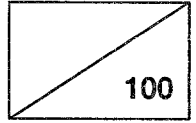


864-9-5
6-9-32

GI227-0863



최 종
연구보고서

19804636

미강을 활용한 건강 편의식품의 개발연구

Studies on the Utilization of Rice Bran as
foodstuff

연구기관
한국식품개발연구원

농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “미강을 활용한건강 편의식품의 개발 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997년 11월

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 이 현 유

참 여 연 구 원 : 이 상 호

” : 하 태 열

” : 금 준 석

” : 김 영 수

” : 조 일 진

” : 이 내 구

여 백

요 약 문

I. 제목

미강을 활용한 건강편의식품의 개발연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

미강에는 비타민 E, 식이섬유, 오리자놀, 불포화 지방산 등 다양한 유효성분들이 함유되어 있어 콜레스테롤 상승억제효과를 비롯한 여러가지 생리적 효과를 가지는 것으로 알려져 있다. 미국을 비롯한 서구에서는 오래전 부터 미강을 빵, 쿠키, 스넵 등의 baked product에 적용시켜 건강식품을 제조하고 있고 안정화된 미강 자체가 healthy food 소재로 판매되고 있다. 우리나라의 식생활에서 필수적으로 수반되는 미강은 최근 미곡종합처리장이 급속하게 보급됨에 따라 대량 생산되고 있으나 그 중 극히 일부가 미강유제조에 이용되고 있을 뿐 대부분이 사료로서 이용되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 미강중의 인체유효성분을 활용하여 건강편의식품을 개발함으로써 미강의 부가가치를 증진시키는 데 그 목적을 두었다. 1차년도에서는 여러 가지 인체에 유효한 성분들을 지닌 미강을 부분 가공하여 스넵제품을 개발하는데 중점을 두었고 2,3차년도에서는 미강으로 부터 식이섬유-단백질 추출물을 개발하여 제면, 제과, 제빵, 고추장에의 가공적성을 검토하였으며 이외에도 미강의 항산화 활성 및 흰쥐체내 지질함량에 미치는 영향을 검토하였다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 안정화 미강을 활용한 스넵제품 개발
 - 가. 가공미강의 제조 및 품질특성 조사
 - 미강 안정화 최적 조건 확립

- 안정화 미강의 일반성분 및 지방산 분석
- 생미강 및 안정화 미강의 저장기간별 lipase 활성 측정
- 나. 안정화 미강을 활용한 스낵제품의 개발
 - 스낵제조공정 확립
 - 제품의 다양화 시험
- 다. 미강을 활용한 스낵의 품질 특성
 - 미강스낵의 성분 및 품질특성 조사
 - 식이섬유, 단백질 함량 분석
 - 색도, 팽화율, 밀도, 경도, 미세구조 관찰
 - 관능검사

2. 미강식이섬유 소재 개발 및 이용기술 개발

가. 미강식이섬유의 최적 추출조건 확립

- Termamyl농도 및 미강원료 전처리 조건검토

나. 미강식이섬유의 물리화학적 특성 조사

- 미강식이섬유제품의 일반성분, 식이섬유함량, 무기질, 색도, 중금속
- 흡습성, 팽윤성, 미세구조
- 호화 특성, DSC에 의한 노화 특성
- 입자크기의 분포도

다. 미강식이섬유의 제빵, 제과, 제면 고추장에의 가공적성 검토

- 밀가루, 미강식이섬유 혼합물의 호화양상 검토
- 생면의 제조 및 품질특성 조사
- 식빵의 제조 및 품질특성 조사
- 고추장의 제조 및 품질특성 조사
 - pH, 수분활성도, 적정산도
 - 아미노태 질소, 환원당 함량, 식이섬유 함량분석
 - 관능검사

3. 미강의 항산화 활성 및 흰쥐 체내지질함량에 미치는 영향

가. 미강의 항산화 활성

- 미강의 물 및 메탄올 추출물의 항산화 효과 조사
- 미강 추출물의 표준용매 분획별 항산화 활성 조사

나. 미강발효산물의 항산화 활성

- 전자공여능
- Rat microsomal계에서의 과산화 지질생성억효과

다. 미강 추출물이 고지방식이를 섭취한 흰쥐체내 지질함량에 미치는 영향조사

- 체중 및 식이섭취량
- 혈액중 각종 지질함량 조사
- 간장중 각종 지질함량 조사

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

1. 안정화 미강을 활용한 스낵제품 개발

가. 가공미강의 제조 및 품질 특성 조사

○ 사용한 생미강의 일반성분을 분석한 결과 지방함량이 19.4%, 단백질 함량은 12-14%, 식이섬유는 23-27%였으며 지방산의 조성은 올레산(oleic acid)이 38%, 리놀레산(linoleic acid)이 35%로서 높은 함량을 나타내었다.

○ Single extruder를 이용하여 미강의 안정화 조건을 검토한 결과 수분함량 18%, 스크류 회전속도 15-220 rpm, 토출구 온도 100-110°C, 토출구 크기 3mm x 5 hole, 스크류 형태 팽화용 L/D 5.0이 가장 적합한 것으로 나타났다.

○ 분 압출성형으로 안정화 시킨 미강의 lipase activity는 생미강의 60%이하로 현저히 감소하였고 저장시험 결과 안정화된 미강은 50°C, 2주간 가속실험에서도 산

가의 변화가 거의 없었으며 이러한 결과는 황색도 및 산패취에 대한 기호도를 조사한 결과에서도 비슷한 경향을 나타내었다.

○ 생산성을 높이기 위하여 Twin extruder를 이용하여 합성중심법에 의한 미강의 안정화 조건을 검토한 결과 수분 18%, 온도 220℃, 300 rpm 에서 가장 낮은 lipase activity를 나타내었으며 저장 실험 결과, 50℃의 가속실험에서도 3주이상 안정하다는 것을 확인할 수 있었다.

나. 미강을 활용한 건강 편의식품의 개발

○ 안정화된 미강, 볶음미강 및 볶음콩등을 이용하여 스낵제조 공정을 검토, 확립하였고 미강스낵의 원료배합을 검토한 결과 전분급원으로서 밀가루를 적용한 경우는 팽화율등 제품의 상태가 아주 나빴으며 쌀을 주원료로하여 압출성형하였을 경우 제품의 형태가 양호하였다. 또한 스낵생지의 형태 및 원료배합, 조미코팅을 변화시킴으로서 스낵제품을 다양화하였다.

다. 미강을 활용한 스낵의 품질 특성

○ 안정화된 미강을 이용한 스낵제품을 제조하여 각종 성분을 분석한 결과 미강첨가량이 높을 수록 식물성 지방 및 단백질 함량이 크게 증가하였고 특히 식이섬유 함량이 현저히 증가하여 고식이섬유, 고미강단백질의 스낵으로 판단되었음. 품질특성을 비교한 결과 미강첨가량이 높을수록 L값은 감소하였고 팽화율이 낮은 반면 경도가 증가하였다.

○ 화상해석기를 이용하여 시료별 미강스낵의 단면을 관찰한 결과 미강첨가량이 증가할 수록 기공의 크기 및 기공수가 감소하였고 콩을 첨가한 경우는 미강만을 첨가한 것에 비하여 기공이 균일하지 않고 기공의 크기 및 수도 작은 것으로 나타났다.

○ 관능검사결과, 안정화 미강만을 첨가한 스낵에서는 미강첨가량이 20%에서도 미강취가 강하고 기호도가 현저히 감소하였으나 볶은미강을 첨가한 경우는 20%첨가 시에도 외관, 풍미, 맛, 종합적 기호도 전반에 걸쳐 '좋다(9점 scale중 6.05)'는 것으로 나타났다.

2. 미강식이섬유 소재 개발 및 이용기술 개발

가. 미강식이섬유의 추출 조건 확립 및 물리이화학적 특성조사

○ Termamyl 농도 및 미강원료 전처리 조건을 달리한 식이섬유추출물의 수율, 색도, 일반성분, 식이섬유함량등을 검토하여 미강으로 부터의 식이섬유 추출조건을 확립하였다.

○ 미강 식이섬유가 밀가루 및 쌀전분의 호화특성에 미치는 영향을 검토한 결과 미강식이섬유를 첨가함에 따라 호화개시온도를 증가시켰고 DSC를 이용하여 미강식이섬유가 밀가루의 노화 특성에 미치는 영향을 조사한 결과 미강식이섬유를 첨가함으로써 호화된 밀가루의 노화가 지연되었다.

○ 미강식이섬유의 입자크기 분포도를 보면 No.80메쉬 (177 um)이상이 86% 이상으로 그 대부분을 차지하였고 특히 No.140메쉬 (106 um)이상이 36%를 차지함으로써 비교적 고운 분말상태였다.

나. 미강식이섬유의 제면적성 검토

○ 밀가루에 여러농도의 미강식이섬유를 첨가하여 생국수의 품질특성에 미치는 영향을 조사한 결과 L값은 미강식이섬유를 첨가함에 따라 감소하였고 a값, b값은 식이섬유 첨가량이 높을 수록 서서히 증가하였다. .

○ 국수의 조리특성에 미치는 영향을 조사한 결과 생면의 최적조리시간은 미강첨가량에 따라 감소하였고 조리후의 중량 및 부피는 미강식이섬유의 첨가에 따른 영향이 없었으며 조리중 고형분 손실량은 첨가농도가 증가함에 따라 약간 증가하였다.

○ 국수의 텍스처 변화를 보면 견고성과 부착성은 미강식이섬유 첨가량이 증가함에 따라 점차 증가하였으나 응집성은 첨가량이 증가함에 따라 점차 감소하는 경향

을 나타내었다. 한편, 검성과 씹힘감은 미강식이섬유 첨가량의 증가에 따라 점차 증가하였다.

○ 국수의 관능검사 결과 외관, 맛, 전반적 기호도에서 미강첨가 6%까지는 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다.

다. 제빵 가공적성 시험

○ 식빵의 색도변화를 보면 미강식이섬유 첨가에 따라 L값이 감소하였고 a와 b값은 점차 증가하였다. 식빵의 견고성, 응집성, 검성 및 씹힘성은 미강식이섬유의 증가에 따라 증가하였으나 부착성은 반대로 감소하였다.

○ 식빵의 기호도에 대한 관능검사 결과 외관, 향, 맛, 텍스처, 전반적인 기호도에서 모두 유의적인 차이를 보이지 않았다.

라. 고추장예의 가공적성 시험

○ 고식이섬유 고추장 제조를 위한 숙성과정중 품질특성을 조사한 결과 숙성기간이 증가함에 따라 pH, 수분활성도는 감소하였으나 적정산도, 아미노태질소, 환원당 함량은 증가하였다.

○ 미강식이 섬유의 첨가량을 10, 20, 30%로 달리하여 각각 고추장 제조 현장에서 적용시험을 실시하여 고추장 제조용 발효물 및 고추장의 품질변화를 조사하였다. 발효물의 수분활성도에는 미강식이섬유의 첨가에 의한 영향이 없었으나 색에 있어서 L값과 b값은 식이섬유 첨가량이 증가할수록 현저하게 감소하였고 a값은 반대로 증가하였다. 또한 적정산도, pH, 아미노태 질소는 식이섬유함량이 증가할수록 증가하였으나 염도, 환원당 및 수분함량은 오히려 감소하였다. 고추장에 있어서는 색도에서는 미강 식이섬유 첨가에 의한 영향이 거의 없었으나 염도, 환원당은 감소한 반면 아미노태 질소, pH, 적정산도는 증가하여 발효물과 거의 비슷한 경향을 나타내었다.

○ 미강식이섬유를 10, 20, 30% 첨가하여 제조한 고추장의 관능검사를 실시한 결과 외관, 향에 있어서는 미강식이섬유첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보

였으나 맛과 조직감, 전반적인 기호도는 10% 첨가시 오히려 대조구보다 높게 나타났다. 전반적인 기호도를 보면 20% 첨가시까지는 대조구와 유의차가 없었고 10% 첨가시는 유의차는 없었으나 대조구보다 오히려 기호도가 높은 것으로 나타났다.

3. 미강의 항산화 활성 및 흰쥐체내 지질함량에 미치는 영향

가. 미강의 항산화 활성

○ 미강을 물 및 80% 메탄올로 추출하여 전자공여효과, microsome계에 있어서 지질과산화 억제활성을 측정하여 항산화 활성을 검토한 결과 미강의 메탄올 추출물에서는 전자공여효과가 77%, 과산화 지질억제효과는 98%의 활성을 나타내어 미강의 메탄올 추출물에는 강한 항산화 활성이 있다고 판단되었다.

○ 미강의 항산화 활성성분의 특성을 파악하기 위하여 물 및 메탄올 추출물을 표준용매분획하여 검토한 결과 butanol획분에서 전자공여효과가 90%이상 높게 나타났고 나머지 획분에서는 거의 활성이 없었다. 지질과산화 억제 활성에 있어서는 ethyl acetate획분에서만 90% 이상의 강한 활성을 나타내었다. 볶음처리에 따른 미강의 항산화 활성 변화를 검토한 결과 볶음시간 20분까지는 볶음 시간이 길수록 전자공여효과 및 지질과산화 억제효과가 증가하였으나 그 이상의 볶음시간에서는 변화가 없거나 오히려 감소하였다.

나. 미강발효산물의 항산화 활성

○ 미강을 *Aspergillus Oryzae*.로 제국발효 시킨 후 에탄올 및 메탄올로 추출하여 항산화 활성을 측정한 결과 과산화 지질생성억제효과, DPPH의 환원력 모두 85-95% 정도의 강한 활성을 나타내었다. 또한 발효기간이 길수록 그 활성은 증가하였다.

다. 생체내 효능조사

○ 미강성분이 생체내 지질대사에 미치는 영향을 검토하기 위하여 고지방식이를 공급한 고지혈증 모델쥐에 있어서 미강의 각 추출물을 동시에 공급하여 검토한 결과 미강식이섬유 추출첨가군에서는 대조군에 비하여 체중증가량이 현저히 감소하여 고지방식이에 의한 비만억제 효과가 나타났으며 또한 미강식이섬유 추출물에 의하여 혈액 및 조직중의 콜레스테롤 및 중성지방량이 현저히 감소하였다.

2. 연구성과 활용계획

○ 기능적, 생리적 효능이 입증된 본 미강식이섬유는 실제 제과, 제면, 제빵, 고추장제조등의 고식이섬유소재로서 우수하며 확대보급이 필요하다.

○ 미강식이섬유의 대량생산공정확립으로 산업화 생산을 유도하고 고식이섬유소재로서 산업화를 적극 유도할 예정이다.

SUMMARY

I. Subject

Studies on the Utilization of Rice Bran as Foodstuff

II. Objective and Significance

Rice bran is rich in protein, lipids, dietary fiber, vitamins, and manerals. The quantity of bran avialable from rice milling operation throughout the world is about 30 million MT/year and is about 400 thousand MT/year in Korea. The utilization of rice bran as food is limited by its instability and high fiber content. In order to solve these problems,alternative processes and products have been developed rice bran stabilization and rice bran fraction processes. In recent year, rice bran-regular and defatted- is used in making bread, muffins, pancakes, cookies, cakes, pies, extruded snacks or breakfast cereals, coatings and crusts for finger foods of confections, spice carriers, deep-fried preparations, puddings, and milklike products in USA. Also in Japan, Koji malt obtained from defatted bran is suitable for the manufacture of miso and shoyu. But in Korea there is little use rice bran as food, so the objectives of this study are to expand the utility of rice bran as food and to develope the new functional rice bran snack.

III. Scope and Contents of Research

1. Establishment of the optimum condition for stablizing rice bran, the quality characteristics of the stabilized rice bran and development of functional snack product by using stabilized rice bran.
2. Examination of physicochemical characteristics of rice bran dietary fiber,

development of high-fiber products by using rice bran dietary fiber and the quality characteristics of high-fiber noodle, bread and Kochuzang.

3. Effects of rice bran extracts on antioxidative activity *in vitro* and on lipid metabolism *in vivo*

IV. Conclusion and Recommendation

1. Preparation and quality characteristics of processed rice bran

Data of proximate composition on rice bran and defatted rice bran showed that lipid content was 19.4% for rice bran, 4.4% for defatted rice bran, and protein content was 12-14%, dietary fiber was 23-27%. Composition of fatty acid showed that unsaturated fatty acid was over 70%.

The optimum condition of stabilizing rice bran by using single extruder were as follows; water content: 18%, screw speed: 215-220 rpm, die temperature: 100-110 °C, die diameter: 3mm X 5 hole, screw form: L/D 5.0. Lipase activity was drastically drop into 60% after subjected to single screw extrusion. Acid value in raw rice bran was increased during storage at 25°C while stabilized rice bran has no change during storage at 50°C. The optimum condition of stabilizing rice bran by using twin screw extruder were also established

2. Quality characteristics of rice bran snack

Unsaturated lipid and protein were increased as total amount of added rice bran increased and dietary fiber was markedly increased. L value was increased as rice bran increased while a value decreased. Expansion ratio and the number of peak were decreased as rice bran increased while density and hardness increased. Data of image analyzer showed that size and number of air cell were

decreased as rice bran increased. Air cell was not a uniform shape and size and number of air cell were smaller in just added rice bran product than rice bran and roasted soybean combination product. Sensory evaluation data showed that 20% added raw rice bran product has strong off-flavor of rice bran and overall acceptance of product was markedly decreased while 20% added roasted rice bran product has good results in appearance, flavor, taste and overall acceptance.

3. Physicochemical characteristics of rice bran dietary fiber

Dietary fiber from rice bran was extracted under optimum condition of yield, color, dietary fiber content, microstructure and functional properties of rice bran dietary fiber. Rice bran dietary fiber contained 27.3–30.5% protein, 49.7–54.1% insoluble dietary fiber, and 1.9–2.7% soluble dietary fiber. The phosphorus content was the highest mineral element in the rice bran dietary fibers, more than 99% of rice bran dietary fiber contained smaller particle size than 250 μm .

The addition of rice bran dietary fiber into wheat flour caused to increase the pasting temperature, peak viscosity and final viscosity of RVA. For gelatinization measured with DSC, wheat flour-rice bran dietary fiber blends had slightly higher T_0 and T_p values than those of wheat flour, and defatted rice dietary fiber blend had the lowest enthalpy value. In comparison with gelatinization, the retrogradation thermogram stored at 4°C up to 4 weeks occurred at about 20°C lower temperatures with broader shape and became well-defined with storage time. The retrogradation of wheat flour was retarded greatly by addition of rice bran dietary fibers, and there was no significant difference between 5% and 10% additions.

4. Effect of rice bran dietary fiber on the quality characteristics of high-fiber

noodles, bread and Kochuzang

It was investigated the effects of rice bran dietary fiber on the quality characteristics of high-fiber noodles, bread and Kochuzang.

In noodles, the lightness values decreased with the increase of rice bran dietary fiber concentration in raw noodles as well as cooked noodles. The addition of rice bran dietary fiber was not effective on the cooked weight and volume of cooked noodles. However, the cooking loss of cooked noodles was the highest in control, and increased with the increase of rice bran dietary fiber concentration. Most of texture parameters (hardness, adhesiveness, gumminess and chewiness) of cooked noodles increased, but the cohesiveness decreased with the increase of rice bran dietary fiber concentration. There were no significant differences in appearance, taste and acceptability of cooked noodles between control and noodles containing 3% and 6% rice bran dietary fiber.

In bread, rice bran dietary fiber had a little effect on the bread making, resulting in increase of bread weight and color of crumb and crust, and decrease of bread volume and texture. As a result of sensory evaluation, appearance, texture, overall acceptability of bread differed significantly from control, but flavor and taste did not differ significantly up to 6% level.

In Kochuzang, pH and water activity of fermented products by *Asp. Oryzae* were increased during fermentation, but titrable acidity, amino nitrogen and reducing sugar were increased markedly. The addition of rice bran dietary fiber was not effective on the color of Kochuzang. However, amino nitrogen, pH, titrable acidity of Kochuzang were increased with the contents of rice bran dietary fiber added. There were no significant differences in appearance, taste and acceptability between control and Kochuzang containing 10% and 20% rice bran dietary fiber.

5. The effect of rice bran extract on antioxidant activity and lipid metabolism in rat

The antioxidant activities of water and methanol(80%) extract of rice bran were examined by measurement of electron donating ability(EDA), SOD-like activity and inhibitory effect of lipid peroxidation(ILP). Methanol extract of rice bran showed strong EDA and ILP while water extract exhibited potent SOD-like activity. As a result of further fractionation into chloroform, ethyl acetate, butanol and water fractions, ethyl acetate fraction showed the highest activity among them. To elucidate the effect of each rice bran extract on lipid metabolism *in vivo*, rats were given high-fat diet containing water extract or methanol extract or dietary fiber extract for 4 weeks. Dietary fiber extract decreased serum and liver lipid contents significantly.

여 백

CONTENT

Chapter I. Introduction	25
1. Scope and objectives of research	25
2. Review of the previous research	25
Chapter II. Development of rice bran snack	29
1. Introduction	29
2. Materials and methods	29
a. Stabilization of rice bran	31
1) Analysis of dietary fiber	31
2) Analysis of fatty acid	32
3) Measurement of lipase activity	32
4) Acid value	33
b. Process of rice bran snack	33
c. Quality properties of rice bran snack	35
1) Proximate analysis	35
2) Expansion ratio	35
3) Density	35
4) Measurement of surface color	35
5) Texture properties	35
3. Results and discussion	37
a. Process of stabilized rice bran	37
1) Proximate analysis of rice bran	37

2) Manufacture of stabilized rice bran by the single screw extruder	40
3) Manufacture of stabilized rice bran by the twin screw extruder	48
b. Process of rice bran snack and its quality properties	59
1) Processing of rice bran snack	59
2) Mixing condition	60
3) Seasoning of rice bran snack	71
4) Srsory evaluation of rice bran snack	71
 Chapter III. Extraction of dietary fiber from rice bran and its application	76
1. Introduction	76
2. Materials and methods	78
a. Extraction of rice bran dietary fiber and physicochemical properties	78
1) Treatment of rice bran	78
2) Preparation of rice bran dietary fiber	78
3) Measurement of dietary fiber	79
4) Chemical properties of rice bran dietary fiber	79
5) Color and water holding capacity	79
6) Pasting properties by RVA	79
7) DSC endothermic properties	80
8) Farinograph properties	80
b. Process of highfiber products	81
1) Particle size distribution	81

2) Rheological properties	81
3) Process of rice bran dietary fiber added noodles	81
4) Process of rice bran dietary fiber added bread	83
5) Process of rice bran dietary fiber added Kochuzang	84
3. Results and discussion	89
a. Physicochemical properties of rice bran dietary fiber	89
b. Effect of rice bran dietary fiber on the pasting properties	92
c. Effect of rice bran dietary fiber on DSC endothermic properties	95
d. Effect of rice bran dietary fiber on retrogradation of wheat flour	99
e. Farinograph properties	101
f. Particle size distribution and rheological properties	102
g. Quality properties of rice bran dietary fiber added noodles	105
h. Quality properties of rice bran dietary fiber added bread	109
I. Quality properties of rice bran dietary fiber added Kochuzang	113
Chapter IV. Antioxidative activity of rice bran and the effect of rice bran extract on lipid metabolism in rat	119
1. Introduction	119
2. Materials and methods	119
a. Antioxidative activity of rice bran extracts	119
b. Antioxidative activity of fermented rice bran extracts	124
c. Effect of rice bran extracts on lipid metabolism in rat	124

1) Materials and reagents	124
2) Isolation of dietary fiber and protein	125
3) Preparation of rice bran extracts	125
4) Experimental design	125
5) Sampling	127
6) Analysis of lipid contents and lipid peroxide value	127
7) Statistical analysis	127
3. Results and discussion	128
a. Antioxidative activity of rice bran extracts	128
1) Electron donating ability	128
2) SODlike activity	131
3) Inhibitory effect of lipid peroxide	132
4) Antioxidative activity of roasted rice bran extracts	136
b. Antioxidative activity of fermented rice bran extracts	138
c. Effect of rice bran extracts on lipid metabolism in rat	140
References	148

목 차

제 1 장 서 론	25
제1절 연구개발의 목적과 범위	25
제2절 국내외 연구동향	25
제 2 장 안정화 미강을 활용한 스낵제품의 개발	29
제1절 서 설	29
제2절 실험재료 및 방법	29
1. 실험재료	29
2. 실험방법	31
가. 미강안정화를 위한 최적공정조건 설정 시험	31
1) 식이섬유 분석	31
2) 지방산 분석	32
3) Lipase 활성 측정	32
4) 산가	33
나. 미강을 이용한 스낵제품 제조	33
다. 미강스낵의 품질특성	35
1) 일반성분	35
2) 팽화율	35
3) 밀도	35
4) 색도 측정	35
5) 조직감	35
제3절 결과 및 고찰	37

1. 안정화 미강의 제조 및 품질 특성	37
가. 미강의 성분분석	37
나. 단축스크류 압출성형기에 의한 안정화 미강의 제조	40
다. 쌍축스크류 압출성형기에 의한 안정화 미강의 제조	48
2. 미강스넥의 제조 및 품질 특성	59
가. 미강스넥의 제조공정확립	59
나. 미강스넥 콜렛의 제조 및 품질특성	60
다. 미강스넥의 조미시험	71
라. 미강스넥의 기호도 조사	71
제 3 장 미강식이섬유 소재개발 및 이용기술개발	76
제1절 서 설	76
제2절 실험재료 및 방법	78
1. 미강식이섬유의 추출 및 물리이화학적 특성	78
가. 미강의 전처리	78
나. 미강식이섬유의 조제	78
다. 미강식이섬유 분석	79
라. 미강식이섬유의 이화학적 특성 분석	79
마. 색도 및 보수력	79
바. RVA를 이용한 호화도 측정	79
사. DSC를 이용한 호화 및 노화 측정	80
아. 미강식이섬유를 첨가한 밀가루의 페리노 그래프	80
2. 미강식이섬유의 가공적성 검토	81
가. 미강식이섬유의 입자크기 분포도	81
나. 미강식이섬유 첨가에 따른 밀가루의 리올로지	81

다. 국수적용시험	81
라. 식빵에의 적용시험	83
마. 고추장에의 적용시험	84
제3절 결과 및 고찰	89
1. 전처리 미강식이섬유의 추출물의 물리이화학적 특성	89
2. RVA로 측정한 미강식이섬유의 호화에 대한 영향	92
3. DSC로 측정한 미강식이섬유의 호화 및 노화에 미치는 영향	95
4. 미강식이섬유가 밀가루의 노화에 미치는 영향	99
5. Farinograph 특성	101
6. 미강식이섬유의 입자크기 분포도 및 리올로지 특성	102
7. 미강식이섬유 첨가 국수의 품질특성	105
8. 미강식이섬유 첨가 식빵의 품질특성	109
9. 미강식이섬유 첨가 고추장의 품질특성	113
제 4 장 미강의 항산화 활성 및 환취체내 지질함량에 미치는 영향	119
제1절 서 설	119
제2절 실험재료 및 방법	119
1. 미강추출물의 항산화 활성	119
2. 미강발효산물의 항산화 활성	124
3. 생체내 지질대사에 미치는 영향	124
가. 실험재료 및 시약	124
나. 식이섬유 및 단백질 분리	125
다. 미강 추출물 제조	125
라. 실험식이 및 사육조건	125
마. 시료 채취	127

바. 각종 지질함량 및 과산화물가 분석	127
사. 통계처리	127
제3절 결과 및 고찰	128
1. 미강추출물의 항산화 활성	128
가. 전자공여효과	128
나. SOD 유사 활성	131
다. Rat microsome계에서 과산화지질 생성 억제효과	132
라. 볶음미강의 항산화 활성	136
2. 미강발효산물의 항산화 활성	138
3. 생체내 지질대사에 미치는 영향	140
참고문헌	148

제1장 서론

제1절 연구개발의 목적과 범위

미강에는 비타민 E, 식이섬유, 오리자놀, 불포화 지방산 등 다양한 유효성분들이 함유되어 있어 콜레스테롤 상승억제효과를 비롯한 여러가지 생리적 효과를 가지는 것으로 알려져 미국에서는 오래전 부터 미강을 빵, 쿠키, 스넥 등의 baked product에 적용시켜 건강식품을 제조하고 있으나 국내에서는 극히 일부가 미강유제조에 이용되고 있을 뿐 대부분이 사료로서 이용되고 있는 실정이다. 최근 국내에 미곡종합처리장이 급속하게 보급됨에 따라 미강 등 대량으로 생산되는 신선한 미곡부산물의 부가가치를 증진시키기 위하여 본 연구에서는 여러가지 인체에 유효한 성분들을 지닌 미강을 부분 가공하여 스넥제품을 개발하고 미강으로부터 식이섬유를 추출, 가오적성을 검토함과 동시에 미강 및 미강발효산물의 기능특성을 검토하였다.

제2절 국내외 연구동향

도정과정중 부수적으로 나오는 미강은 연간 약 40만톤으로 추정되고 있으며 그중 20-30% 정도가 미강유 제조에 쓰이고 나머지는 사료로 쓰이거나 농산폐기물로 처리되고 있는 실정이다. 그러나 미강에는 여러가지 인체에 유효한 성분들이 다량 함유되어 있으며 미국을 비롯한 선진 외국에서는 이러한 미강을 식품소재로 이용하려는 연구가 최근 활발해 지고 있으며 미강의 생리적 기능에 대한 연구도 활발하다. 지금까지의 국내외 연구결과를 보면 다음과 같다.

1. 미강의 생리기능 특성

미강에는 단백질이 12-16%, 식이섬유가 20-25%이며 지방이 16-22% 함유되어 있고 구성지방산의 70% 이상이 올레인산, 리놀레산, 리놀렌산의 불포화 지방산으로 되어 있다. 이외에도 표1-1 과 같이 비타민과 미네랄이 풍부하게 함유되어있는 것으로 보고되어 있다.

표 1-1 미강의 비타민과 무기질의 함량

Vitamins (ppm)		Minerals (ppm)	
Vitamin A	4	Aluminum	53- 369
Thiamin	10-28	Calcium	140-1310
Riboflavin	2-3	Iron	190-530
Niacin	236-590	Magnesium	8650-12300
Pyridoxine	10-32	Manganese	110-877
Pantothenic acid	28-71	Phosphorus	14800-28700
Choline	1300-1700	Potassium	13650-23900
Vitamin E	150	Zinc	80

Kahlon 등은¹⁻⁴⁾ 고콜레스테롤 혈증 햄스터에게 미강을 주어 3주간 사육한 결과 혈중 및 간장에서 콜레스테롤의 저하 효과가 현저하였다고 보고하고 있다. 또한 미강을 고콜레스테롤 식이에 첨가하여 흰쥐를 사육한 결과 혈중 콜레스테롤은 현저히 감소하였으나 간장 콜레스테롤 함량에는 영향이 없었다는 보고도 있다. Raghuram 등은

5) 고콜레스테롤, 고중성지방 혈증을 나타내는 사람에게 미강유를 1개월간 섭취시켰을 때 혈중 콜레스테롤 및 중성지방농도가 현저히 감소하였다고 한다. 이와 같이 미강의 콜레스테롤 저하효과에 대해서는 흰쥐, 햄스터를 대상으로 한 동물실험과 사람을 대상으로 한 임상실험으로 다양하게 연구되고 있으나 대부분이 미강 그 자체를 투여하거나 또는 미강유를 투여한 연구결과이다. 이러한 미강의 콜레스테롤 저하효과를 나타내는 성분으로서는 tocotrienols, oryzanols, β -sitosterol, hemicellulose, β -glucan 등이 추측되어 지고 있으나 양적인 문제와 더불어 그 작용 기전에 대해서도 명확하지 않다.

