 조직감 특성은 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 겹성(gumminess) 및 부서짐성(brittleness) 등을 측정하였고 그 결과는 Table 15와 같다. UF 분말 첨가 머핀의 hardness는 대조군이 551.65 g/cm<sup>2</sup>으로 가장 낮았고 3% 첨가군이 838.32 g/cm<sup>2</sup>로 가장 높게 측정되었으며 그 다음이 5%, 7% 순으로 나타나 UF 분말 첨가구와 비첨가구 사이에 유의적인 차이가 있었다. 복숭아 식이섬유를 첨가하여 제조한 머핀의 hardness는 식이섬유소 첨가비율이 증가할수록 높게 나타났다고 보고<sup>145)</sup>하였고 수수가루가 첨가된 머핀에서는 20% 첨가까지 영향을 받지 않았으나 30% 첨가 시 hardness가 증가하였다고 보고<sup>142)</sup>하였다. Cohesiveness는 식품의 형태를 구성하는 내부적 결합에 필요한 힘으로써 UF 분말 첨가군이 대조군보다 낮았으나 유의적인 차이는 없었다. Springiness는 UF 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소

한 반면, gumminess와 brittleness는 UF 분말 첨가군이 대조군보다 높게 나타났다.

NF 분말 첨가 머핀의 경우는 NF 분말 첨가량이 증가할수록 hardness가 증가하여 대조군이 487.64g/cm<sup>2</sup>인데 반하여 NF 7% 첨가군이 857.69g/cm<sup>2</sup>로 가장 높게 나타나서 조직이 단단해지는 것으로 평가되었다. Cohesiveness, springiness 및 gumminess도 NF 분말 첨가군이 첨가량의 증가에 따라 증가하여 UF 분말 첨가 머핀의 측정치와 상반된 결과를 보여주었다. 위의 결과에서 UF 및 NF 분말 첨가 머핀은 대조군보다 hardness와 gumminess가 높게 나타났는데 이러한 현상은 머핀 단면의 높이와 관련이 있다는 Grigelmo-Miguel 등<sup>145)</sup>의 보고에 따라 UF 및 NF 분말 첨가 머핀의 높이가 대조군보다 감소한 데서 오는 결과라고 생각된다. 물질을 파쇄시키는데 필요한 힘을 나타내는 brittleness는 NF 분말 첨가군이 대조군보다 높게 나타났다.

**Table 15. Texture value of muffin prepared with different levels of UF and NF powder**

Groups	Hardness (g/cm <sup>2</sup> )	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Gumminess (g)	Brittleness (g)
UF					
UF-0	551.65 <sup>a</sup>	43.29 <sup>a</sup>	77.39 <sup>a</sup>	62.91 <sup>a</sup>	48.93 <sup>a</sup>
UF-3	838.32 <sup>b</sup>	41.49 <sup>a</sup>	77.95 <sup>a</sup>	89.62 <sup>b</sup>	70.53 <sup>ab</sup>
UF-5	786.85 <sup>b</sup>	41.83 <sup>a</sup>	76.63 <sup>a</sup>	83.00 <sup>b</sup>	65.22 <sup>ab</sup>
UF-7	781.90 <sup>b</sup>	39.81 <sup>a</sup>	75.67 <sup>a</sup>	77.19 <sup>b</sup>	59.00 <sup>ab</sup>
NF					
NF-0	487.64 <sup>a</sup>	47.21 <sup>a</sup>	76.18 <sup>a</sup>	53.96 <sup>a</sup>	41.37 <sup>a</sup>
NF-3	684.62 <sup>b</sup>	50.77 <sup>a</sup>	81.34 <sup>b</sup>	60.98 <sup>a</sup>	49.78 <sup>a</sup>
NF-5	829.65 <sup>c</sup>	54.32 <sup>a</sup>	84.48 <sup>bc</sup>	85.60 <sup>b</sup>	72.96 <sup>b</sup>
NF-7	857.69 <sup>c</sup>	63.94 <sup>b</sup>	87.64 <sup>c</sup>	89.13 <sup>b</sup>	78.30 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

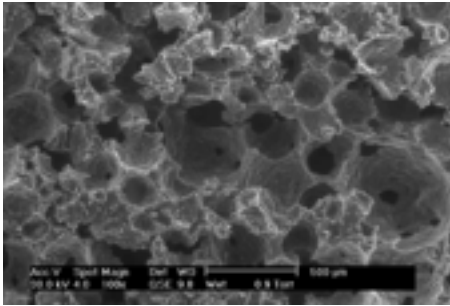
#### 4) 주사전자현미경(scanning electron microscope, SEM)에 의한 표면구조 관찰

UF와 NF 분말 첨가 머핀의 기공 상태를 관찰하기 위하여 표면구조를 SEM으로 측정된 결과는 Fig. 8과 같다. UF 및 NF 분말 첨가량이 증가할수록 air cell의 크기는 커지고 그 수가 감소하는 것으로 나타났는데 평균 air cell의 크기가 대조군은  $543.0\mu\text{m}$ , UF 분말 7% 첨가군은  $1069.0\mu\text{m}$ 로 UF 분말 첨가량의 증가에 따라 유의적으로 증가하였다. 이는 UF 및 NF 분말 첨가에 의하여 망상구조 형성이 둔화되어 air cell의 수를 감소시켜 조직이 단단해짐에 따라 Table 4에 나타난 바와 같이 UF 및 NF 분말 첨가에 의하여 대조군보다 hardness값이 증가된 것을 알 수 있다. UF 및 NF 분말 첨가 머핀의 air cell 수의 감소 및 크기 변화는 밀가루를 다른 물질로 대체하여 제조한 머핀이 gumminess가 크고 단면의 높이가 감소하며 밀도가 증가하여 compression에 요구되는 힘이 증가한다는 보고 내용(24)과 유사한 결과라고 하겠다.

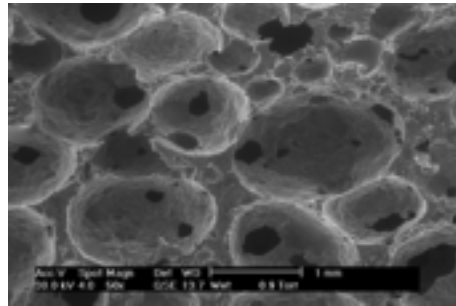
#### 5) 관능검사

UF와 NF 분말의 첨가 농도를 달리하여 머핀을 제조하고 실온에서 2시간 방냉한 후 관능검사를 실시한 결과는 Table 16와 같다. 머핀의 표면색은 대조군이 4.13, UF 분말 첨가군이 4.56~5.19로 대조군보다 짙은 황갈색으로 평가되었고 내부색도 UF 분말 첨가군이 4.44~5.69로 대조군의 4.00보다 높은 점수로 평가되어 유의적인 차이를 보였다. 이는 UF 분말에 함유되어 있는 올리고당과 저분자량의 아미노산 및 peptide 성분에 의한 갈변화 반응으로 색이 짙어진 때문인 것으로 여겨진다. 단맛은 대조군이 4.69으로 평가되었고 UF 분말 3% 첨가군이 5.25로 가장 높게 평가되었다. Air cell의 크기는 대조군이 3.63으로 평가되었고 3, 5, 7% 첨가군이 4.75, 4.81, 5.19으로 각각 평가되어 UF 분말 첨가에 의하여 air cell 크기가 커지는 것으로 나타났다. 이는 Figure 2의 SEM에서 나타난 결과에서 보듯이 기계적 측정값과 관능적 측정값이 비슷한 경향을 나타내었다. 냄새 및 뒷맛은 7% 첨가군이 가장 높게 평가되었는데 이는 UF 분말 자체에서 나는 냄새로 인한 결과라고 생각된다. 전체적인 바람직성에서도 대조군이 5.19이었고 UF 분말 첨가

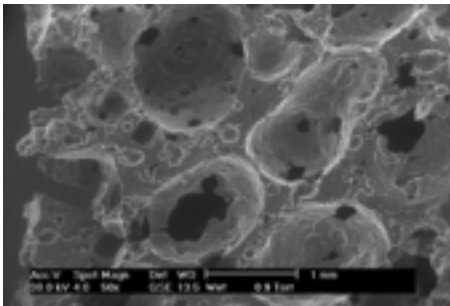
a)



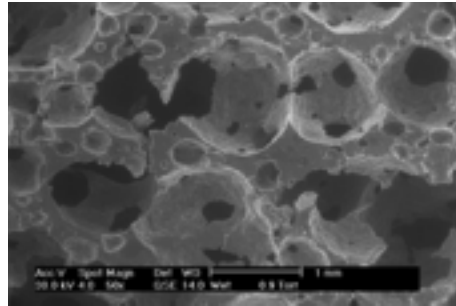
control



UF-3

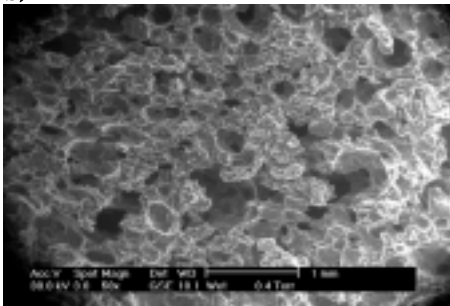


UF-5

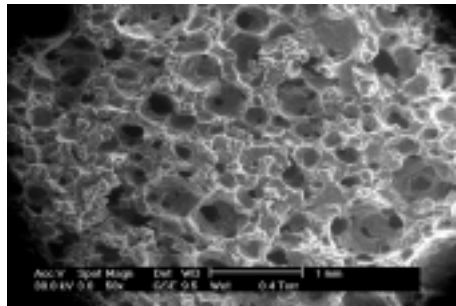


UF-7

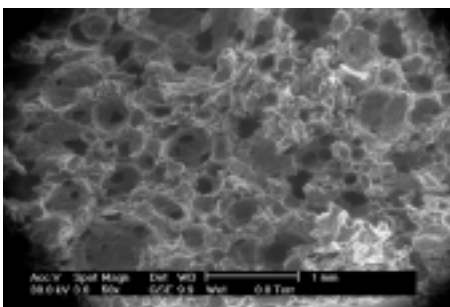
b)



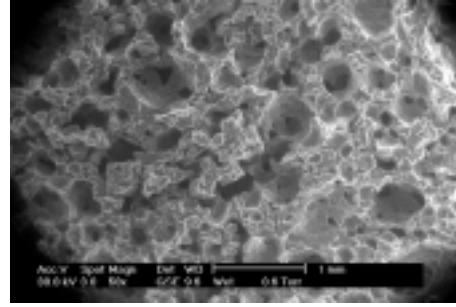
control



NF-3



NF-5



NF-7

Fig. 8. Scanning electron micrographs(SEM) of muffin prepared with different level of UF(a) and NF(b) powder.

군이 5.63~6.25로 UF 분말 첨가군이 대조군보다 더 높았고 특히 3% 첨가군이 가장 높은 점수를 받아 기능성 머핀의 첨가물로서 UF분말의 이용이 기대된다고 하겠다.

NF 분말 첨가 머핀의 겉질색은 4.06~5.81로 NF 분말 첨가량이 증가할수록 옅은 색으로 평가된 반면 내부색은 4.81~5.25로 NF 분말 첨가 머핀의 색이 더 짙은 황갈색으로 평가되었다. 단맛 및 냄새는 NF 분말 첨가 머핀이 대조군보다 단맛 강도가 강한 것으로 평가되었는데 이는 NF 분말속에 함유된 올리고당 성분 때문인 것으로 추측된다. Air cell의 크기는 NF 분말 첨가량의 증가에 따라 커졌는데 Fig. 8의 결과와 일치한다고 하겠다. 뒷맛은 대조군과 NF 분말 첨가군간에 차이가 없었고 전체적인 바람직성은 대조군, NF 분말 3, 5, 7% 첨가군이 4.81, 5.00, 5.19 및 4.69로 각각 평가되었고 특히 3%와 5% 첨가군이 대조군보다 높은 점수를 받았으나 유의적인 차이는 없었다. 이상의 결과를 살펴볼 때 UF 또는 NF 분말의 첨가 수준을 조절하여 머핀을 제조한다면 기능성이 향상되어 이용이 증대되고 대중화가 가능하리라 기대된다.

**Table 16. Sensory scores of muffin prepared with UF and NF powder**

Groups	Surface color	Interior color	Odor	Sweet taste	Air cell size	Aftertaste	Overall desirability
UF-0	4.13 <sup>a1)</sup>	4.00 <sup>a</sup>	3.75 <sup>a</sup>	4.69 <sup>a</sup>	3.63 <sup>a</sup>	1.81 <sup>a</sup>	5.19 <sup>a</sup>
UF-3	4.88 <sup>bc</sup>	4.44 <sup>a</sup>	4.56 <sup>b</sup>	5.25 <sup>b</sup>	4.75 <sup>b</sup>	2.19 <sup>ab</sup>	6.25 <sup>b</sup>
UF-5	5.19 <sup>c</sup>	5.50 <sup>b</sup>	4.75 <sup>b</sup>	4.81 <sup>ab</sup>	4.81 <sup>b</sup>	2.19 <sup>ab</sup>	5.69 <sup>ab</sup>
UF-7	4.56 <sup>b</sup>	5.69 <sup>b</sup>	4.94 <sup>b</sup>	5.19 <sup>b</sup>	5.19 <sup>b</sup>	2.63 <sup>b</sup>	5.63 <sup>ab</sup>
NF-0	5.81 <sup>a1)</sup>	4.81 <sup>bc</sup>	4.25 <sup>a</sup>	4.44 <sup>a</sup>	4.63 <sup>a</sup>	1.50 <sup>a</sup>	4.81 <sup>a</sup>
NF-3	5.31 <sup>a</sup>	4.93 <sup>a</sup>	4.75 <sup>a</sup>	5.25 <sup>b</sup>	5.06 <sup>a</sup>	1.44 <sup>a</sup>	5.00 <sup>a</sup>
NF-5	4.31 <sup>b</sup>	5.00 <sup>a</sup>	4.88 <sup>a</sup>	5.25 <sup>b</sup>	5.06 <sup>a</sup>	1.31 <sup>a</sup>	5.19 <sup>a</sup>
NF-7	4.06 <sup>b</sup>	5.25 <sup>a</sup>	4.88 <sup>a</sup>	4.88 <sup>b</sup>	5.56 <sup>a</sup>	1.75 <sup>a</sup>	4.69 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.