한편 미강에서 분리한 가용성 단백질의 가수분해물(peptide)은 혈압상승 관련 효소인 angiotensin converting enzyme의 활성을 저해하여 혈압상승을 억제하는 것으로 알려져 있으며 류등은 미강에서 분리한 단백질을 가수분해시켜 고혈압쥐에게 투여한 결과 혈압이 현저하게 저하하였다고 보고하고 있다.

이외에도 미강에는 돌연변이를 억제하는 효과가 있다고 보고되어 있으며 최근 일본에서 미강에서 항암효과가 있는 성분을 분리하였다.

또한 쌀에서 분리한 쌀단백질은 흰쥐의 체내 지질함량을 감소시킬 뿐만 아니라 DMBA로 유발시킨 유방암의 발병을 억제시키는 효과가 있다고 보고되어 있다.

2. 미강의 식품소재로서의 이용현황

o 미국 등에서는 가공된 미강을 package하여 밀가루와 같이 건강식품재료로서 판매하고 있으며 이러한 가공미강의 이용도에 관해서도 일부 연구가 이루어 지고 있다. 미강을 활용한 신제품 개발도 증가추세에 있으며 1989년에는 미강을 활용한 신상품이 24품목이었던 것이 1995년에는 45품목으로 증가하였다.

1) 즉석 cereal로서 이용

미국에서 안정화된 미강의 대부분은 corn-flake 같은 즉석 cereal의 재료로 이용되고 있고 약 40%정도 까지 첨가된 제품이 개발되어 판매되고 있으나 다른 제품에 적용하기에는 조직감, flavor개선의 문제점이 남아있다.

2) 제빵, 제과의 재료로서 이용

Rice bran은 그 영양적, 기능적 특성으로 보아 고식이섬유 빵, 머핀, 쿠키, 크래커, 팬케익, 와플등의 재료로 이용하기에 적합한 것으로 알려져 있다. 특히, 고식이섬유원으로서의 이용도가 높고 현재 상업적으로 많이 이용되고 있는 oat bran과 비교한 결과 색깔, 향미, 맛, 조직감등에서 oat bran보다 더 우수하였다는 보고도 있다. 또한 Sharp Kitchen은 제빵시 안정화미강을 15-30% 정도는 밀가루 대신 사용이 가능하나 15% 정도 첨가시에 있어서는 관능검사 결과 대조구(100% 밀가루 사용)와 거의 차가 없어 15%가 이상적이라고 보고하였다.

3) Pasta제품, 건강스낵 및 디저트의 원료로서의 이용

작은 입자로 분쇄한 안정화 미강은 pasta 제품에 식이섬유 함량을 높이고 flavor를 향상시킬 수 있는 식품첨가제로서도 적합하다. 또한 그 이외에도 고식이섬유 건강스낵, 푸딩, 음료등에도 현재 그 이용가능성에 대해 연구중에 있다. 한편, 우리나라에서는 최근 당연구팀에서 미강의 유효성분에 관한 연구를 수행중에 있으나, 아직 이들의 유효성분을 식품에 이용하는 예는 전혀 없는 실정이다. 따라서 여러가지 유효성분들을 함유하고 있는 미강의 생리적 기능특성 검정과 함께 미강의 부분가공 및 식이섬유를 비롯한 유효성분을 추출해서 간편하게 먹을 수 있는 건강편의 식품으로서의 개발이 필요하다.

제2장 안정화 미강을 활용한 스낵 제품의 개발

제1절 서 설

미강은 앞서서도 언급한 바와 같이 인체에 유효한 다양한 성분들을 함유하고 있으며 이들의 인체에 미치는 영향에 대해서도 미국, 일본등에서 다양하게 연구되어 왔다. 쌀과 밀을 포함한 대부분의 곡류 bran층에는 이와 같이 유효성분들의 보고인 반면 특히, 미강에는 불포화 지방산이 높은 지방함량이 20% 정도 존재하므로 lipase 에 의한 산패가 큰 문제로 대두되고 있다. 따라서 신선한 미강의 저장이 어려운 점 등으로 인하여 식품으로 소비되기 보다는 사료로 사용되어 왔으며 미강의 산패에 대한 안정화 연구가 활발히 이루어 지고 있다.

이에 본 연구에서는 미강의 효율적인 안정화 방법을 검토하고 미강의 유효성분을 살린 스낵제품 개발을 검토하였다.

제2절 실험재료 및 방법

1. 실험재료

가. 미 강

실험에 사용한 미강은 연무농협의 미곡종합처리장에서 도정직후 생산된 신선한 미강을 수거하여 사용하였다.

나. 탈지미강

실험에 사용한 탈지미강은 (주) 신양현미유에서 미강유 제조후 정선한 탈지강을 구입하여 사용하였다.

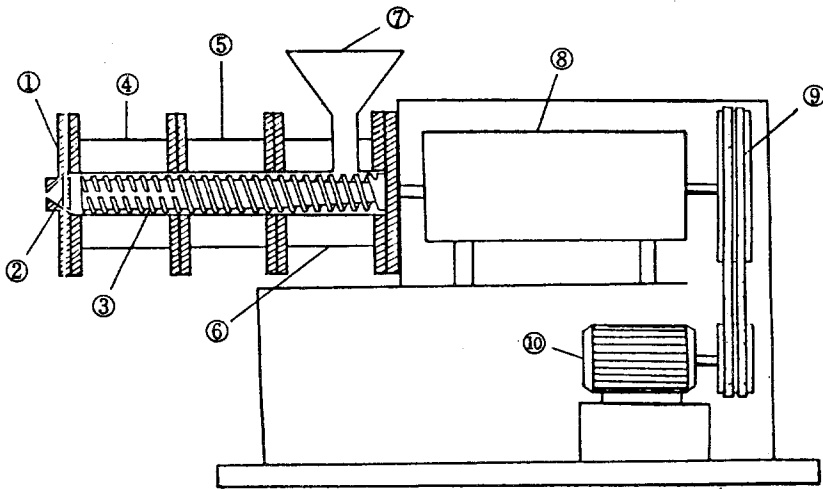
다. 기타 부재료

본 실험에 사용한 부재료는 미강을 제외한 쌀가루등 아래의 총 10종으로 시중제품을 구입하여 사용하였다.

- 쌀, 콩, 옥수수 가루, 옥수수 전분, 쇼트닝, 모노글리세라이드, 정백당, 액상과당, 정제염, 바닐라향

라. 압출성형기

본 실험에 사용한 압출성형기는 당 연구원에서 자체 제작한 단축스크류 압출성형기(Single Screw Extruder)와 (주) 남성산업 에서 제작한 동방향 쌍축스크류 압출성형기(Corotating Twin Screw Extruder, 모델명 : FESTINA FX40)로서 주동력 40마력의 자동변속 시스템의 제원을 가지고 있다. (그림 2-1)



- | | |
|------------------|-----------------|
| ① Die plate | ⑥ Hopper barrel |
| ② Break plate | ⑦ Hopper |
| ③ Screw | ⑧ Gear box |
| ④ Heating barrel | ⑨ Pully |
| ⑤ Cooling barrel | ⑩ Driving motor |

그림 2-1. 단축스크류 압출성형기의 형태

2. 실험 방법

가. 미강 안정화를 위한 최적공정조건 설정시험

가열처리에 의한 미강의 안정화 방법이 일반적으로 이용되고 있으며 본 실험에서는 가열원에 따라 직화식 가열장치인 재래식 볶음기와 고온 고압의 압출성형 공법을 병행하여 사용하였다. 재래식 볶음기에 의한 볶음 미강의 제조는 미곡종합처리장에서 도정 직후의 신선한 미강 5 kg을 볶음기에 넣고 볶음온도 150℃에서 10분에서 30분까지 볶음시간을 달리하면서 볶음미강의 볶음정도를 관찰하여 최적 볶음조건을 설정하였다. 압출성형기에 의한 안정화미강의 제조는 압출성형기의 스크류 형태와 다이형태 그리고 바렐의 형태를 고정시키고, 원료의 수분함량 14-23.6% 범위에서 토출온도를 90-220℃, 그리고 스크류의 회전속도를 100-500rpm 까지 변화시키면서 토출되는 압출성형물의 Lipase activity를 측정하여 미강안정화를 위한 최적조건을 설정한 후 안정화 미강을 제조하였다.

1) 식이섬유의 분석

Total dietary fiber(TDF)는 Prosky법⁶⁾에 의거하여 측정하였는데, 그 과정은 다음과 같다. 즉 탈지시킨 미강시료 1g에 phosphate buffer(pH 6.0) 50ml과 heat stable α -amylase 0.1ml을 넣고 95℃에서 15분간 가열하고 실온으로 식힌 뒤 용액의 pH를 7.5로 맞추어 protease를 가하여 60℃에서 30분간 가열한다. 다시 실온으로 식혀 용액의 pH를 4.0으로 한 후 amyloglucosidase를 가하여 60℃에서 30분간 가열한다. 다시 실온으로 식힌 후 95% 에탄올을 가하여 하룻밤 동안 방치한 다음 미리 cellite를 깔아 항량을 구해둔 crucible에 여과하여 105℃ 오븐에서 하룻밤 동안 건조시킨 뒤 잔사의 항량을 측정하고 각각 회분량과 단백질 함량을 구하여 그 차로서 TDF를 구하였다.

Insoluble dietary fiber(IDF)의 측정은 TDF 정량시와 동일한 방법으로 효소처리가 끝난 시료를 celite를 깔아놓은 crucible로 여과한 다음 여액은 SDF 분석용 시료로

하였고 잔사는 95% 에탄올, 아세톤으로 씻어 내린 다음 TDF정량시와 같이 105°C에서 건조후 단백질, 회분량을 측정하여 IDF함량을 구하였다. Soluble dietary fiber(SDF)는 IDF 정량시의 여액에 95% 에탄올을 가하여 침전시킨후 crucible로 여과한 다음 IDF와 동일한 방법으로 측정하였다.

2) 지방산의 분석

시료의 지방산 조성은 미강의 지방을 헥산으로 추출한 후 Marrison의 방법⁷⁾으로 분석하였다. 즉 미강에서 추출한 지방 0.2g을 boron fluoride로 methylation시킨 뒤 헥산층을 모아 탈수시킨뒤 GC를 이용하여 표 2 -1과 같은 조건으로 분석하였다.

표 2-1. 지방산 분석을 위한 GC 작동조건

Instrument : Hewlett Packard 5890A

Column : Supelcowax 10 capillary column, 0.25 mm x 30m

Detector : FID

Oven temp. : 160°C(1 min)-3°C/min-230°C(9 min)

Injector temp. : 230°C

Detector temp. : 250°C

Carrier gas : He(12 psi)

3) Lipase activity의 측정

Yamada 등의 방법⁸⁾을 약간 변형하여 측정하였다. 미강 15g에 petroleum ether 100 ml을 가하여 2시간 동안 교반 탈지시킨 후 이 과정을 2번 더 반복하여 탈지시킨다. 탈지 미강에 0.001 M CaCl₂용액 50 ml을 가하여 magnetic bar를 넣고 3시간 동안 강하게 stirring한 후 cheese cloth로 여과하였다. 이 여액을 7,000 rpm에서 30

분간 원심분리 한 다음 상등액을 조효소원으로 사용하였다. lipase의 활성은 olive oil 을 기질로 해서 가수분해 되는 유리지방산을 알카리 용액으로 적정하는 방법을 이용 하였다. 즉 olive oil 25ml에 2% polyvinyl alcohol 75 ml를 가하여 ultratrux로 유화 시킨 olive oil emulsion 5 ml에 phosphate buffer(pH 7.0) 4 ml을 넣고 37℃에서 5분 간 예비가열하였다. 여기에 조효소액 1 ml을 넣고 혼합한 후 37℃에서 60분간 반응 시킨 후 에탄올:아세톤(1:1)용액 20 ml을 가하고 1% 페놀프탈레인 용액 넣은 후 0.05N NaOH로 적정하였다.

4) 산가의 측정

미강의 지방을 헥산으로 추출하여, 250 ml의 삼각flask에 추출한 지방 2을 취하 고 ether: ethanol(1:1) 용액 100 ml을 가한 후 1% 페놀프탈레인 용액을 2-3방울 가 하여 0.1N KOH(ethanol)로 적정하였다.

$$\text{산가} = \frac{5.611 \times a \times f}{S}$$

a : 0.1 N KOH의 소비 ml 수

f : 0.1 N KOH의 factor

S : 시료량(g)

나. 미강을 이용한 스넥제품 제조

생미강 및 안정화 미강을 이용한 스넥제품의 제조공정은 그림3 과 같다. 즉 원료 미강의 첨가량을 10-40% 까지 쌀가루등의 부원료와 일정비율로 혼합한 다음 수분함 량을 14%로 조절하여 수분평형이 이루어 지도록 3시간 동안 숙성시킨후 예비 시험 에 의한 압출성형기의 최적조건에서 균일한 압출성형물을 제조하였다. 미리 준비한 다양한 조미액을 스넥용 콜렛에 대하여 중량비율로 10-30% 까지 첨가하면서 관능검

사에 의한 최적조미조건을 설정하고 seasoning 하여 80℃에서 30분간 건조한 후 최종적으로 합기포장하여 미강스넥 제품으로 제조하였다.

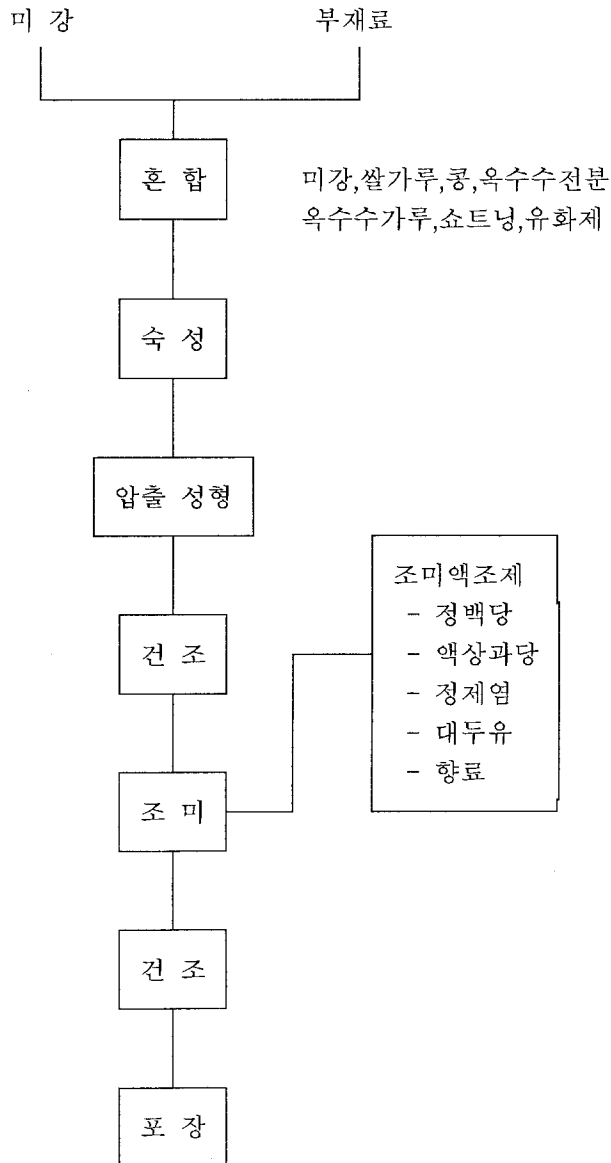


그림 2-2. 미강 스넥의 제조공정도

다. 미강스넥의 품질특성 조사

미강 첨가량에 따른 압출성형물인 콜렛의 물리화학적 특성을 측정하고 관능검사를 실시하였다.

1) 일반성분

상법에 의하여 측정하였다.

2) 팽화율

압출성형기에 의하여 제조된 스넥용 콜렛을 처리구당 10개의 시료를 준비한 다음 버니어 캘리퍼스를 이용하여 직경을 측정하여 토출구와의 비를 평균치로 산출하였다.

3) 밀도

밀도는 100 cm^3 의 용적하에 들어가는 압출성형물의 무게를 측정하고 그 용적의 부피로 나누어 산출하였다.

4) 색도측정

압출성형물을 분쇄한 후 색차계 (Color and color difference meter, Model No.UC 600 IV, Yasuda Seiki Co., Japan)를 이용하여 표면색도를 측정하고 Hunter의 색계인 명도를 나타내는 L값 (Lightness), 붉은 색의 정도를 나타내는 a값 (Redness) 및 노란색의 정도를 나타내는 b값 (Yellowness)으로 나타내어 변화된 값을 비교하여 ΔE 값을 구하였다. 이때 표준백색판의 L,a,b 값은 각각 89.2, 0.921, 0.78 이었다.

5) 조직감

압출성형물의 조직감 특성은 Texture analyzer (Model TX XT₂ Stable Micro

System)을 사용하여 10회 반복측정하였으며 이때 측정조건과 측정항목은 표2-2와 같다.

표 2-2. Texture analyzer 측정조건

Test type	: Texrure profile analysis
Measure type	: Puncture type
Plunger type	: Cylinder type
Speed	: 0.5 mm/sec.

제3절 결과 및 고찰

1. 안정화미강의 제조 및 품질특성

대부분 전분으로 구성되는 배유부를 미강층이 단단하게 둘러싸고 있으며 배아와 미강층을 다시 왕겨층이 느슨하게 보호하고 있다. 우리가 소비하는 백미는 벼의 보호막 성분인 왕겨층과 미강층을 도정하여 제거한 것으로 이과정에서 필연적으로 왕겨, 미강, 배아 등의 부산물이 생산된다.이중에서도 가장 많은 양을 차지하는 미강은 전세계적으로 연간 3,000만톤이 생산되고 있으며 단백질,지방,식이섬유,각종 비타민류와 무기질이 풍부하여 매우 우수한 영양의 보고이나 극히 일부를 제외하고는 식품으로 이용되지 못하고 대부분이 사료로 이용되고 있다. 이것은 섬유소함량이 높고 자체내의 lipase나 lipoxidase의 작용으로 도정 후 급속하게 산패되어 인체에 유해한 영향을 미치기 때문이다. 따라서 미강을 식품원료로 사용하기 위해서는 안정화 미강을 제조하던지 유효성분의 분리기술이 확립되어야 한다.

가. 미강의 성분분석

미강은 전분,지방,단백질,비타민류와 각종 무기질이 다량 함유되어 있을 뿐만아니라 각종 효소류, 미생물, 곤충류 등이 오염되어 있어 미강의 변패를 촉진하게 된다. 이중에서도 Lipase 와 각종 산화효소들이 미강유의 분해를 촉진하여 glycerol 이나 지방산으로 가수분해시킨다. 전분은 원래 벼의 배유부의 주성분으로 왕겨나 미강층에는 존재하지 않으나 도정 과정중 배유부의 일부가 혼입되어 10-55% 정도의 전분이 함유되어 있으며 유리당도 순수한 미강층에는 존재하지 않으나 배아나 배유부에서 유래된 3-5%의 함량을 지니고 있다. 이와 같이 순수한 미강의 주요 영양성분은 지방 15-20%, 단백질 12-16% 그리고 조섬유가 7-11% 로서 주를 이루고 있지만 실제 유통중인 미강에는 30-50%의 탄수화물이 혼재되어 있다.

1) 일반성분

본 실험에 사용한 원료 미강의 일반성분을 분석한 결과는 표 2-3과 같다. 즉 생미강은 지방 19%, 단백질 12% 그리고 총 식이섬유 함량이 23.9%를 나타내어 전형적인 미강의 일반성분 함량과 유사한 경향을 보이고 있으며 특히 식이섬유의 함량이 높아 기성성 식품원료로서의 이용가능성이 우수하였다. 한편 탈지 미강의 경우에는 착유한 상태의 원료라도 4.4 % 정도의 지방이 함유되어 있으며 생미강에 비하여 상대적으로 조회분, 조단백질 및 식이섬유 함량이 높은 경향을 나타내었다.

표 2-3. 생미강 및 탈지미강의 영양성분

(Unit : %)

	Full-fat rice bran	Defatted rice bran
Moisture	12.3 ± 0.14	13.7 ± 0.04
Fat	19.3 ± 0.09	4.4 ± 0.22
Ash	9.2 ± 0.21	11.4 ± 0.07
Protein	12.0 ± 0.11	14.5 ± 0.01
Total fiber	23.9 ± 1.62	27.6 ± 0.61

2) 식이섬유

미강의 식이섬유 함량은 도정도와 미강에 존재하는 전분이나 당의 함량에 의하여 많은 차이를 보이고 있지만 일반적으로 안정화 미강의 총 식이섬유함량은 20-25%를 나타내고 있으며, 가용성 식이섬유의 함량은 1.8-2.6% 라고 알려져 있다. 본 실험에서 압출성형 공법으로 안정화한 미강과 생미강의 식이섬유 함량을 측정한다

결과는 표 2-4와 같으며 총 식이섬유함량은 생미강의 경우 28.7%, 안정화미강의 경우 26.2%를 나타내어 기존의 결과와 큰 차이를 보이지 않았으며 수용성 식이섬유 함량도 각각 2.48% 와 2.72%를 나타내어 큰 차이를 보이지 않았다.

표 2-4. 미강의 식이섬유 함량 (단위 : %)

	IDF	SDF
FFB	26.2 ± 0.538	2.48 ± 0.193
EFB	23.5 ± 1.151	2.72 ± 0.060

(FFB: full fat rice bran, EFB: extruded rice bran)

3) 지방산 조성

미강을 n-hexane으로 추출한 조추출물은 glyceride,유리지방산, 인지질, 당지질, sterol류, tocopherol류 그리고 왁스류가 함유되어 있다. 이중에서 80%이상인 triglyceride이며 미강에 함유된 강력한 lipase의 작용으로 온습조건하에서 가수분해되어 diglyceride 와 monoglyceride를 거쳐 유리지방산으로 가수분해된다. 이것이 저장중 미강의 산패요인이 되며, 미강의 유리지방산은 palmitic, oleic 그리고 linoleic이 전체 지방산의 90%를 차지하며 미강의 지방산으로는 myristic, palmitoleic, stearic, linolenic 그리고 arachidonic 이 알려져 있다. 본 실험에 사용한 생미강과 탈지미강의 유리지방산 조성은 표 2-5와 같다. 즉 생미강 과 탈지미강 모두 Oleic 이 38.6 % 와 36.2 %으로 가장 높은 조성을 보여주었고 linoleic이 35.2%,34.0% 그리고 palmitic이 각각 15.6%,15.8%를 나타내어 Williams등¹¹⁾의 결과와 같이 이들 3가지 지방산이 전체의 90%를 차지하고 있으며 생미강과 탈지미강의 지방산 조성은 큰 차이를 보이지

않았다.

표 2-5. 미강의 지방산 조성 (단위 : %)

Fatty Acid	Composition	FFRB	DFRB
Myristic	(C14:0)	0.2	0.3
Palmitic	(C16:0)	15.6	15.8
Stearic	(C18:0)	1.7	1.6
Oleic	(C18:1)	38.6	36.2
Linoleic	(C18:2)	35.2	34.0
Linolenic	(C18:3)	1.3	1.3
others		7.4	10.8

(FFRB: full fat rice bran, DFRB: defatted rice bran)

나. 단축스크류 압출성형기에 의한 안정화미강의 제조

미강을 식품 원료로 사용하기 위해서는 도정 직후 부터 급속히 산패가 진행되기 때문에 도정 공정중에 적당한 안정화 공정을 설치하여 도정 후 단시간내에 미강의 안정화를 기하는 것이 가장 바람직하다. 미강 Lipase의 불활성화나 안정화 방법은 가수하거나 건조한 상태에서 압출성형하는 공법이 에너지 절약이나 비용절감의 측면에서 상업적으로 가장 널리 이용되고 있다. 초기의 미강 안정화 방법은 건열이나 습열에 의한 열처리 방법과 화학적방법, 감마선 조사방법 그리고 저온 저장법 등이 사용되었지만 경제성이 결여되어 산업화는 이루지 못하였고 다만 건열이나 습열에 의한 열처리 방법이 소규모 공장 단위에서 효율적으로 사용되고 있다. 현재 산업체에

기 이용되고 있는, 압출성형에 의한 미강의 안정화는 Brady Extruder를 이용하여 수분함량을 12-13 %로 조절하여 130℃에서 시간당 500kg을 처리할 수 있는 것이 가장 일반화된 조건으로 이들 조건하에서 생산된 안정화 미강은 2개월까지 유리지방산의 증가가 나타나지 않았다. 본 연구에서는 미강의 안정화 방법을 압출성형 방법과 락숨기를 이용한 직접가열 방식을 도입하여 안정화 미강을 제조하여 시험에 사용하였다.

1) 저장중 미강의 품질변화

당 연구원에 보유중인 단축 스크류 압출성형기를 이용하여 수분함량이 12 % 이하인 생미강을 가수하여 수분함량 18 % 수준으로 조절하고 4℃에서 24시간 수분정형 후 압출성형하여 안정화 미강을 제조하였다. 이때 압출성형기의 작동조건은 표 2-6과 같으며 이와 같은 조건에서 제조한 안정화미강의 lipase 활성을 측정된 결과는 표 2-7에 나타내었고 안정화미강을 25℃와 50℃에서 2주간 저장하면서 산가의 변화를 관찰한 결과는 그림 2-3, 2-4와 같다.

단축 스크류 압출성형기에 의한 생미강의 안정화 조건은 미강의 지방 및 섬유소 함량이 높아 기존의 팽화조건에서는 원활한 흐름이 형성되지 않아 불가능하였고 가장 안정된 조건은 표 2-6과 같으나 상기 조건하에서도 토출되는 압출성형물의 모양이 불균일하였고 고온 고압에 의한 미강의 기름이 압착되어 착유되는 현상이 나타났다. 특히 미강의 안정화 온도인 130℃ 이상으로 바렐의 온도를 증가시킬 경우에 원로의 흐름이 중단된 후 일시에 토출되는 현상이 반복되어 균일한 제품을 얻을 수 없었다. 이러한 토출구에서의 폭발 현상은 원료의 수분함량을 18%까지 증가시켜 어느 정도 개선할수 있었으나 근본적인 해결책은 되지 못하였다. 표2-6의 압출성형조건으로 제조한 안정화 미강의 lipase 활성을 생미강 및 탈지미강과 비교하여 표 2-9에 나타내었다. 즉 안정화 미강의 lipase 활성은 59.1%를 나타내어 생미강에 비하여 활성이 40%정도 감소하였으며 탈지미강의 78.1%보다 낮게 나타나 110℃의 압출성형 조건에서도 어느 정도 효소의 불활성화 효과를 얻을 수 있었다.

표 2-6. 미강안정화를 위한 단축 성형기의 작동조건

원료 수분 함량 : 18%, 4℃ 예냉실에 24 시간 수분평형 후
압출성형
압출성형 후 60mesh이상으로 분쇄 후 실험
스크류 회전 속도 : 215 - 220 rpm
원료 투입속도 : 17 rpm
토출구 온도 : 100 - 110 ℃
토출구 크기 : 3mm x 1 hole & 3mm x 5 hole
스크류 형태 : 팽화용, L/D 5.0

표 2-7. 생미강과 안정화미강의 lipase 활성 비교

Sample	Activity (%)
Full-fat rice bran	100
Defatted rice bran	78.1
Stabilized rice bran	59.1

한편 표 2-6 의 조건하에서 제조한 안정화 미강의 저장중 산패의 진행여부를 관찰하기 위하여 저장온도 25℃와 50℃ 에서 2주간 저장하면서 산가의 변화를 생미강과 비교하여 그림 2-3과 2-4에 나타내었다. 즉 저장 25℃에서 저장할 경우 생미강의 산가는 저장초기에 25.3 에서 저장 1주일후 70.5까지 급증하였으며 저장시간이 경과함에 따라 지속적으로 증가하여 미강의 산패가 촉진됨을 알수 있었으며, 압출성형하여 안정화 시킨 미강은 초기의 산가가 50.3을 나타내어 생미강보다 다소 높은 수

치를 나타내었으나 저장기간이 2주까지 경과하여도 산가의 증가 현상이 나타나지 않아 압출성형에 의하여 미강의 안정화가 이루어 졌음을 알수 있다. 또한 저장 온도를 50℃로 높여 2주간 저장하여 산패를 촉진 시킨 결과 생미강의 경우 초기의 산가가 22.5에서 저장 1주후 117.3까지 급속하게 증가하다가 그후 완만히 증가하여 저장 2주 후에는 129.5를 나타내었다. 반면에 탈지미강과 안정화 미강에서는 초기의 산가가 각각 48.5와 20.3에서 2주간 저장하여도 거의 변화를 나타내지 않았다. 따라서 생미강의 경우 산패는 온도에 따라 큰 영향을 받았으나 탈지 미강과 안정화 미강에서는 온도의 증가에 의해서도 큰 영향을 받지 않아 lipase의 활성이 크게 감소된 것이 주 원인으로 판명되었다. 이러한 현상은 탈지미강의 경우 미강유 착유시 유기용매에 의한 추출과정에서 대부분의 lipase가 불활성화 된다는 Hunnell등¹²⁾의 보고와 일치하였으며, 특히 Harper 등¹³⁾은 130℃에서 압출성형한 후 냉각하기 전에 97-99℃에서 3분간 유지하면 3-6주간 적어도 유리 지방산의 증가는 나타나지 않았다고 한다.