### 3. UF와 NF 분말을 첨가한 국수

#### 1) 신속점도 측정계(RVA)에 의한 반죽 특성

밀가루에 UF와 NF 분말을 혼합한 밀가루의 호화패턴을 RVA를 사용하여 측정된 결과는 Table 17, 18 및 Fig. 9, 10와 같다. 밀가루에 UF 분말의 첨가량에 따른 점도 변화는 첨가량이 1.5%에서 7.0%로 증가하면서 호화시 최고점도(peak), 최저점도(trough), 최종점도(final visc.)는 전반적으로 지속적인 감소 경향을 보였다. 밀가루만의 최고 점도인 124.5 RVU에서 UF분말을 7.0% 첨가했을 경우 105.13 RVU가 되어 약 15% 감소하였고, 최저점도는 약 18% 감소하였다. NF분말을 첨가했을 때에는 RVA 측정값들이 UF 보다 대체적으로 약간씩 높았으나 거의 같은 호화점도 특성의 감소경향을 보였다. UF와 NF분말의 첨가로 인한 이러한 점도 특성의 감소 경향은 점도에 영향을 주는 글루텐의 함량이 UF나 NF 분말에는 함유되어 있지 않아 이들의 첨가로 글루텐은 물론 전분함량도 줄어들었기 때문이라고 생각된다. 최고점도에 도달하는 peak time 역시 밀가루만의 5.87분에서 UF, NF 분말을 7.0% 첨가하였을 때 5.70-5.67분으로 감소하여 최고 점도에 도달하는 시간이 짧아짐을 알 수 있었다.

밀가루 반죽 시 일반적으로 첨가하는 소금의 양을 3%로 하여 소금 첨가시의 호화패턴을 측정된 결과는 Table 18 및 Fig. 10과 같다. 전반적으로 호화패턴의 점도 변화는 소금을 첨가하지 않았을 경우와 유사하였고, 최고점도는 약간 높은 값을 보였다. 최저점도의 경우 UF분말에 소금을 첨가한 것이 다소 높았으며, NF 분말에 소금을 첨가하였을 때는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 최저 점도와 최종점도의 경우 UF분말을 3.0% 첨가했을 때 약간 높았으나 그 이후에는 낮은 점도를 나타내었으며 NF분말은 소금을 첨가하지 않았을 때가 더 높은 점도를 나타내었다.

**Table 17. Effects of addition of UF and NF flour on RVA viscogram properties without salt addition**

<b>Added amount</b>	<b>Peak (RVU)</b>	<b>Trough (RVU)</b>	<b>Breakdown <sup>(1)</sup> (RVU)</b>	<b>Final Visc. (RVU)</b>	<b>Setback <sup>(2)</sup> (RVU)</b>	<b>Peak time (min)</b>
Wheat	124.5±0.82	85.54±0.41	38.96±0.41	168.71±0.06	83.17±0.35	5.87±0.0
UF						
1.5%	118.46±0.53	79.67±1.06	38.80±0.53	157.79±0.06	78.13±1.12	5.73±0.0
3.0%	116.38±0.18	77.17±0.71	39.21±0.88	152.71±1.00	75.54±0.30	5.74±0.09
5.0%	112.21±0.30	74.46±0.18	37.75±0.47	147.30±0.18	72.83±0.0	5.77±0.05
7.0%	105.13±0.06	69.50±0.35	35.63±0.42	137.25±0.47	67.75±0.82	5.70±0.04
NF						
1.0%	120.33±0.0	82.96±0.18	37.38±.018	164.13±1.00	81.17±0.83	5.87±0.0
1.5%	117.59±0.12	80.38±0.29	37.21±0.18	158.71±0.30	78.34±0.59	5.80±0.0
3.0%	115.63±0.53	78.96±0.18	36.67±0.35	156.71±0.30	77.75±0.11	5.77±0.05
5.0%	111.00±0.43	74.03±0.90	36.97±0.72	148.03±1.61	74.00±0.72	5.67±0.0
7.0%	106.38±0.42	68.42±0.23	37.96±0.18	139.29±0.41	70.88±0.64	5.67±0.0

(1) Breakdown : peak - trough

(2) Setback : final visc. - trough

**Table 18. Effects of addition of UF and NF flour on RVA viscogram properties with 3% salt addition**

<b>Added amount</b>	<b>Peak (RVU)</b>	<b>Trough (RVU)</b>	<b>Breakdown (RVU)</b>	<b>Final Visc. (RVU)</b>	<b>Setback (RVU)</b>	<b>Peak time (min)</b>
Wheat	130.29±0.06	86.92±0.83	43.38±0.88	166.63±0.29	79.71±0.53	5.80±0.00
UF						
1.5%	128.08±0.71	81.21±0.88	46.88±0.18	160.71±0.06	79.50±0.82	5.80±0.00
3.0%	124.21±0.18	77.50±0.24	46.71±0.41	154.83±0.35	77.34±0.59	5.77±0.05
5.0%	117.25±0.47	72.38±0.77	44.88±1.24	143.59±0.23	71.21±0.53	5.73±0.00
7.0%	109.84±1.18	66.92±0.83	42.92±0.35	134.38±0.06	67.46±0.88	5.67±0.06
NF						
1.0%	128.04±0.76	81.04±1.12	47.00±0.35	159.67±1.65	78.63±0.53	5.80±0.00
1.5%	125.25±0.00	79.71±0.30	45.54±0.30	159.34±0.23	79.63±0.06	5.80±0.00
3.0%	120.83±1.06	75.92±0.47	44.92±0.59	152.88±1.00	76.96±0.53	5.80±0.00
5.0%	114.13±0.18	71.25±0.00	42.88±0.18	145.96±1.00	74.71±1.00	5.80±0.00
7.0%	109.29±0.04	67.29±0.04	42.00±0.08	139.54±0.04	72.25±0.00	5.74±0.07

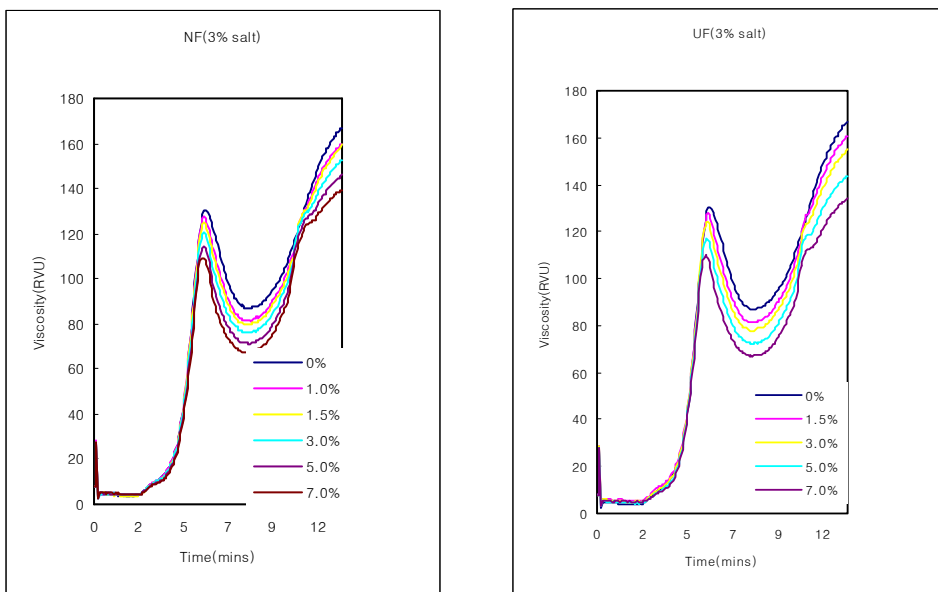


Fig. 9. Effect of addition of UF and NF on RVA viscosogram of wheat flour.

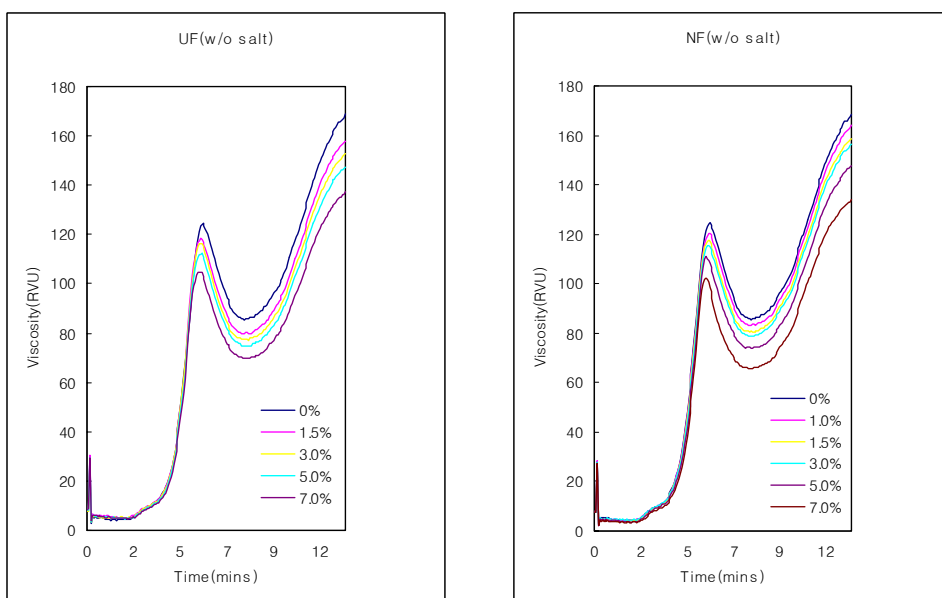


Fig. 10. Effect of addition of UF and NF on RVA viscosogram of wheat flour and 3% salt.

## 2) 국수의 조리특성

밀가루에 UF와 NF 분말을 첨가하여 국수를 제조한 다음 조리 전후의 무게와 부피변화 및 탁도를 측정된 결과는 Table 19와 같다. 조리후 대조군의 무게는 40.99g, 부피는 37ml이었으며 UF 분말 첨가 국수의 조리후 무게는 76.5~98.75g, 부피는 31~3ml로 중량, 부피 및 수분 함유율이 UF 분말 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다. 이같이 밀가루의 일부를 다른 물질로 대체하여 제조한 국수의 경우, 조리면의 무게 및 부피가 감소하는 경향은 제면시 보리  $\beta$ -glucan<sup>146)</sup>과 복령분말 첨가량<sup>147)</sup>이 증가할수록 중량과 부피가 감소하였다는 다른 연구에서도 보고되어 본 실험의 결과와 일치한다고 볼 수 있다.

조리하는 동안 국수의 수분흡수 정도는 전분의 호화나 단백질의 수화에 의해 일어나는데 다량의 수분을 흡수하면 국수는 조직이 부드러워지며 탄력성이 감소되어 국수의 질감이 저하되는 원인이 된다<sup>147)</sup>. UF 분말 첨가 국수의 함유율이 낮게 나타난 것은 밀가루가 UF 분말에 의하여 대체되어 상대적으로 전분의 함량이 감소되어 전분의 수분 흡수에 의한 팽윤 정도가 적기 때문으로 사료되었다. 조리중 고형분의 손실 정도를 나타내는 국물의 탁도는 UF 분말 첨가군에서 높게 나타나 UF 분말 첨가량이 증가할수록 고형분 손실량이 많은 것을 알 수 있으며 조리된 국수가 쉽게 풀어지고 끊어지기 쉽다는 것을 의미한다고 보고된 바 있다<sup>148)</sup>.

NF 분말 첨가 국수는 NF 분말 첨가량이 증가할수록 무게와 부피가 증가하여 조리한 국수의 무게 증가와 부피 증가가 정의 상관관계를 보인다는 김 등<sup>147)</sup>의 보고와 일치하였다. 조리하고 난 국물의 탁도는 NF 분말 첨가군에서 증가하는 것으로 나타났다. 일반적으로 복합분으로 제조한 조리면의 탁도가 밀가루로 제조한 조리면보다 높아 용출성분의 양이 많은 것으로 보고되고 있는데 NF 분말 첨가시 UF 분말 첨가시 보다 소폭 증가하는 것으로 나타났다.

Table 19. Cooking properties of noodles containing UF, NF powder

Groups	Cooked wt(g)		Water absorption (%)	Volume(ml)		Volume increase (%)	Turbidity of soup $A_{675}$
	raw	cooked		raw	cooked		
UF-0	20	40.99	105.00	16	37	131.30	0.404
UF-1.5	20	39.79	98.95	16	36	125.00	0.454
UF-3.0	20	38.74	93.70	16	34	112.50	0.473
UF-5.0	20	38.08	90.40	16	34	112.50	0.506
UF-7.0	20	35.30	76.50	16	31	93.80	0.613
NF-0	20	37.61	88.05	16	33	106.25	0.341
NF-1.5	20	37.78	88.90	16	33	106.25	0.412
NF-3.0	20	38.11	90.55	16	34	112.50	0.401
NF-5.0	20	40.67	103.35	16	37	131.25	0.560

### 3) 색도

밀가루에 UF와 NF 분말을 첨가하여 국수를 제조하고 생면과 조리면의 색도에 미치는 영향을 측정한 결과는 Table 20과 같다. UF 분말 첨가 국수의 L값은 생면의 경우, UF 분말 첨가군이 대조군보다 높게 나타났으나 유의적인 차이가 없었고 조리면에서는 UF 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 나타내어 7% 첨가군이 가장 낮게 측정되었다. 색은 국수의 품질을 평가하는 중요한 요소로서 L값이 클수록 밝은 색을 나타내어 더 선호된다고 한다. 적색도를 나타내는 a값은 -1.97~-2.85로서 모두 (-)값으로 녹색 범위를 나타냈고 UF 분말 첨가량이 증가할수록 생면과 조리면 모두 a값이 증가하는 경향을 나타내어 7% 첨가군이 녹색이 가장 엷은 것으로 측정되었다. 황색도를 나타내는 b값은 생면이 15.12~15.18의 값으로 측정되어 조리면의 8.09~11.54 보다 높은 수치를 나타내었고 UF 분말 첨가량이 증가할수록 b값도 증가하였다. 이러한 결과는 파프리카즙 첨가시 조리한 국수의 L값은 감소한 반면, a값과 b값은 증가하였다고 보

고<sup>149)</sup>한 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

NF 분말을 첨가한 국수는 UF 분말 첨가 국수에서와 거의 비슷한 경향을 나타내었다. NF 분말 첨가군이 대조군보다 L값이 증가하여 밝은색을 나타내었고 조리면의 경우에도 1.5%와 3% 첨가군이 대조군보다 약간 높게 나타났다. 전체적으로는 생면을 조리했을 때 조리면의 L값이 낮아지면서 밝은색이 감소함을 볼 수 있었다. a값은 대조군이 -2.64이었고 NF 분말 첨가량이 증가할수록 (-)값이 증가하여 7% 첨가군은 -3.00으로 녹색이 증가되는 것으로 나타났다. 생면의 b값은 14.91~18.17이고 조리면의 경우는 8.02~9.00으로 조리면이 생면보다 낮은 값으로 측정되었으며 NF 분말 첨가량이 증가할수록 b값은 증가하였다.