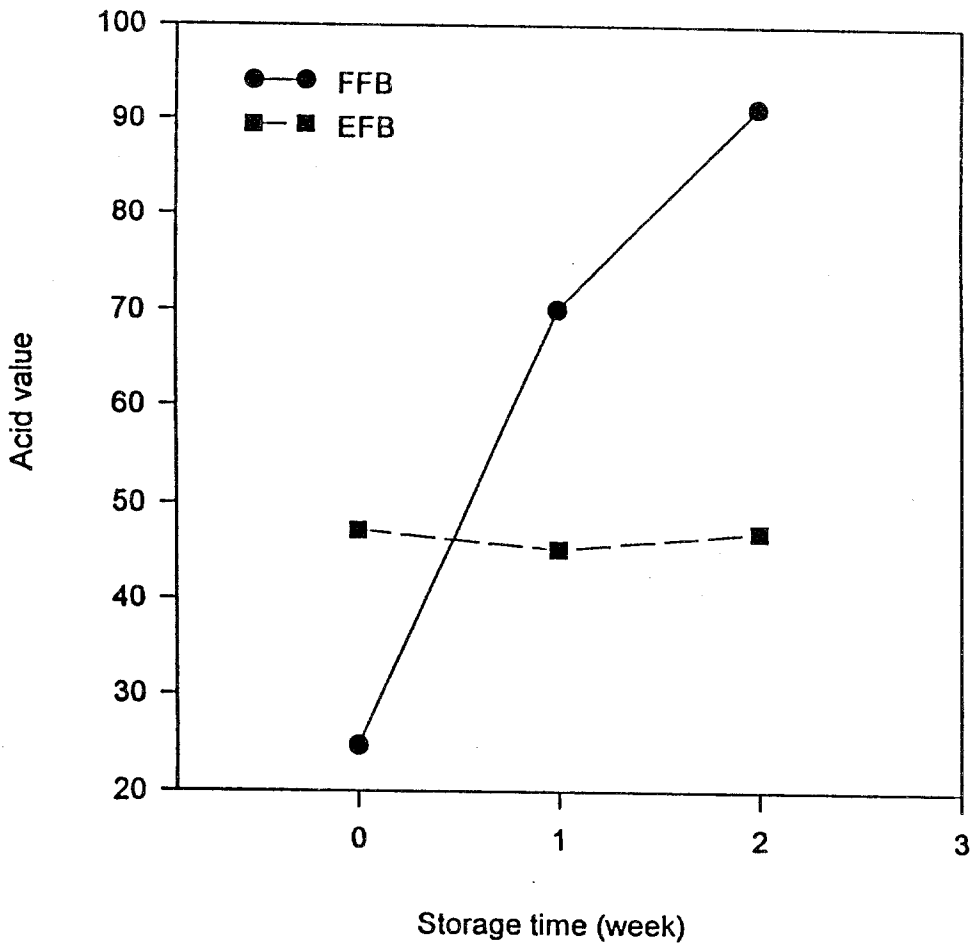


그림 2-3. 25℃ 에서 미강의 저장중 산가 변화

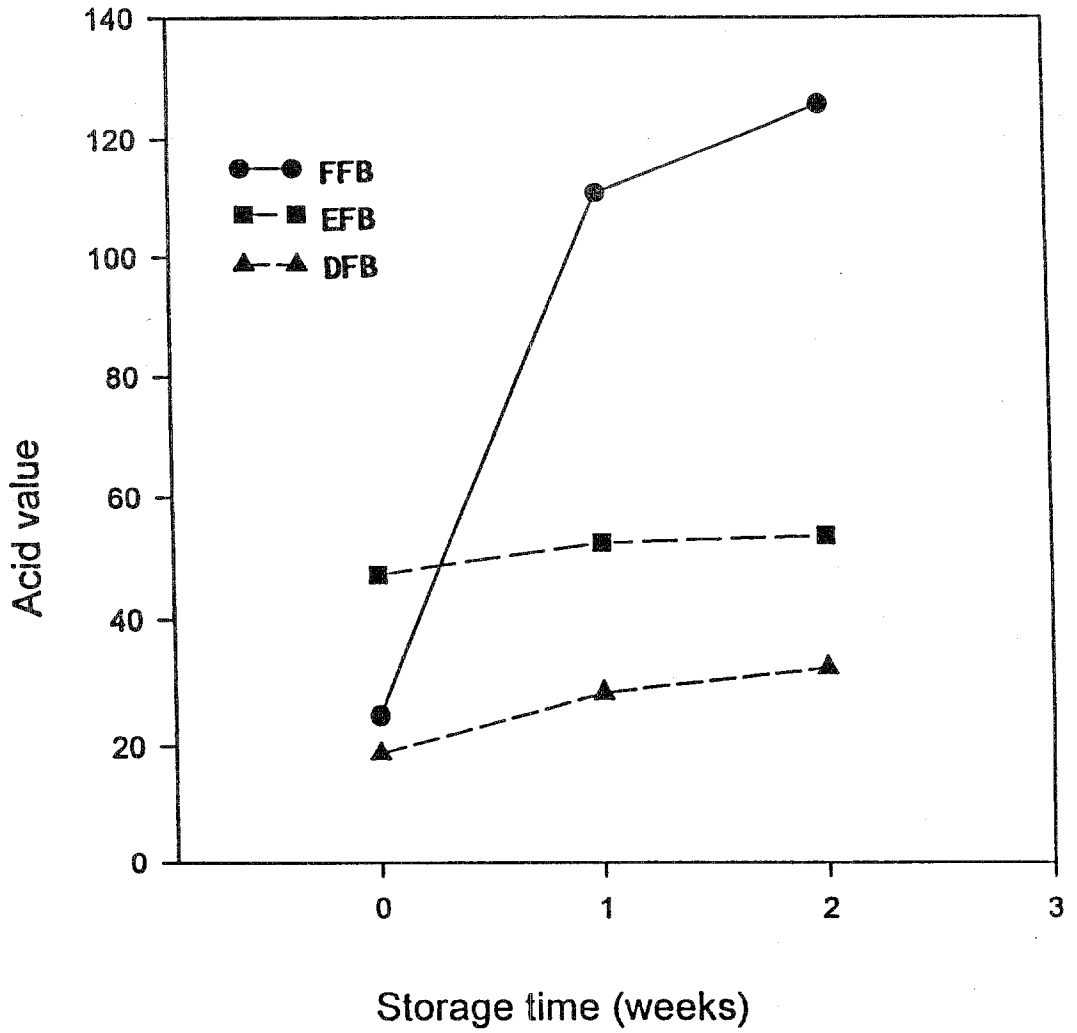


그림 2-4. 50°C 에서 미강의 저장중 산가 변화

2) 미강의 저장중 기호도 변화

미강을 식품이나 사료의 원료로 사용하기 위해서는 미강의 기능적 특성과 영양특성 그리고 향과 색깔이 중요한 품질요소가 된다. 미강의 향은 저장중 급속한 변패에 기인한 곰팡이취와 산패취가 가장 기본이며 이러한 산패취는 미강이 식품가공의 재료로 사용하는데 큰 제약이 되고 있다. 본 연구에 사용한 생미강의 저장온도 및 저장기간에 따른 황색도와 산패취에 대한 기호도를 조사한 결과는 표 2-8과 같다. 즉 저장온도 및 저장기간에 따라 저장 25℃에서는 산패취의 정도가 저장초기에 2.66에서 4.88까지 상승하였으며 50℃ 저장구에서는 1.76 에서 6.33 까지 급격하게 증가하여 저장온도가 증가할 수록 산패의 정도가 심하게 진행됨을 알 수 있다. 또한 황색도의 변화도 저장온도 50℃에서 산패정도의 증가에 비례하여 증가하였기 때문에 황색도의 변화도 저장중 미강의 중요한 품질지표 인자가 될수 있으리라 사료된다. 이와 같이 저장중 발생하는 미강 산패취의 주요 원인 물질은 지방, 페놀화합물, 휘발성 아민류 그리고 peptide류의 분해산물이 주로 관여하며, 반면에 신선한 미강의 향기는 알콜류와 카보닐 화합물이 관여한다고 한다.

표 2-8. 저장조건에 따른 생미강의 기호도 변화

저장온도(℃)	저장기간(week)	황색도	산패취
25	0	4.57 ^a	2.66 ^c
	1	3.71 ^b	3.81 ^b
	2	3.71 ^b	4.81 ^a
50	0	3.00 ^c	1.76 ^b
	1	5.14 ^b	5.61 ^a
	2	6.85 ^a	6.33 ^a

한편 열처리된 미강의 주요향기성분은 Maillard 반응의 중간산물인 furfural, 5-methyl-furfural, furfuryl alcohol 그리고 4-vinylguaiacol 등이며 이들은 당과 아미노산의 가열반응에 의하여 생성된 향기성분 들이라 한다. 신선한 생미강과 탈지미강 그리고 압출성형에 의한 안정화 미강의 저장중 산패취 및 황색도의 정도를 관능검사한 결과는 표 2-9 와 같다. 즉 저장온도 25 °C 및 50 °C에서 2주간 저장한 안정화 미강의 황색도 및 산패취 정도에 대한 기호도는 황색도의 경우 7.09 와 6.90을 나타내어 생미강이나 탈지미강에 비하여 우수한 기호성을 보이고 있으며 유의적인 차이를 보이고 있다. 한편 산패정도는 저장온도 25°C에서는 안정화미강의 산패정도가 3.23으로 가장 낮아 유의적인 차이를 보이고 있으나 50 °C 저장구에서는 시료간에 유의적인 차이를 나타내지 않아 단축 스크류 압출성형기의 조건하에서 제조한 안정화 미강은 완전하게 lipase의 불활성화가 이루어 지지 않았음을 알수 있다.

표 2-9. 저장조건에 따른 안정화 미강의 기호도 변화

Sample	25°C	50°C
<황색도>		
FFB	2.71 ^c	5.66 ^b
EFB	7.09 ^a	6.90 ^a
DFB	6.23 ^b	5.95 ^a
<산패취>		
FFB	6.00 ^a	6.04 ^a
EFB	3.23 ^b	5.33 ^a
DFB	4.90 ^a	5.23 ^a

* 2주 저장(FFB:생미강, EFB:안정화 미강, DFB:탈지미강)

다. 쌍축스크류 압출성형기를 이용한 안정화미강 제조

이상의 단축스크류 압출성형기에 의한 안정화 미강의 제조는 압출성형기의 온도조건에 한계성을 보이고 있었으며 생산량도 부족하여 제반 압출성형 조건을 자유자재로 조절할 수 있는 쌍축 스크류 압출성형기를 이용하여 최적 압출성형 조건을 확립하고자 하였다.

1) 실험설계

원료의 수분함량, 다이의 토출온도 그리고 스크류의 속도등 압출성형기의 최적 조건을 결정하기 위하여 반응표면 방법중 central composite factorial design 을 사용하여 토출온도, 수분함량 및 스크류속도의 3요인을 5수준으로 하는 12개의 처리조합과 3개의 중심점 그리고 6개의 축점으로 구성되는 21개의 실험군을 구성하였으며 (표 2-10) 이러한 실험군에서 제조된 압출성형물의 lipase활성을 측정한 결과를 반응표면방법으로 분석하여 최적 운전조건을 설정하였다.

요인 (factor) = 다이온도(X_1), 수분함량(X_2), 스크류
회전속도(X_3)

요인수준(level) = 5수준 (다이온도)

5수준 (수분함량)

5수준 (스크류 속도)

표 2-10. 반응표면분석을 위한 중심합성법에 의한 실험계획

Variable level	Die Temp.		Moisture		Screw Speed	
	Coded	Actual (°C)	Coded	Actual (%)	Coded	Actual (rpm)
1	-1	110	-1	14	0	300
2	-1	110	1	22	0	300
3	1	150	-1	14	0	300
4	1	150	1	22	0	300
5	-1	110	0	18	-1	200
6	-1	110	0	18	1	400
7	1	150	0	18	-1	200
8	1	150	0	18	1	400
9	0	130	-1	14	-1	200
10	0	130	-1	14	1	400
11	0	130	1	22	-1	200
12	0	130	1	22	1	400
13	0	130	0	18	0	300
14	0	130	0	18	0	300
15	0	130	0	18	0	300
16	2	170	0	18	0	300
17	-2	90	0	18	0	300
18	0	130	2	26	0	300
19	0	130	-2	10	0	300
20	0	130	0	18	2	500
21	0	130	0	18	-2	100

2) Lipase 활성 측정에 의한 미강의 최적 안정화 조건

쌍축 스크류 압출성형기를 사용하여 안정화 미강을 제조하기 위하여 실험계획법으로 제조한 21개의 실험군에 대하여 압출성형물을 제조하고 이들의 lipase활성을 측정 후 다이온도, 수분함량 그리고 스크류 회전속도등 3가지 요인들의 영향을 반응표면 분석으로 살펴본 결과는 표 2-11, 2-12 및 그림 2-5, 6, 7, 8 에 나타내었다.

표 2-11. 반응표면분석에 의한 3차원 그래픽 상에서
3가지 요인들의 유의성 분석

Process variable terms	Dependent variable (Lipase activity)
Linear :	
Temp. (X_1)	ns
Moist. (X_2)	ns
RPM (X_3)	ns
Quadratic :	
Temp. ² (X_1^2)	(+)*
Moist. ² (X_2^2)	ns
RPM ² (X_3^2)	ns
Crossproduct :	
Temp.x Moist. ($X_1 X_2$)	ns
Temp.x RPM ($X_1 X_3$)	ns
Moist.x RPM ($X_2 X_3$)	ns
Number of significant terms :	
Max. 9	1

* Significant at 5% level; ns, not significant

즉 표 2-11은, 토출구온도 90-170℃, 수분함량 10-26% 및 스크류 회전속도 100-500 rpm의 주어진 범위에서 독립변수들이 각각 자유롭게 변할때 나타나는 종속 변수들에 대한 전체적인 유의성을 표시한 것이다. 여기에서는 토출구온도에 대하여 독립변수의 영향이 가장 많았다. 즉 미강의 안정화를 위한 lipase의 활성은 온도의 영향이 가장 높았으며 수분함량과 스크류 회전속도는 큰 영향을 주지 않았다. 한편 주어진 범위에서 세가지 독립변수인 토출구온도(90-170 ℃), 수분함량(10-26%) 및 스크류 회전속도(100-500rpm)이 변할때 lipase 활성에 대한 추정된 반응표면 호귀식은 아래와 같으며 안부점(saddle point) 에서 최적반응표면을 나타내었으며 세가지 독립변수의 critical value는 토출구온도 152.8℃, 수분함량 15.7% 그리고 스크류 회전속도가 236.2 rpm으로 나타났다.

$$\begin{aligned}
 Y &= 2.352 - 0.040 X_1 + 0.145 X_2 + 0.005 X_3 \\
 &+ 0.0002 X_1^2 - 0.0004 X_1 X_2 - 0.001 X_2^2 \\
 &- 0.00002 X_1 X_3 - 0.0002 X_2 X_3 - 0.0000002 X_3^2 \\
 &(R^2 = 0.58)
 \end{aligned}$$

이에 대한 3차원 그래픽 반응표면은 각각 그림 2-5, 2-6, 2-7 과 같으며 앞에서 검토한 바와 같이 스크류의 회전속도는 lipase의 역가를 감소시키는데 큰영향을 주지 않는 것으로 사료되었다. 이와 같은 결과는 압출성형기에서 스크류의 회전속도는 일정온도 범위에서 원료의 바렐내 체류시간과 밀접한 관계를 갖기 때문에 회전속도가 증가하면 그만큼 체류시간이 짧아져 동일온도 조건하에서 상대적으로 반응시간이 짧고 상대적으로 회전속도가 느리면 반응시간은 증가하기 때문에 회전속도는 큰 영향을 주지않는 것으로 생각된다. 그러나 300 rpm 이하의 회전속도는 압출성형물의 토출속도를 저하시켜 생산량이 적어지기 때문에 최적 스크류 회전속도를 300 rpm으로 결정하였다.

표 2-12. 반응표면분석에 의한 3차원 그래픽 상에서
2가지 요인의 유의성 분석

Process variable terms	Dependent variable (Lipase activity)
Linear :	
Temp. (X_1)	(-)*
Moist. (X_2)	ns
Quadratic :	
Temp. ² (X_1^2)	(+)*
Moist. ² (X_2^2)	ns
Crossproduct :	
Temp.x Moist.($X_1 X_2$)	ns
Number of significant terms :	
Max. 5	2

* Significant at 5% level; ns, not significant

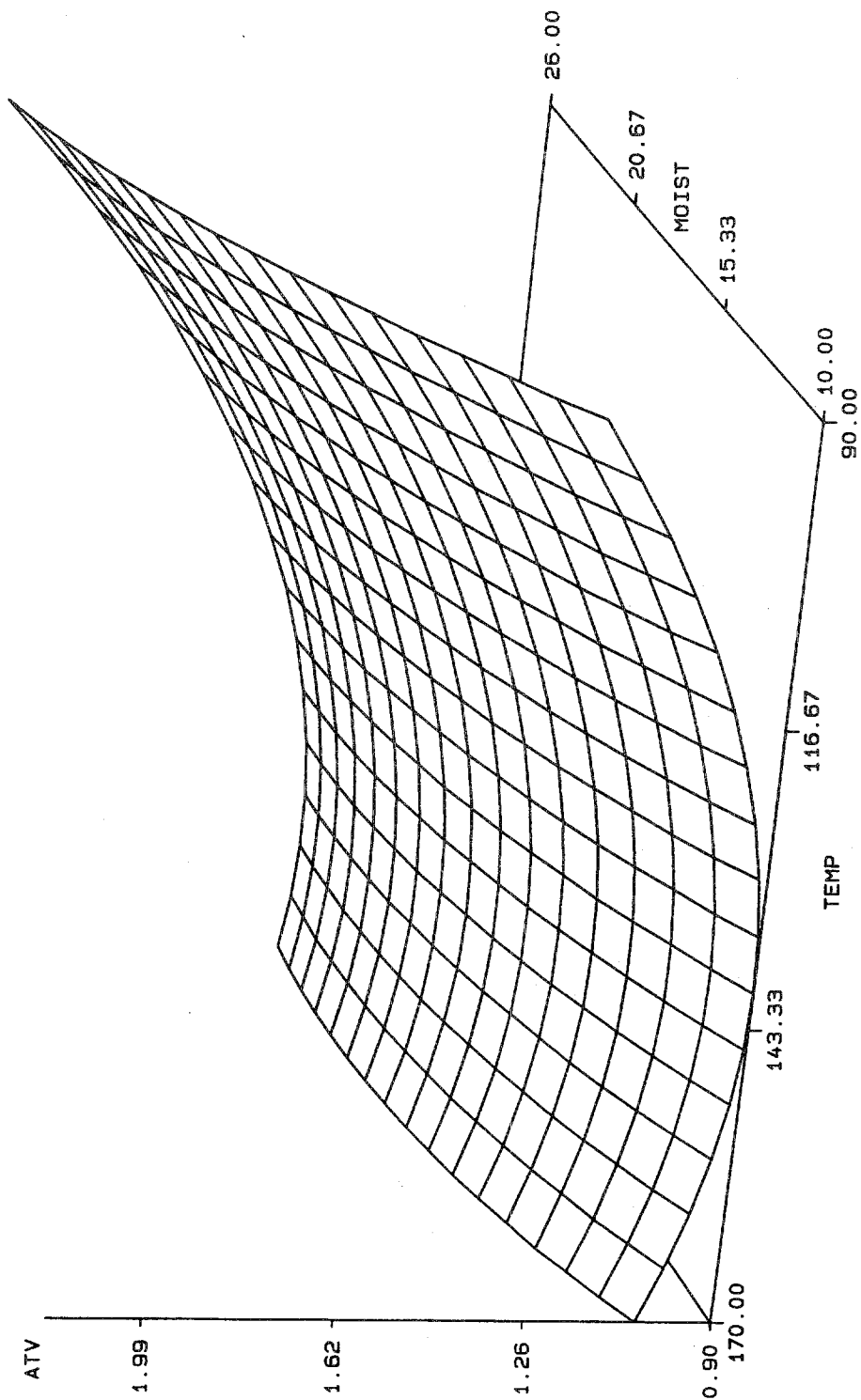


그림 2-5. 주어진 스크류 회전속도에서 안정화미강의 lipase 활성에 대한
 토출구온도(TEMP)와 수분함량(MOIST)의 최적반응표면

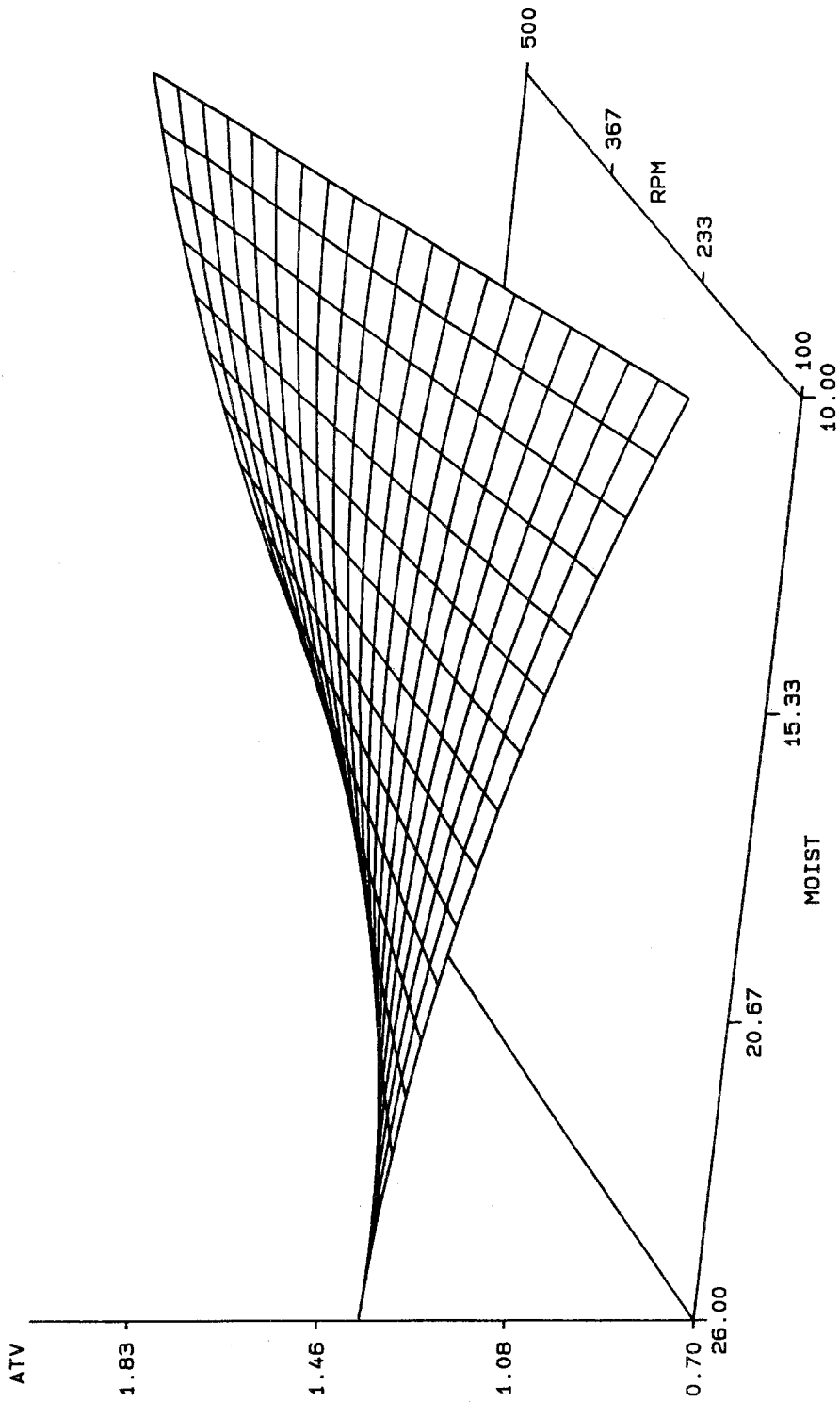


그림 2-6. 주어진 토출구온도에서 안정화미강의 lipase활성에 대한 수분함량 (MOIST)과 스크류회전속도(RPM)의 최적반응표면

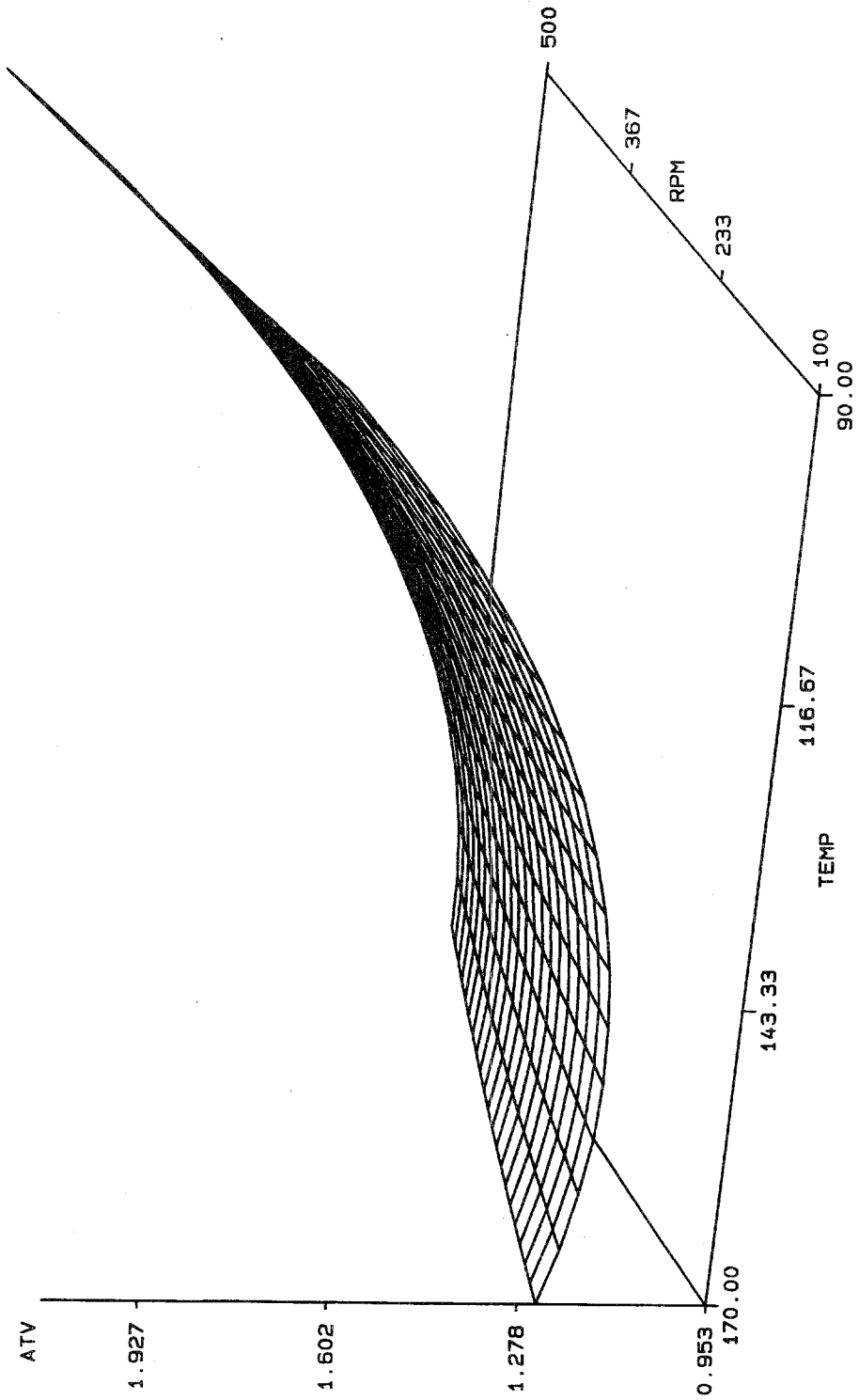


그림 2-7. 주어진 수분함량에서 안정화미강의 lipase활성에 도출구온도 (TEMP)와 스크류회전속도(RPM)의 최적 반응표면

한편 표 2-12 에는 3가지 요인중에서 lipase의 활성화에 그다지 큰 영향을 주지 않은 스크류 회전속도를 배제하고 다이온도 90-170℃ 과 수분함량 10-26% 의 주어진 범위에서 독립변수들이 각각 자유롭게 변할때 나타나는 종속변수들에 대한 전체적인 유의성을 표시한 것이다. 여기에서는 토출구온도와 수분함량 모두에 대하여 독립변수의 영향이 있었다. 즉 미강의 안정화를 위한 lipase의 활성화는 토출구온도와 원료의 수분함량에 영향을 받고 있으며 특히 토출구온도의 영향이 더욱 높았다.

이때 스크류 회전속도를 배제하고 주어진 범위에서 두가지 독립변수인 토출구온도 (90-170 ℃) 와 수분함량(10-26%) 이 변할때 lipase 활성화에 대한 추정된 반응표면 회귀식은 아래와 같으며 역시 안부점(saddle point) 에서 최적반응표면을 나타내었으며 두가지 독립변수의 critical value는 토출구온도 150.5℃, 수분함량 11.3% 로 나타났다.

$$Y = 4.031 - 0.045 X_1^* + 0.085 X_2 + 0.0002 X_1^{2*} - 0.0004 X_1 X_2 - 0.001 X_2^2 \quad (R^2 = 0.56)$$

이에 대한 3차원 그래픽 반응표면은 그림 2-8과 같고, 결과는 앞에서 검토한 내용과 일치하였다. 이상의 결과 얻어진 쌍축스크류를 이용한 안정화 미강의 최적 조건을 표 2-13 에 나타내었다.

표 2-13. Twin extruder를 이용한 최적 미강안정화 조건

원료수분함량 :	18%
스크류회전속도:	300 rpm
원료투입속도 :	80 kg/hr
토출구 온도 :	150℃
토출구 크기 :	φ 5mm X 2 hole
스크류 형태 :	팽화용 L/D ratio 5.0

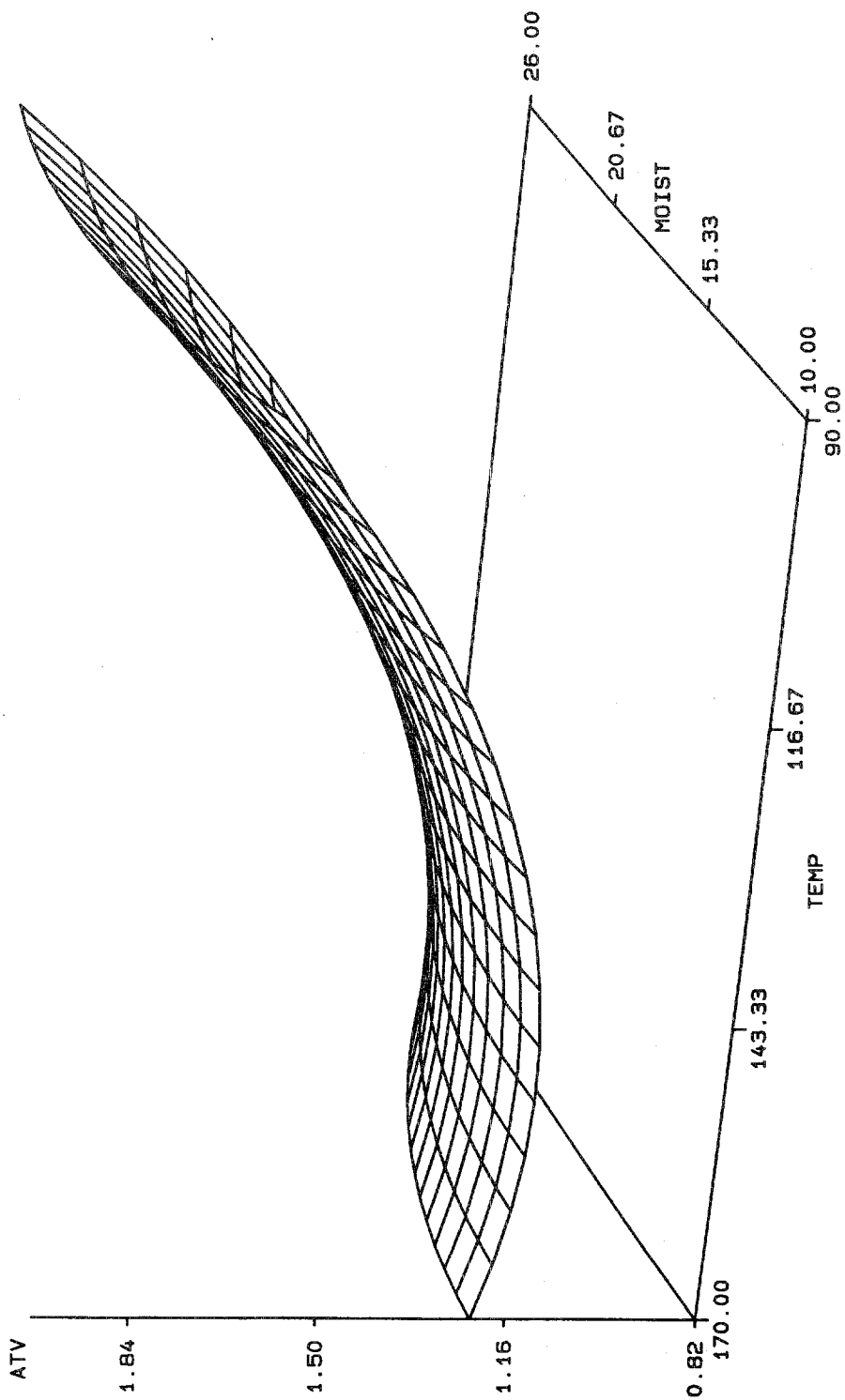


그림 2-8. 스크류 회전속도를 고정한 안정화미강의 lipase 활성에 대한 토출구온도(TEMP)와 수분함량(MOIST)의 최적반응표면

3) 저장중 품질변화

쌍축 스크류 압출성형기를 이용한 안정화 미강의 최적조건을 설정하기 위하여 실험계획법에 의하여 실험한 21개 시험군의 압출성형물 중 대표적인 4개군을 50℃에서 3주간 저장하면서 저장중 산가의 변화를 생미강과 비교한 결과는 그림 2-9 와 같다. 즉 그림에 나타낸 바와 같이 최적조건에서 안정화된 미강의 산가는 50℃에서 3주간 저장하여도 산가의 변화가 나타나지 않았다.

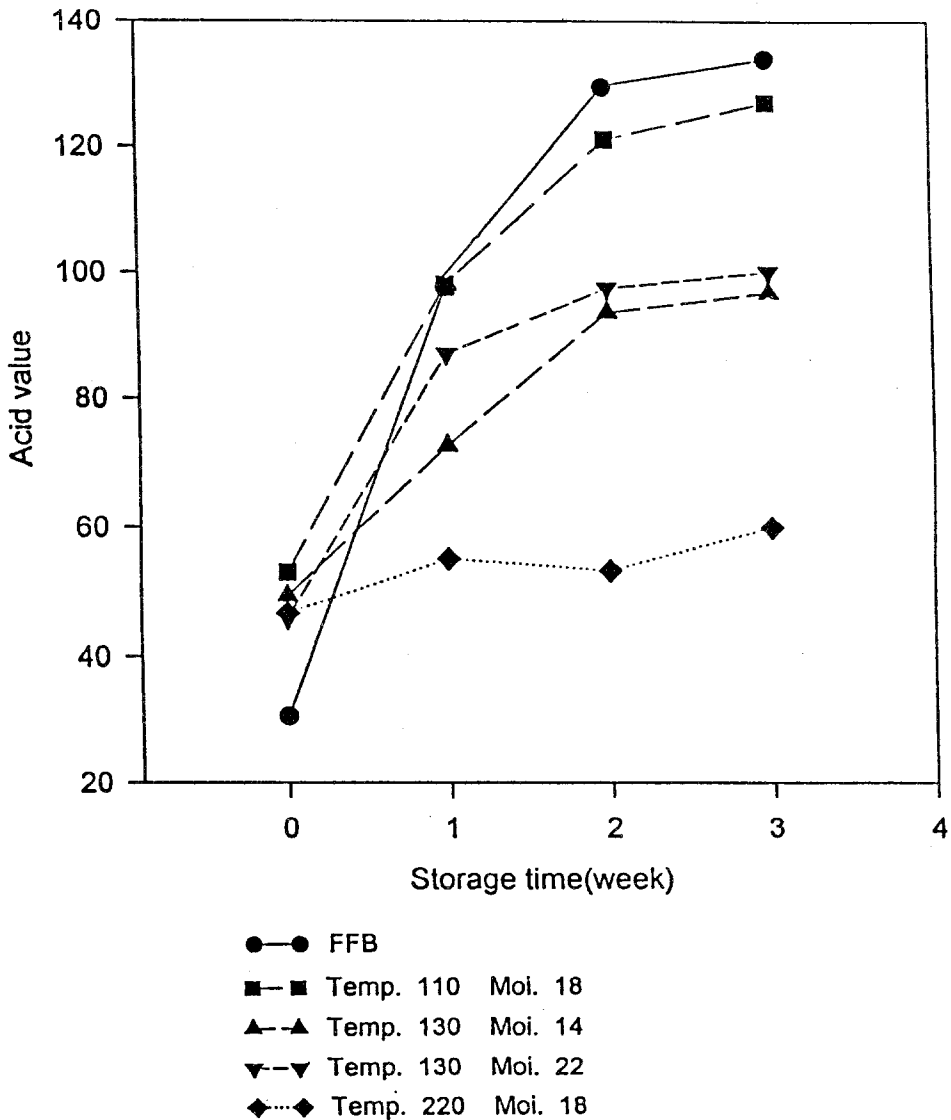


그림 2-9. 안정화 미강의 저장중 산가 변화

2. 미강스넥의 제조 및 품질특성

미강의 기능적 및 영양적 특성을 활용한 건강 편의식품을 개발하기 위하여 생미강과 안정화 미강을 첨가한 스넥제품을 개발하기 위하여 기존의 쌍축 스크류 압출성형기를 이용하여 안정화 미강의 첨가량을 원료 쌀가루의 10-40% 비율로 조절하여 스넥용 콜렛을 제조한 후 적당히 조미하여 관능검사를 실시하여 새로운 형태의 기능성 스넥제품을 개발하였다.

가. 미강스넥의 제조공정 확립

미강스넥의 제조는 그림 2-2의 공정에 따라 압출성형기를 이용한 direct puffing 방식을 이용하여 안정화된 미강에 쌀가루와 기타 부재료를 혼합한 후 하루 밤 실온에서 수분을 조절한 후 압출성형 하였으며 이때 압출성형기의 운전 조건은 표 2-14와 같다. 팽화된 스넥용 콜렛을 건조 한 후 오일을 코팅하고 다시 당액을 2차 코팅하여 조미하여 건조후 최종제품으로 하였다.

표 2-14. 미강스넥 생지용 압출성형 조건

-
- 원료 수분 함량 : 128%, 4℃ 예냉실에 24 시간 수분평형 후
 압출성형
 - 스크류 회전 속도 : 450 rpm
 - 원료 투입속도 : 80 kg/hr
 - 토출구 온도 : 110 - 130 ℃
 - 토출구 크기 : ϕ 5mm x 2 hole
 - 스크류 형태 : 팽화용, L/D 5.0
-

나. 미강스넥용 콜렛의 제조 및 품질

1) 미강 첨가량에 따른 콜렛의 품질특성

미강스넥용 콜렛의 제조는 압출성형기를 이용한 안정화 미강과 재래식 볶음장치에 의한 볶음미강을 쌀가루를 전분질 베이스로 미강의 첨가량을 달리하여 표 2-15의 조건으로 제조하였으며 이들의 형태와 모양은 그림 2-10 과 같다. 즉 미강의 첨가량에 따른 스넥용 콜렛의 외관은 현저한 차이를 보이고 있으며 미강을 첨가하지 않은 대조구의 경우 팽화가 매우 양호하였으며 미강 첨가량이 증가할 수록 점차 팽화율이 감소하고 있음을 알 수 있다. 이들에 대한 일반성분 및 품질특성은 표 2-16, 2-17, 2-18, 2-19 에 나타내었다.

표 2-15. 안정화 미강을 이용한 미강스넥의 원료배합 비율

Ingredient	RB-0%	RB-10%	RB- 20%	RB-30%
미분	75.0	67.5	60.0	52.5
옥수수전분	7.0	6.3	5.6	4.9
옥분	15.0	13.5	12.0	10.5
쇼트닝	2.0	1.8	1.6	1.4
Monoglyceride	1.0	0.9	0.8	0.7
안정화 미강	-	10.0	20.0	30.0

표 2-16은 미강첨가량에 따른 스넥용 콜렛의 영양성분 함량을 나타낸것으로 수분 함량은 최저 5.84% 에서 최고 6.16% 를 나타내 처리구간에 큰차이를 보이지 않았으며 전반적으로 스넥용 콜렛으로서 높은 수분함량을 나타내어 최종적으로 조미하기

전에 3% 이하로 건조하여야 할 것이다. 한편 단백질, 지방, 조회분 그리고 식이섬유의 함량은 미강 첨가량을 증가시킬수록 미강에서 유래된 이들 성분들의 영향으로 현저하게 증가하여 미강 첨가에 의한 영양보강 및 기능성의 증진 효과를 볼 수 있었으나 앞에서 언급하였듯이 외관이 불량하여 지기 때문에 관능검사에 의한 기호도를 감안하여 최적의 첨가량을 결정하여야 할 것이다.

표 2-16. 각 미강스넥생지의 영양성분

Sample*	moisture	protein	fat	ash	TDF*
Control	6.16	7.21	0.78	1.17	2.02
RB-10%	6.04	8.97	1.12	1.80	5.42
RB-20%	6.10	9.34	2.07	2.54	7.75
RB-30%	5.84	11.07	3.54	3.67	11.14

* RB : Rice Bran , TDF : Total dietary fiber

표 2-17은 미강첨가량에 따른 스넥용 콜렛의 표면색깔의 변화를 나타낸 것으로 미강의 첨가량이 증가할수록 명암도 (L값)은 64.27에서 61.55로 감소하여 매우 어두운 색깔을 보이고 있으며 황색도와 적색도는 각각 3.61에서 6.08, 18.26에서 22.64까지 증가하여 심하게 갈변되고 있음을 알 수 있다. 한편 미강 첨가에 따른 콜렛의 팽화율과 밀도 변화는 표 21 과 같으며 팽화율은 미강을 첨가하지 않은 대조구가 16.1으로서 가장 높았으나 반대로 밀도는 0.10 g/ml로 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한 미강 첨가량을 증가시킬수록 팽화율은 감소하고 밀도는 증가하여 미강이 콜렛의 팽화에 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

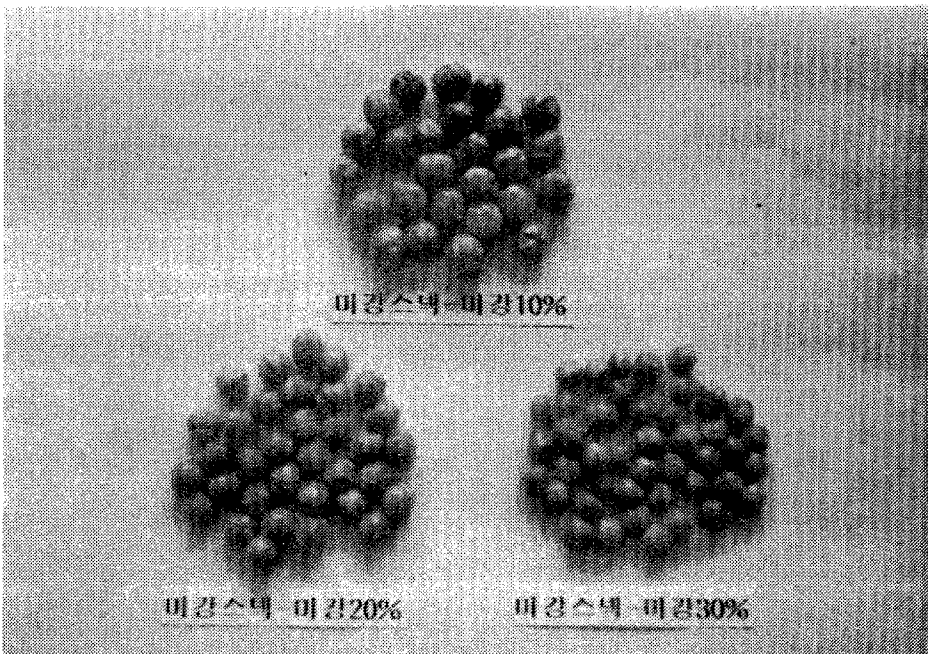
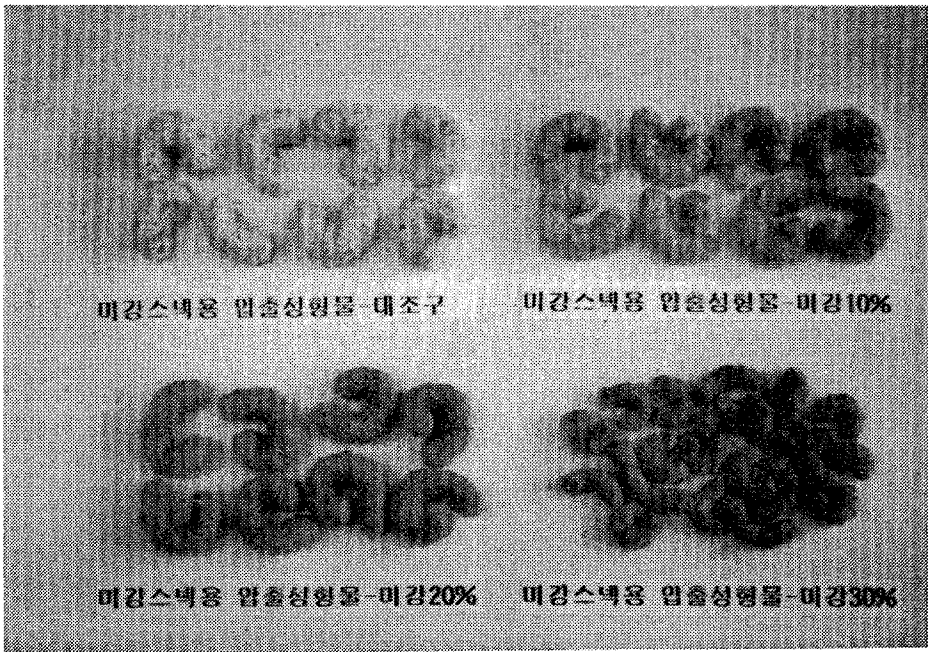


그림 2-10. 미강 첨가량에 따른 스넥용 생지의 형태

이상의 외관적인 관찰과 색깔 그리고 팽화율의 변화를 관찰한 결과 미강을 20% 이상 첨가할 경우에는 기존의 스넥 제품과 비교할 때 상품성이 저하할 수 있겠으나 미강 스넥의 기능적인 특성을 고려할 때 30% 까지의 첨가도 무방하리라 사료된다. 표의 결과에는 나타나지 않았으나 미강을 30% 이상 첨가할 경우에는 압출성형기에서 토출되는 콜렛의 모양이 매우 불량하였기 때문에 미강 스넥용 콜렛의 제조에 첨가될 미강의 첨가량이 30% 이상일 경우에는 상품적인 가치가 없는 것으로 판단되었다.

표 2-17. 미강스넥 생지의 색깔변화

Sample	L	a	b	Chroma	Hue
Control	64.27	3.61	18.26	18.61	78.9
RB-10	63.5	3.60	19.73	20.05	78.7
RB-20	63.29	4.62	21.68	22.16	78.0
RB-30	61.55	6.08	22.64	23.44	75.0

표 2-18. 미강스넥 생지의 팽화율 및 밀도의 변화

Sample	Expansion ratio	Gravity (g/ml)
Control	16.1	0.10
RB-10	13.6	0.11
RB-20	12.1	0.14
RB-30	10.3	0.18

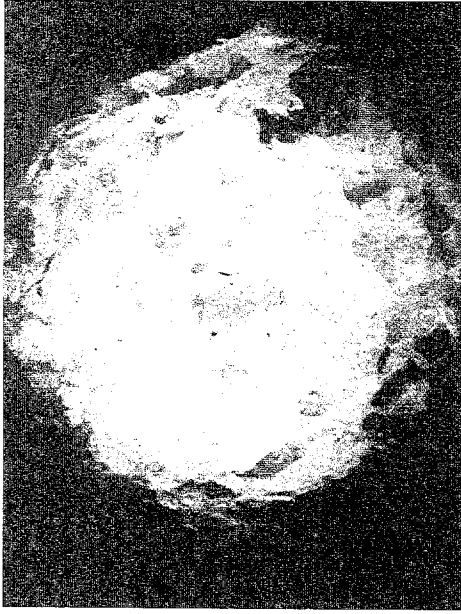
한편 미강첨가량에 따른 스넥용 콜렛 내부의 미세구조를 화상분석기로 관찰한 결과와 Texture meter에 의한 조직감 특성은 그림 2-11과 표 2-19에 나타내었다. 즉 그림에서와 같이 콜렛 내부의 미세구조는 미강을 첨가하지 않은 대조구의 경우 거대한 기공이 불균일하게 보이고 있으며 기공수도 많지 않았으나 미강 10% 첨가구에서는 기공의 크기가 줄어들면서 기공수는 증가하여 일정한 크기의 기공이 균일하게 분포하고 있음을 알수 있다. 그러나 미강 20% 이상 첨가구에서는 기공의 크기가 미세하여 지면서 부분적으로는 기공이 관찰되지 않기 때문에 팽화가 불량하였음을 알수 있다. 이러한 미세구조의 형태는 앞에서 언급한 팽화율 및 밀도의 결과와도 일치하며 미강 첨가량이 증가할 수록 딱딱한 조직감을 갖는 콜렛이 제조됨을 쉽게 추측할 수 있다. 표 2-19의 조직감 측정 결과 콜렛의 hardness 가 907에서 4472 g으로 증가한 결과와도 일치한다. 표 2-19 의 texture gram 상의 피크수는 콜렛의 crispiness를 설명할 수 있으며 피크수가 높을 수록 파삭파삭한 정도가 우수함을 설명한다. 즉 피크수는 미강 첨가량이 증가할 수록 26.6개 까지 감소하여 스넥의 가장 중요한 품질지표인 파삭파삭한 조직감이 불량해짐을 알 수 있다.

표 2-19. 미강스넥 생지의 조직감 변화

Sample	No. of peaks	Hadness (g)
Control	47.4	907
RB-10	35.8	1072
RB-20	34.0	2021
RB-30	26.6	4472



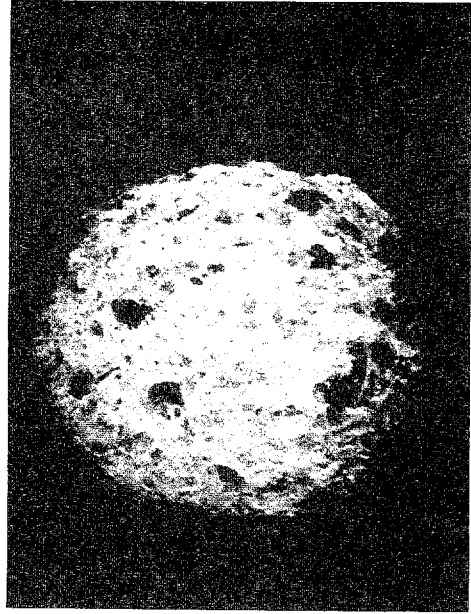
RB-Control



RB-10



RB-20



RB-30

그림 2-11. 미강첨가량에 따른 스며 생지의 단면구조

2) 미강 스넥용 콜렛의 다양화 시험

미강 스넥의 기호성과 기능성을 보장하기 위하여 콩가루를 7% 첨가하고 볶은 미강을 10-30% 사용하여 표 2-20 의 혼합비율로 다양한 콜렛을 제조하여 그의 품질 특성을 살펴보고 이들에 대한 영양성분 및 품질 특성을 측정 한 결과는 표 2-21, 2-22, 2-23, 2-24에 나타내었다.

표 2-20. 볶은미강 및 콩을 이용한 미강스넥의 원료배합 비율

재료	RB-0%	RB-10%	RB-20%	RB-30%
미분	75.0	67.5	60.0	52.5
볶은콩	9.0	8.1	7.2	6.3
옥수수전분	7.0	6.3	5.6	4.9
옥분	5.0	4.5	4.0	3.5
쇼트닝	3.0	2.7	2.4	2.1
Monoglyceride	1.0	0.9	0.8	0.7
안정화 미강	-	10.0	20.0	30.0

표 2-21은 미강첨가량에 따른 스넥용 콜렛의 영양성분 함량을 나타낸것으로 수분 함량은 최저 5.84% 에서 최고 6.16% 를 나타내 처리구간에 큰차이를 보이지 않았으며 전반적으로 스넥용 콜렛으로서 높은 수분함량을 나타내어 최종적으로 조미하기 전에 3% 이하로 건조하여야 할 것이다. 한편 단백질, 지방, 조회분 그리고 식이섬유의 함량은 미강 첨가량을 증가시킬수록 미강에서 유래된 이들 성분들의 영향으로 현저하게 증가하여 미강 첨가에 의한 영양보강 및 기능성의 증진 효과를 볼 수 있었으나 앞에서 언급하였듯이 외관이 불량하여 지기 때문에 관능검사에 의한 기호도를 감안

하여 최적의 첨가량을 결정하여야 할 것이다.

표 2-21. 각 미강스낵생지의 일반성분

Sample*	moisture	protein	fat	ash	TDF*
Control	6.15	9.82	2.92	1.14	3.09
RRB-10%	6.03	8.96	4.43	1.70	5.18
RRB-20%	6.02	10.64	5.61	2.46	7.19
RRB-30%	5.34	11.10	7.28	3.25	9.24

* RRB : Roasted Rice Bran , TDF : Total dietary fiber

표 2-22 는 미강첨가량에 따른 스낵용 쿨렛의 표면색깔의 변화를 나타낸 것으로 미강의 첨가량이 증가할 수록 명암도 (L값)은 64.30 에서 57.23으로 감소하여 매우 어두운 색깔을 보이고 있으며 황색도와 적색도는 각각 3.71에서 6.22, 18.36에서 21.16 까지 증가하여 미강을 첨가할 경우와 비슷한 결과를 나타내었다. 한편 볶음콩 및 볶음미강 첨가에 따른 쿨렛의 팽화율과 밀도 변화는 표 와 같으며 팽화율은 볶음 미강을 첨가하지 않은 대조구가 13.7로서 가장 높았으나 반대로 밀도는 0.11 g/ml로 가장 낮은 값을 나타내었다. 또한 볶음미강 첨가량을 증가시킬 수록 팽화율은 감소 하고 밀도는 증가하여 볶음 미강이 쿨렛의 팽화에 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 이상의 외관적인 관찰과 색깔 그리고 팽화율의 변화를 관찰한 결과 볶음 미강 을 20% 이상 첨가할 경우에는 기존의 스낵 제품과 비교할 때 상품성이 저하할 수 있겠으나 미강 스낵의 기능적인 특성을 고려할 때 볶음 미강도 30 % 까지의 첨가도 무방하리라 사료된다.

표 2-22. 미강스낵 생지의 색깔변화

Sample	L	a	b	Chroma	Hue
Control	64.30	3.71	18.36	19.22	78.9
RRB-10%	63.54	3.93	19.75	20.13	78.8
RRB-20%	59.86	5.39	20.87	21.56	75.6
RRB-30%	57.23	6.22	21.16	21.54	73.3

표 2-23. 미강스낵 생지의 팽화율 및 밀도의 변화

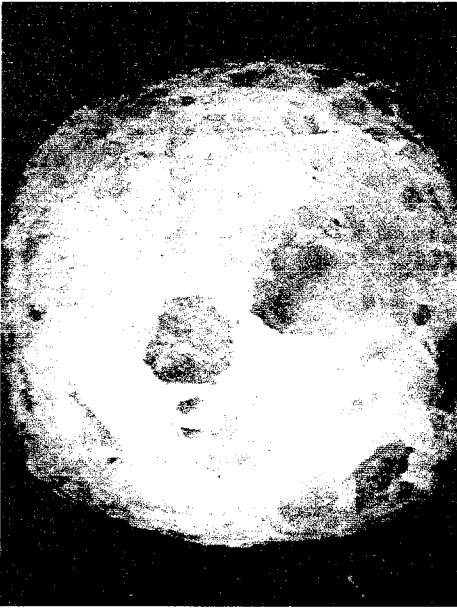
Sample	Expansion ratio	Gravity (g/ml)
Control	13.7	0.11
RRB-10	12.9	0.14
RRB-20	10.5	0.22
RRB-30	9.3	0.22

한편 볶음공과 볶음 미강의 첨가량에 따른 스낵용 콜렛 내부의 미세구조를 화상분

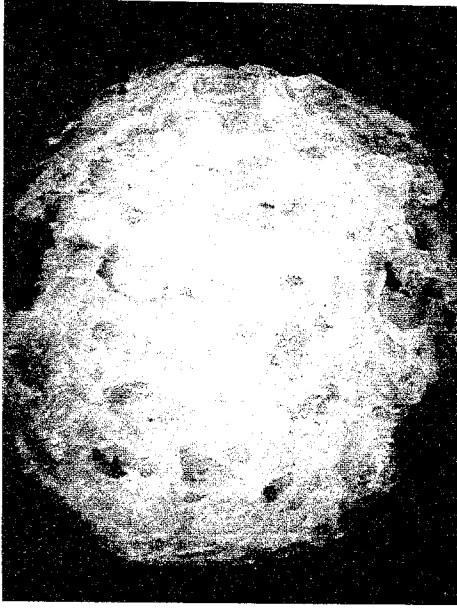
석기로 관찰한 결과와 Texture meter에 의한 조직감 특성은 그림 2-22와 표 2-24에 나타내었다. 즉 그림에서와 같이 볶음콩과 볶음 미강을 첨가하지 않은 경우와 같이 콜렛 내부의 미세구조는 볶음 미강을 첨가하지 않은 대조구의 경우 거대한 기공이 불균일하게 보이고 있으며 기공수도 많지 않았으나 미강 10% 첨가구에서는 기공의 크기가 줄어들면서 기공수는 증가하여 일정한 크기의 기공이 균일하게 분포하고 있음을 알 수 있다. 그러나 볶음 미강 20% 이상 첨가구에서는 기공의 크기가 미세하여 지면서 부분적으로는 기공이 관찰되지 않기 때문에 팽화가 불량하였음을 알 수 있다. 이러한 미세구조의 형태는 앞에서 언급한 팽화율 및 밀도의 결과와도 일치하며 볶음 미강도 첨가량이 증가할 수록 딱딱한 조직감을 갖는 콜렛이 제조됨을 쉽게 추측할 수 있다. 이는 표 2-24의 조직감 측정 결과 콜렛의 hardness가 1331에서 8767g으로 증가한 결과와도 일치한다. 표 2-24의 texture gram 상의 피크수는 대조구의 경우 45개가 관찰되어 볶음미강을 첨가할 경우 보다 높은 피크수를 나타내어 볶음미강의 첨가량이 낮을 수록 콜렛의 crispiness가 우수함을 알 수 있다.

표 2-24. 볶음미강 및 콩가루 첨가 스낵 생지의 조직감 변화

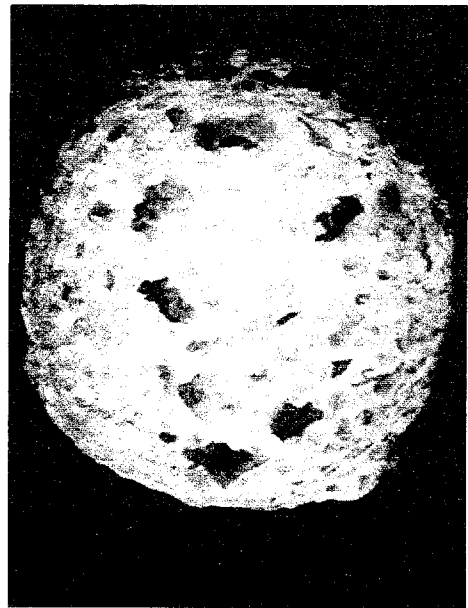
Sample	No. of peaks	Hardness (g)
Control	45.0	1331
RRB-10	37.2	2171
RRB-20	23.0	7551
RRB-30	17.8	8767



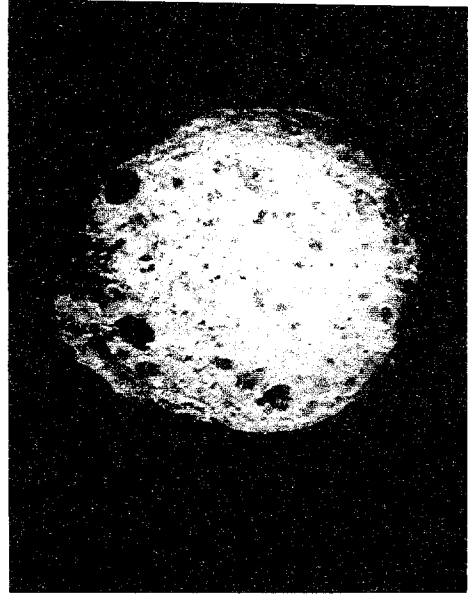
RRB-Control



RRB-10



RRB-20



RRB-30

그림 2-12. 볶음미강 및 공침가량에 따른 스넥 생지의 단면구조

다. 미강스넥의 조미시험

미강 스넥의 풍미와 맛을 증진시키기 위한 조미용 당액의 조성은 표 2-25와 같으며 이들의 조미조건에 따라 조미한 최종적인 미강 스넥 제품의 다양한 모양은 그림 2-13, 2-14 에 나타내었다.

표 2-25. 미강스넥 조미용 당액의 혼합비율

정백당	60 g
액상과당	40 g
소금	3.0 g
바닐라향	0.2 g

* 조미조건; 스넥 collet : (당액, 소금, 식용유) = 200: 80

라. 미강스넥의 기호도 조사

미강첨가량을 10%에서 30%까지 첨가하고, 스넥의 모양을 stick형과 ball 형으로 다양화 한후 표 2-25 의 조미용액을 사용하여 조미 코팅한 미강스넥의 기호도를 조사한 결과는 표 2-26, 2-27에 나타내었다. 한 스넥용 콜렛의 풍미, 외관, 조직감, 맛 그리고 종합적인 기호도는 첨가수준이 낮을수록 우수한 결과를 보이고 있으며 20% 첨가량까지는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 미강 자체의 향과 맛이 강하여 20% 정도만 첨가하여도 미강스넥 특유의 향과 맛을 부여할 수 있는 효과를 볼 수 있으며 영양성분의 측정 결과에서도 언급하였듯이 영양 강화의 효과를 볼 수 있었다. 따라서 미강 스넥을 제조하기 위한 안정화 미강의 첨가 수준은 모든 품질 특성과 외관 그리고 관능적인 기호도를 고려할 때 20% 이하가 최적이라 할 수 있으며

풍미와 맛을 보강하기 위한 적절한 조미 시험이 이루어 져야 할 것이다.