**Table 20. Hunter Lab value of noodle prepared with different levels of UF and NF powder**

Groups	raw noodle			cooked noodle		
	L	a	b	L	a	b
UF-0	74.92 <sup>a</sup>	-2.85 <sup>a</sup>	15.12 <sup>a</sup>	66.42 <sup>a</sup>	-2.21 <sup>a</sup>	8.09 <sup>a</sup>
UF-1.5	77.09 <sup>a</sup>	-2.61 <sup>ab</sup>	15.68 <sup>ab</sup>	66.79 <sup>a</sup>	-2.04 <sup>a</sup>	9.85 <sup>a</sup>
UF-3.0	76.24 <sup>a</sup>	-2.64 <sup>ab</sup>	16.86 <sup>bc</sup>	64.24 <sup>a</sup>	-2.19 <sup>a</sup>	9.85 <sup>a</sup>
UF-5.0	75.79 <sup>a</sup>	-2.27 <sup>bc</sup>	17.06 <sup>cd</sup>	62.07 <sup>a</sup>	-1.92 <sup>a</sup>	9.08 <sup>a</sup>
UF-7.0	75.68 <sup>a</sup>	-1.97 <sup>c</sup>	18.28 <sup>d</sup>	61.06 <sup>a</sup>	-1.92 <sup>a</sup>	11.54 <sup>a</sup>
NF-0	74.01 <sup>a</sup>	-2.64 <sup>a</sup>	14.91 <sup>a</sup>	65.87 <sup>a</sup>	-2.10 <sup>a</sup>	8.02 <sup>a</sup>
NF-1.5	74.85 <sup>a</sup>	-2.85 <sup>b</sup>	16.98 <sup>b</sup>	66.78 <sup>b</sup>	-2.35 <sup>b</sup>	8.59 <sup>a</sup>
NF-3.0	75.84 <sup>c</sup>	-3.02 <sup>c</sup>	17.49 <sup>c</sup>	66.94 <sup>b</sup>	-2.37 <sup>b</sup>	9.00 <sup>a</sup>
NF-5.0	75.75 <sup>c</sup>	-3.00 <sup>c</sup>	18.17 <sup>d</sup>	65.00 <sup>a</sup>	-2.35 <sup>b</sup>	8.87 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

#### 4) 조직감

밀가루에 UF와 NF 분말 첨가가 생면과 조리면의 조직감 특성에 미치는 영향은 Table 21, 22과 같다. 생면의 경우 UF 및 NF 분말 첨가에 의하여 hardness가 현저히 저하되는 경향으로 UF 분말 첨가 생면의 대조군이  $972.06\text{g}/\text{cm}^2$ 인데 반하여 7% 첨가군은  $468.95\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 측정되어 대조군의 48%에 해당하는 hardness를 나타내었다. 조리면에서도 hardness가 현저히 저하되어 UF 분말 5% 첨가군이 가장 낮게 측정되었는데 대조군의 63%에 해당하는 hardness를 나타내었으나 첨가량에 따른 일정한 경향은 나타나지 않았다. Cohesiveness는 생면과 조리면에서 UF 분말 첨가군이 대조군보다 높게 나타난 반면, gumminess와 brittleness는 낮게 나타났다. UF 및 NF 분말 첨가 국수의 hardness가 밀가루 국수보다 감소하는 것은 조리 후 국수로부터 고형분의 유출이 많기 때문인 것으로 사료된다.

NF 분말 첨가 국수에서도 UF 분말 첨가 국수에서와 같은 경향을 보여 hardness는 대조군이  $1065.08\text{g}/\text{cm}^2$ , NF 분말 첨가군이  $586.25\sim 847.17\text{g}/\text{cm}^2$ 으로 대조군보다 저하되었고 생면의 cohesiveness는 NF 분말 첨가군에서 다소 증가하였으나 유의적인 차이가 없었고 조리면에서도 시료간에 차이가 없는데 반하여 gumminess와 brittleness는 생면과 조리면의 NF 분말 첨가군이 대조군보다 감소하였다. 매실 착즙액을 첨가하여 제조한 생국수는 hardness가 20% 첨가구에서 가장 높게 나타났고 조리국수는 매실 착즙액의 첨가량이 증가할수록 hardness는 감소한 반면, adhesiveness, cohesiveness, springiness와 gumminess는 높게 나타났다고 하였다<sup>150)</sup>.

또한 빵잎분말을 첨가한 국수는 대조구와 비교하여 견고성에 차이는 없었으나 응집성과 탄력성이 저하되고 부착성이 증가하는 것으로 나타났다는 보고<sup>147)</sup>, 분리 대두단백을 첨가한 조리국수의 탄력성과 응집성은 대조구와 비슷하였고 씹힘성과 경도는 대조구보다 높았다<sup>151)</sup>고 하는 보고들이 있는데 첨가물의 종류에 따라 조직감에 큰 차이가 있다는 것을 알 수 있었다.



**Table 21. Texture value of noodles prepared with different levels of UF powder**

Groups	Hardness (g/cm <sup>2</sup> )	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Gumminess (g)	Brittleness (g)	
UF-0	972.06 <sup>a</sup>	33.63 <sup>a</sup>	50.90 <sup>a</sup>	61.94 <sup>a</sup>	31.60 <sup>a</sup>	
r a w	UF-1.5	614.92 <sup>b</sup>	43.98 <sup>ab</sup>	54.88 <sup>a</sup>	49.29 <sup>a</sup>	27.95 <sup>a</sup>
	UF-3.0	524.52 <sup>b</sup>	48.35 <sup>b</sup>	58.42 <sup>a</sup>	46.48 <sup>a</sup>	27.31 <sup>a</sup>
	UF-5.0	538.08 <sup>b</sup>	47.21 <sup>b</sup>	56.95 <sup>a</sup>	47.70 <sup>a</sup>	27.25 <sup>a</sup>
	UF-7.0	468.95 <sup>b</sup>	53.01 <sup>b</sup>	62.69 <sup>a</sup>	46.03 <sup>a</sup>	29.16 <sup>a</sup>
UF-0	1019.99 <sup>a</sup>	57.82 <sup>a</sup>	88.03 <sup>a</sup>	114.14 <sup>a</sup>	100.66 <sup>a</sup>	
c o o k e d	UF-1.5	886.93 <sup>a</sup>	63.86 <sup>a</sup>	85.57 <sup>a</sup>	108.49 <sup>a</sup>	94.09 <sup>a</sup>
	UF-3.0	831.48 <sup>a</sup>	61.85 <sup>a</sup>	86.88 <sup>a</sup>	94.31 <sup>a</sup>	85.59 <sup>a</sup>
	UF-5.0	644.87 <sup>a</sup>	64.47 <sup>a</sup>	84.40 <sup>a</sup>	79.54 <sup>a</sup>	67.41 <sup>a</sup>
	UF-7.0	710.00 <sup>a</sup>	65.82 <sup>a</sup>	87.06 <sup>a</sup>	90.70 <sup>a</sup>	79.51 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

**Table 22. Texture value of noodles prepared with different levels of NF powder**

Groups	Hardness (g/cm <sup>2</sup> )	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Gumminess (g)	Brittleness (g)	
NF-0	1065.08 <sup>a</sup>	35.86 <sup>a</sup>	52.58 <sup>a</sup>	69.23 <sup>a</sup>	37.25 <sup>a</sup>	
r a w	NF-1.5	1108.03 <sup>a</sup>	41.00 <sup>a</sup>	54.69 <sup>a</sup>	80.47 <sup>a</sup>	44.34 <sup>a</sup>
	NF-3.0	812.43 <sup>b</sup>	44.40 <sup>a</sup>	56.28 <sup>a</sup>	68.30 <sup>a</sup>	38.86 <sup>a</sup>
	NF-5.0	713.07 <sup>c</sup>	40.52 <sup>a</sup>	52.33 <sup>a</sup>	54.16 <sup>b</sup>	28.59 <sup>a</sup>
	NF-0	977.91 <sup>a</sup>	62.51 <sup>a</sup>	90.47 <sup>a</sup>	110.29 <sup>a</sup>	100.08 <sup>a</sup>
c o o k e d	NF-1.5	847.17 <sup>b</sup>	63.17 <sup>a</sup>	86.87 <sup>ab</sup>	99.29 <sup>b</sup>	86.30 <sup>b</sup>
	NF-3.0	743.46 <sup>c</sup>	63.28 <sup>a</sup>	82.25 <sup>b</sup>	91.23 <sup>b</sup>	74.95 <sup>b</sup>
	NF-5.0	586.25 <sup>d</sup>	62.09 <sup>a</sup>	81.00 <sup>b</sup>	66.95 <sup>c</sup>	54.28 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

## 5) 관능 검사

밀가루에 UF와 NF 분말 첨가하여 생국수를 제조하여 조리한 후 조리면의 관능 특성을 평가한 결과를 Table 23에 요약하였다. UF 분말 첨가 조리면의 색상은 UF 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하여 대조군보다 높은 점수로 평가되었는데 이러한 결과는 색차계로 측정된 b값의 증가와 일치하는 결과라 하겠다. 냄새 특성도 대조군과 차이를 보여 UF 분말 첨가량이 증가할수록 높은 점수로 평가되었는데 이는 UF 분말에 함유되어 있는 isoflavone 특유의 냄새에서 기인하는 것으로 사료된다.

부드러운 정도는 UF 분말 첨가량이 증가할수록 더 부드러운 것으로 평가되었는데 이는 UF 분말 첨가 국수의 조리시 국물의 탁도가 증가하는 것으로 나타난 Table 19의 결과와 관련이 있는 것으로 고형성분의 유출이 많고 조리된 국수가 쉽게 풀어진다는 보고와 연관된 결과라 하겠다<sup>146)</sup>. 전체적인 바람직성은 대조구가 5.63, 1.5% 첨가군이 5.19, 3% 첨가군이 5.44로 평가되어 대조군과 차이가 없이 평가된 반면, 5%와 7% 첨가군은 대조군보다 품질이 떨어지는 것으로 평가되었다.

NF 분말 첨가 국수는 대조군인 밀가루 국수에 비해 색, 냄새 등이 차이가 났으며 조직의 부드러운 정도는 모든 시료간에 유의적인 차이가 없었다. 전체적인 바람직성은 대조구가 5.38, 1.5% 첨가군이 5.56, 3% 첨가군이 5.88로 평가되어 대조군과 차이가 없이 평가되었고 7% 첨가군이 4.04으로 가장 낮은 점수로 평가되어 품질이 떨어지는 것으로 평가되었으나 대조군과 비교하여 유의적인 차이는 없었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 UF와 NF 분말을 3% 정도 첨가하는 것이 가능성이 강화된 건강면의 제조라는 측면에서 바람직하다고 하겠다.

Table 23. Sensory scores of noodles prepared with different levels of UF and NF powder

Groups	Color	Odor	Softness	Stickiness	Overall desirability
UF-0	3.69 <sup>a</sup>	3.81 <sup>a</sup>	4.44 <sup>a</sup>	4.06 <sup>a</sup>	5.63 <sup>ab</sup>
UF-1.5	4.81 <sup>b</sup>	4.38 <sup>b</sup>	4.88 <sup>ab</sup>	5.00 <sup>b</sup>	5.19 <sup>a</sup>
UF-3.0	5.62 <sup>c</sup>	5.25 <sup>bc</sup>	5.50 <sup>bc</sup>	5.19 <sup>b</sup>	5.44 <sup>ab</sup>
UF-5.0	6.56 <sup>d</sup>	6.63 <sup>c</sup>	5.81 <sup>c</sup>	5.75 <sup>bc</sup>	4.19 <sup>c</sup>
UF-7.0	7.38 <sup>e</sup>	7.25 <sup>c</sup>	5.75 <sup>c</sup>	6.06 <sup>c</sup>	3.63 <sup>c</sup>
NF-0	4.06 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	5.00 <sup>a</sup>	4.13 <sup>a</sup>	5.38 <sup>ab</sup>
NF-1.5	5.25 <sup>b</sup>	4.88 <sup>b</sup>	5.31 <sup>a</sup>	4.81 <sup>b</sup>	5.56 <sup>a</sup>
NF-3.0	5.56 <sup>b</sup>	5.75 <sup>bc</sup>	4.94 <sup>a</sup>	5.00 <sup>b</sup>	5.88 <sup>a</sup>
NF-5.0	6.62 <sup>c</sup>	6.56 <sup>c</sup>	4.81 <sup>a</sup>	5.38 <sup>b</sup>	4.06 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

#### 4. UF와 NF 분말을 첨가한 증편

##### 1) 증편 반죽의 pH

UF와 NF 분말을 첨가한 증편 반죽의 발효과정 중 pH의 변화를 측정된 결과는 Table 24와 같다. 반죽을 혼합한 직후 pH는 4.57~5.69로서 UF 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮은 값을 나타내었다. 발효가 진행됨에 따라 pH는 점차 감소하여 4시간 후에는 4.38~5.03으로 대조군이 5.03이고 7% 첨가군은 4.38로 UF 분말 첨가량이 증가할수록 pH가 낮아지는 경향을 나타내었다. 이 등<sup>152)</sup>은 발효 3시간후 pH가 4.7정도라고 하였고 박 등<sup>153)</sup>은 4.34~4.48이라 보고하여 본 실험의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 발효시간이 경과함에 따라 pH가 저하하는 현상은 젖산발효에 의한 lactic acid와 succinic acid등의 유기산 생성으로 설명할 수 있으며 pH가 5 이하로 내려가면 젖산균 이외의 미생물 번식이 억제되므로 다른 떡들에 비해 증편의 저장성이 높아지게 된다.