표 2-26. 미강첨가량에 따른 미강스넥의 기호도

sample*	appearance	taste	texture	overall
A-C	6.75 ^a	6.40 ^a	6.60 ^a	6.65 ^a
A-10R	5.71 ^{ab}	5.50 ^{ab}	5.29	5.57
A-10S	6.43 ^a	5.36 ^{ab}	5.14	5.79
A-20R	5.40 ^b	5.35 ^{b,c}	4.75 ^{b,c}	5.10 ^{b,c}
A-20S	4.10 ^c	5.00 ^c	4.25 ^c	4.40 ^c
A-30	3.67 ^c	4.07 ^c	3.20 ^c	3.53 ^c

* A-C; 미강 무첨가, 콩가루 무첨가

A-10R ; 미강 10%, 콩가루 무첨가, Ball 형태

A-10S ; 미강 10%, 콩가루 무첨가, Stick 형태

A-20R ; 미강 20%, 콩가루 무첨가, Ball 형태

A-20S ; 미강 20%, 콩가루 무첨가, Stick 형태

A-30 ; 미강 30%, 콩가루 무첨가,

표 2-27. 볶음미강 및 콩가루 첨가한 미강스낵의 기호도

sample*	appearance	taste	texture	overall
B-C	5.55 ^b	6.10 ^{a,b}	5.70 ^{a,b}	5.80 ^{a,b}
B-10R	6.07 ^a	4.71 ^b	5.57	5.43
B-10S	5.21 ^{a,b}	5.57 ^{a,b}	6.21	5.93
B-20R	6.15 ^{a,b}	5.65 ^{a,b,c}	6.40 ^a	6.05 ^{a,b}
B-20S	5.65 ^b	5.20 ^{b,c}	5.70 ^{a,b}	5.30 ^{b,c}
B-30	4.60 ^{b,c}	5.40 ^b	4.93 ^b	4.93 ^b

* B-C ; 볶음미강 무첨가, 콩가루 7%

B-10R ; 볶음미강 10%, 콩가루 7%, Ball 형태

B-10S ; 볶음미강 10%, 콩가루 7%. Stick 형태

B-20R ; 볶음미강 20%, 콩가루 7%, Ball 형태

B-20S ; 볶음미강 20%, 콩가루 7%, Stick 형태

B-30 ; 볶음미강 30%, 콩가루 7%

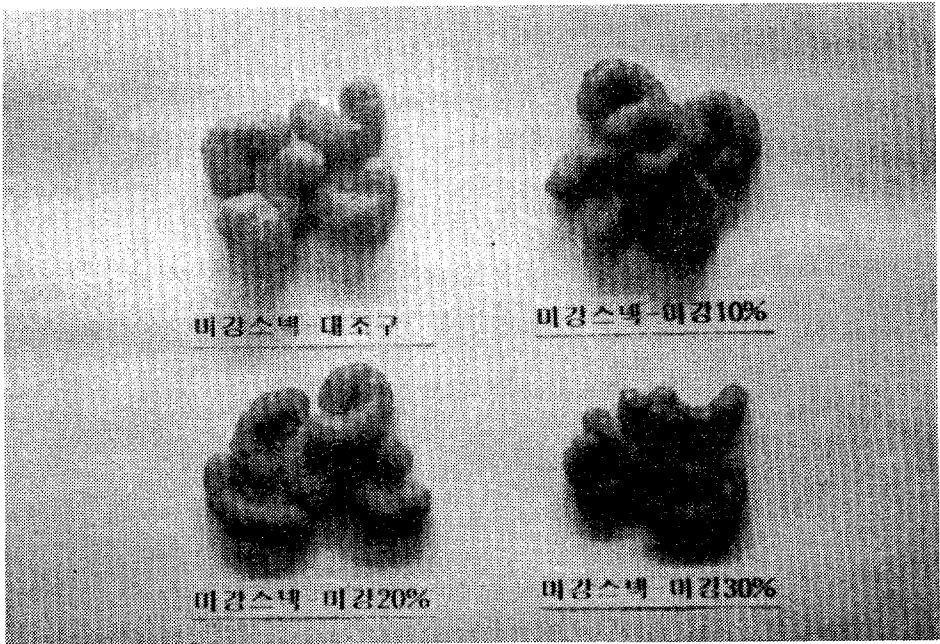
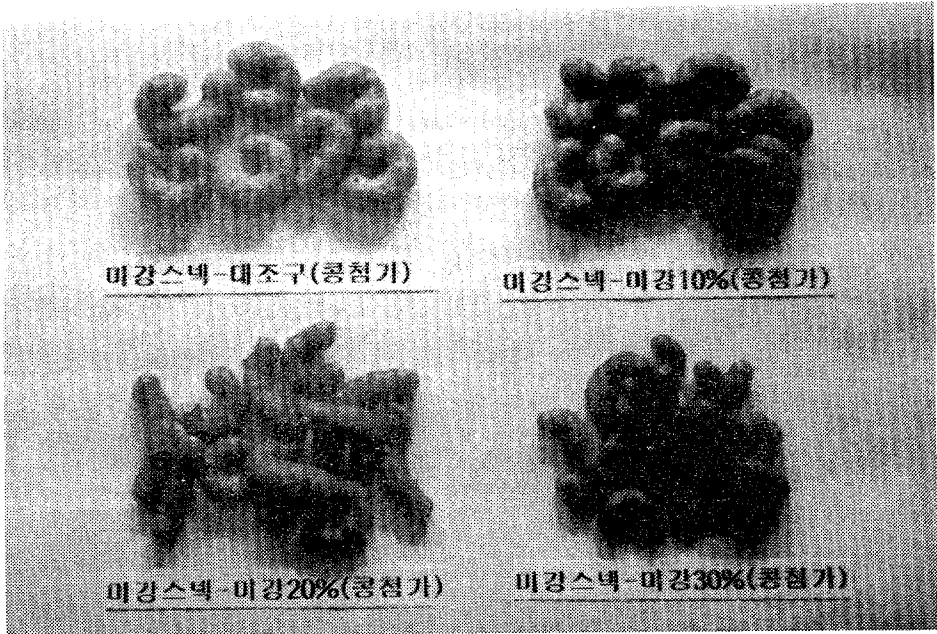


그림 2-13. 볶음미강 첨가량에 따른 미강스넥의 조미형태

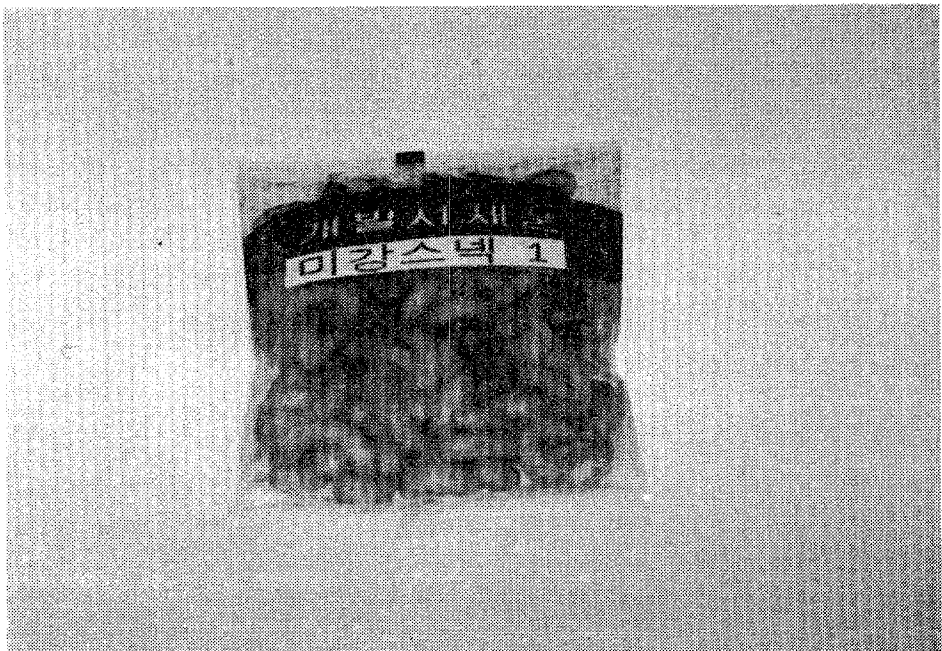
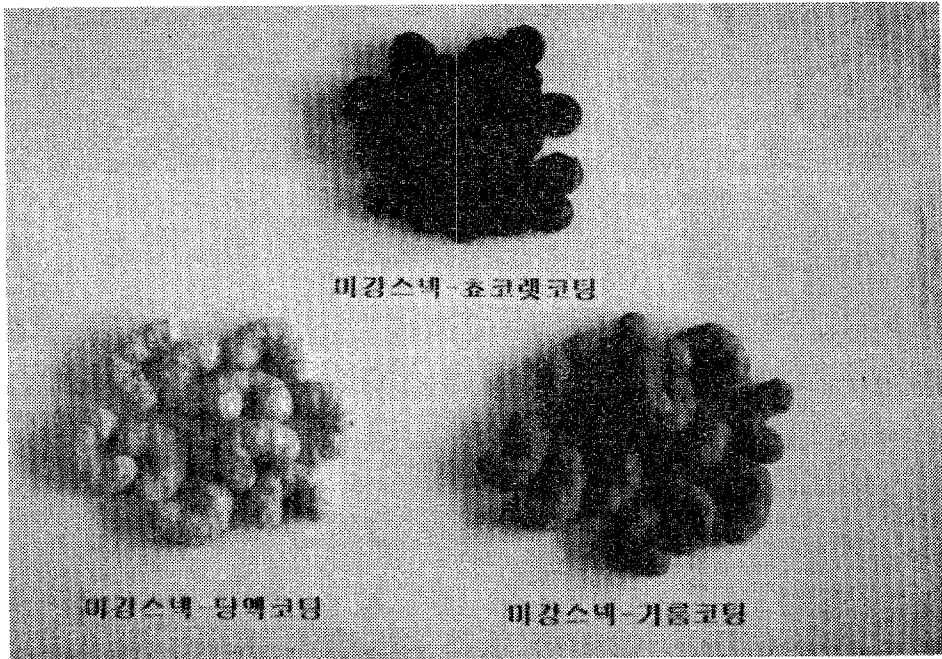


그림 2-14. 조미방법에 의한 미강스넥의 다양한 형태

제 3 장 미강식이섬유 소재 개발 및 이용기술개발

제 1 절 서 설

식이섬유는 보수력, 보유력 및 각종 무기질과의 결합력등 물리적인 성질 이외에도 혈중 콜레스테롤 함량의 저하, 대장암 예방, 음식물의 장내 통과시간 단축 등의 중요한 생리적 작용을 하는 것으로 알려져 있으며 이러한 식이섬유의 기능성 및 생리적 중요성이 대두되면서 고식이섬유 보강식품이 급진적인 속도로 증가하게 되었다. 또한 식이섬유의 영양적인 측면 뿐만 아니라 품질적으로도 보다 우수한 제품을 생산하기 위하여 밀가루에 식이섬유가 풍부한 곡류, 두류, 과채류 등의 겉껍질을 baked product에 첨가하여 식빵, 머핀, 케익, 쿠키 등의 bakery products에 적용한 연구예를 비롯하여 ready-to-eat cereal, 음료 등에 다양하게 적용되어 왔다.⁽¹⁴⁻²⁸⁾ 그러나 이들 대부분은 밀이나 oat의 bran을 사용한 것으로 우리나라의 주식인 벼를 도정함으로써 수반되는 미강에 대한 연구는 미비한 실정이다.

한편 쌀과 밀을 포함한 대부분의 곡류는 bran층에 풍부한 양의 식이섬유를 함유하고 있다. 이들 곡류의 bran층에는 지방이 존재하며 lipase에 의한 산패로 저장에 어려워 식품으로 소비되기 보다는 사료로 사용되어 왔다. 또한, 식이섬유는 그것들 구성하고 있는 성분들이 강한 결합으로 이루어져있기 때문에 자연상태로 식품에 첨가할 때는 식품의 조직감에 큰 영향을 주는 것 이외에도 lipase등 저장 중에 품질을 저하시키는 효소들과 미생물의 작용을 받게 된다. 따라서 extrusion, microwaving, frying, roasting, autoclaving 등의 열처리를 하게 되며, 열처리된 식이섬유는 화학적 조성 뿐만 아니라 인체의 생리적 기능에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.^(14,15) Wang등⁽²⁹⁾은 wheat bran을 압출성형한 결과 총 식이섬유(TDF) 및 불용성 식이섬유(IDF) 함량이 약간 감소된 반면에 수용성 식이섬유(IDF) 함량은 증가한다고 보고하였다. Chang 과 Morris⁽³⁰⁾는 autoclaving 과 microwaving처리에 의해서도 oat bran의 TDF 및 IDF 함량이 감소되지만 SDF 함량은 영향을 받지 않는다고 주장한 반면에 Valiente등⁽³¹⁾은 roasting이 cocoa bean의 IDF 및 SDF 함량에 영향을 미치지 않

았으나 IDF 구성성분들의 재배치로 lignin의 증가 및 중성당과 uronic acid 함량의 감소를 일으켰다고 보고하였다.

최근들어 미강의 주요효과로 반죽 생산량의 증가, 신선감의 유지, 설탕의 증가 및 풍부한 아미노산, 비타민, 무기물 등의 공급 등이 알려지고 있다. Skurray등⁽³²⁾은 지방을 제거한 미강 15%를 밀가루에 대체하여 빵을 제조한 결과 22.9%의 부피가 감소되었다고 보고한 반면 Sharp와 Kitchens⁽³³⁾은 15%의 미강을 첨가하여 만든 빵이 밀가루만을 사용하여 만든 빵과 크기와 부피 그리고 관능검사에서 유의적인 차이가 없었다고 보고하였으며 Hudson등⁽³⁴⁾은 60%의 미강과 40%의 밀가루를 사용하여 품질이 크게 떨어지지 않는 머핀을 제조하였다고 보고하였다. 그러나 이러한 기능특성을 가진 미강은 많은 양의 지방을 함유하고 있기 때문에 lipase에 의한 산패로 미강의 질을 급속히 저하시켜 식품으로 소재화하기가 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 도정 직후 생산된 미강은 지방을 제거하거나 압출성형을 통하여 안정화시킨 후 사용되고 있다.

따라서 본 장에서는 중요한 식이섬유원인 미강으로 부터 식이섬유를 추출하여 식품소재화 하기 위하여 미강으로부터 식이섬유를 추출하는 조건을 확립하고 미강식이섬유추출물의 물리 이화학적 특성을 조사하였다. 또한 미강식이섬유를 일정농도 첨가하여 국수, 식빵, 머핀 등의 제품 적용성도 검토하였다.

제 2 절 실험재료 및 방법

1. 미강식이섬유의 추출 및 물리 이화학적 특성

생미강은 충남 연무농협의 미곡 종합 처리장에서 도정 직후에 생산된 신선한 미강을 수거하여 사용하였고, 탈지미강은 (주) 신양현미유에서 미강유 제조 후에 정선한 탈지미강을 구입하여 사용하였다. 밀가루는 1등급 무표백 강력분 (대한제분)을 시장에서 구입하여 사용하였다. 식이섬유 분석용 kit는 Sigma사 (St. Louis, MO, USA)의 total dietary fiber kit를 사용하였다.

가. 미강의 전처리

도정 직후에 수거한 신선한 미강은 미강의 안정화를 위하여 재래식 볶음기와 압출성형기를 이용하여 열처리하였다. 볶음미강은 미강 4.5 kg을 볶음기에 넣고 볶음기의 온도 120℃에서 20분간 볶아 제조하였다. 압출성형기를 이용한 안정화미강은 (주) 남성산업에서 제작한 동방향 쌍축스크류 압출성형기 (Corotating Twin Screw Extruder, 모델명: Festina FX40)를 사용하였으며, 20% 수분 함량으로 조정된 미강 30 kg을 토출기에 넣고 토출기의 온도 140℃와 스크류의 회전속도 400 rpm에서 제조되었다. 상기에 의해 얻어진 생, 볶음, 안정화미강은 4 volume의 hexane을 첨가한 후 진탕기에서 하룻밤 동안 진탕시켜 미강내의 지방을 제거한 후 건조하여 시료로 사용하였다.

나. 미강식이섬유 조제

미강에 4 volume (v/w)의 hexane을 첨가한 후 진탕기에서 하룻밤 동안 진탕하고 여과하여 용매를 제거하였다. hexane처리 후 건조한 미강 150g에 0.6% termamyI (Novo사) 1 L를 가하여 95℃에서 1시간동안 반응시킨 후 여과한 다음 잔사를 4 volume (v/w)의 열수로 3회 수세, 처리한 후 에탄올을 사용하여 1회의 에탄올처리를 하였다. 이렇게하여 얻은 식이섬유 추출물을 50℃의 열풍건조기에서 하룻동안 건조

한 후 pin mill (경창기계제작소)로 분쇄, -20℃ 냉동고에 보관하며 사용하였다.

다. 미강식이섬유의 분석

제 2 장과 동일한 방법으로 분석하였다.

라. 미강에서 추출한 식이섬유의 이화학적 특성 분석

미강에서 추출한 식이섬유의 수분, 단백질, 조지방, 회분함량은 AOAC방법⁽³⁵⁾에 따라 분석하였다. 무기질함량은 AOAC method 985.01⁽³⁵⁾를 사용하여 ICP로 측정하였다. 열처리한 미강식이섬유의 미세구조는 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, Model 1820, AMRAY Inc., Bedford, MA, USA)으로 1000배 확대하여 관찰하였다.

마. 색도 및 보수력 측정

색도는 CR-200 Chroma meter (Minolta Inc., Japan)를 사용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 측정하였으며 5회 측정값의 평균값으로 나타내었다. 보수력은 Chen 등⁽³⁶⁾이 사용한 방법으로, polyethylene 원심분리관에 1g의 시료와 증류수 30 ml를 가한후 Vortex mixer로 1분간 섞어 상온에서 1시간동안 방치한 다음 12,000×g에서 15분간 원심분리하였다. 원심분리후 상층액을 버리고 원심분리관을 거꾸로하여 15분간 물기를 제거, 무게를 구하였다. 이것을 동결건조하여 무게를 구하였으며 수분을 흡수한 상태의 중량과 건조중량과의 차이를 보수력으로 계산하였다.

바. RVA (Rapid Visco-analyzer)를 이용한 호화도 측정

밀가루의 호화 양상은 Rapid Visco-Analyzer (Newport Scientific Pty. Ltd., NSW, Australia)를 사용하여 측정하였다. 즉 미강식이섬유를 함유한 밀가루 (3.5 g)에 25ml의 증류수를 가한 시료 현탁액을 50℃부터 95℃까지 분당 6℃로 가열하고 95℃에서 5분간 유지시킨 다음 분당 6℃로 50℃까지 냉각시켰다. RVA로부터 호화개

시온도, 최고점도, 최고 점도에 도달하는 시간, 최저점도, 냉각점도와 setback (냉각 점도/냉각시작 직전의 점도)을 구하였다. 미강 식이섬유가 호화성질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 밀가루의 1%, 5%, 10%에 해당하는 양의 미강 식이섬유를 첨가하여 사용하였다.

사. DSC (Differential Scanning Calorimetry)를 이용한 호화 및 노화 측정

시료의 호화 및 노화 특성은 Rheometric Scientific DSC (PL)를 사용하여 분석하였다. 밀가루와 밀가루에 1, 5, 10%의 미강 식이섬유를 첨가한 시료 6-7 mg을 hermetic aluminium pan에 넣고 일정량의 증류수를 microsyringe로 가하여 70%수분 함량으로 조정한 후 sample encapsulating press를 사용, 밀봉하였다. Reference pan은 빈 pan을 밀봉하여 사용하였다. 밀봉후 시료는 수분 확산을 위하여 1시간 동안 실온에 방치하여 가열하였다. 시료는 25℃에서 130℃까지 분당 10℃로 가열하였으며, T_0 , T_p 와 ΔH 는 endothermic curve로부터 계산하였다. 시료의 노화 측정은 밀봉한 시료를 끓는 물에서 5분간 호화시킨후 4℃에서 일정 기간 저장한 후 2차 가열하여 DSC thermogram을 얻어 노화도를 결정하였다.

아. 미강 식이섬유를 첨가한 밀가루의 페리노그래프

미강 식이섬유를 첨가한 밀가루의 페리노그래프 성질은 AACC method 54-21⁽³⁷⁾을 사용하였다. 즉, 미강 식이섬유를 3, 6, 9% 되게 첨가한 밀가루 300g (14% 수분기준)을 취하여 페리노그래프로 수분흡수율, 반죽형성시간, 안정성 등을 조사하였다.

2. 미강식이섬유의 가공적성 검토

가. 미강식이섬유의 입자크기 분포도 측정

미강 식이섬유의 입자크기 분포도는 50g의 미강 식이섬유를 취해 RX-86 Sieve Shaker (Tyler Inc., Mentor, OH, USA)를 사용하여 측정하였다. 즉, 일련의 표준시료체 (No 45, 60, 80, 100, 120, 140)를 sieve shaker에 장착하여 맨윗층에 시료 50g을 담은후 20분간 진탕하였다. 각 sieve에 남아있는 시료를 조심스럽게 수거하여 무게를 측정한후 %로 환산하였다.

나. 미강 식이섬유의 첨가에 따른 밀가루의 리올로지

미강 식이섬유를 첨가한 밀가루의 리올로지 측정은 페리노그래프를 사용하여 AACC방법⁽³⁸⁾에 따라 측정하였다. 밀가루에 미강 식이섬유를 3, 6, 9% 되게 첨가, 혼합한 후 300g (수분 14% 기준) 취하여 페리노그래프로 수분흡수율, 반죽형성시간, 안정성, 저항도 등을 조사하였다. 각 시료의 호화양상은 아밀로그래프를 사용하여 Medcalf 와 Gilles의 방법⁽³⁹⁾으로 측정하였다. 즉, 각 시료의 무수물을 계산한 후 12% 농도 (건량기준)의 현탁액을 만들고 30℃부터 95℃까지 분당 1.5℃의 속도로 가열하고 95℃에서 15분간 유지한 다음 분당 1.5℃의 속도로 50℃까지 냉각하였다. 아밀로그래프로부터 호화개시온도, 최고점도, 최고점도에 도달하는 시간, 95℃에서 15분후의 점도 및 최종점도를 구하였다.

다. 국수 적용시험

1) 국수의 제조

미강 식이섬유를 국수 제조용 중력분에 3, 6, 9%되게 첨가한 시료 5 kg에 물 (0, 3, 6, 9% 첨가 시료에 대하여 30, 31, 32, 33%)과 소금 (2%)을 첨가하여 플라스틱 통에 넣고 손으로 10분간 반죽한 다음 3시간 동안 실온에 방치한 후 국수제조기 (삼성기계제품)의 롤간격을 8mm로하여 sheeting하고 두 면대를 복합하여 롤간격

8mm인 복합롤에서 다시 sheeting하였다. 이를 6단계(4.2mm, 3.0mm, 2.3mm, 1.8mm, 1.5mm, 1.5mm)에 거쳐 국수의 두께를 점차로 감소시켜 최종 1.5×1.9mm 굵기의 생 국수를 제조, 시료로 사용하였다.

2) 국수의 색도 측정

생산된 제품들의 색도는 CR-200 Chroma meter (Minolta Inc., Japan)를 사용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)값을 측정하였으며 5회 측정값의 평균값으로 나타내었다.

3) 국수의 조리특성 시험

국수의 조리시험은 이 등⁽⁴⁰⁾의 방법에 따라 실시하였다. 국수 50g을 500ml의 끓는 증류수에 넣고 3분간 조리후 건져서 흐르는 냉수에 30초간 냉각시킨후 2분간 방치하여 물을 뺀 무게로 국수의 중량을 계산하였고, 국수의 부피는 국수의 중량을 측정한 직후 500ml의 증류수를 채운 1 L용 mess cylinder에 담근후 증가하는 부피로 구하였다. 조리 손실은 국수를 3분간 조리한 후 남은 조리액을 미리 항량을 구한 500ml beaker에 담아 105℃ 건조기에 하룻밤 건조시킨 후 측정된 무게로부터 구하였다. 중량, 부피 및 조리 손실 측정값은 최소한 3회 이상 반복하였다.

4) 조리한 국수의 텍스처 측정

조리한 국수의 텍스처는 TA-XT2 Texture analyzer (Texture Technologies Corp., Scardale, NY)를 사용하여 측정하였다. 즉, 3분간 조리하고 냉각한 국수를 2분간 방치한 후 3개의 국수가닥을 platform에 일정한 간격을 두고 올려놓은 다음 직경 4cm, 두께 0.5cm의 원형 probe를 사용하여 측정하였다. 텍스처 측정에 사용된 Texture analyzer의 측정조건은 표 3-1과 같다. 텍스처 측정은 실험오차를 최소로 줄이기 위하여 각 시료를 3등분하여 조리하였고 각 등분마다 10회씩 30분 이내에 측정하여 얻은 30개의 data중 평균값과 심한 차이가 나는 5-6개의 data를 버리고 24-25개의 data로 평균값을 얻었다.

표 3-1. 국수 조직감측정을 위한 texture analyzer의 측정조건

Option	T.P.A	Post-test speed	'10.0 mm/s
Force unit	Grams	Strain	60%
Distance format	Strain	Time	2.0s
Pre-test speed	5.0 mm/s	Trigger type	Auto
Test speed	0.5 mm/s	Trigger force	20g
Maximum force	2.0-3.0 kg-force	Pause between first and second compress	0.5 sec

5) 조리한 국수의 관능검사

조리한 국수의 관능검사는 한국식품개발연구원에 근무하는 30명의 연구원을 대상으로 9단계 소비자 기호척도법으로 평가하였다. 즉, 밀가루에 미강 식이섬유를 3, 6, 9% 되게 첨가하여 만든 국수를 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도에 대하여 1 (대단히 나쁘다)에서 9 (대단히 좋다)까지의 점수를 사용하여 평가하였다. 관능검사 시작 10분전에 조리한 국수를 흐르는 물에 냉각시킨 후 관능검사용 사기그릇에 담아 뚜껑을 닫고 미리 끓여 놓은 조미액과 함께 관능검사원에게 평가하도록 제시하였고 결과는 ANOVA에 의해 분석하였으며 유의성검정은 Student Newman Keuls Test를 사용하였다.

라. 식빵에의 적용시험

1) 식빵의 제조

식빵은 AACC method 10-10A⁽⁴¹⁾를 적용하여 밀가루 100g, 설탕; 6g, 소금; 3g, 쇼트닝; 3g, 이스트; 5g, 탈지분유 2g과 물을 사용하여 제조하였다. 즉, 밀가루에 미강에서 추출한 식이섬유를 3, 6, 9%의 비율로 충분히 혼합한후 기타 부원료를 첨가하여 KitchenAid Mixer (KitchenAid Inc. Model K5SS, St. Joseph, Michigan, USA)에서 3분 정도 mixing하여 dough를 얻었다. 얻어진 dough는 온도 30℃, 상대

습도 80%로 고정된 fermentation cabinet (대영공업사)에서 2시간동안 발효시켰으며, 처음 55분간의 1차발효 후에 roll spacing을 사용하여 1차 punching을한 다음 dough를 다시 bowl에 넣고 40분후 2차 punching을 하였다. 2시간의 발효를 마친 dough는 sheeting 과 molding을 한 후 pan에 넣고 55분간의 3차발효 (proofing)를 거친 다음 baking oven (대영공업사)에 넣고 220℃에서 25분간 baking하였다.

2) 식빵의 특성 조사

Loaf의 무게와 부피는 baking한 loaf를 1시간동안 실온에 방치한 후에 측정하였으며, 부피는 종자치환법으로 측정하였다. Crust color 와 crumb texture는 제빵 24시간 후에 육안으로 검사하였고, control loaf와 비교하여 1에서 10까지의 점수를 사용하였다.

3) 식빵의 관능검사

식빵의 관능검사는 한국식품개발연구원에 근무하는 30명의 연구원을 선별하여 실시하였다. 즉, 밀가루에 미강 식이섬유를 3, 6, 9% 되게 첨가하여 만든 식빵을 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도에 대하여 1 (대단히 나쁘다)에서 9 (대단히 좋다)까지의 점수를 사용하여 평가하였다. 시료는 관능검사 시작 10분전에 관능검사용 그릇에 담아 관능검사원에게 평가하도록 제시되었고 결과는 ANOVA에 의해 분석하였으며 유의성검정은 Student Newman Keuls Test를 사용하였다.

마. 고추장예의 적용시험

1) 고추장 실험재료

실험에 사용한 생미강은 연무농협 미곡종합 처리장에서 도정직후의 신선한 것을 구입하였고 미강식이섬유는 본 연구에서 추출한 미강식이섬유를 ball mill로 분쇄하여 사용하였다. 밀쌀은 (주) 삼진물산에서 구입하여 사용하였고 고춧가루는 시중에서 판매되는 고추장용 고춧가루를 구입하여 사용하였다. 제국용 사용균주인

*Aspergillus Oryzae*는 (주) 해찬들 식품에서 분양받아 종균으로 사용하였다.

2) 미강식이섬유를 이용한 고추장의 제조

미강식이섬유를 첨가한 고추장은 그림 3-2와 같은 배합비로 배합하여 그림 3-1과 같이 하여 제조하였다. 즉 미강식이섬유와 밀쌀로 혼합한 혼합분에 물을 가하여 수분함량이 35%로 되게 조절한 다음 시루에 넣어 1시간 동안 증숙하여 냉각하여 원료의 0.1%에 상당하는 *Aspergillus Oryzae*를 접종하고 25℃ 배양기에서 이틀 동안 배양 제균하였다. 제균후 식염 및 물을 첨가하여 식염의 농도를 8%, 수분의 함량을 47%되게 가하고 항아리에 옮겨 25℃에서 30일간 숙성하였다. 숙성된 사입물의 일부를 시료로 채취하여 분석하였고나머지는 고춧가루를 섞어 담금한 후 균질화, 살균하였다.

3) 고추장 시료의 성분분석

가) 수분정량

상법에 의거하여 분석하였다.

나) 염도 측정

염도는 Mohr법에 따라 분석하였다. 즉, 시료 5g을 증류수 20mL에 넣고 충분히 혼합(균질화)한 후 100mL로 정용하였다. 정용한 시료는 5분간흔들면서 균질화한 다음 여과하여 공시액을 제조하였다. 조제한 공시액 10 mL를 100 mL 삼각플라스크에 취하고 0.2% K_2CrO_4 1mL를 가하고 역가를 아는 0.1N $AgNO_3$ 용액으로 적정하였다.

다) 수분활성도

Novasina (Humidat-IC II, Swiss)수분활성도 측정기를 사용하여 25℃에서 측정하였다.

라) 환원당

시료 0.8g에 증류수를 넣어 200mL로 정용한 다음 2000rpm에서 2시간 교반한후 50mL를 취하여 10% lead acetate 5 mL와 3.2% sodium oxalate 5mL를 넣어 단백질을 제거, 여과한 다음 100mL로 정용하였다. 그중에서 2mL를 취한후 Somogyi-Nelson법에 따라 glucose 표준곡선과 비교하여 환원당의 함량을 구하였다.

마) 아미노태질소

시료 5g을 250 mL 비이커에 넣고 증류수 100 mL를 가하여 1시간 동안 교반하여 고추장을 충분히 혼합한 후 0.1N NaOH 용액으로 pH 8.4까지 적정하였다. 이액에 중성포르말린용액(37%) 20 mL를 가한 다음 다시 0.1N NaOH용액으로 pH 8.4까지 적정하였고 별도의 바탕시험을 행한 후 다음식에 따라 아미노태질소 함량을 측정하였다.

$$\text{아미노태질소(\%)} = ((A-B) \times 1.4 \times F \times 100) / \text{시료량(g)}$$

A: 0.1N NaOH용액의 시료적정량 (mL)

B: 0.1N NaOH용액의 바탕시험적정량 (mL)

C: 0.1N NaOH용액의 농도계수

바) pH

시료 10g을 증류수 10ml로 희석하여 1시간정도 충분히 교반하여 균질화한 후 pH meter로 측정하였다.

사) 적정산도

pH를 측정한 시료(10 g)를 0.1N NaOH로 pH 8.4가 될 때까지 적정하여 소비된 mL수를 적정산도로 나타냈다.

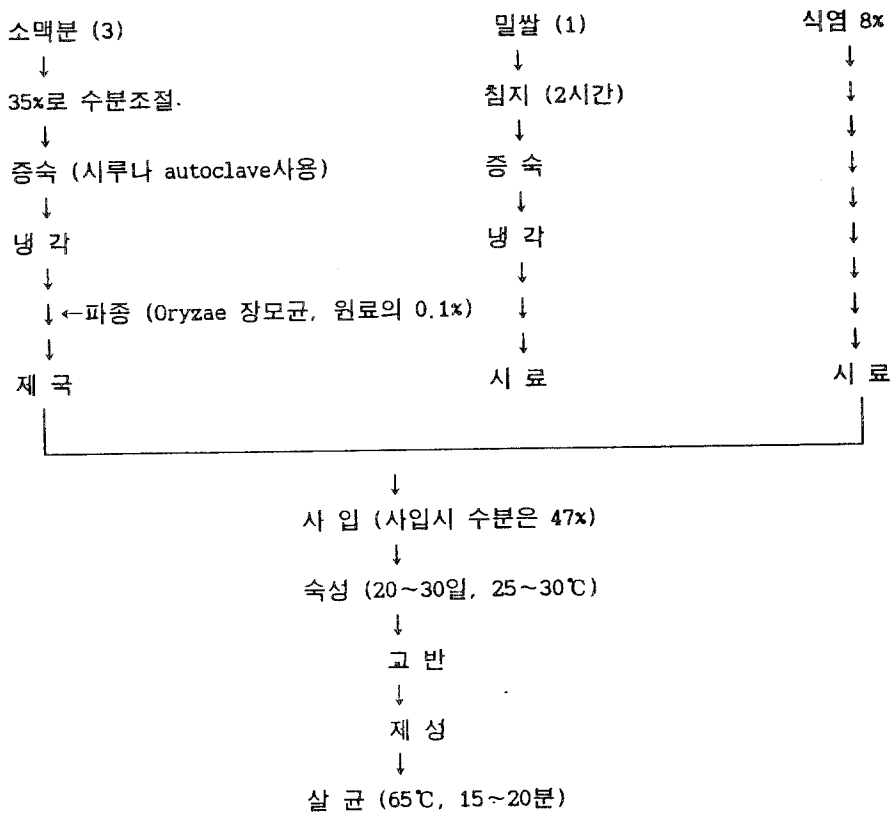


그림 4-1. *Aspergillus Oryzae*를 이용한 고추장 제조 방법

표 4-2. 고추장 제조시 미강식이첨유 첨가 배합비

A:수분 53% B:염도 8.0%

DF - 1		투입량	원 곡			증지제국후		총 량 $\frac{D \times 100}{100 - E}$
			수 분			수 분 (%) E	수분량 G-D	
			% B	수분량 $a \cdot b = c$	건물량 $a - c = d$			
곡자	소맥분	1,050	13	137	914	12.3	128	1,042
	소맥분							-
덧밥	밀쌀	300	13	39	261	40	174	435
	DF	150	8	12	138	55.8	174	312
	대두		11	0	0	57	0	0
	탈지대두			0	0		0	0
소계							476	1,789
a)NaCl								269
b)증수						염도(w/w):	17.08	1,307
염수량								
총계								3,365

A:수분 53% B:염도 8.0%

DF - 2		투입량	원 곡			증지제국후		총 량 $\frac{D \times 100}{100 - E}$
			수 분			수 분 (%) E	수분량 G-D	
			% B	수분량 $a \cdot b = c$	건물량 $a - c = d$			
곡자	소맥분	1,050	13	137	914	12.3	128	1,042
	소맥분							-
덧밥	밀쌀	150	13	20	131	40	87	218
	DF	300	8	24	276	55.8	348.4344	624.4344
	대두		11	0	0	57	0	0
	탈지대두			0	0		0	0
소계							564	1,884
a)NaCl								271
b)증수						염도(w/w):	18.04	1,230
염수량								
총계								3,385

A:수분 53% B:염도 8.0%

DF - 3		투입량	원 곡			증지제국후		총 량 $\frac{D \times 100}{100 - E}$
			수 분			수 분 (%) E	수분량 G-D	
			% B	수분량 $a \cdot b = c$	건물량 $a - c = d$			
곡자	소맥분	1,050	13	137	914	12.3	128	1,042
	소맥분							-
덧밥	밀쌀	-	13	-	-	40	-	-
	DF	450	8	36	414	55.8	523	937
	대두		11	0	0	57	0	0
	탈지대두			0	0		0	0
소계							651	1,978
a)NaCl								272
b)증수						염도(w/w):	19.10	1,153
염수량								
총계								3,404

제 3 절 결과 및 고찰

1. 전처리 미강식이섬유 추출물의 물리화학적 특성

Termamyl로 처리한 탈지미강 식이섬유들 (생, 압출성형, 볶음)은 지방 1.8-2.5%, 단백질 27.3-30.5%, 회분 9.4-13.2%를 함유하여 (표 3-3) 열처리에 의한 영향을 크게 받지 않았으며 일반적으로 미강중에 함유된 양 (지방 17-22%, 단백질 12-16%, 회분 7-10%)보다 termamyl처리로 약 2배 이상의 단백질함량이 증가하였다. 생미강 식이섬유의 불용성 식이섬유(IDF) 함량은 54.1%였으며 압출성형 (49.7%)에 의하여 약간 감소한 반면에 수용성 식이섬유(SDF) 함량은 압출성형에 의해 1.9%에서 2.7%로 크게 증가하였다. 본 연구에서 얻은 결과는 Wang등⁽²³⁾과 Aoe등⁽⁴²⁾이 보고한 결과와 일치하는 경향을 나타냈으며, Wang등⁽²⁹⁾은 밀기울을 압출성형한 후에 측정된 IDF의 감소 및 SDF의 증가는 탄수화물과 단백질체의 공유결합이나 비공유결합이 압출성형에 의해 파괴되어 보다 적은 가용성 분자단위로 되기 때문이라고 주

표 3-3. 미강전처리 조건별 미강식이섬유 추출물의 일반성분 및 식이섬유함량

samples	Moisture (%)	fat (%)	protain (%)	ash (%)	IDF (%)	SDF (%)
processed with thermamyl treatment						
raw	11.0	2.0	30.5	12.2	54.1	1.9
extruded	9.5	1.8	29.4	9.4	49.7	2.7
roasted	10.5	2.5	27.3	13.2	52.3	2.2

*Total N% X 6.25

장하였다. 또한 Aoe등⁽⁴²⁾은 압출성형을 통하여 식이섬유중의 수용성 헤미셀룰로오스 분획이 용출되어 SDF 함량이 증가한다고 보고하였다. 이는 미강 식이섬유의 주성분이 헤미셀룰로오스⁽⁴³⁾인 점을 감안할 때 본 연구에서 압출성형에 의한 SDF 함량의 증가를 뒷받침해주고 있다.

한편 볶음처리에 의해서는 IDF 및 SDF 함량이 52.3% 와 2.2%로 크게 영향을 받지 않았다. Valiente등⁽³¹⁾은 Cocoa bean의 IDF 함량은 볶음처리에 의해 크게 영향을 받지 않지만 IDF 구성성분들의 재배치로 인한 이들의 양이 변화하며 특히 lignin의 증가 및 중성당과 uronic acid가 감소한다고 보고하였으며, Van Soest⁽⁴³⁾는 밀기울을 50°C이상으로 열처리함으로써 Maillard browning을 일으키는 산물들이 형성되며 이들이 실제 lignin fraction과 함께 분리된다고 하였다. 그들은 밀기울을 177°C 오븐에서 30분간 볶음처리함으로써 2.87%에서 4.28%로 리그닌을 증가시켰고 60분간의 처리로 12.2% 증가시켰다고 보고하였다.

표 3-4는 termamyl로 처리한 미강 식이섬유들의 무기질 함량을 나타낸 결과로서 모든 미강식이섬유의 무기질은 인(P)의 함량이 가장 높았으며 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 칼륨(K), 칼슘(Ca)의 순으로 높게 나타났으며 망간(Mn), 철(Fe), 알루미늄(Al)등이 소량 함유되어 있었다. 특히 인은 미강에 존재하는 무기질중 가장 중요한 것으로 알려져 있으며 phytic acid, nucleic acid, inorganic phosphate, carbohydrate,

표 3-4. 미강식이섬유 추출물의 무기질 함량

(ppm)

Minerals	raw	extruded	roasted
P	26,600	19,000	31, 975
Ca	1,357	880	1,300
Fe	183	157	183
Al	68	60	68
Mg	13,975	10,825	13,975
K	7,950	9,300	7,950
Na	16,525	18,175	16,525
Mn	456	275	456

phosphatide로서 존재한다⁽¹⁹⁾. 미강 전처리를 달리한 시료들의 경우 무기질의 함량

순위는 변화가 없었으나 각 시료간에 함량의 차이는 크게 나타났다. 예를들면, 볶음 처리한 미강시료의 인함량 (31,975 ppm)은 다른 시료들 (생미강 26,600 ppm, 압출성형미강 19,000 ppm)보다 높았으나 그이외의 무기질 함량은 생미강 시료와 거의 유사하였다. 그러나 압출성형한 미강은 다른 두 시료에 비해 많은 양의 나트륨 (18,175 ppm)과 칼륨 (9,300 ppm)을 함유하고 있을뿐 다른 무기질 함량은 적어 압출성형에 의하여 큰 영향을 받았다.

Termamyl을 처리한 미강 식이섬유의 색도 및 보수성은 표 3-5에 나타나 있다. 밝기를 나타내는 백색도 (L값)는 압출성형에 의해 증가되어 밝은색을 나타냈으나 볶음처리에 의해서는 오히려 감소되어 가장 어두운 색을 보였다. 적색도 (a값)와 황색도 (b값)는 압출성형에 의해 크게 영향을 받지 않았으나 볶음처리에 의해서는 크게 증가하였다. 따라서 볶음미강 식이섬유의 낮은 L값과 높은 a와 b값은 높은 온도에서 볶음처리에 의하여 갈변이 더욱 진행되었음을 시사한다.

표 3-5. 미강전처리 조건별 미강식이섬유의 색도 및 보수성

sample	Color			water binding capacity (g/g)
	L	a	b	
processed with thermamyl treatment				
raw	74.6	1.3	18.0	3.6
extruded	76.2	1.5	19.0	4.2
roasted	72.7	3.4	21.0	3.4

미강 식이섬유의 보수성은 압출성형하여 얻은 미강 식이섬유가 4.2g H₂O/g고형물로 생미강식이섬유의 3.6g H₂O/g고형물과 볶음처리하여 얻은 식이섬유의 3.4g H₂O/g고형물보다 높은 값을 나타냈다 (표 3-5). 이는 압출성형시 사용되는 높은 온도와 압력으로 인한 팽화로 형성된 기공의 증가와 미강에 잔존하는 전분의 호화 및 섬유질 성분의 결정도 감소에 의한 것으로 특히 호화된 전분은 식이섬유의 주성분을 이루고

있는 cellulose나 hemicellulose에 비해 보수력이 큰 것으로 알려져 있다. 그러나 본 연구에서 식이섬유를 추출하기 위하여 termamyl 처리를 한 것을 감안할 때 전자에 의하여 압출 성형미강이 높은 보수성을 가지는 것으로 사료된다. 특히, 그림 3-2에서 보는 바와 같이 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscopy)으로 관찰한 생미강 식이섬유의 표면은 세포벽이 손상되지 않은채 치밀하고 뚜렷한 구조로 세포벽 내부에 원형의 단백질로 채워져 있었다. 그러나 압출성형에 의해 세포벽의 기본골격이 상당히 파괴, 손상되었으며 볶음처리에 의해서는 완전히 붕괴되어 형태를 알아볼 수 없을 정도로 전혀 다른 구조를 보였다. 이러한 물리적 변화에 의한 식이섬유의 높은 보수성은 소화력의 저하, 변의 부피 및 무게 증가, serum triglycerides 저하와 관련이 있는 것으로 알려져 있다.⁽⁴⁴⁾

2. RVA로 측정된 미강식이섬유의 호화에 대한 영향

RVA는 밀가루나 전분의 호화 특성을 측정하기 위하여 Amylograph를 대신하여 쓰여지고 있으며, 적은 양의 시료를 사용할 수 있고 기계 작동 시간이 빠르다는 이점을 가지고 있다. 표 3-6은 밀가루의 호화 특성에 대한 생, 탈지, 볶음, 안정화미강으로부터 추출한 식이섬유들의 영향에 대해 RVA를 사용하여 얻은 결과를 나타내고 있다. 밀가루에 10% 첨가된 각종 미강 식이섬유들은 밀가루 자체가 갖는 호화 개시 온도 (60.85℃)를 1.2-2.8℃ 증가시켰으며, 또한 최고점도, 최고점도에 도달하는 시간, 최저점도 및 50℃에서의 최종점도를 증가시켰다. 10% 첨가된 미강 식이섬유 시료들 사이에서는 생미강 식이섬유를 첨가했을때가 볶음처리나 extrusion처리를 한 시료들을 첨가했을때보다 높은 호화개시온도, 최고점도 및 최종점도를 나타냈으나 볶음미강 식이섬유와 extrusion미강 식이섬유 사이에는 큰 차이를 보이지 않았다. setback의 경우 미강 식이섬유 무첨가시가 2.00으로 가장 높았으며, 미강 식이섬유를 첨가했을 때는 1.97-1.99로 약간 낮은 경향을 보였으며 각 미강 시료들 사이에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 이결과는 Mod등⁽⁴⁵⁾이 hemicellulose가 쌀가루 pasting 점도에 미치는 영향을 조사한 연구에서 ester 결합으로 존재하는 ferulic acid가 산화에 의해

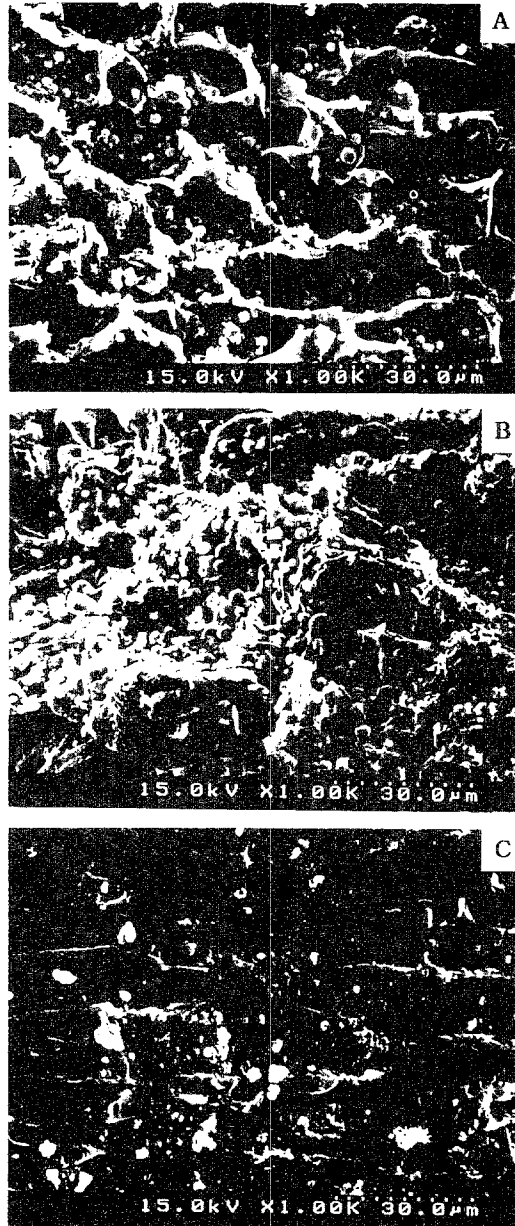


그림 3-2. 주사전자현미경에 의한 미강식이섬유의 미세구조

(A : defatted rice bran dietary fiber ($\times 1000$), B : extruded defatted rice bran dietary fiber ($\times 1000$), C : roasted defatted rice bran dietary fiber ($\times 1000$))

diferulic acid로 되며 이것이 pentosan과 crosslinking을 함으로써 pentosan을 불용성으로 만들기 때문에 쌀가루 pasting의 점도를 감소시킨다고 보고한 것과는 상반되는 결과이다. 본 연구에서 나타난 미강 식이섬유 첨가에 따른 밀가루 pasting의 점도증가는 아마도 밀가루와 미강 식이섬유 혼합물의 현탁액에서 미강 식이섬유들이 수화를 위해 먼저 물을 점유하여 사용하기 때문에 밀가루 중의 전분입자들이 수화를 하기 위해 이용할 수 있는 물이 결과적으로 적어져 현탁액 중의 전분농도가 증가하게 되었고 이렇게 하여 농도가 증가된 전분은 온도의 증가에 따라 수화하게 되며 전분의 swelling과 함께 점도의 증가를 가져온 것으로 생각된다. 그림 3-3은 탈지미강 식이섬유를 이용하여 식이섬유 첨가량의 차이가 밀가루 pasting의 점도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 탈지미강 식이섬유의 첨가량이 0, 1, 5 와 10%로 증가함에 따라 호화개시온도는 60.85°C에서 62.05°C로 증가하였으며, 최고점도는 149에서

표 3-6. 밀가루의 호화특성에 미치는 각종 미강식이섬유 추출물의 영향

Samples	Pasting Temp. (°C)	Peak Visc. (RVU)	Time to peak (min)	Trough (RVU)	Final Visc. (RVU)	Setback
Flour	60.85	149	8.77	78	160	2.00
Flour+RRBDF 10%	63.60	192	8.93	96	193	1.97
Flour+DRBDF 10%	62.05	184	8.85	93	189	1.99
Flour+RoRBDF 10%	62.85	184	8.97	94	191	1.99
Flour+ERBDF 10%	62.40	185	8.90	92	186	1.98

RRBDF=Raw rice bran dietary fiber

DRBDF=Defatted rice bran dietary fiber

RoRBDF=Roasting rice bran dietary fiber

ERBDF=Extruded rice bran dietary fiber

184RVU로, 최종점도는 160에서 189RVU로 식이섬유 함량이 증가함에 따라 증가하였다 (그림 3-3). setback은 미강 식이섬유의 첨가농도가 증가함에 따라 1%첨가시 2.05에서 10%첨가시 1.99로 완만히 감소하였다.

3. DSC로 측정한 미강 식이섬유의 호화 및 노화에 대한 영향

밀가루 및 미강 식이섬유를 첨가하여 수분함량이 70%가 되게 증류수를 가한후 시료가 호화 중 일어나는 DSC의 열적특성 (T_o , T_p , ΔH)을 표 3-7, 그리고 DSC scan을 그림 3-4에 나타내었다. 밀가루 자체의 T_o 및 T_p 는 각각 $59.2 \pm 0.32^\circ\text{C}$ 와 $64.8 \pm 0.41^\circ\text{C}$ 로 밀전분의 호화특성($T_o=57.0-62.1^\circ\text{C}$, $T_p=64.0-66.9^\circ\text{C}$)^(46, 47)과 비슷한 값을 보였으나 ΔH 는 1.45 ± 0.06 mcal/mg로 이미 보고된 밀전분의 $1.86-2.21$ mcal/mg^(46, 47)보다 상당히 낮은 값을 나타냈다. 이러한 ΔH 값의 차이는 밀가루의 경우 밀전분에 비해 전분함량이 낮기 때문인 것으로 생각된다. 즉, 밀가루의 경우는 전분 이외에도 섬유소, 단백질 및 지방을 약 20-30% 함유하고 있기 때문에 시료의 총

표 3-7. 미강식이섬유 첨가가 밀가루의 DSC endothermic properties에 미치는 영향

	Onset Temperature ($^\circ\text{C}$)	Peak Temperature ($^\circ\text{C}$)	Enthalpy(mcal/mg)
Wheat Flour only	59.22 ± 0.32	64.78 ± 0.41	1.45 ± 0.06
W.F.+RRBDF 10%	59.70 ± 0.15	65.73 ± 0.03	1.49 ± 0.06
W.F.+DRBDF 10%	59.78 ± 0.15	65.57 ± 0.16	1.26 ± 0.07
W.F.+RoRBDF 10%	59.63 ± 0.36	65.81 ± 0.36	1.37 ± 0.03
W.F.+ERBDF 10%	60.19 ± 0.15	65.53 ± 0.02	1.48 ± 0.01

RRBDF=Raw rice bran dietary fiber

DRBDF=Defatted rice bran dietary fiber

RoRBDF=Roasting rice bran dietary fiber

ERBDF=Extruded rice bran dietary fiber

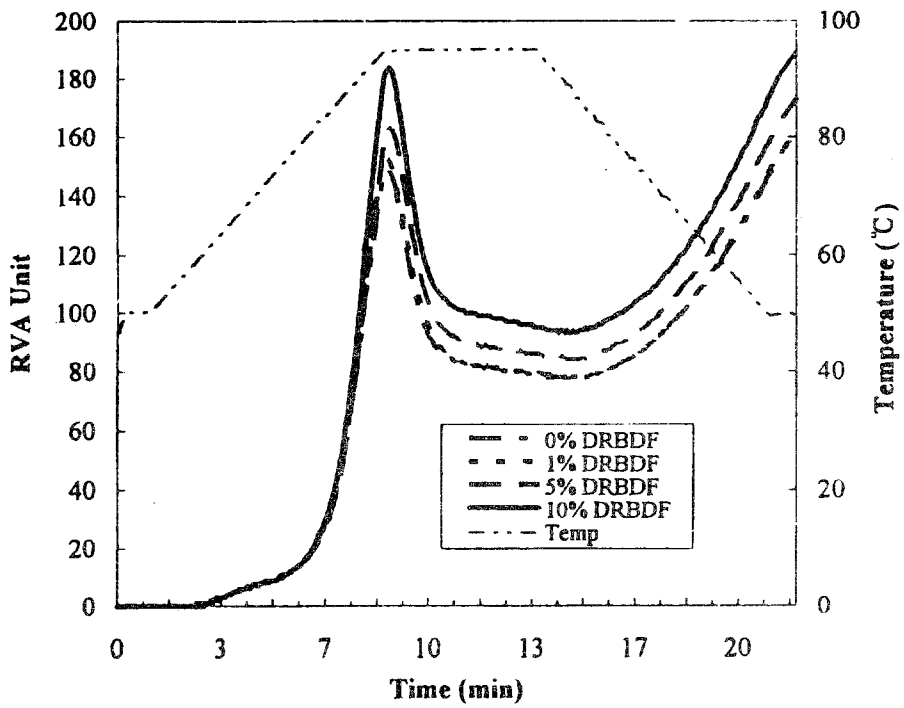


그림 3-3. 미강식이섬유 첨가량이 RVA pasting profile에 미치는 영향

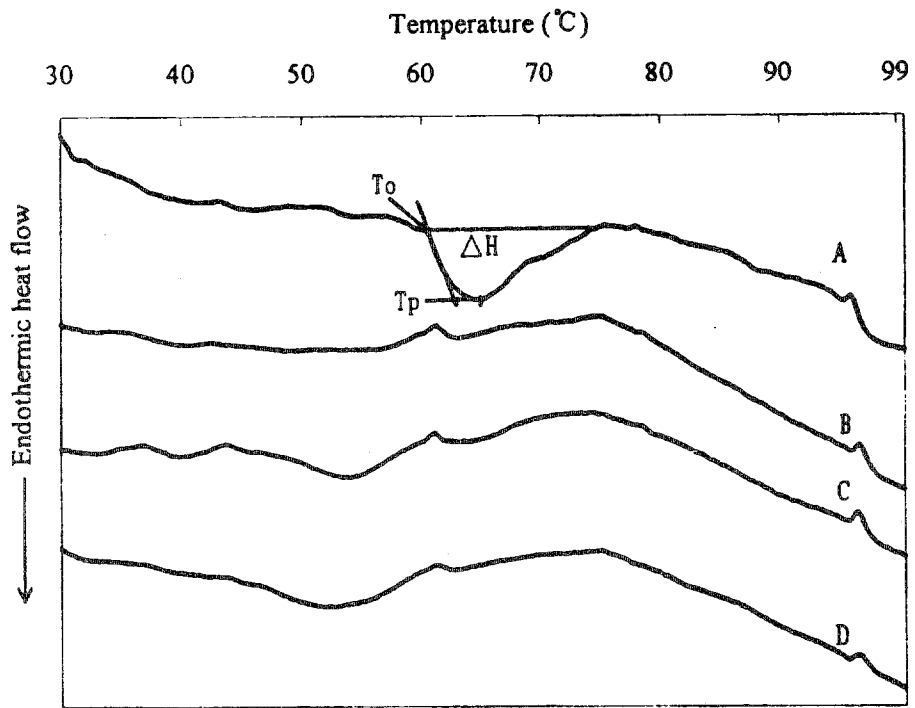


그림 3-4. 미강식이첨유가 밀가루의 가열중 DSC 열적 특성에 미치는 영향

함량으로 계산되는 호화의 엔탈피는 낮은 값을 나타낸다고 사료된다. 미강 식이섬유를 밀가루의 10%가 되게 첨가하여 시료들의 호화시 일어나는 DSC 열적특성을 조사한 결과 T_o 는 볶음미강 식이섬유의 경우 $59.6 \pm 0.41^\circ\text{C}$ 였고 안정화미강 식이섬유를 첨가한 경우 $60.2 \pm 0.15^\circ\text{C}$ 로서 식이섬유 무첨가밀가루의 T_o 보다는 약간 높은 T_o 값을 나타내었으나, 전처리에 따른 미강 식이섬유들 간에는 큰 차이를 보이지 않았다. 이 결과는 RVA로 측정된 호화 개시 온도와 일치하는 경향을 보였다. T_p 값 또한 $65.5 \pm 0.02^\circ\text{C}$ (안정화미강 식이섬유)에서 $65.8 \pm 0.36^\circ\text{C}$ (볶음미강 식이섬유)사이로 첨가한 미강 식이섬유들 사이에서 큰 차이를 보이지 않았지만 밀가루의 T_p 보다는 약간 높은 값을 나타냈다. 이와같이 미강식이섬유를 첨가함에 따라 T_o 및 T_p 값이 상승하는 것은 앞에서 언급한 바와 같이 미강 식이섬유의 높은 보수력에 의해 미강 식이섬유가 물과 결합하여 자유수의 양을 감소시키며, 온도의 증가에 따라 밀가루 내의 전분이 이용할 자유수의 감소 때문이다. ΔH 의 경우에는 밀가루에 10%의 생미강 식이섬유와 안정화미강 식이섬유를 첨가한 경우는 무첨가시와 큰 차이를 보이지 않았지만, 탈지미강 식이섬유를 첨가한 경우 가장 낮은 ΔH 값 (1.3 ± 0.07)을 나타냈다. 밀가루의 DSC 열적특성에 미치는 미강 식이섬유의 첨가농도의 영향을 조사하기 위하여 1, 5, 10%되게 탈지미강 식이섬유를 밀가루에 첨가한 결과(표 3-8), 첨가된 식이섬유의 농도가 증가함에 따라 T_o 및 T_p 는 59.29에서 59.78 $^\circ\text{C}$ 와 64.95에서 65.57 $^\circ\text{C}$ 로 약간 증가

표3-8. 밀가루의 DSC 열적특성에 미치는 미강 식이섬유의 첨가농도의 영향

	Onset Temperature ($^\circ\text{C}$)	Peak Temperature ($^\circ\text{C}$)	Enthalpy (mcal/mg)
Wheat Flour only	59.22 ± 0.32	64.78 ± 0.41	1.45 ± 0.06
W.F.+DRBDF 1%	59.29 ± 0.18	64.95 ± 0.29	1.43 ± 0.02
W.F.+DRBDF 5%	59.58 ± 0.13	65.42 ± 0.26	1.43 ± 0.06
W.F.+DRBDF 10%	59.78 ± 0.15	65.57 ± 0.16	1.26 ± 0.07

DRBDF=Defatted rice bran dietary fiber

4. 미강식이섬유가 밀가루의 노화에 미치는 영향

전분식품의 노화현상을 지연시키기 위해서는 오래전부터 많은 연구들이 수행되어 왔는데, 예를들면, I'Anson등⁽⁴⁹⁾은 glucose, sucrose 나 ribose같은 당류를 첨가함으로써 노화를 억제할수 있다고 보고하였다. Koyama와 Nishinari⁽⁵⁰⁾는 고구마전분의 노화를 지연시키는데 sucrose가 가장 큰 영향을 준다고 강조하면서 이는 분자들이 전분분자 체인과 상호작용하여 전분matrix를 안정화시켜 노화를 저해하기 때문이라고 주장하였다. Germani 등⁽⁵¹⁾은 짧은 지방산 체인을 갖는 lipid가 효과적인 노화의 억제효과를 보였다고 보고하였으며, Russell과 Oliver⁽⁵²⁾는 염농도를 증가시킴으로써 노화의 진행정도가 감소된다고 보고하였다. 본 연구에서는 미강식이섬유가 밀가루의 노화에 미치는 영향을 검토하기 위하여 밀가루에 미강식이섬유를 0%, 5% 및 10% 첨가하여 100℃에서 호화시킨 후 4℃의 냉장고에 일정기간 저장한 다음 다시 DSC에서 2차 가열하여 얻은 DSC endotherm의 특성을 조사하였다 (표 3-9). 우선,식이섬유 무첨가시료에서 보면 그림 3-5에서 보는 바와 같이 2차 가열후 얻어진 endotherm은 밀가루의 호화시 얻어진 것보다 약 15-20℃ 낮은 온도에서 나타났다. 이는 호화후 밀가루 내의 전분분자들이 저장기간중 재결합하지만 본래의 전분분자 구조보다 약한 분자구조를 형성하기 때문이다⁽⁴⁶⁾. 또한, 노화 시에 나타난 endotherm은 호화시보다 폭이 넓은 형태를 보였으며 저장 기간이 길어질수록 뚜렷한 endotherm을 나타냈다 (그림 3-5). ΔH 값은 호화시보다 매우작아 그 정도는 저장기간이 1일, 2일, 1주일, 2주일, 3주일, 4주일로 증가함에 따라 0.53, 0.81, 0.91, 1.07, 1.09, 1.12 mcal/mg으로 호화시의 37-77%를 나타내었다. 전분의 노화는 두단계로 이루어지며, 초기 단계에서는 가열중 용출된 아밀로오스에 의하여 냉각후 몇 시간 이내에 이루어지며, 다음 단계에서는 아밀로펙틴의 외부 체인이 결합하여 전분 겔의 crystallinity가 저장후 계속적으로 서서히 생성되어 노화가 진행된다. 이러한 아밀로펙틴의 결합력은 단위 사슬의 길이에 의해 영향을 받으며, 크기가 다른 crystallinity mixture를 형성해서 긴 단위 사슬을 갖는 분자는 긴 이중 helix를 형성하여 노화가 빠르게 진행된다⁽⁴⁸⁾.