NF 분말 첨가 증편에서는 초기반죽의 pH가 5.64-5.78로 NF분말 첨가량이 증가할수록 낮게 나타났다. 발효 1시간후에는 대조군이 pH 5.11, NF 분말 첨가군이 5.42~5.49로 대조군의 pH가 더 낮게 나타났으며 이러한 경향은 최종 발효시간까지 지속되어 발효 4시간후의 pH는 대조군이 4.77로 가장 낮았고 0.5, 1, 2, 3%군에서 4.84, 4.90, 4.95 와 4.98로 각각 나타났는데 이는 NF 분말속에 함유되어 있는 유리 아미노산 및 peptide등의 성분이 완충작용을 하여 pH의 저하를 둔화시킨 것으로 생각된다.

**Table 24. Changes in pH of Jeung-Pyun batter prepared with different levels of UF and NF powder**

Groups	Time(hour)				
	0	1	2	3	4
UF-0	5.69 <sup>a</sup>	5.49 <sup>a</sup>	5.45 <sup>a</sup>	5.16 <sup>a</sup>	5.03 <sup>a</sup>
UF-0.5	5.39 <sup>b</sup>	5.32 <sup>b</sup>	5.30 <sup>b</sup>	4.98 <sup>b</sup>	4.92 <sup>b</sup>
UF-1.0	5.13 <sup>c</sup>	4.87 <sup>c</sup>	5.04 <sup>c</sup>	4.82 <sup>c</sup>	4.74 <sup>c</sup>
UF-2.0	4.76 <sup>d</sup>	4.70 <sup>d</sup>	4.73 <sup>d</sup>	4.57 <sup>d</sup>	4.51 <sup>d</sup>
UF-3.0	4.57 <sup>e</sup>	4.57 <sup>e</sup>	4.54 <sup>e</sup>	4.44 <sup>e</sup>	4.38 <sup>e</sup>
NF-0	5.78 <sup>a</sup>	5.38 <sup>a</sup>	5.11 <sup>a</sup>	5.01 <sup>a</sup>	4.77 <sup>a</sup>
NF-0.5	5.76 <sup>a</sup>	5.42 <sup>a</sup>	5.14 <sup>a</sup>	5.04 <sup>ab</sup>	4.84 <sup>ab</sup>
NF-1.0	5.73 <sup>a</sup>	5.47 <sup>ab</sup>	5.18 <sup>a</sup>	5.07 <sup>ab</sup>	4.90 <sup>ab</sup>
NF-2.0	5.69 <sup>a</sup>	5.49 <sup>b</sup>	5.20 <sup>a</sup>	5.11 <sup>b</sup>	4.95 <sup>b</sup>
NF-3.0	5.64 <sup>a</sup>	5.44 <sup>b</sup>	5.19 <sup>a</sup>	5.10 <sup>b</sup>	4.98 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

## 2) 증편 반죽의 부피

UF와 NF 분말을 첨가하여 제조한 증편 반죽의 부피 변화를 측정된 결과는 Fig.11, 12에 나타내었다. UF 분말 첨가 증편 반죽은 발효 1시간부터 모든 시료

의 부피가 서서히 증가하기 시작하여 2.5시간에는 75~77.5ml로 초기 부피의 50%이상 증가하였고 발효 4시간 후의 최종 부피는 UF 분말 첨가량이 증가할수록 증가하여 3% 첨가군이 147.5ml로 가장 높은 수치를 나타냈고 초기부피의 130~190%의 증가율을 나타내었다(Fig.11).

NF 분말 첨가 증편의 경우 발효 2.5시간 후에는 77.5~82.5ml로 초기 부피보다 46~55%가 증가하였고 발효 4시간 후의 최종 부피는 115ml~147.5ml로 초기 반죽 부피의 140~160%의 증가율을 나타내었는데 특히 NF 분말 1% 첨가군이 130ml로 가장 많이 증가하고 2, 3% 첨가군에서는 다시 감소하는 것으로 나타나 UF 분말 첨가시와 약간 다른 경향을 나타내었다(Fig. 12).

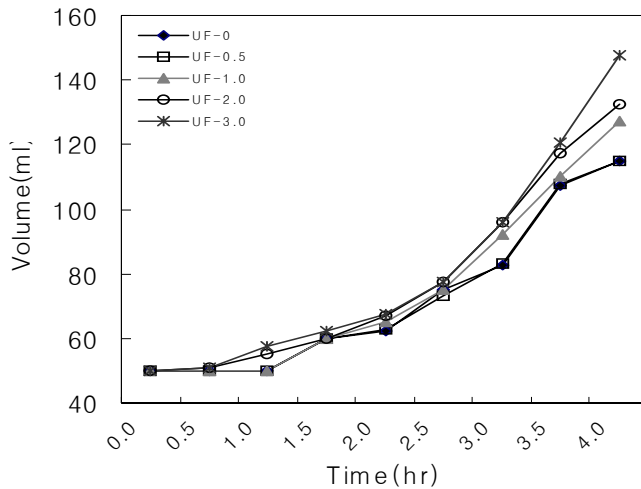


Fig. 11. Changes in volume of Jeung-Pyun batter prepared with different levels UF powder.

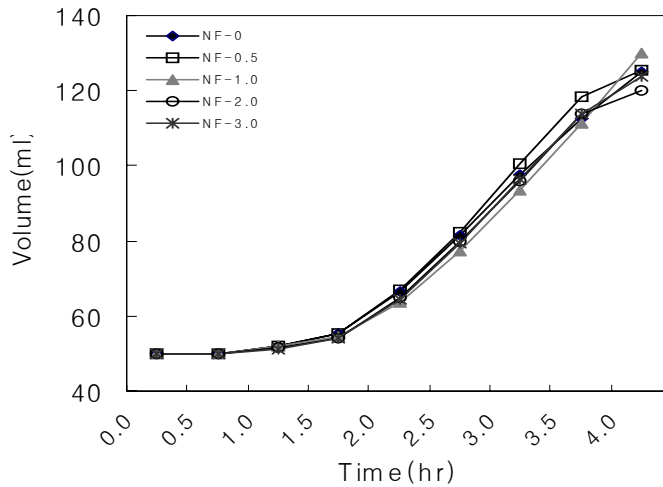
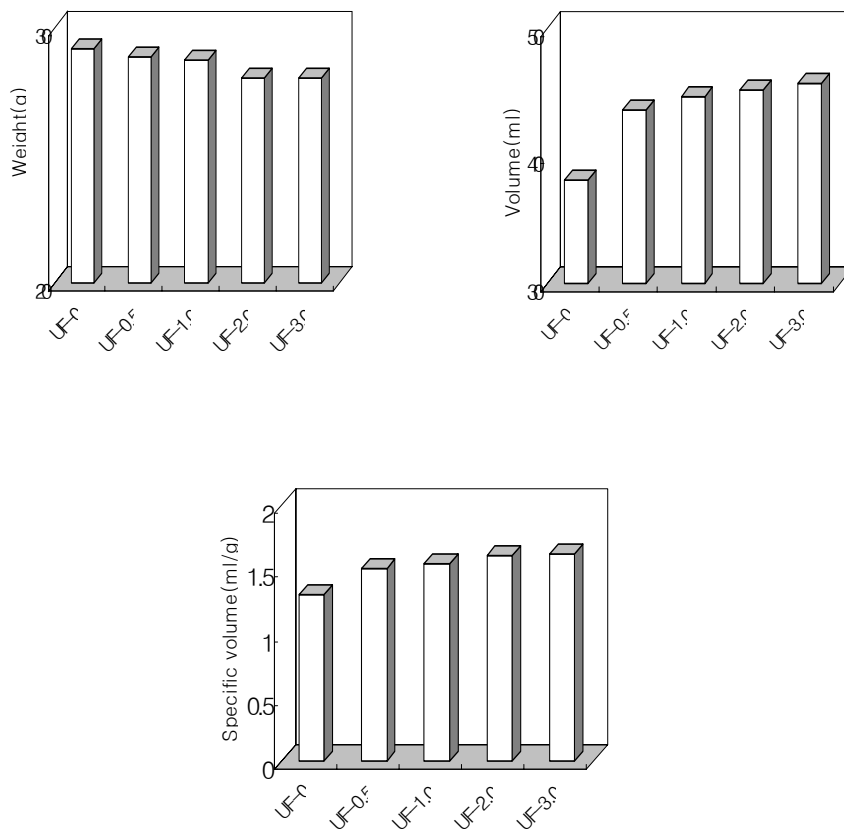


Fig. 12. Changes in volume of Jeung-Pyun batters prepared with different levels of NF powder.

### 3) 증편의 무게, 부피 및 용적밀도

UF와 NF 분말을 첨가하여 제조한 증편의 무게, 부피 및 용적밀도를 나타낸 결과는 Fig. 14, 15와 같다. UF 분말 첨가 증편의 무게는 UF 분말 첨가량이 증가할수록 다소 감소하는 경향을 보였으나 시료간에 유의적인 차이가 없는 반면 부피는 대조군이 38.2ml로 가장 작았고 UF 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하여 3% 첨가군은 45.8ml로 가장 높게 측정되었다. 증편 무게에 대한 부피의 비로 나타낸 용적밀도(specific volume, ml/g)는 증편의 스펀지성을 비교하는 지표<sup>154)</sup>로서 UF 분말 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다.

NF 분말 첨가 증편의 무게는 대조군이 28.1g으로 다른 실험군과 유의적인 차이가 없는 반면, 부피는 NF 분말 첨가량이 증가할수록 급격한 증가를 보여 3% 첨가 증편의 부피가 가장 컸으며 용적밀도도 제일 높게 측정되었다. 동충하초 첨가 증편의 실험에서도 동충하초 비율이 증가할수록 부피 증가를 보여 7% 첨가 증편이 가장 높은 증가율을 나타내었다고 보고<sup>155)</sup>함으로써 첨가물질이 발효를 촉진 시킨 것을 알 수 있다.



**Fig. 13.** Weight, volume and specific volume of Jeung-Pyun prepared with different levels of UF powder.

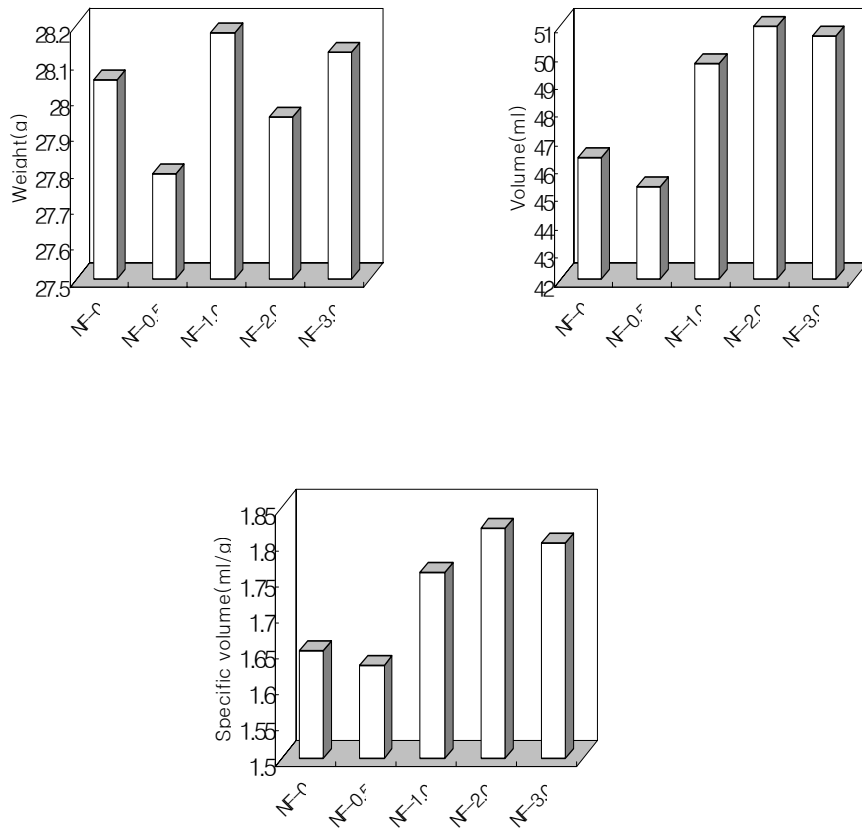


Fig. 14. Weight, volume and specific volume of Jeung-Pyun prepared with different levels of NF powder.

#### 4) 색도

UF와 NF 분말 첨가 증편의 색도를 측정된 결과는 Table 25와 같다. UF 분말 첨가 증편의 명도 L 값은 대조군이 61.21으로 가장 높게 나타났고 첨가군이 54.78~58.94로 대조군보다 낮게 나타났는데 이는 흰색의 쌀가루가 황색의 UF 분말로 일정 비율씩 대체되었기 때문이다. 반면에 적색도를 나타내는 a값은 UF 분말 첨가량이 증가할수록 높게 나타났고, 황색도를 나타내는 b값도 UF 분말 첨가군에서 높게 나타났는데 이는 UF 분말 자체의 옅은 황색에 기인한다고 할 수



있다.

NF 분말 첨가 증편의 L값은 67.79~69.41로서 시료간에 차이가 없었고 a 값은 -0.07~-1.66의 범위에서 측정되었으며 NF 분말 첨가량이 증가할수록 (-)값이 증가하여 녹색을 띠는 경향을 나타냈다. b값은 NF 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하여 황색이 짙어지는 것으로 나타났고 이러한 경향 역시 NF분말의 황색에 기인한다고 할 수 있다.

**Table 25. Hunter Lab value of Jeung-Pyun prepared with different levels of UF and NF poder**

Groups	Color value		
	L	a	b
UF-0	61.21 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	3.16 <sup>a</sup>
UF-0.5	58.94 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>	4.14 <sup>b</sup>
UF-1.0	57.25 <sup>b</sup>	0.53 <sup>c</sup>	4.94 <sup>c</sup>
UF-2.0	56.85 <sup>bc</sup>	0.68 <sup>c</sup>	5.66 <sup>d</sup>
UF-3.0	54.78 <sup>c</sup>	0.94 <sup>d</sup>	6.95 <sup>e</sup>
NF-0	67.79 <sup>a</sup>	-0.07 <sup>a</sup>	3.24 <sup>a</sup>
NF-0.5	68.32 <sup>a</sup>	-0.51 <sup>b</sup>	4.47 <sup>b</sup>
NF-1.0	67.83 <sup>a</sup>	-0.56 <sup>c</sup>	5.43 <sup>c</sup>
NF-2.0	67.74 <sup>a</sup>	-1.07 <sup>c</sup>	7.30 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

### 5) 조직감

UF와 NF 분말 첨가 증편의 물성을 측정한 결과는 Table 26과 같다. Hardness는 저장 중 전분질 식품의 노화와 관련이 있는 특성으로 UF 분말 첨가 증편의 경우는 UF 분말 첨가량의 증가에 따라 감소하여 대조군이 669.10g/cm<sup>2</sup>으로 가장 높았고 3% 첨가군이 424.44g/cm<sup>2</sup>로 가장 낮았다. Cohesiveness는 식품의 형태를 구성하는 내부적 결합에 필요한 힘으로서 증편의 찰진 정도와 관

런이 있는 특성인데 모든 실험군에서 유의적인 차이가 발견되지 않았다. Springiness는 대조군이 89.99%로 가장 높았고 UF 분말 첨가군이 86.54~88.37%로 낮았으며 gumminess와 brittleness도 UF 분말 농도 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내었다.

NF 분말 첨가 증편의 hardness는 대조군과 0.5% 첨가군 사이에 차이가 없었으나 NF 분말 1, 2, 3% 첨가군은 대조군보다 감소하는 경향을 나타냈다. Cohesiveness는 NF 분말 첨가군에서 높게 나타났으나 시료간에 유의적인 차이가 없었고 springiness, gumminess 및 brittleness는 NF 분말 첨가군에서 감소하는 경향으로 나타났다.

**Table 26. Texture value of Jeung-Pyun prepared with different levels of UF and NF powder**

Groups	Hardness (g/cm <sup>2</sup> )	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Gumminess (g)	Brittleness (g)
UF-0	669.10 <sup>a</sup>	81.56 <sup>a</sup>	89.99 <sup>a</sup>	148.04 <sup>a</sup>	133.45 <sup>a</sup>
UF-0.5	523.99 <sup>b</sup>	80.76 <sup>a</sup>	86.88 <sup>b</sup>	115.03 <sup>b</sup>	104.81 <sup>b</sup>
UF-1.0	518.20 <sup>b</sup>	82.80 <sup>a</sup>	88.37 <sup>ab</sup>	112.57 <sup>b</sup>	85.49 <sup>bc</sup>
UF-2.0	440.04 <sup>c</sup>	81.91 <sup>a</sup>	86.54 <sup>b</sup>	100.11 <sup>c</sup>	86.67 <sup>bc</sup>
UF-3.0	424.44 <sup>c</sup>	81.46 <sup>a</sup>	87.43 <sup>b</sup>	95.26 <sup>c</sup>	82.08 <sup>c</sup>
NF-0	287.339 <sup>a</sup>	76.405 <sup>a</sup>	78.489 <sup>a</sup>	59.719 <sup>a</sup>	46.971 <sup>a</sup>
NF-0.5	281.523 <sup>a</sup>	77.640 <sup>a</sup>	79.441 <sup>a</sup>	59.160 <sup>a</sup>	47.038 <sup>a</sup>
NF-1.0	262.422 <sup>b</sup>	77.501 <sup>a</sup>	79.452 <sup>a</sup>	54.878 <sup>b</sup>	43.683 <sup>b</sup>
NF-2.0	249.591 <sup>b</sup>	78.619 <sup>a</sup>	78.926 <sup>a</sup>	53.468 <sup>b</sup>	42.321 <sup>b</sup>
NF-3.0	251.537 <sup>b</sup>	78.649 <sup>a</sup>	77.517 <sup>a</sup>	53.265 <sup>b</sup>	41.230 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

## 6) 관능 검사

UF와 NF 분말 첨가 증편의 관능적 특성을 분석한 결과는 Table 27과 같다. UF 분말 2, 3%군이 대조군보다 막걸리향과 신맛이 유의적으로 강하게 평가되었으나 단맛 및 촉촉한 정도는 시료간에 차이가 없는 것으로 나타났다. 기포의 균일한 정도를 평가하는 항목에서는 대조군이 3.81, UF분말 2% 와 3% 첨가군이 각각 4.25와 4.13으로 평가되어 UF 분말 첨가군에서 기공이 좀 더 균일하게 발달된 것으로 평가되었다. 전체적인 바람직성에서는 대조군이 5.50으로 가장 높은 점수를 받았고 3% 첨가군이 4.94로 가장 낮은 점수를 받았으나 시료간에 유의적인 차이가 없는 것으로 평가되어 3% 정도를 첨가하여도 좋은 것으로 사료된다.

NF 분말 첨가 증편의 경우도 막걸리향과 신맛이 대조군보다 강하게 평가된 반면 단맛 및 촉촉한 정도는 시료간에 차이가 없었다. 기포의 균일한 정도를 평가하는 항목에서는 대조군이 3.43, UF 분말 1% 와 2% 첨가군이 각각 5.14와 4.07로 평가되어 대조군보다 높은 점수를 받았고 3% 첨가군은 2.93으로 평가되어 기공 발달이 가장 불규칙한 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 전체적인 바람직성에서는 NF 분말 0.5% 및 1% 첨가군이 4.50 및 4.43으로 평가되어 대조군의 4.64와 차이가 없었으나 2%와 3% 첨가시에는 대조군보다 유의적으로 저하되는 것으로 평가되었다. 최 등<sup>155)</sup>은 전지분유 및 난백을 첨가하여 제조한 증편은 경도 및 씹힘성이 대조구에 비해 낮게 측정되어 부드럽고 연한 질감을 준다고 하였고 썩가루와 난황은 반대의 결과를 보인다고 보고하였다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 일정 수준의 UF 분말을 첨가하여 증편을 제조한다면 springiness와 gumminess가 떨어지기는 하지만 hardness가 감소함에 따라 조직이 부드러워지기 때문에 기능성이 향상된 새로운 제품을 기대할 수 있으리라 사료된다.

Table 27. Sensory scores of Jeung-Pyun prepared with different levels of UF and NF powder

Groups	Takju odor	sweet taste	Sour taste	Moistness	Air cell uniformity	Overall desirability
UF-0	3.38 <sup>a</sup>	3.88 <sup>a</sup>	1.06 <sup>a</sup>	5.13 <sup>a</sup>	3.81 <sup>ab</sup>	5.50 <sup>a</sup>
UF-0.5	3.63 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>	1.13 <sup>a</sup>	4.88 <sup>a</sup>	3.63 <sup>a</sup>	5.19 <sup>a</sup>
UF-1.0	3.69 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>	1.13 <sup>a</sup>	5.00 <sup>a</sup>	3.87 <sup>abc</sup>	5.25 <sup>a</sup>
UF-2.0	4.50 <sup>b</sup>	3.75 <sup>a</sup>	1.88 <sup>b</sup>	5.06 <sup>a</sup>	4.25 <sup>c</sup>	5.19 <sup>a</sup>
UF-3.0	4.94 <sup>b</sup>	3.69 <sup>a</sup>	2.25 <sup>b</sup>	5.25 <sup>a</sup>	4.13 <sup>bc</sup>	4.94 <sup>a</sup>
NF-0	3.43	3.93 <sup>a</sup>	1.29 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>	3.43 <sup>a</sup>	4.64 <sup>a</sup>
NF-0.5	3.71 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>	1.57 <sup>a</sup>	4.36 <sup>a</sup>	3.36 <sup>a</sup>	4.50 <sup>a</sup>
NF-1.0	4.00 <sup>ab</sup>	3.64 <sup>a</sup>	1.71 <sup>a</sup>	4.00 <sup>a</sup>	5.14 <sup>a</sup>	4.43 <sup>a</sup>
NF-2.0	4.50 <sup>b</sup>	3.64 <sup>a</sup>	2.14 <sup>ab</sup>	3.93 <sup>a</sup>	4.07 <sup>a</sup>	4.00 <sup>b</sup>
NF-3.0	5.14 <sup>c</sup>	3.57 <sup>a</sup>	2.86 <sup>b</sup>	3.86 <sup>a</sup>	2.93 <sup>a</sup>	3.29 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

## 제 4 장 목표달성도 및 관련 분야에의 기여도

세부과제 및 주용 내용	1차 년도				2차 년도			
	3	6	9	12	3	6	9	12
<b>세부과제 1.</b> ◦ UF를 이용한 순물의 분리방법 및 최적조건 확립 - 분리 및 농축조건 조사 - 최적 건조조건 확립 ◦ NF를 이용한 순물의 분리방법 및 최적조건 확립 - 분리 및 농축조건 조사 - 최적 건조조건 확립								
<b>세부과제 2.</b> ◦ 기능성 성분 분석 및 가공적성 조사 - UF 분리 농축액의 일반 및 기능성 성분 조사 - UF 분말의 식품가공 및 반죽 특성 조사 ◦ 기능성 성분 분석 및 가공적성 조사 - NF 분리 농축액의 일반 및 기능성 성분 조사 - NF 분말의 식품가공 및 반죽 특성 조사								
<b>세부과제 3.</b> ◦ 순물의 변질 방지 방법 확립 - 순물의 변질 방지 온도조사 및 미생물의 호기적, 혐기적 배양 - 순물변질에 관여하는 미생물의 분리 및 동정 - 부패가 일어나지 않는 최적 온도에서의 저장성 시험 및 isoflavone 분해여부 확인								
<b>세부과제 4.</b> ◦ UF, NF 분리 제품의 이용방법 조사 - 기능성 성분 분말의 식품에의 이용 - 첨가량 설정								

----- 당초계획

————— 진도

본연구에서 계획한 세부과제별 연구 내용에 대한 추진계획 및 달성도는 위의 Table에 보여진바와 같이 예정대로 연구가 잘 진행되었다고 믿어지며 세부과제별 이루어진 연구 내용은 다음과 같다.

## 세부과제 1. 순물의 분리 방법 및 최적 조건 확립

### 1. UF를 이용한 순물의 분리방법 및 최적조건 확립

막의 fouling 현상을 줄이는 조건으로 UF 분리 시에는 시료의 온도를 30~32℃, UF system의 TMP를 2.3~2.4bar로 조절하여 농축배수를 6.0으로 하는 것이 UF 여과액의 isoflavone과 oligo 당의 잔류량을 높여 NF에 의한 기능성 성분의 최종분리를 높여주었다.

UF 분리 농축액의 건조방법은 분무건조를 사용하였으며 건조분말의 입도와 수분함량을 고려할 때 dextrin 20%를 첨가하고 송풍온도 160℃, 배풍온도 95℃에서 건조시키는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

### 2. NF를 이용한 순물의 분리방법 및 최적조건 확립

UF 여과액의 NF 분리 농축 조건은 UF 여과액의 온도를 30~32℃, NF system의 압력을 190~195psig로 유지하며 농축배수 6.0으로 하는 것이 막분리 시간과 fouling 생성을 최소화할 수 있었다. 이 경우의 NF 농축액에는 순물의 isoflavone이 76.44%, oligo 당이 71.69% 회수되었다. UF retentate에 함유된 이들의 양을 합할 때 총 회수율은 isoflavone이 순물의 약 93%, oligo 당이 약 90% 정도이었다.

NF로 분리한 농축액은 분자량이 너무 작아 분무 건조시 내부의 높은 온도(95℃이상)에 의해 건조분말이 용융되어 분무건조 기벽에 붙어 회수가 불가능 하였다. 그리하여 동결, 상압, 진공건조를 검토한 결과 진공건조가 NF 농축액의 분말 색이나 기능성 성분의 함량이 동결건조와 거의 유사하며, 동결건조보다 건조시간이 빠르고 경제적이어서 NF 농축액의 적절한 건조방법으로 판단되었다. 또한 막분리후의 순물의 COD, BOD, SS는 현저히 감소하여 수질오염의 법적 규제치에

거의 근접한 수치였다.

### 3. 기여도

이 연구에서 밝혀진 내용은 두부가공시 발생되는 순물에 함유되어있는 기능성 성분의 활용을 위한 막분리 기술의 정립과 폐수처리 비용을 절감시키는 경제적인 기술이라 생각된다.

## 세부과제 2. 기능성 성분분석 및 가공적성 조사

### 1. UF 분리 농축액의 일반 및 기능성 성분 조사

UF 농축분말의 수분 및 탄수화물 함량은 순물과 큰 차이는 없었으나 회분함량과 조지방 함량이 2~3배 정도 감소하였으며, 단백질 함량은 순물에 비해 2배 가량 증가하였다. 총 Isoflavone, oligosaccharide 및 phytate 함량은 각각 437.32, 19.29, 0.06mg%로 순물보다 감소하였으나, saponin 함량은 순물과 유사하였다. UF 농축분말의 유리아미노산의 함량은 131.95mg%로 순물에 비해 증가하였다.