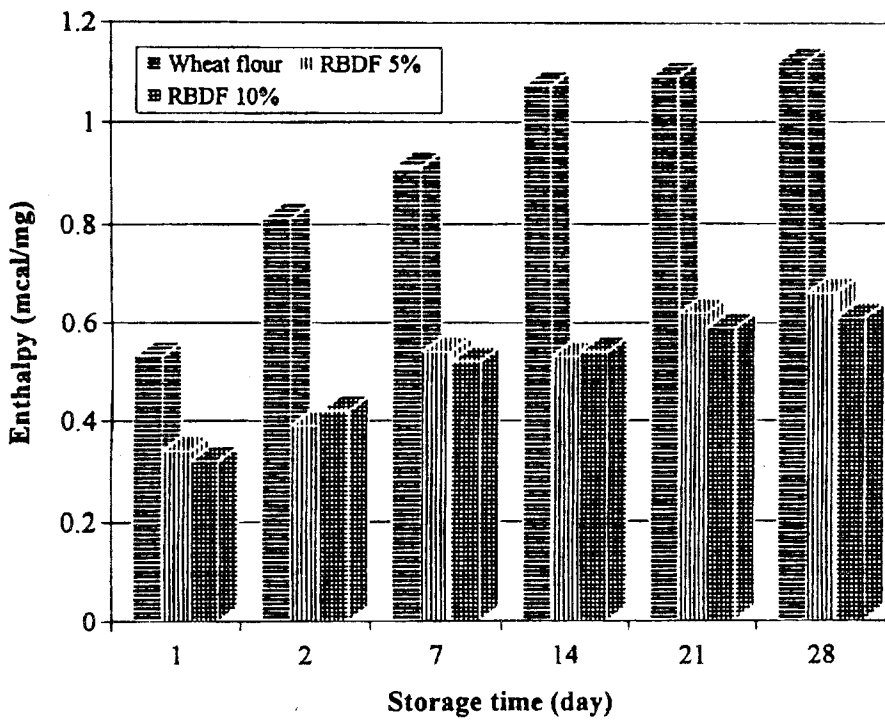


그림 3-5. 미강식이섭유가 호화된 밀가루의 저장중 노화에 미치는 영향

한편 그림 3-5에서 보는 바와 같이 저장 기간에 따른 첨가한 미강 식이섬유의 영향을 조사한 결과 밀가루는 저장 기간이 증가함에 따라 저장 1주일 내에 급격한 증가를 보여 노화 현상을 보인 후 그 이후에는 완만한 증가를 보였으나 미강 식이섬유를 첨가한 시료들은 저장 첫날 이후에 완만한 증가를 보였다. 이와 같이 미강식이섬유를 첨가한 시료는 무첨가시료보다 매우 작은 ΔH 값을 나타내어 미강식이섬유가 밀가루의 노화를 지연시키는 효과가 있음을 알 수 있었다. 이러한 미강 식이섬유의 노화지연 효과는 전분이 호화된후 정상적인 전분분자의 재배열을 하는 과정에서 식이섬유들이 전분입자들 사이에 끼어들어 회합을 방해하며, 아밀로오스 및 아밀로펙틴의 일부와 결합해서 전분분자들의 수소결합을 방해하기 때문이다⁽⁵³⁾. 본 연구의 결과는 강등⁽⁵⁴⁾과 이와 문⁽⁴³⁾이 보고한 결과와 일치하였다. 강등⁽⁵⁴⁾은 시판 식이섬유의 첨가가 케익의 노화지연에 효과가 있었다고 보고하였으며, 이와 문⁽⁴³⁾도 미강 식이섬유를 밀가루에 첨가하여 호화시킨후 DSC로 측정했을 때 미강 첨가시료의 노화지연 효과를 보고하였다. 따라서, 미강에서 추출한 미강 식이섬유를 baked product와 같은 전분을 함유하고 있는 식품에 첨가하여 고식이섬유식품을 생산한다면 저장 중 식품의 품질을 저하시키는 노화현상을 크게 지연시켜 고품질을 유지하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

5. Farinograph 특성

Farinograph로 측정한 미강 식이섬유를 첨가한 밀가루의 리올로지 성질은 표 3-9에 나타나 있다. 미강 식이섬유의 첨가농도를 증가함에 따라 밀가루의 수분흡수율은 대조구의 67.3%에서 9%첨가구의 71.2%로 증가하는 경향을 보였다. 열처리를 달리한 시료들 간에는 압출성형한 시료가 71.5%로 가장 높은 수분흡수율을 나타냈으며, 볶음처리한 시료가 69.5%로 열처리를 하지 않은 시료보다 낮은 값을 보여 앞에서 얻은 보수성의 결과 (표 3-5)와 일치하는 경향을 보였다. 반죽형성시간 및 안정도는 첨가농도의 증가에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 열처리한 시료들은 생미강식이섬유보다 더 빠른 반죽형성시간과 낮은 안정성을 보였다. MTI값은 첨가농도의

증가에 따라 서서히 감소하여 반죽의 안정성을 뒷바침하였으나, 볶음처리한 시료는 다른 시료들보다 높은 값을 나타냈다.

표 3-9. 미강식이섬유의 종류 및 첨가량을 달리한 밀가루 dough의 farinograph 특성

	Absorption	Development time	stability	MTI
Control	67.3	2.2	37.6	40
Extruded (6%)	71.5	2.8	39.5	20
Roasted (6%)	69.5	2.8	43.6	40
Raw				
3%	68.9	2.8	41.2	30
6%	70.0	3.4	44.0	20
9%	71.2	3.4	44.6	20

6. 미강식이섬유의 입자크기 분포 및 리올로지 특성

가공적성 실험에 사용된 미강 식이섬유의 입자크기 분포도는 표 3-10과 같다. 미강 식이섬유의 입자크기는 99% 이상이 메쉬 No. 60 (250 μ m) 체를 통과하였으며, 특히 약 36%가 메쉬 No. 140 (106 μ m) 체를 통과함으로써 비교적 고운 분말상태를 유지하였다. 식이섬유의 입자크기는 식이섬유원과 분쇄방법 등에 따라 다르나 식이섬유의 물리화학적 성질에 크게 영향을 미친다.

미강 식이섬유 농도가 국수제조에 사용된 중력분 밀가루의 호화에 미치는 영향을 나타낸 결과는 표 3-11과 같다. 미강 식이섬유의 첨가농도가 증가함에 따라 호화개시온도는 대조구 (미강 식이섬유 무첨가)의 59℃에서 9% 첨가시는 60.5℃로 점진적으로 증가하는 경향을 보였으며, 이는 미강 식이섬유가 밀가루내 전분의 호화를 지연시킴을 알수 있다. 최고점도 또한 480 B.U.에서 505 B.U.로 점차 증가하였으며 95℃에서 15분간 유지한 후 나타난 점도 및 최종점도도 317 B.U.에서 350 B.U. 와 612

B.U.에서 660 B.U.로 점차 증가하는 경향을 보였다. 이 결과는 이와 문⁽⁴³⁾의 미강에서 분리한 식이섬유가 밀가루보다 4배 이상의 보수력을 갖는다고 한 보고와 일치하며 이와같은 식이섬유 첨가에 의한 점도의 증가는 미강 식이섬유의 높은 보수력 때문인 것으로 사료된다.

표 3-10. 미강식이섬유 추출물의 입자크기의 분포

Mesh No.	μm	Distribution (%)
<45	355	0.1
60	250	0.7
80	180	12.6
100	149	17.2
120	125	21.0
140	106	12.2
>140		36.2

표 3-11. 국수제조용 밀가루-미강식이섬유 혼합물의 amylograph 특성

RBDF content (%)	Pasting temp. (°C)	Peak viscosity (B.U.)	Time at peak (min)	15 min height (B.U.)	Final viscosity (B.U.)
0	59.0	480	43.75	317	612
3	59.6	485	44.08	325	637
6	60.0	490	44.25	337	652
9	60.5	505	44.50	350	660

RBDF=Rice bran dietary fiber

밀가루에 미강 식이섬유를 첨가한 사료의 페리노그램 결과는 표 3-12와 같다. 밀가루의 수분흡수율 (14% 수분기준)은 60.8%였으며 미강 식이섬유를 3%에서 9%로 첨가함에 따라 수분흡수율은 62.3%에서 64.8%로 증가하였다. 이는 페리노그램의 수분흡수율이 단백질 함량과 정의 상관관계를 보인다⁽⁵⁵⁾는 점과 미강 식이섬유 함량이 약 25%인 것으로 미루어볼 때 본 실험에서 나타난 수분흡수율의 증가는 미강 식이섬유의 높은 보수력 뿐만 아니라 높은 단백질 함량 (30.5%)의 영향도 큰 것으로 사료된다. 특히, Kailasapathy와 MacNeil⁽⁵⁶⁾은 32-45%의 높은 단백질 함량을 갖는 winged bean flour를 밀가루에 0-20% 첨가하였을 때 첨가량이 증가함에 따라 수분흡수율이 55.7-67.0%로 증가하였으며, 이는 winged bean flour의 첨가에 의한 증가된 단백질 함량 때문이라고 주장한 바 있다. 페리노그램상의 반죽형성시간은 미강 식이섬유 첨가의 영향을 받지 않은 반면, 반죽의 안정도는 밀가루가 8.8분으로 가장 낮았으며 미강 식이섬유 첨가량이 3%에서 9%로 증가함에 따라 11.0분에서 16.8분으로 크게 증가하였다. Prentice와 D'Appolonia⁽⁵⁷⁾도 이와 비슷한 결과를 보고하였다. 그들은 식이섬유 및 단백질이 풍부한 BSG (Brewer's spent grain)를 밀가루에 5%와 10% 첨가했을 때 반죽형성시간은 변화가 없었으나 반죽의 안정도 크게 증가되었다고 보고하였다. 반죽의 저항도는 식이섬유 첨가량이 증가함에 따라 50에서 20으로 크게 감소하여 식이섬유 첨가량의 증가에 의한 반죽의 안정도가 증가한다는 결과를 뒷받침하였다.

표 3-12. 국수제조용 밀가루-미강식이섬유 혼합물의 farinograph 특성

RBDF content (%)	Water absorption (%)	Dough development time (min)	Dough stability (min)	Mechanical tolerance index (B.U.)
0	60.8	1.2	8.8	60
3	62.3	1.2	11.0	45
6	63.8	1.2	13.8	35
9	64.8	1.2	16.8	20

RBDF=Rice bran dietary fiber

7. 미강식이섬유 첨가 국수의 품질특성

가. 조리한 국수의 품질특성

식이섬유를 첨가하여 제조한 가공제품들의 색도를 측정된 결과는 표 3-13에 나타난 바와 같다. 국수의 경우에 밝기를 나타내는 L값은 미강 식이섬유를 첨가함에 따라 급격히 감소하였다. 또한 조리한 국수와 하지않은 국수를 비교했을 때 L값의 변화정도는 조리한 국수에서 오히려 더 심한 감소를 보였다. 색깔은 국수의 품질을 평가하는 주요요소 중의 하나로서 L값이 큰 즉, 밝은 색을 나타내는 국수가 더 선호된다는 면을 감안하면 미강의 첨가는 품질저해 요인으로 작용한다고 생각할 수도 있다. 적색을 나타내는 a값의 변화 또한 조리하지 않은 국수에서 -2.0에서 1.9로, 조리한 국수에서 -3.8에서 3.4로 증가하였으며 증가정도는 조리한 국수에서 더욱 컸다. 반면에 황색을 나타내는 b값은 조리하지 않은 국수에서 대조구가 18.3으로 가장 높았으며 미강 식이섬유의 첨가에 따라 점진적인 증가를 보였고 그 증가의 폭은 매우 적었다. 조리한 국수에서는 b값이 13.7에서 21.5로 점차 증가하였고 그 변화의 폭도 조리하지 않은 경우보다 더 컸다.

표 3-13. 미강식이섬유 첨가량을 달리하여 제조한 국수의 색도변화

RBDF content (%)	Color					
	L value		a value		b value	
	raw	cooked	raw	cooked	raw	cooked
0	87.9	78.0	-2.0	-3.8	18.3	13.7
3	77.9	67.6	0.7	-0.3	17.3	20.2
6	75.4	62.7	1.2	2.1	17.8	21.3
9	70.4	58.5	1.9	3.4	18.1	21.5

RBDF=Rice bran dietary fiber

미강 식이섬유를 첨가하여 만든 국수의 조리특성 결과는 표 3-14와 같다. 조리 후 중량은 108.5g에서 108.8g으로 대조구와 비슷한 값을 보여 미강 식이섬유의 첨가

가 영향을 주지 않았다. 이 결과는 패리노그래프에서 나타난 미강 식이섬유 첨가에 의한 높은 수분흡수율과는 일치하지 않았으며, 이는 미강 식이섬유가 조리중 끓는 물에서는 보수력에 영향을 거의 미치지 않는다는 것을 보여주었다. 조리후의 부피변화 또한 대조구가 100ml로 가장 높았으나 미강 식이섬유 첨가의 영향을 크게 받지 않았다. 그러나, 국수의 조리손실은 대조구가 7.5%로 가장 높았고 3% 첨가시 6.7%로 가장 낮은 값을 나타냈으며 미강 식이섬유 첨가농도가 증가함에 따라 점진적으로 증가하였다. 김 등⁽⁵⁸⁾은 조리한 국수의 성질은 아밀로그래프나 패리노그래프의 특성과 아무런 상관관계를 보이지 않았다고 보고하였으며 본 실험 결과도 이와 유사한 경향을 보였다.

표 3-14. 미강식이섬유 첨가량을 달리하여 제조한 국수의 조리특성

RBFD content (%)	Cooked wt. (g)	Cooking loss (%)	Volume (ml)
0	108.8	7.5	100
3	108.5	6.7	95
6	108.8	6.9	97
9	108.5	7.3	97

RBDF=Rice bran dietary fiber

밀가루에 미강 식이섬유를 첨가하여 만든 국수를 texture analyzer를 사용하여 측정된 텍스처 변화는 표 3-15와 같다. 조리한 국수의 견고성은 대조구에서 1509g으로 나타났으며 미강 식이섬유 첨가량이 증가함에 따라 점차 증가하여 9%첨가시에 1766g을 보였다. 부착성 또한 대조구에서 -115g mm로 가장 낮았고 미강 식이섬유 첨가량이 증가할수록 점차 증가하였다. 응집성은 대조구에서 0.520으로 가장 높았으며 첨가량이 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 한편, 조리한 국수의 껌성과 씹힘성은 대조구에서 780g과 744g으로 가장 낮았으며 미강 식이섬유 첨가량의

증가에 따라 점차 증가하였다.

표 3-15. 미강식이섬유 첨가량을 달리하여 제조한 국수의 조직감 변화

RBDF content (%)	Hardness (g)	Adhesiveness (g mm)	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness (g)
0	1509	-115	0.520	780	74
3	1627	-120	0.493	797	756
6	1709	-137	0.476	826	762
9	1766	-159	0.461	830	767

^a Values reported are means of five observations

RBDF=Rice bran dietary fiber

나. 조리한 국수의 관능검사

조리한 국수를 외관, 맛, 텍스처, 기호도를 기준으로하여 실시한 관능검사 결과는 표 3-16과 같다. 조리한 국수의 외관은 대조구가 6.52로 가장 높았으며 3%와 6% 첨가시료 또한 6.46과 6.24로 대조구보다는 약간 낮은 값을 나타냈으나 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 9% 첨가시료는 5.58로 다른 세 시료와는 유의적인 차이를 보였다. 따라서 색차계로 측정된 값과 관능검사에서 나타난 결과를 비교해볼 때 색차계에 의한 값은 조리한 국수의 품질을 측정하는데 커다란 요인으로 작용하지 않았다. 조리한 국수의 맛의 경우도 외관의 경우와 비슷한 결과를 보였으며 대조구와 3%, 6% 첨가시료는 유의적인 차이를 보이지 않았지만 9% 첨가시료는 유의적인 차이를 보였다. 텍스처는 대조구가 6.60으로 가장 높았으며 나머지 시료와는 유의적인 차이를 보였다. 이 결과는 아마도 미강 식이섬유의 첨가에 의한 거친 조직감과 국수의 견고성의 증가에 기인한 것으로 생각된다. 전반적인 기호도는 3% 첨가시료가 6.88로 가장 높아 관능검사원으로부터 가장 품질이 좋은 국수로 평가를 받았으며 대조구와 6% 첨가시료가 각각 6.86과 6.52로 나타나 유의적인 차이를 보이

지 않았다. 그러나 9% 첨가시료의 경우 5.28로 위의 세 시료와는 유의적인 차이를 보였다. Sievert등⁽⁵⁹⁾은 밀기울을 2, 4, 8% 첨가하여 일본식 우동을 제조했을 때 8% 첨가시 거친 조직감으로 인하여 우동의 품질이 저하되었다고 보고하였다. 이상의 결과로부터 밀가루에 미강 식이섬유를 6%까지 첨가할 경우 생국수의 품질에 크게 영향을 미치지 않으면서 미강 식이섬유 함량을 높힐 수 있을 것으로 판단되었다.

표 3-16. 미강식이섬유 첨가량을 달리하여 제조한 국수의 관능적 특성변화

RBDF content (%)	Appearance	Taste	Texture	Acceptability
0	6.52±0.3a	6.06±0.1a	7.02±0.4a	6.68±0.3a
3	6.46±0.3a	6.54±0.3a	6.38±0.3b	6.88±0.2a
6	6.24±0.4a	6.10±0.6a	6.36±0.6b	6.52±0.5a
9	5.58±0.5b	5.42±0.7b	5.24±0.6c	5.28±1.0b

Rating scale: 1 (very bad) to 9 (very good)

Mean±scores standard deviation within columns followed by the same letter in each column are not significantly different ($p \leq 0.05$)

RBDF=Rice bran dietary fiber

8. 미강식이섬유 첨가 식빵의 품질특성

가. 미강첨가 식빵의 품질특성

미강에서 추출한 식이섬유를 첨가하여 제조한 식빵의 특성은 표 3-17에 나타나 있다. 식이섬유 첨가량이 증가함에 따라 식빵의 무게는 136.9g에서 145.5g으로 크게 증가하였으며, 6%의 식이섬유 첨가시료들을 비교할 때 압출성형한 미강 식이섬유가 145.9g으로 가장 무거워서 다른 두시료들과 유의적인 차이를 보였다. 이는 미강에서 추출한 식이섬유의 높은 보수력 때문인 것으로 특히 압출성형한 미강 식이섬유의 높은 보수력에 기인된 것으로 사료된다. 그러나 식빵의 부피는 생미강 식이섬유 첨가량을 3, 6, 9% 증가함에 따라 4, 14, 26% 감소되었으며 생미강과 볶음미강 식이섬유를 6% 첨가했을 때 730cc와 753cc로 압출성형미강 식이섬유의 680cc보다 큰 부피를 보였다. 이러한 식이섬유 첨가에 따른 부피의 감소는 글루텐의 희석효과 및 글루텐과 식이섬유의 상호작용 때문인 것으로 설명되었다. specific volume 또한 식빵의 부피와 비슷한 경향을 보여 식이섬유 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다. 식빵의 crust color는 생미강 식이섬유 3%를 첨가하였을 때가 8.5로 가장 좋았으며 식이섬유 첨가량을 증가함에 따라 어두운 색을 나타내 서서히 감소하는 경향을 보였다. 열처리한 미강 식이섬유의 경우 압출성형한 미강 식이섬유가 6.5로 볶음미강 식이섬유 (7.5)와 생미강 식이섬유 (8.0)보다 낮은 값을 보였다. 식빵의 내부조직은 대조구와 생미강 식이섬유 3%를 첨가하였을 때가 9.0으로 가장 좋았으나 식이섬유 첨가량을 증가함에 따라 더욱더 뻣뻣하고 꺼칠꺼칠한 조직을 보여 그 값은 감소하였다.

표 3-17. 미강식이섬유 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 외관 및 조직특성

samples	Loaf wt. (g)	Loaf vol. (cm ³)	specific vol. (cm ³ /g)	crust color ^a	crust texture ^a
Control	136.9d	850a	6.21a	8.0	9.0
Extruded (6%)	145.9a	680d	4.66e	6.5	7.0
Roasted (6%)	142.6b	753c	5.40c	7.5	7.5
Raw					
3%	138.8c	817b	5.89b	8.5	9.0
6%	142.2b	730c	5.13d	8.0	8.0
9%	145.5a	630e	4.33f	6.5	6.0

a Scoring based on a 10-point scale for each dependent variable; higher values indicating better quality.

Means within column with different letters are significantly different (P<0.05).

식빵의 crumb color를 측정된 결과 (표 3-18), 대조구는 71.53, -1.73, 9.86의 L, a, b값을 나타냈으나 미강 식이섬유 첨가량이 증가함에 따라 crumb은 백색도, 적색도 및 황색도를 모두 증가시켜 더욱 어두운 색을 나타냈다. 특히, 열처리한 시료들은 열처리 하지 않은 것보다 더 높은 L, a, b값을 나타내 열처리에 의한 갈변현상이 진행되었음을 알 수 있었다.

표 3-17. 미강식이섬유 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 색도변화

samples	Color		
	L	a	b
Control	71.53a	-1.73f	9.86e
Extruded (6%)	67.10bc	0.91c	17.72a
Roasted (6%)	64.47c	1.54a	16.64b
Raw			
3%	68.78b	-0.42e	12.65d
6%	66.50bc	0.32d	14.68c
9%	64.69c	1.30b	17.56a

Means within column with different letters are significantly different (P<0.05).

나. 식빵의 관능검사

미강 식이섬유를 첨가하여 제조한 식빵의 관능검사 결과는 표3-19와 3-20에 나타나 있다. 식빵의 외관의 경우 대조구가 7.03으로 가장 높았으나 식이섬유를 첨가함에 따라 그 값은 현저히 감소되어 식이섬유 첨가에 의한 영향을 크게 받았다. 향과 맛은 6% 미강 식이섬유 첨가시까지는 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않아 관능검사원들이 미강취를 느끼지 못했으나 9%이상의 농도에서는 미강취를 느끼기 시작하면서 제품의 품질이 현저히 저하되었다. 조직감은 3%첨가시까지는 대조구와 유의적인 차이를 보이지 않았으나 6%와 9%에서는 첨가의 영향을 보였다. 이는 미강 식이섬유의 첨가에 따른 식빵 내부조직이 견고해지는 것에 기인한 것으로 사료된다. 앞에서 미강식이섬유 첨가가 국수의 품질에 미치는 영향에서 미강 식이섬유의 첨가에 따라 국수의 견고성이 증가한다고 언급한 바 있다. 전반적인 기호도의 경우, 대조구가 6.30으로 3%와 6%의 5.53과 5.00과 유의적인 차이를 보였으며 그이상의 농도에서는 현저히 낮은 값을 보여 상품화의 가능성을 보이지 않았다.

열처리를 달리한 6%의 미강 식이섬유를 첨가하여 식빵을 제조한 결과 (표 3-19), 첨가한 식이섬유들은 빵의 외관, 맛, 조직감, 전반적인 기호도에서 대조구와 유의적인 차이를 보였으나 향은 유의적인 차이를 보이지 않아 열처리에 의한 영향을 받지 않았다. 식이섬유 중에서는 생미강 식이섬유가 모든 관능검사 파라미터에서 압출성형이나 볶음처리한 식이섬유보다 유의차는 없었을지라도 높은 값을 나타냈다. 이 결과는 Wang 등⁽²⁹⁾이 보고한 결과와 일치하는 경향을 보였으며, 그들은 압출성형을 하지 않은 밀기울을 첨가하여 만든 식빵이 압출성형후 첨가하여 만든 식빵보다 부피나 내부조직에 있어서 더 우수하였으며 전체적으로 좋은 품질의 제품을 생산하였다고 보고하였다. 이상의 결과로 미강에서 추출한 식이섬유를 첨가하여 고식이섬유 식빵을 제조할 때 식빵의 물리화학적인 성질 뿐만 아니라 관능적인 성질을 고려해 보면 3%의 첨가는 가능할 것으로 사료되나 9%이상의 첨가는 어려울 것이다. 따라서 식이섬유 및 단백질을 보강한 식빵을 제품화 하기 위해서는 보다 질이 좋고 품질에 영향을 미치지 않는 식이섬유의 추출이 필요하다.

표 3-19. 원료전처리별 미강식이섬유가 식빵의 관능적특성에 미치는 영향

samples	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
Control	6.81a	5.43a	6.07a	6.53a	6.27a
Raw	4.37b	5.23a	5.03b	5.23b	5.03b
Extruded	4.30b	4.87a	4.10b	4.27b	4.30b
Roasted	3.77b	4.57a	4.60b	4.97b	4.87b

Means within column with different letters are significantly different (P<0.05).

표 3-20. 미강식이섬유 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 관능적 특성

samples	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
Control	7.03a	5.63a	5.90a	6.40a	6.30a
3%	5.13b	5.70a	5.07b	5.60ab	5.53b
6%	4.30b	5.27a	4.93b	5.00b	5.00b
9%	3.37b	4.07a	3.97b	3.97b	3.80c

Means within column with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

9. 미강식이섬유 첨가 고추장의 품질특성

가. 숙성기간에 따른 식이섬유첨가 고추장 제조용 발효산물의 품질특성변화

미강식이섬유를 첨가하여 *Aspergillus Oryzae*.로 제국한 후 25℃, 80%의 습도에 서 30일간의 숙성기간중 변화되는 품질특성을 조사한 결과는 표 3-21과 같다.

우선 수분함량의 변화를 보면, 숙성기간이 증가함에 따라 서서히 증가하여 초기에 47.6%이던 것이 숙성 30일 이후에는 49.5%로 증가하였다. 이러한 변화는 *Aspergillus Oryzae* 이용하여 고추장을 제조한 결과 숙성기간이 증가함에 따라 수 분함량이 증가하였으며 이러한 증가는 숙성과정중 액화효소의 작용으로 전분질이 액 화한데 기인 한다는 손의 보고와 유사한 경향이다.

pH는 미생물의 생육 및 효소생성량에 영향을 미치므로 미생물이 분비하는 효소에 의하여 숙성시키는 고추장 제조시 숙성상태를 간접적으로 확인 할 수 있는 중요요인 중의 하나이다. 미강식이섬유를 10% 첨가한 고추장 제조용 발효산물의 초기 pH는 5.74였으나 숙성 10일후는 5.42로 형저히 감소하였으며 그 후는 서서히 감소하여 30 일 후에는 5.32를 나타내었다. 이러한 결과는 숙성초기에는 pH가 현저히 감소하나 그 후 완만한 변화를 보였다는 타의 연구결과와 일치하며 숙성시의 pH의 감소는 숙

성과정중 젖산 및 각종 유기산의 생성에 기인한 것으로 추측된다.

산도의 변화는 pH의 변화와 유사한 경향을 나타내었으며 숙성중 적정산도의 변화는 생성되는 산의 양을 나타내는 것으로서 산도의 증가는 숙성말에 생성되는 알코올과 반응하여 ester를 형성하여 고추장 특유의 풍미를 부여하는 것으로 알려져 있다. 본 실험결과에서도 숙성초기의 적정산도는 4.65이던 것이 30일 이후에는 10.85로 2배 이상 현저하게 증가하였다. 손⁽⁶⁰⁾은 숙성 3개월 동안 적정산도의 변화를 조사한 결과 숙성 30일까지는 급격한 증가를 보이다가 그 이후에는 거의 큰변화가 없었다고 보고하였으며 이는 본 실험결과와도 유사한 경향이다.

보통 장류 공장에서는 단백질이 아미노산으로 분해되는 정도를 파악하기 위하여 아미노태 질소를 측정한다. 이와 같이 아미노태 질소는 주로 콩을 이용한 발효식품에 있어서 숙성의 정도를 나타내며 구수한 맛의 주체이기도 하다. 숙성중 아미노태 질소의 함량을 보면, 초기 67.3mg%에서 숙성기간이 증가함에 따라 급격하게 증가하여 30일후에는 203mg%로 나타났으며 숙성이 매우 양호한 것으로 판단되었다.

또한 고추장에 있어서 단맛을 부여하는 환원당은 고추장의 맛을 좌우하는 중요한 요소중의 하나이다. 숙성중의 환원당의 변화를 보면 미강식이섬유를 첨가한 본 실험에서는 숙성초기 3.9로서 8.37을 나타낸 손⁽⁶⁰⁾의 결과보다는 낮은 편이나 숙성 30일후에는 21.3으로 4배이상의 높은 값을 나타내었다. 일반적으로 고추장의 숙성중 α -amylase 활성이 증가하는 것으로 알려져 있는 데 본 연구에서의 환원당의 증가도 원료 전분질이 α -amylase에 의하여 분해하여 glucose, fructose, maltose와 같은 이당류 및 단당류가 증가한 것으로 사료된다. 본 실험에서는 당류는 분석하지 않았으나 손의 연구결과에 의하면 고추장의 숙성초기에는 sucrose, maltose 등의 이당류가 많았으나 숙성기간이 증가할수록 이당류가 단당류로 분해되어 숙성말기에는 glucose 함량이 가장 높았다고 보고하고 있으며 김⁽⁶¹⁾도 고추장의 주된 당류는 glucose라고 보고하였다.

표 3-21. 미강첨가 고추장 제조용 발효산물의 숙성기간중 품질특성변화

Sample	Curing Days			
	0	10	20	30
DF 10%				
Moisture(%)	47.6	48.3	48.6	49.5
A.W.	0.88	0.84	0.83	0.83
pH	5.74	5.42	5.37	5.32
Titration acidity(ml)	4.65	9.50	9.70	10.85
amino nitrogen(%)	67.3	162.4	187.6	203.0
reducing sugar(%)	3.9	5.5	18.9	21.3

DF: rice bran dietary fiber extract

나. 고추장 제조용 발효산물과 고추장의 품질변화에 미치는 미강식이섬유 첨가량의 영향

미강 식이섬유의 첨가량을 10, 20, 30%로 달리하여 각각 고추장 제조 현장에서 적용시험을 실시하여 고추장 제조용 발효산물 및 고추장의 품질변화를 조사하였다. 발효산물의 수분활성도에는 미강 식이섬유의 첨가에 의한 영향이 없었으나 색에 있어서 L값과 b값은 식이섬유 첨가량이 증가할수록 현저하게 감소하였고 a값은 반대로 증가하여 미강식이섬유가 첨가됨에 따라 전체적으로 어두운 색을 나타내었다(표 3-22). 또한 수분함량과 염도는 식이섬유 첨가량 20%까지는 감소하다가 30% 첨가시는 오히려 증가하는 경향을 나타내었으며 pH와 적정산도도 미강식이섬유 첨가량이 증가할수록 현저히 증가하였다. 또한 미강식이섬유 첨가량이 증가할수록 환원

당은 현저히 감소하였는 데 이는 미강식이섬유를 밀쌀로 대체하여 원료중 전분질 함량이 상대적으로 감소하였기 때문으로 사료된다. 한편 고추장의 구수한 맛을 낸다

표 3-22 미강첨가 고추장 제조용 발효물의 수분활성도, 색도의 변화

	water activity	color values			
		L	a	b	△E
Control	0.77	52.6	2.4	15.2	42.7
DF 10	0.79	43.0	3.9	13.5	51.5
DF 20	0.79	39.7	3.9	12.2	54.4
DF 30	0.79	38.5	3.9	11.5	55.4

고 알려져 있는 아미노태 질소는 대조가 186인데 비하여 미강식이섬유 10% 첨가시는 214로 현저히 증가하였으며 20% 첨가시는 208로 10%첨가시보다는 감소하였으나 30% 첨가시는 대조구와 거의 동일한 값을 나타내었다. 이는 미강식이섬유추출물중 단백질 함량이 식이섬유 대체원료인 밀쌀에 비하여 높으므로 숙성중 protease 등에 의하여 분해된 것으로 사료되며 30% 첨가시는 아미노태 질소 및 환원당의 현저한 감소등으로 미루어 볼 때 식이섬유의 과량 첨가는 오히려 숙성을 저해되고 있는 것으로 추측되었다(3-23).