### 2. UF 분말의 식품가공 특성 및 반죽특성 조사

UF 농축분말의 물에 대한 용해도는 88% 이상으로 우수한 반면 수분 흡수력은 상당히 미약하였고, 유지 흡착력은 ISP>UF 농축분말>순물의 순으로 높았다. 단백질의 용해도는 pH 4부근에서 가 낮았고 산성 또는 알칼리 쪽으로 갈수록 증가하였다. 유화력은 pH에 따라 큰 변화가 거의 없었으며 알칼리 조건에서 ISP 보다 40%정도 감소하였으며 유화안정성 및 거품형성능도 상당히 미약하였다. 전기영동에 의한 단백질 비교시 glycinin의 산성 subunit(38kd)과  $\beta$ -conglycinin(58kd)로 추정되는 band가 관찰되었으며, 단백질의 아미노산 함량은 196.69mg%로 순물에 비해 높게 나타났다. UF 농축분말을 첨가한 반죽의 경우 첨가량이 증가할수록 점도가 감소되는 경향을 보였으나, 5% UF 농축분말 첨가 시 3% 소금을 함께 첨가함으로써 점도의 감소를 어느 정도 완화 시킬 수 있었다.

### 3. NF 분리 농축액의 일반 및 기능성 성분 조사

NF 농축분말의 수분, 조지방, 단백질 함량은 순물과 UF 농축분말에 비해 감소한 반면 탄수화물 함량은 71.25%로 증가하였다. 총 isoflavone 및 oligosaccharide 함량은 각각 990.08, 39.95mg%로 UF 농축분말에 비해 증가하였고, saponin 함량은 0.024%(dry basis)로 순물 및 UF 농축분말에 비해 감소하였다. Phytate 함량은 순물에 비해서는 감소되었으나 UF 농축분말 보다 증가하였고 유리아미노산 함량은 2,110.20mg%로 높게 나타났다.

### 4. NF 분리 농축액의 식품가공 특성 및 반죽특성 조사

NF 농축분말의 물에 대한 용해도는 UF 농축분말과 유사하게 우수한 반면, 수분 흡수력은 나타나지 않았고 유지 흡착력 또한 상당히 미미하였다. 단백질 용해도는 UF 농축분말과 달리 pH 6 근처에서 감소되는 경향을 나타내었다. 유화력은 UF 농축분말 보다 낮았으나 유화력이 매우 낮기 때문에 상대적으로 유화 안정성은 높았으며, 거품형성은 나타나지 않았다. 단백질 전기영동 시 분자량 20kd 이하의 band가 관찰되었으며, 총 단백질 아미노산 함량은 30.02mg%로 순물 및 UF 농축분말에 비해 상당히 낮았다. NF 농축분말의 첨가량이 증가할수록 반죽의 점도가 감소되는 경향을 나타냈으며, UF 농축분말과는 달리 5% NF 농축분말 첨가 시 3% 소금을 첨가하더라도 점도의 회복이 이루어지지 않았다.

### 5. 기여도

순물의 UF 및 NF 농축분말은 생리활성 효과를 나타내는 다양한 성분을 함유하고 있을 뿐만 아니라 식품에 첨가하였을 때 식품 고유의 특성에 큰 영향을 끼치지 않으므로 이들 분말을 첨가한 기능성 식품의 제조가 가능하리라 생각된다.

## 세부과제 3. 순물의 변질 방지 방법 확립

### 1. 순물의 변질방지 온도 조사 결과

순물 부패의 주요 세균은 12~45℃이하의 온도에서 생육이 가능하였고 50℃이



상에서 생육이 불가능 한 것으로 나타났다.

## 2. 순물 세균의 호기적 및 혐기적 배양

순물 세균을 호기적 및 혐기적 조건에서 30℃에서 24시간 배양한 결과 두 조건에서 모두 생육하였고 그 수는  $2.2\sim 8.6\times 10^8$  CFU/mL였다.

## 3. 순물변질에 관여하는 세균의 분리,동정

순물에서 19주를 분리하여 형태학적 분류에 의해 4그룹으로 나누었고 16S rRNA gene sequence와 당발효성 분석 등을 통하여 동정한 결과 주요 순물 부패 세균은 *Leuconostoc citreum*으로 동정되었다. 기타 세균은 *Lactococcus lactis*, *Kocuria kristinae*, *Microbacterium hominis* 이었으나 순물에서 번식이 미약하였다.

## 4. 부패가 일어나지 않는 최저온도

저장성 시험결과 순물 부패의 주요세균은 4℃에서 6일 경과 후 생육하였으나 50℃ 이상에서는 생육이 불가능한 것으로 나타났다.

## 5. 순물부패세균의 isoflavone 분해여부 분석

순물에서 분리한 세균 S1을 순물(UF 농축액과 NF 농축액)에 배양하여 HPLC를 사용하여 isoflavone의 함량변화를 분석한 결과 UF와 NF농축액 모두에서 isoflavone이 분해되는 것을 알 수 있었다.

## 6.기여도

두부제조시 부산물로 생산되는 순물의 재활용을 위하여 막분리전 순물의 부패를 방지하기 위한 방법으로 미생물의 성장을 억제하는 냉장보관 보다 순물자체의 높은 온도를 효과적으로 유지시킴으로써 순물의 부패를 방지 할 수 있어 경제적으로 유리할 것으로 생각된다.

## 세부과제 4. UF, NF 분리 제품의 이용방법 조사

### 1. 기능성 성분 분말의 식품에의 이용

두부 순물의 UF 및 NF 분리 농축분말의 식품으로서의 적성을 검사하기 위하여 일상생활에서 이용 빈도가 높은 음료, 빵, 국수 및 떡을 선택하여 그 중요 구르트, 머핀, 생국수와 증편을 각각 제조하고 제품 적성을 살펴보았다.

### 2. 관능검사

UF 및 NF 분리 농축분말을 이용하여 요구르트, 머핀, 국수와 증편을 제조하고 관능적 특성을 평가하기 위하여 패널요원에 의한 관능검사를 실시하였다. 8명의 관능검사 요원을 선발하여 평가 척도와 시료 식품에 익숙해지도록 자세히 설명을 하고 안정된 판단 기준이 확립될 때까지 훈련과 토의를 계속하였다. 충분한 훈련을 통하여 각 패널요원마다 재현성있는 결과를 얻게 되었을 때 훈련을 종결하고 본 실험을 실시하였다.

### 3. 첨가량 설정

요구르트 제조시 고형분 증진제로 첨가하는 탈지분유의 일부를 UF와 NF 분말로 각각 0, 6.25, 12.5, 25%씩 대체하여 제조한 후 관능검사 결과 UF 분말 첨가량이 증가할수록 유산균의 생성이 촉진되었으나 신맛의 강도가 강해져 기호도가 저하되어 적정 첨가량은 UF 분말은 탈지유를 25%, NF 분말은 6.26% 정도 대체하는 것이 바람직하다고 사료된다.

머핀은 밀가루에 대하여 0, 3, 5, 7%로 UF 및 NF 분말을 첨가하였는데 머핀 제조에 사용되는 다른 부재료와 향미가 조화를 이루어 다른 제품보다 높은 수준으로 첨가한 경우 관능적으로 우수하여 5~7% 정도 첨가하여도 좋은 것으로 사료된다.

국수는 0, 1.5, 3, 5, 7%로 UF 및 NF 분말을 첨가하여 제조하였는데 첨가량이 증가할수록 국수가 부드러워졌고 색상 및 냄새등으로 인하여 첨가량은 3% 정도가 바람직한 것으로 사료된다.

증편 제조시에는 UF 및 NF 분말을 쌀가루에 대하여 0, 0.5, 1, 2, 3% 수준으

로 첨가하였는데 첨가량이 증가할수록 제품은 부드러워졌으나 UF 및 NF 분말 자체의 황색의 영향으로 제품색이 어두어져서 UF분말은 3%, NF 분말은 1% 수준으로 첨가하는 것이 바람직하다고 하겠다.

#### 4. 기여도

UF와 NF 분리 농축분말을 첨가하여 개발된 제품은 다양한 생리활성물질을 함유하고 있으므로 만성질환 예방효과를 기대할 수 있고 이로 인하여 가공식품의 품질이 향상되고 경쟁력이 강화된 고부가가치 상품이 생산될 것이다. 본 연구에서 개발된 제품은 요구르트, 머핀, 국수와 증편으로 일상생활에서 이용 빈도가 높고 모든 연령층에서 소비가 가능하므로 이를 지속적으로 이용한다면 국민의 건강증진 차원에서 긍정적인 효과를 거둘 수 있으리라 기대한다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용 계획

1. 순물의 isoflavone과 oligo 당의 분리 농축을 위한 UF 및 NF 막분리의 최적 조건을 확립하였다. 또한 순물을 막분리를 하였을 때 여과액은 COD, BOD, SS가 50~100배 감소되어 폐수처리되는 순물의 폐수처리비용(두부공장의 경우 전체 폐수처리 비용의 약 40%) 절약을 기대할 수 있다. 또한 분리된 UF, NF 농축액의 건조조건의 확립으로 건조분말 제조가 가능하여 이를 이용한 기능성 식품소재로 활용 할 수 있다. 회수된 유용물질은 콩가공 제품과 유사한 분말형태로 제조 될 수 있다.

2. 순물의 UF 및 NF 농축분말의 일반 성분, 기능성 성분 및 기능적 특성을 분석해 본 결과 순물에 비해 일반 성분 및 기능성 성분들의 함량이 크게 되쳐지지 않으므로 폐기되는 두부 순물에 함유된 isofalvone, oligosaccharide, saponin 및 phytate 등의 기능성 성분들을 회수하여 이들을 분리, 농축시켜 capsule 이나 tablet 형태의 건강 보조 식품으로도 사용이 가능할 것으로 기대된다.

또한 이들 분말의 용해도가 우수하고 전분의 호화에 큰 영향을 미치지 않으므로, 이를 이용한 기능성 식품 제조 시 음료나 제과, 제빵 및 제면 분야에 적용해 봄이 적절할 것으로 판단되었다.

3. 순물에 존재하는 미생물을 분석해 본 결과 *Leuconostoc citreum*이 주요 순물 부패세균인 것으로 나타났고, 순물에서 번식이 빠를 뿐만 아니라  $\beta$ -glucosidase 효소작용이 왕성하여 배당체 상태의 isoflavone을 분해할 수 있는 것으로 판단되었다. 이러한 순물에서의 미생물의 번식 억제 조건을 조사한 결과 50℃이상에서는 잘 번식하지 못함이 밝혀졌다. 따라서 순물을 막분리 하여 기능성 성분을 분리 이용하고자 할 때 순물의 저장은 냉장상태를 유지하여 번식을 방지하는 것보다 순물의 초기온도가 높으므로 이를 그대로 50℃이상 유지함이 경제적인 것이라 판단되었다.

4. 소비자들의 건강에 대한 관심의 증가로 생리활성을 지닌 물질이 첨가된 제품에 대한 수요가 증가하고 있는 추세에서 isoflavone과 oligo당 등 인체의 건강에 유익한 기능성 성분이 다량 함유되어 있는 두부 순물의 UF 및 NF 분리 농축분말을 이용한 제품 개발은 건강 지향적인 식품에 대한 소비자들의 수요를 충족시키기에 충분하다고 할 수 있다. 식생활 패턴의 변화에 따라 양식화 비율이 높아져 빵류 및 면류의 소비가 늘고 있는 점을 감안하여 제조한 UF와 NF 분말 첨가 국수와 머핀은 식사 및 간식 대용으로 이용될 수 있고 요구르트는 최근 젊은층을 중심으로 후식 문화가 중요시되면서 지속적으로 소비되고 있어 그 이용이 기대된다고 하겠다. 쌀 가공식품인 증편은 해면상의 조직과 탁주의 풍미를 가지고 있고 잘 쉬지않으며 다른 떡에 비하여 노화속도가 느리기 때문에 저장성이 우수한 우리의 전통식품이므로 UF와 NF 분리 농축분말을 첨가하여 기능성이 향상된 증편을 제조한다면 모든 연령층에서 소비가 가능하리라 기대된다.

5. 회수된 유용물질은 콩가공 제품과 유사한 분말형태로 제조될 것이며 capsule이나 tablet, 기존 가공 식품이나, 떡 또는 한과류, 빵 등への 첨가로 기능성이 강화된 제품생산이 가능 할 것이다. 생산될 기능성 물질은 국내사용은 물론 외국으로 수출도 기대되며 이의 활용은 가공 및 조리식품에 첨가함으로써 국민의 만성 질환 예방 효과를 기대할 수 있고, 기능성이 향상된 가공식품 생산으로 외국식품과의 경쟁력 향상을 기대할 수 있을 것이다.

## 제 6 장    참고문헌

- 1) 농수축산 신문 : 한국식품연감(2002)
- 2) 식품성분표 : 농촌진흥청 농촌 생활연구소(1996)
- 3) 2002 한국식품연감 : 농수축산신문(2002)
- 4) 박기환 : 미국 식품산업계의 용수처리 및 재활용, 식품과학과 산업, 27(1): 43(1994)
- 5) 이윤경 : 두부 제조시 발생하는 침지액과 순물의 이화학적 특성 및 기능성 물질의 함량 분석. 서울대학교. 가정학석사학위논문(1997)
- 6) 김동만, 백형희, 진재순, 이세은, 김길환 : 역삼투법을 이용한 두부순물의 가용성 물질 제거에 관한 연구, 한국식품과학회지, 24(3): 306-310(1992)
- 7) 이기우 : 환경법. 학현사(1993)
- 8) 서성희, 황인경 : 유용성 물질의 분리를 위한 두부순물의 한외여과, 한국조리과학회지, 13(4): 129-135(1997)
- 9) Kwon, H.J. : Bioactive compounds of soybean and their activity in angiogenesis regulation, Korea Soybean Digest., 16(1): 63-68(1999)
- 10) Kim, J.S. : Current research trends on bioactive function of soybean, Korea Soybean Digest., 13(2): 17-24(1996)
- 11) Agostino, M., Loredana, B. and Victoria, P. : In vitro hormonal effects on soybean isoflavone, J. Nutr., 125: 751(1995)
- 12) Lee, D.S. and Sang, Y.B. : Effects of dietary mixture of isoflavone on osteoporosis, Korea J. Biotechnol., Bioeng., 16(4): 420(2001)
- 13) Thonas, B., Clarkson, Mary, S. Anthony and Claude L. Hughes, Jr. : Estrogenic soybean isoflavones and chronic disease risks and benefits, Tem., 6(1): 11-16(1995)
- 14) 성효실 : 당뇨병에 유익한 성분을 다량 함유한 대두, 정식품소식지, 8(9): 24-26(2001)

- 15) Takano, T., Takata, H. and Tada, S. and Amino, N. : Genistein a tyrosine kinase inhibitor, blocks the cell cycle progression but not Ca<sup>2+</sup> influx induced by bayk 8644 in fg1-5 cell, *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, 190(3): 801(1993)
- 16) Sheng, J., Yuji, M., Kenji, M., Shinji, K., Tadashi, N., Katsuto, T., Masharu, K. and Seichiro, T. : Increased activity of intestinal Acyl-Co A ; Cholesterol acyltransferase in rats with streptozotocin-diabetic and restoration by insulin supplement, *Diabetes*, 37: 342(1988)
- 17) Im, S.D. : The relationship of bifidobacteria and oligosaccharides, *New food industry*, 37(3): 23-32(1995)
- 18) 성미경 : 대두의 항암효과에 관한 고찰, *한국콩연구회지*, 13(1): 19(1996)
- 19) Kim, Y.H., Kim, S.D., Hong, E.H. and Ahn, W.S. : Physiological function of isoflavone and their genetic and environmental variations in soybean, *Korean J. Crop Sci.*, 41: 25(1996)
- 20) Stephen, H. : Soya ; The health food of the next millenium, *Korea soybean digest.*, 14(1): 91(1997)
- 21) Bates, S., Jones, R.B. and Bailey, C.J. : Insulin-like effect of pinitol, *Brit. J. phamacol.*, 130: 1944(2000)
- 22) Fotsis, Y., Pepper, M., Adlercreutz, H., Fleischmann, G., Hase, T., Montesano, R. and Schweigerer, L. : Genistein, a dietary-driven inhibitor of in vitro angiogenesis. *Proc. Natl. Sci., USA*, 90: 2690(1993)
- 23) Banes, S., Grubbs, C., Setchell, K.D.R and Carlson, J. : Soybeans inhibit mammary tumors in models of breast cancer, *New-York, Wiley-Liss*, 239(1990)
- 24) 1st international symposium on the role of soy in preventing and treating chronic disease, *J. Nutr.*, 125: 567s(1995)
- 25) Kim, S.J. : The effect of oligosaccharides on health improvement. *Food Tech.*, 8(1): 141-145(1995)

- 26) Im, S.D. : The relationship of bifidobacteria and oligosaccharides, *New Food Industry*, 37(3): 23-32(1995)
- 27) Kim, M.H., Kim, H.Y. and Kim, W.K. : Effects of soya oligosaccharides on blood glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats, *J. Korean Nutr.*, 34(1): 3(2001)
- 28) 최연배, 김강성, 손현수 : 산화칼슘을 이용한 대두올리고당의 회수, *한국식품과학회지*, 27(2): 225(1995)
- 29) Kheterpaul, N. and Chauhan, B.M. : Effect of natural fermentation on phytate and polyphenolic content and in vitro digestibility of starch and protein of pearl millet (*Pennisetum typhoideum*). *J. Sci. Food Agric.*, 42:189-195(1991)
- 30) Erdman, J.W. : Bioavailability of trace minerals from cereals and legumes, *Cereal Chem.*, 58:21-26(1981)
- 31) Frolich, W. and Asp, N.G. : Minerals and phytate in the analysis of dietary fiber from cereal III, *Cereal Chem.*, 62: 238-242(1985)
- 32) 나영아, 양차범. : 대두발아중 일반성분, 무기성분 및 phytic acid의 함량 변화에 관한 연구, *한국생활과학연구*, 13: 165-180(1995)
- 33) Graf, E., and Eaton, J.W. : Antioxidant functions of phytic acid, *Free Radicals in Biology and Medicine*, 8: 61-69(1990)
- 34) Alabaster, O., Tang, Z., and Shivapurkar, N. : Dietary fiber and the chemopreventive modelation of colon carcinogenesis, *Mutation Research*, 350: 185-197(1996)
- 35) Tompson, L.U. : Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods, *Food Res. Intl.*, 26:131-149(1993)
- 36) Tompson, L.U., and Zhang, L. : Phytic acid and minerals : effect on early markers for mammary and colon carcinogenesis. *Carcinogenesis*, 12: 2041-2045(1991)
- 37) Vucenic, I., Yang, G.Y., and Shamsuddin, M. : Inositol hexaphosphate and



- inositol inhibit DMBA-induced rat mammary cancer, *Carcinogenesis*, 16:1055-1058(1995)
- 38) Zhou, R.J. and Erdman, J. : Phytic acid in health and disease, *Critical Reviews Food Sci. and Nutr.*, 35: 495-508(1995)
- 39) Ko, K.M. and Gold, D.V. : Ferric ion-induced lipid peroxidation in erythrocyte membranes ; effects of phytic acid and butylated hydroxy-toluene. *Molec. Cell Biochem.*, 95: 125-128(1990)
- 40) Sing, R.B., Gupta, V.C., : Mittal, N., Niaz, M.A., Ghosh, S. and Rastogi, V. : Epidemiological study of trace elements and Mg and risk of coronary artery disease in rural and urban populations, *J. Amer. Coll. Nutr.*, 116: 62-7(1997)
- 41) Trout, D.L., Behall, K.M. and Osilesi, O. : Prediction of glycemic index for starchy foods, *Am. J. Clinical Nutr.*, 58: 873-878(1993)
- 42) Okazaki, Y., Kayashima, T. and Katayama, T. : Effect of dietary phytic acid on hepatic activities of lipogenic and drug-metabolizing enzymes in rats fed 1,1,1-trichloro-2,2-bis(P-chlorophenyl) ethane (DDT), *Nutr. Res.*, 23: 1089-1096(2003)
- 43) Kim, Y.H. : Biological activities of soyasaponins and their genetic and environmental variations in soybean, *Korean J. Crop Sci.*, 48: 49-57, (2003)
- 44) Yoshiki, Y., Kudou, S. and Okubo, K. : Relationship between chemical structure and biological activities of triterpenoid saponin from soybean. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 62: 2291-2299(1998)
- 45) Kitagawa, I., Wang, K.H., Taniyama, T. and Yoshikawa, M. : Saponin and sapogenol. XLI. Reinvestigation of the structure of soyasapogenols A, B and E, oleanene-sapogenols from soybean. Structure of soyasaponins. I, II, III. *Chem. Pharm., Bull.*, 36: 153-161(1988)
- 46) Kodou, S., Tonomura, M., Tsukamoto, C., Shimoyamada, M., Uchida, T.

- and Okubo, K. : Isolation and structural elucidation of the major genuine soybean saponins, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 56:142-143(1992)
- 47) Kodou, S., Tonomura, M., Masahide, T., Tsukamoto, C., Sakabe, T., Tamura, N. and Okudo, K. : Isolation and structural elucidation of DDMP-conjugated soyasaponins as genuine saponins from soybean seeds, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 57: 546-550(1993)
- 48) Hu, J., Lee, S.O., Hendrich, S. and Murphy, P.A. : Quantification of the group B soyasaponins by high-performance liquid chromatography, *J. Agric. Food Chem.*, 50: 2587-2594(2002)
- 49) Okubo, K., Iijima, M., Kobayashi, Y., Yoshikoshi, M., Uchida, T. and Kudou, S. : Components responsible for the undesirable taste of soybean seeds. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 56: 99-103(1992)
- 50) Kennedy, A.R. : The evidence for soybean products as cancer preventive agents, *J. Nutr.*, 125: 733S,743S(1995)
- 51) Sohn, H. S., Lee, Y. S., Shin, H. C. and Chung, H. K. Recent research for physiological mechanism of soybean in preventing and treating chronic disease, *Korea Soybean Digest.*, 17: 37-60(2000)
- 52) Hendrich, S., Song, T.T., Lee, S.O. and Murphy, P.A. : Are saponins and/or other soybean components responsible for hypocholesterolemic effects of soybean foods, *J. Nutr.*, 130: 674S(2000)
- 53) Jeon, H.S. and Sung, M.K. : Soybean saponins inhibit the formation of DNA adducts in human colon and liver cells, *J. Nutr.*, 130: 687S(2000)
- 54) Koratkar, R. and Rao, A.V. : Effect of soya bean saponins on azoxymethane-induced preneoplastic lesions in the colon of mice, *Nutr. Cancer*, 27: 206-209(1997)
- 55) Ryu, B.H., Lee, H.S. and Kim, H.D. : Free radical scavenging and cytotoxicity activities of soybean germ saponin, *Korean J. Food & Nutr.*, 15:151-157(2002)

- 56) Turegeon, S.L. and Gauthier, S.F. : Whey peptide fractions obtained with a two-step ultrafiltration process, *J. Food Sci.*, 41: 778-786(1990)
- 57) Patocka, J. and Jelen, P. : Calcium chelation and other pretreatments for flux improvement in ultrafiltration of cottage cheese whey, *J. Food Sci.*, 52(50): 1241-1244(1987)
- 58) 목철균, 구경형, 박동준, 김남수, 손헌수 : 대두올리고당 생산을 위한 대두침출액의 한외여과, *한국식품과학회지*, 27(2): 181(1995)
- 59) 김동만, 백형희, 진재순, 이세은, 김길환 : 역삼투법으로 분리, 농축한 두부순물의 이화학적 특성, *한국식품과학회지*, 24(4): 311(1992)
- 60) David, J.P., Rchard, L.W. and Spatz, D.D. : Crossflow membrane technology and its applications, *Food Technol.*, 12: 77-87(1984)
- 61) Bruggen, B.V., Kim, J.H., DiGinao, F.A., Geens, J. and Carlo, V. : Influence of MF pertreatment on NF performance for aqueous solutions containing particles and an organic foulant, *Separation and Purification Technol.*, 36: 203-213(2004)
- 62) 주정희 : 막분리, 응용, 자유아카데미(1996)
- 63) Cimb, L. : Using nanofiltration in beverage production, *Beverage Industry*, 3(1991)
- 64) ANON : New concept for juice concentration using centrifugation and membrane filtration. *Food Eng.*, 55: 153(1983)
- 65) 김길환, 박현진, 김동만 : 역삼투막을 이용한 사과주스의 예비 농축, *한국식품과학회지*, 20: 419(1988)
- 66) Agebevavi, T., Rouleau, D. and Mayer, R. : Production and quality of cehdar cheese manufactured from whole milk concentrated by reverse osmosis, *J. Food Sci.*, 48: 642(1983)
- 67) Lee, Y.N., Wiely, R.C., Sheu, M.J. and Schlimme, D.V. : Purification and concentration of betalaines by ultrafiltration and reverse osmosis, *J. Food Sci.*, 47: 465(1982)

- 68) Baloh, A. : Reverse osmosis in the sugar industry, Sugar J., 38: 19(1976)
- 69) Andrew, R. Gere : Microfiltration operating costs, J. AWWA, pp. 40~49(1997)
- 70) Nakao, S.I., Yumoto, S., Watanabe, A. and Kimura, S. : Characteristics of the gel layer during the treatment of soybean cooking drain from Miso factory by ultrafiltration and reverse osmosis, Nippon Shokumhin Kogyo Gakkaishi, 30: 449(1983)
- 71) Monge, L.E., McCoy, B.J. and Merson, R.L. : Improved reverse osmosis permeation by heating, J. Food Sci., 38: 633(1973)
- 72) 이숙영, 박미정, 최애진 : 탈지대두박을 활용한 콩치즈와 스폰지 케이크 품질 특성, 중앙대학교 생활과학논집, 14: 105-126(2001)
- 73) 배송환, 이철 : 분리대두단백질의 첨가가 제면적성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, 30(6): 1301-1306(1998)
- 74) 신제호, 서종교, 이석기 심재현, 김상교, 백영진 : 분리대두단백의 첨가에 따른 영양음료 Base의 Rheology 특성 변화, 한국식품과학회지, 31(3): 638-643(1999)
- 75) 백인숙, 임숙자, 고영태 : 농축대두단백으로 제조된 유산균 음료의 저장성, 한국식품과학회지, 13(3): 191-198(1985)
- 76) Myers, R.H. and Montgomery, D.C. : Response surface methodology, pp. 208-350, John wiley & Sons Inc., NY, USA(1995)
- 77) Kuo, K.P. and Cheruan, M. : Ultrafiltration of acid whey in a spiral-wound unit : Effect of operating parameters on membrane fouling, J. Food Sci., 48: 1113-1118(1983)
- 78) 최규철, 김무식, 황재식, 류근우 : 수질오염 공정시험법주해, 동화기술교역(1998)
- 79) 홍주현, 윤광섭, 최용희 : 아가리쿠스버섯에서 분리한 조단백다당류의 막분리 및 분무건조 특성, Korean J. Food Preservation, 11(1): 47-52(2004)
- 80) Yang, C.S.T. and Atallah, W.A. : Effects of four drying methods on the

- quality of intermediate moisture lowbush blueberries, *J. Food Sci.*, 50: 1233(1985)
- 81) 조성빈 : 콩 부산물에서의 isoflavone 추출과 분리에 관한 연구, 세종대학교, 식품공학과 석사학위논문(2000)
- 82) 윤광섭, 최용희 : 건조방법을 달리한 건조키위의 품질변화 특성, *Food Eng. progress.*, 2(1): 49-54(1998)
- 83) A.O.A.C. : Official Methods of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia(1990)
- 84) Bertola, N.C., Califano, A. N., Bevilacqua A. E. and Zaritzky, N. E. Textural changes and proteolysis of low-moisture Mozzarella cheese frozen under various conditions, *Lebensm.-Wiss u.-Technol.* 29: 470-474, (1996)
- 85) Shibata, S., Tanaka, O., Ando, T., Sado, M., Tsushima, S. and Ohsawa, T. : Chemical studies on oriental plant drugs.(XIV) Protopanaxadiol, a genuine saponin of ginseng saponin, *Chem. Pharm. Bull.*, 14: 559-562 (1966)
- 86) Shiraiwa, M., Kudo, S., Shimoyamada, M., Harada, M. and Okubo, K. Composition and structure of "group A saponin" in soybean seed, *Agric. Biol. Chem.*, 55: 315-322(1991)
- 87) Latta, M. and Eskin, M. : The simple rapid colorimetric method for phytate determination, *J. Agric. Food Chem.*, 28: 1313-1316(1980)
- 88) Herbert, P., Santos, L and Alves, A. : Simultaneous quantification of primary, secondary amino acids and biogenic amines in musts and wines using OPA/3-MPA/FMOC-Cl fluorescent derivatives, *J. Food Sci.*, 66: 1319-1325(2001)
- 89) Lin, M., Jin, Y. and Humbere, E.S. : Certain functional properties of sun flower meal products, *J. Food Sci.*, 39: 368-371(1974)
- 90) Lawhon, J.T., Rooney, L.W., Cater, C.M. and Mattil, K.F. : Evaluation

- of a protein concentrate produced from glandless cottonseed flour by a wet-extraction process, *J. Food Sci.*, 37: 778-782(1972)
- 91) Fanzen, K.L. and Kinsella, J.E. : Functional properties of succinylated and acetylated soy protein, *J. Agric. Food Chem.*, 24: 788-795(1976)
- 92) Casella, M.L.A and Whitaker, J.R. : Enzymatically and chemically modified zein for improvement of functional properties, *J. Food Biochem.* 14: 453-475(1990)
- 93) Sathe, S.K. and Salunkhe, D.K. : Functional properties of lupin seed protein and protein concentrates, *J. Food Sci.* 47: 491-494(1981)
- 94) Laemmli, U.K. : Cleavage and structural proteins during assembly of the head of the bacteriophage T4, *Nature* 227: 680-685(1970)
- 95) 김동만, 김길환. : 역삼투법을 이용한 두부순물의 가용성 물질 제거 및 이용을 위한 연구. 한국콩연구회지, 10: 20-27(1993).
- 96) 김천희, 박점선, 손현수, 정재원. : 대두 가공품 1회분량 내 이소플라본, 사포닌, 식이섬유, 대두 올리고당 및 레시틴의 함량 - 상업용 대두 가공품 1회분량 당의 생리활성물질 함량 분석, 한국식품과학회지, 34: 96-102(2002)
- 97) Eldridge, A.C. and Kwolek, W.F. Soybean isoflavones : Effect of environment and variety on composition, *J. Agric. Food Chem.* 31:394-396(1983)
- 98) Kodou, S., Fleury, Y., Welti, D., Magnolate, D., Uchida, T. and Kitamura, K. : Malonyl isoflavone glycosides in soybean seeds (*Glycine max* Merrill), *Agric. Biol. Chem.*, 8:2227-2233(1991)
- 99) Wang, H. and Murphy, P.A. : Mass balance study of isoflavones during soybean processing, *J. Agric. Food Chem.* 44: 2377-2383(1996)
- 100) 김우정. 식품 폐기물 재활용에 의한 신상품 개발 연구. 첨단농림수산물기술개발과제 최종보고서(1998)
- 101) Park, S.I., Lee, H.K. and Kang,, K.H. : A study on the effect of oligosaccharides on growth of intestinal bacteria, *Korean J. Dairy Sci.*,

- 10: 159-169(1988)
- 102) Wada, K., Watabe, J., Mizutani, J., Tomoda, M., Suzuki, H. and Saitoh, Y. : Effects of soybean oligosaccharide containing beverages on human fecal flora and metabolites, *Nippon Nogeikagaku Kaishi.*, 66: 127-135(1992)
- 103) Omosaiye, O., Cheryan, M. and Matthews, M.E. : Removal of oligosaccharides from soybean water extracts by ultrafiltration, *J. Food Sci.*, 43: 354-360(1978)
- 104) Ku, K.H., Park, D.J. and Mok, C.K. : Soy-oligosaccharide production from yeast fermented bean cooking water : Effects of ultrafiltration and reverse osmosis, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29: 680-686(1997)
- 105) Okubo, K., Waldrop, A.B., Iacobucci, G.A. and Myers, D.V. : Preparation of low-phytate soybean protein isolate and concentrate by ultrafiltration. *Cereal Chem.*, 52: 263-271(1974)
- 106) Shallo, H.E., Rao, A., Ericson, A.P. and Thomas, R.L. : Preparation of soy protein concentrate by ultrafiltration, *J. Food Sci.* 66: 242-246(2001)
- 107) Arrese, E.L., Sorgener, J.R. and Anon, M.C. : Electrophoretic, solubility and functional properties of commercial soy protein isolates, *J. Agric. Food Sci.*, 39(3): 1029-1032(1991)
- 108) 한진숙. : 효소처리가 대두단백질의 기능특성과 두부의 품질에 미치는 영향. 서울대학교 석사 학위논문(1990)
- 109) Nissen, J.A., and Olsen, H.S. : Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolysates by TNBS, *J. Agric. Food Chem.*, 27: 1256-1262(1979)
- 110) Kim, Y.S., Hwang, J.K., Cho, W.K., Lee, S.Y. and Pyun, Y.R. : Studies on the functional properties of modified soy isolate, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 17(5): 383-388(1985)

- 111) Kakalis, L.T. and Regenstein, J.M. : Effect of pH and salts on the solubility of egg white protein, *J. Food Sci.*, 51(6): 1445-1450(1986)
- 112) Chou, D.H., and Morr, C.V. : Functionality of proteins, *JAOCS.*, 56: 53A(1979)
- 113) 오정아 : 두부순물에서 농축, 분리한 단백질의 특성, 서울대학교 대학원 석사 학위 논문(1998)
- 114) 김영옥, 이철호. : 루우핀콩 단백질 농축물(LPC)의 식품기능성, 한국식품 과학 회지. vol. 19, 6: 499-505(1987)
- 115) Nath, J.P. and Narasinga Rao, M.S. : Functional properties of guar proteins, *J. Food. Sci.*, 46: 1255-1259(1981)
- 116) Kinsella, J.E. : Functional properties of proteins : possible relationships between structure and function in foams, *Food Chem.*, 7: 273-288(1981)
- 117) Nakai, S. : Structure-function relationships of food proteins with an emphasis on the importance of protein hydrophobicity, *J. Agric. Food Chem.*, 31: 676-683(1983)
- 118) Kato, A. and Nakai, S. : Hydrophobicity determined by fluorescence probe method and its correlation with surface properties of proteins, *Biochim. Biophys. Acta.*, 624: 13-20(1980)
- 119) 변진원. : 단백질분해효소처리가 두유단백질의 특성과 두유의 칼슘강화에 미치는 영양, 서울대학교 박사학위논문(1993)
- 120) Fling, S.P. and Gregerson, D.S. : Peptide and protein molecular weight determination by electrophoresis using a high-molarity tris buffer system without urea, *Anal. Biochem.*, 155: 83-88(1986)
- 121) 이선미, 황인경. : 응고제를 달리하여 제조한 두부의 텍스처 특성과 두부순물의 성분, 한국식품과학회, 13: 78-85(1997)
- 122) Kanda, H. Xanthan gum. *Jpn. Kokai.* 10: 492(1977)
- 123) Yongsmith, B., and Apiraktivongse, P. : Vitamin B<sub>12</sub> production from soybean curd whey with *Propionibacterium freudenreichii*, *J. Ferment.*



- Technol.*, 61: 105(1983)
- 124) Wang, H.L. and Cavins, J.F. : Yield and amino acid composition of fractions obtained during tofu production, *Cereal chem.*, 66: 359(1989)
- 125) Aoki, H., Taneyama, O. and Inami, M. : Emulsifying properties of soy protein : Characteristic of 7S and 11S proteins, *J. Food Sci.*, 45: 1192(1981)
- 126) 김주숙. : 콩의 발아 및 초절임이 아이소플라본에 미치는 영향, 세종대학교 박사학위논문(2003)
- 127) 정구식, 김성곤. : 소금와 알칼리제가단백질 함량이 다른 라면 밀가루의 리올로지 성질이 미치는 영향, *한국식품과학회지*, 23: 192-199(1991)
- 128) 강선희, 이용욱, 오원택 : 포장두부에서 분리한 부패세균의 특성에 관한 연구, *한국식품위생안전성학회지*, 13(4): 383-387(1998)
- 129) 신동화, 김문숙, 배경숙, 고영희 : 두부 부패에 관여하는 주요 미생물 동정, *한국식품과학회지*, 24(1): 29-30(1992)
- 130) Chamber, J.V. : Culture and processing techniques important to the manufacture of good quality yogurt, *Cult Dairy Prod J.* 14: 28-34(1979)
- 131) Rasic, J.L, and Kurmann, J.A. : Yogurt. scientific grounds, technology, manufacture and preparations, Technical dairy publishing House, Copenhagen, Denmark, p90(1978)
- 132) Shin, Y.S., Lee, K.S., and Kim, D.H. : Studies on the preparation of yogurt from milk and sweet patato or pumpkin, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 25(6): 666-671(1993)
- 133) Lee, E.H., Nam, E.S., and Park, S.I. : Characteristics of curd yogurt from milk added with madsil(*Prunus mume*), *Korean J. Food Sci. Technol.*, 34(3): 419-424(2002)
- 134) Lee, S.T., Kim, M.B., Kim, D.K., Ryu, J.S, and Lee, H.J. : Production of curd yogurt from *Platycodon grandiflorum*(Jacq.) A.DC, *Korean J. Medicinal Crop Sci.*, 6(4): 265-270(1998)

- 135) Kim, J.I. and Park, S.I. : The effect of Mugwort extract on the characteristics of curd yogurt, J. Fd. Hyg safety, 14(4): 352-357(1999)
- 136) Lee, I.S., Paek, K.Y. : Preparation and quality characteristics of yogurt added with cultured ginseng, Korean J. Food Sci. Technol., 35(2): 235-241( 2003)
- 137) Jeong. E.J., and Bang, B.H. : The effect on the quality of yogurt added water extracted from sea tangle, Korean J. Food & Nutr., 16(1): 66-71(2003)
- 138) Bottazzi, V., Battistotti, B., and Montescani, G. : Influence of single and associated strains of *L. bulgaricus* and *Str. thermophilus* as well as milk treatments on the production of acetaldehyde in yogurt, Lait, 53: 295(1973)
- 139) Kwak, H.S. : Effect of volatile flavor compound on yogurt during refrigerated storage, Korean J. Food Sci. Technol., 27(6): 939-943(1995)
- 140) Rysstad, G., Knutsen, W.J. and Abrahamsen, R.K. : Effect of threonine and glycine on acetaldehyde formation in goats' milk yogurt, J Dary Res, 57: 40(1990)
- 141) Lee, E.H., Choi, O.J. and Shim, K.H. : Properties on the quality characteristics of muffin added with sugaring ume puree, Food Industry and Nutrition, 9(1): 58-65(2004)
- 142) Im, J.G., Kim, Y.S., and Ha, T.Y. : Effect of sorghum flour addition on the quality characteristics of muffin, Korean J. Food Sci. Technol., 30(5): 1158-1162(1998)
- 143) Johnson, F.C.S. : Characteristics of muffins containing various levels of waxy rice flour, Cereal Chem., 67: 114-119(1990)
- 144) Joo, S.Y., Choi, M.H. and Chung, H.J. : Studies on the quality characteristics of functional muffin prepared with different levels of grape seed extract, J. Korean Soc. Food Culture, 19(3): 267-272(2004)

- 145) Grigelmo-Miguel, N., Carreras-Boladeras, E. and Martin-Belloso, O. : Development of high-fruit-dietary-fiber muffins, *Eu.r Food Res. Technol.*, 210: 123-128(1999)
- 146) Lee, Y.T. and Jung, J.Y. : Quality characterisitcs of barely  $\beta$ -glucan enriched noodles, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 35(3): 405-409(2003)
- 147) Kim, Y.S. : Effects of poria cocos powder on wet noodle qualities, *Agricultural Chem. Biotechnol.*, 41(7): 539-544(1998)
- 148) Kim, S.K., Kim, H.B. and Bang, J.B. : Effect of alkaline reagent on the rheological properties of wheat flour and noodle property, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 17: 163-169(1985)
- 149) Hwang, J.H and Jang, M.S. : Effect of paprika(*Capsicum annum* L.) juice on the acceptability and quality of wet noodle, *Korean J. soc. Food Cookery Sci.*, 17(4): 373-379(2001)
- 150) Lee, H.A., Nam, E.S. and Park, S.I. : Quality characteristics of wet noodle with maesil(*Prunus mume*) juice, *Korean J. Food Culture*, 18(6): 527-535(2003)
- 151) Bae, S.H. and Rhee, C. : Effect of soybean protein isolate on the properties of noodle, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30(6): 1301-1306(1998)
- 152) Lee, E.A., and Woo, K.J. : Quality characteristics of Jeung-Pyun(Korean rice cake) according to the type and amount of the oligosaccharide added, *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 17(5): 431-440(2001)
- 153) Park, G.S., Park, C.S., Choi, MA., Kim, J.S. and Cho, H.J. : Quality characterisitcs of Jeung-Pyun added with concentrations of *Paecilomyces japonica* powder, *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 19(3): 354-362(2003)
- 154) Lee, B.H., and Ryu, H.S. : Processing condition for protein enriched Jeung-Pyun(Korean fermented rice cake), *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 21(5): 525-533(1992)
- 155) Choi, Y.H., Jeon, H.S. and Kang, M.Y. : Sensory and rheological

properties of Jeungpyun made with various additives, Korean J. Soc.  
Food Sci., 12(2): 200-206(1996)