표 3-23 미강첨가 고추장 제조용 발효물의 이화학적 특성 변화

	water(%)	NaCl(%)	reducing sugar(%)	amino nitrogen	PH	titrable acidity
Control	61.5	8.23	20.2	186.2	4.60	12.2
DF 10	57.8	7.85	16.9	214.2	4.72	16.3
DF 20	57.8	7.79	16.1	208.6	4.92	18.2
DF 30	58.5	8.03	12.5	184.8	4.99	20.3

이러한 발효물을 이용한 고추장의 경우(표 3-24, 3-25), 색도에서는 미강 식이섬유 첨가에 의한 영향을 크게 받지 않았으나 대조구와 30%첨가구를 비교하였을 때에는 약간의 차이를 보였다. 염도와 환원당량은 미강 식이섬유 첨가량이 증가할 수록 감소한 반면 pH와 적정산도는 증가하여 발효산물과 거의 비슷한 경향을 나타내었다. 숙성 및 품질변화의 지표로 사용되는 아미노태 질소 함량은 대조구에서 가장 낮은 값을 나타낸 반면, 10%첨가구에서 가장 높은 값을 나타냈으며 그 이상의 첨가구에서는 오히려 감소하였다.

표 3-24 미강첨가 고추장의 수분활성도, 색도의 변화

	water activity	color values			
		L	a	b	ΔE
Control	0.76	23.6	10.1	5.1	70.1
DF 10	0.77	23.8	10.0	5.4	69.8
DF 20	0.77	23.9	9.1	5.3	69.6
DF 30	0.76	24.6	9.3	5.9	69.1

표 3-25. 미강첨가 고추장의 이화학적 특성 변화

	water(%)	NaCl(%)	reducing sugar(%)	amino nitrogen	PH	titrable acidity
Control	40.2	6.72	26.9	128.8	4.57	11.5
DF 10	39.7	6.72	22.4	151.2	4.72	13.5
DF 20	40.5	6.69	18.6	148.4	4.79	14.3
DF 30	41.5	6.45	18.0	140.0	4.77	15.9

미강 식이섬유를 10, 20, 30% 첨가하여 제조한 고추장의 관능검사를 실시한 결과 (표 3-26) 외관과 향에 있어서는 대조구와 10% 첨가구 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 그 이상의 첨가량에서는 유의적인 차이를 보여 고추장의 외관에 크게 영향을 주는 것으로 나타났다. 맛, 조직감 및 전반적인 기호도는 통계적으로는 모든 처리구 사이에 유의적인 차이가 없었으나, 수치에 있어서는 10% 첨가구가 가장 높은 값을 나타냈다. 특히, 전반적인 기호도의 경우 20% 첨가시까지는 대조구와 유의차가 없었고 10% 첨가시는 유의차는 없었으나 대조구보다 오히려 기호도가 높은 것으로 나타나 미강 식이섬유를 첨가한 고추장의 산업화에 크게 기여할 것으로 사료되었다. 특히 현지 고추장 제조업체에서는 여름철에 고추장이 묽어지는 것이 큰 문제점으로 대두되고 있었으나 water holding capacity가 높은 본 미강식이섬유를 첨가함에 따라 이러한 문제점이 해결되었다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 미강식이섬유 첨가 고추장은 현대인의 일상식생활에서 부족되기 쉬운 식이섬유를 보강하면서 고추장의 물성 개선 및 기호도 증진의 모든 측면에서 매우 우수한 제품인 것으로 판단되었다.

표 3-26. 미강첨가 고추장의 관능적 특성

	appearance	flavor	taste	texture	overall acceptance
Control	6.88 ^a	6.24 ^a	5.60 ^a	5.76 ^a	5.64 ^a
DF 10	6.52 ^a	6.04 ^a	6.04 ^a	6.40 ^a	6.60 ^a
DF 20	5.20 ^b	5.56 ^{ab}	4.88 ^a	5.40 ^a	5.52 ^a
DF 30	3.60 ^c	4.88 ^a	4.68 ^a	4.00 ^b	4.24 ^a

제4장 미강의 항산화 활성 및 흰쥐체내 지질함량에 미치는 영향

제 1 절 서 설

우리나라의 주식인 미곡으로 부터 필수적으로 수반되는 미강에는 단백질, 식이섬유, 무기질, 지방이 대부분을 차지하고 있으며 그 밖에도 oryzanol, tocotrienol, sitostrol 등을 비롯한 여러 가지 인체에 유효한 미량성분들이 다량 함유되어 있는 것으로 보고되어 있다^(1-4, 14-20). 이러한 미강의 효능에 관한 연구는 콜레스테롤 대사와 관련하여 종래부터 흰쥐, 햄스터를 대상으로 한 동물실험에서 부터 사람을 대상으로 한 임상실험으로까지 다양하게 연구되어 그 효능이 입증되고 있다⁽¹⁻⁴⁾. 그러나 지금까지의 연구들은 미강유 또는 미강 그 자체를 투여한 결과로서 식이섬유 무첨가 식이와의 검토이거나 미강첨가로 인한 섭취열량의 감소에 기인하는 예가 많으며 미강의 유효미량성분에 대한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 미강 또는 미강 발효산물을 물, 메탄올 또는 에탄올로 추출하여 *in vitro*에서의 항산화 활성을 검토하였고 또한 미강의 각 추출물들이 *in vivo*에서 고지방식을 섭취한 흰쥐의 체내지질함량에 미치는 영향을 검토하였다.

제 2 절 실험재료 및 방법

1. 미강추출물의 항산화 활성

가. 실험재료 및 시약

미강은 연무농협의 미곡종합 처리장에서 신선한 것을 구입하였다. DPPH, Pyrogallol, TBA, DTPA, cacodylic acid, α -tocopherol, catechin은 Sigma사로 부터 구입하였고 나머지 일반 시약은 일급이상의 것을 사용하였다.

나. 시료의 조제

미강의 항산화 활성 및 생체내 지질대사에 미치는 효과를 검토하기 위한 시료의 제조는 그림 4-1 및 그림 4-2 에 나타낸 바와 같다. 즉, 미강은 추출에 적합하도록 분쇄하여 40매쉬 체에 통과시킨 것을 사용하였다. 그런 다음 물 또는 80% 메탄올을 증량의 10배(w/v)로 넣고 rotary shaker를 이용하여 실온에서 회전속도 200rpm으로 하룻밤 추출한 다음 여과지(Toyo No.2)로 하였으며 침전물에는 다시 시료증량의 5배의 물 또는 메탄올을 가하여 3시간 추출후 여과하였고 침전물은 다시 3배의 물 또는 메탄올 용액을 가하여 3시간 추출 후 여액을 모아 한번더 여과를 시킨뒤 여액을 감압농축하였다. 이것을 잔여 수분을 없애기 위해 다시 냉동건조시킨 후 증량을 측정하여 물 또는 메탄올 추출물의 시료로 사용하였다.

분획물의 경우는 추출물 일정량에 증류수를 가하여 현탁시킨 후 분액여두에 넣고 먼저 증류수와 동량의 chloroform을 가하여 분액여두 진탕기(동양과학)에서 300rpm으로 10분간 진탕시킨 후 30분 방치후 chloroform 층을 따로 취하고 이 과정을 2회 반복하여 chloroform 획분을 얻었다. 다음은 ethyl acetate를 가하여 동일방법으로 추출하여 ethyl acetate 획분을 얻었고 그 후 butanol을 가하여 동일방법으로 추출하여 butanol 획분을 얻어 각 획분을 감압 건조하여 각 획분의 시료로 사용하였다.

다. 전자공여효과의 측정

전자공여효과는 시료성분의 DPPH의 환원력으로 측정하였다. 즉 각 시료 추출물 0.2ml에 0.1mM의 DPPH 0.8ml을 가하여 혼합한 후 25°C에서 15분간 반응시킨 후 525 nm에서 흡광도를 측정하여 다음식에 의해 효과를 나타내었다.

$$\left(1 - \frac{\text{시료첨가시의 흡광도}}{\text{시료무첨가시의 흡광도}} \right) \times 100$$

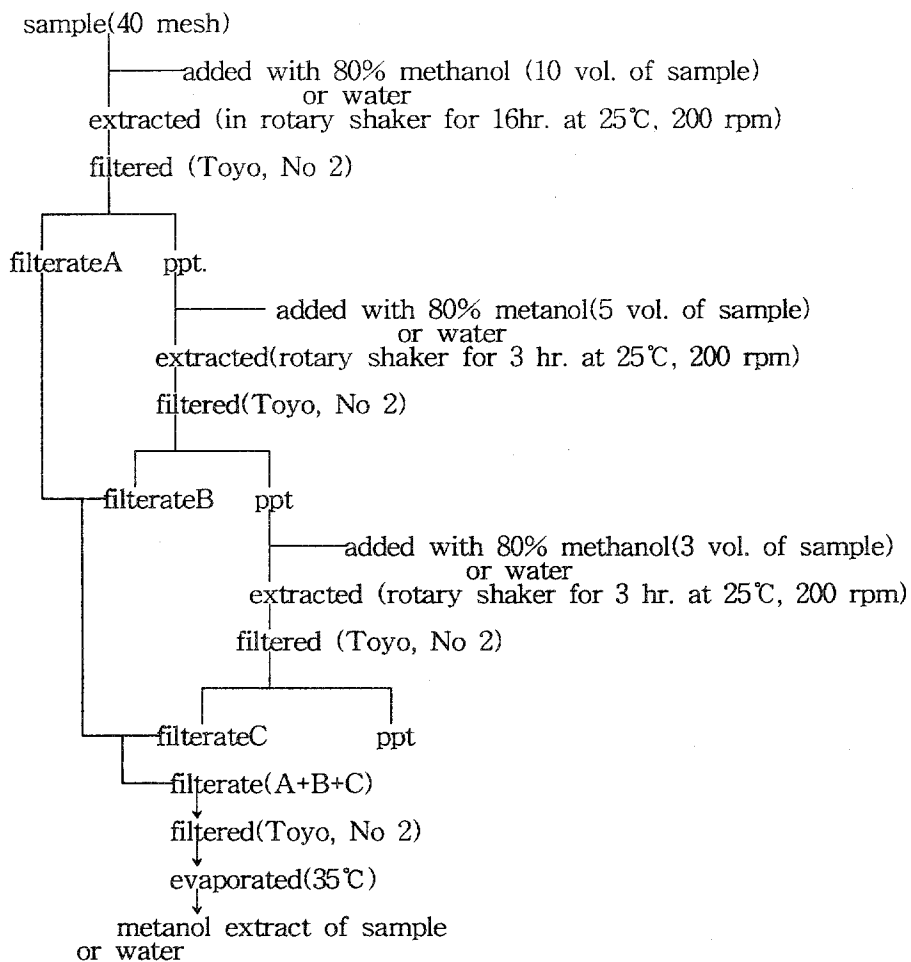


그림 4-1. 미강으로 부터 물 및 메탄올 추출물 제조 공정

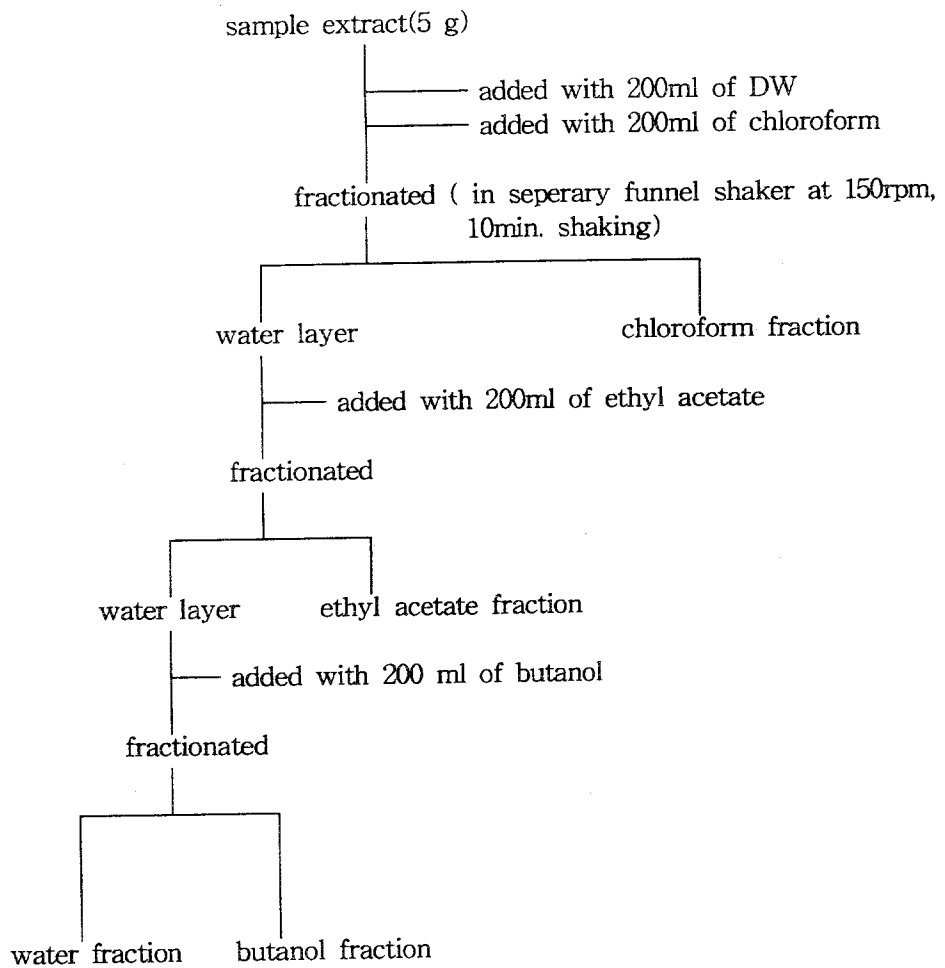


그림 4-2. 미강 추출물의 분획 공정

라. SOD유사활성의 측정

Pyrogallol 자동산화의 억제정도로서 SOD 유사활성을 나타내었는데 그 억제 정도는 Marklund와 Marklund법⁶²⁾에 따라 측정하였다. 즉 2mM pyrogallol 용액 0.1 ml에 1.1 mM DTPA를 포함하는 Tris-cacodylate buffer(pH 8.2, 25°C) 0.9 ml을 가하고 각종 농도의 시료를 가하여 420 nM에서 2분간의 흡광도 변화를 monitoring하였다. pyrogallol 자동산화율은 2분동안 흡광도 변화의 기울기로 나타내었고 시료의 SOD유사활성은 다음과 같이 구하였다.

$$\left(1 - \frac{\text{시료첨가시의 pyrogallol 자동산화율}}{\text{시료무첨가시의 pyrogallol 자동산화율}} \right) \times 100$$

마. Rat microsome계에서 과산화 지질 생성억제효과의 측정

Rat microsome은 흰쥐의 간에서 분리하여 사용하였다. 즉 흰쥐에서 간장을 적출하여 생리적 식염수의 냉용액으로 가볍게 씻은 후 trimming 하여 50mM phosphate buffer(pH 7.4)를 가하여 세절한 다음 Teflon Potter-Elvehjem homogenizer로 homogenize하였다. homogenate를 600g에서 20분간 원심분리후 상층을 다시 10,000에서 20분간 원심분리하였다. 상층을 얻어 다시 105,000 g에서 60분간 원심분리하여 microsome을 얻어 분석시 까지 -70°C에서 보관하였다.

과산화 지질생성억제효과는 microsome에 oxidative stress를 가하였을 때 과산화 지질 생성의 억제정도로서 측정하였는데 간 microsome의 산화유도는 Itoh등의 방법으로 하였다. 즉 0.1 단백질의 microsome에 각 농도의 시료추출물을 가하고 0.175% H₂O₂ 0.3 ml, 10 mM FeSO₄ 0.3ml을 가하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 생성되는 TBA reactive substance(TBARS)를 Ohkawa등⁶³⁾의 방법으로 분석하였다.

2. 미강발효산물의 항산화 활성

가. 미강국의 제조

미강식이섭유에 증류수를 가하여 골고루 잘 섞은 다음 1시간 동안 증자한다. 실온에서 방치한 다음 mixer를 이용하여 균일하게 분쇄한 다음 *Aspergillus Oryzae*를 0.1% 되게 첨가한다. 잘 혼합하여 27°C에서 incubation하면서 각 배양시간별 시료를 채취하였다.

나. 시료의 조제 및 항산화 활성 측정

4장 제 2절 1항과 동일한 방법을 이용하였다.

3. 생체내 지질함량에 미치는 미강 각추출물의 영향

가. 실험재료 및 시약

실험동물은 6주령된 Sprague Dawley계 숫컷 흰쥐를 대한실험동물센터로 부터 구입하였다. 식이의 조합은 20% 지방식이로 하고 casein, cellulose, mineral mixture, vitamin mixture, DL-methionine, choline bitartrate는 Harlen Teklad사 (Madison, Wisconsin, U.S.A)로 부터 구입하였다. 옥수수 전분은 선일 포도당사의 것을 사용하였고 옥수수기름은 동방유량의 것을 사용하였다. 또한 lard는 서울하인즈 사(Seoul-Heinz Ltd., Seoul)로 부터 구입하였다. Thermamyl a-amylase는 Novos사의 것을 이용하였고 콜레스테롤, 중성지방, 인지질, HDL-콜레스테롤 측정용 kit는 Eiken社(Tokyo, Japan)의 것을 사용하였으며 기타 일반시약은 일급이상의 것을 사용하였다.

나. 식이섬유 및 단백질의 분리

미강중의 식이섬유 및 단백질의 추출은 미강의 주성분이 전분, 식이섬유, 단백질, 지방이므로 미강을 우선 탈지시켜 지방을 제거한 뒤 thermamyl α -amylase로 가수분해 제거함으로서 분리하였다. 즉 미강을 60 mesh로 분쇄하여 헥산으로 탈지시킨 뒤 0.6% thermamyl α -amylase 용액에 분산시킨뒤 끓는 물에서 중탕하였다. 용액의 내부온도가 95°C에 달한 후 5분간격으로 저어주면서 30분간 반응시켰다. 반응이 끝난 용액을 여과하고 끓인 증류수로 열수 세정한 다음 에탄올로 세정하여 40°C에서 풍건하여 사용하였다.

다. 미강 추출물의 제조

미강의 물 또는 메탄올 추출물은 4장 제 2절 1항과 동일한 방법을 이용하였다.

라. 실험식이 및 사육조건

일반고형사료를 주어 일주일간 환경에 적응시킨 실험동물은 한마리씩 흰쥐사육용 케이지에 넣어 표 4-1과 같이 무작위로 4군의 실험군으로 나누었다. 식이조성은 AIN-76 diet 조성 (표 4-2)에 의거하였으며 지방급원으로는 옥수수기름 5%와 라아드 15%를 혼합급여한 20% 고지방식이를 조제하였다. 실험군은 고지방식이와 물을 급여한 HC군, 물대신 미강 물추출물을 급여한 RH군, 미강 메탄올 추출물을 급여한 RM군, cellulose 대신에 미강식이섬유를 첨가한 DF군으로 하였다. 실험식이와 물, 각 추출물은 자유로 섭취케 하고 식이 및 각추출물의 섭취량은 매격일로 측정하였으며 체중은 매주 일정한 시간에 측정하여 식이섭취량으로 나누어 식이효율(Food Efficiency Ratio, FER)을 산출하였고 4주간 사육하였다. 사육 환경은 온도 $24 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 하였고 명암은 12시간 cycle로 하였다.

표 4-1. 실험 design

Group	Condition
HC group	high fat diet
RM group	high fat diet + rice bran water extract
RH group	high fat diet + rice bran metanol extract
DF group	high fat diet + rice bran protein and dietary fiber

표 4-2. 실험식이의 조성 (g/kg)

	HC	RH	RM	DF
Casein	200	200	200	200
Corn oil	50	50	50	50
Lard	150	150	150	150
Mineral mixture	35	35	35	35
Vitamin mixture	10	10	10	10
Choline chloride	2	2	2	2
Cholesterol	1	1	1	1
Sucrose	150	150	150	150
Corn starch	349	349	349	349
Cellulose	50	50	50	
Rice bran fiber				50
DL-Methionine	3	3	3	3

다. 시료채취

사육이 끝난 실험동물은 16시간동안 절식시키고, diethyl ether로 마취시킨 다음, 복장을 열고 복부 대동맥으로 부터 혈액을 채취하였으며 간장, 신장, 심장, 비장을 적출하였다. 채취한 혈액은 3000 rpm에서 10분간 원심분리하여 혈청을 얻어 분석시료로 하였고 적출한 장기는 생리식염수 냉용액으로 가볍게 씻은 후 trimming하여 무게를 잰뒤 분석시 까지 -70°C 에서 보관하였다.

바. 각종 지질함량 및 과산화물가의 분석

혈청중 중성지방, 총콜레스테롤, HDL콜레스테롤, 인지질 함량은 각각의 검사 kit(Eiken, Japan)를 이용하여 측정하였다. 간장중 총지방은 Folch법으로 추출하였다. 즉 간장 1g에 클로로포름: 메탄올(2:1, V/V)용액 20ml을 가한 후 ultratrux로 homogenize하여 냉장고에서 하룻밤 방제한 다음 여과, 감압건고하고 무게를 재어 총지질 함량을 구하였다. 간장의 총지질중 중성지방, 총콜레스테롤, 인지질 함량은 혈장과 동일하게 분석하였다.

간장중 과산화물가(TBA reactive substance; TBARS)의 분석은 Ohkawa등의 방법⁶³⁾에 따랐다. 즉, 간장 1g에 1.15% KCl 냉용액 9ml을 가하여 Teflon Potter-Elvehjem homogenizer 로 homogenize하여 시료로 이용하였다. 간장 시료 0.1ml에 8.1% SDS 용액 0.2ml, acetic acid buffer 1.5 ml, 0.8% TBA 용액 1.5ml를 넣고 증류수를 가하여 반응용액을 4ml로 정용한뒤 95°C 에서 1시간 반응시켰다. 실온으로 식힌후 1ml의 증류수와 butanol-pyridine(15:1,V/V) 혼합용액 5ml을 가하여 충분히 혼합한 후 4000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로서는 1,1,3,3,-Tetraethoxypropane을 사용하였다.

사. 통계처리

실험식이에 의한 결과는 평균 \pm 표준오차로 나타내었으며 통계처리는 SAS를 이용하였고 각군에 따른 유의차 검정은 분산분석을 한 후 $\alpha=0.05$ 수준에서 Duncan의 다중비교법으로 하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 미강의 항산화 활성

가. 전자공여효과

미강의 물 및 80% 메탄올 추출물의 전자공여효과는 표 31 에 나타낸 바와 같다. 물 및 메탄올 추출물을 0.2mg/assay 첨가한 경우는 14% 미만으로 미약한 활성을 나타내었으나 첨가량을 2mg/ assay로 증가시켰을 때 물추출물이 63.3%, 메탄올 추출물이 76.6%로 높은 활성을 나타내었으며 활성은 농도의존성을 나타내었다. 그림 18,19 에는 각 추출물을 표준용매분획법에 따라 분획하여 활성을 측정해 본 결과 물 추출물은 butanol 획분에서 거의 90%정도의 매우 높은 활성을 나타내었고 물획분에서는 약 40%의 활성을 나타내었으며 나머지 획분에서는 거의 활성을 나타내지 않았다. 메탄올 추출물에서는 ethyl acetate 획분과 butanol의 양 획분에서 약 80%전후의 활성을 나타내었다. 이러한 미강의 활성은 천연항산화제로 잘 알려져 있는 catechin이 0.02mg 에서 83%의 전자공여 효과를 나타낸다는 점을 고려할 때 매우 강한 항산화 작용이 있는 것으로 사료된다.

표 4-3. 미강 추출물의 전자 공여 효과

Samples	Concentration (mg/assay)	water extract (%)	methanol extract (%)
Rice bran	0.2	12.3 ± 1.44	14.4 ± 0.22
	2.0	63.3 ± 0.12	76.6 ± 1.48

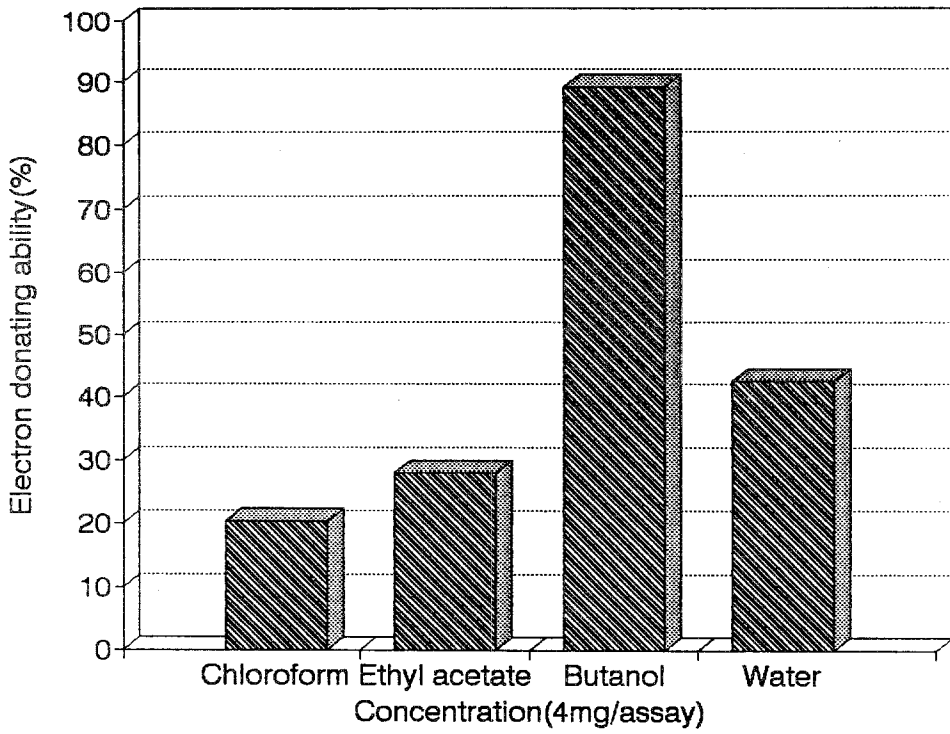


그림 4-3. 미강 물추출물의 각 분획별 전자공여 효과

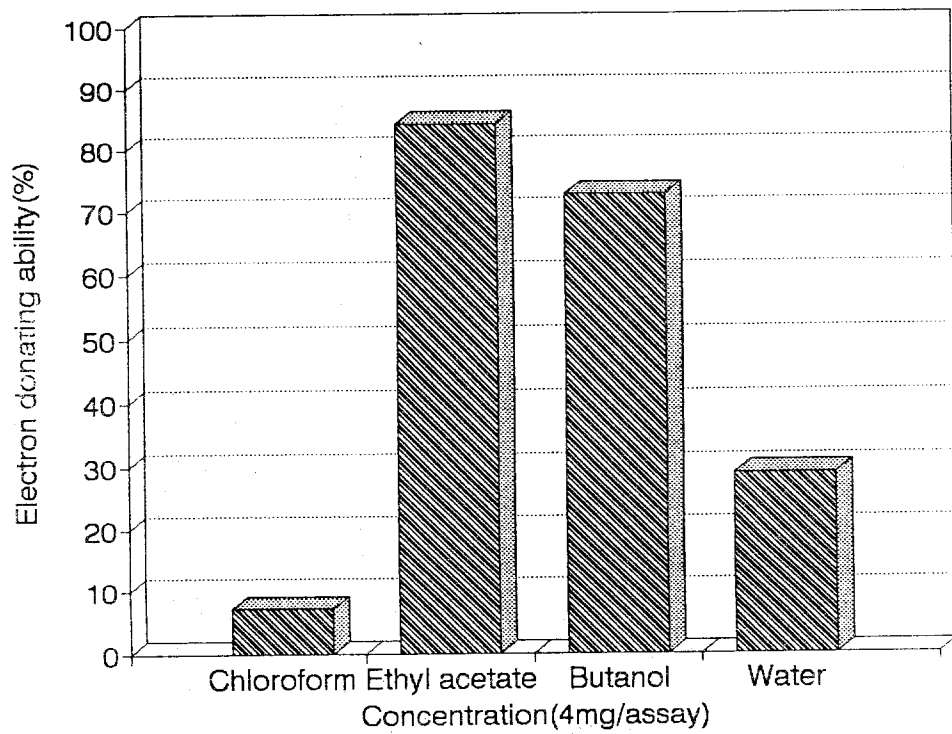


그림 4-4. 미강 메탄올 추출물의 각 분획별 전자공여 효과

나. SOD 유사활성

표 4-3에는 미강의 물 및 80% 메탄올 추출물, 또는 그 분획물에 있어서 superoxide를 소거하는 SOD 유사활성을 검색하여 항산화 활성을 측정된 결과를 나타내었다. 미강의 SOD 유사활성을 보면 물추출물의 경우는 0.5mg/assay 첨가시 22%의 강한 활성을 나타내었으며 2.5 mg/assay 첨가시는 64%의 강한 활성을 나타내었으나 메탄올 추출물은 2.5 mg/assay 첨가시에도 9.6%를 나타내어 물추출물이 메탄올 추출물보다 훨씬 높은 활성을 나타내었다. 이 결과는 60여종의 농산물에서 본 연구와 동일한 pyrogallol 자동산화 억제법으로 SOD 유사활성을 측정된 결과 물추출물이 에탄올 추출물보다 활성이 높았다고 보고한 Kim등⁶⁴⁾의 연구결과와 유사한 경향이다. 또한 그들은 과일, 채소, 버섯류의 물 및 에탄올 추출물의 SOD 유사활성을 측정된 결과 팽이버섯과 마늘의 물추출물이 40% 정도로 가장 높았고 다음은 브로콜리, 양상치, 키위 등이 35-38%로 높았다고 보고하고 있으며 대부분의 다른 채소 과일류는 30% 미만이었고 에탄올 추출물은 대부분이 10% 미만이었다. 또한 천연항산화제로 잘 알려져 있는 비타민 C(L-ascorbic acid)가 0.1mg/assay 이상에서는 100%의 활성을 나타내나 0.01 mg/assay에서는 35.9%를 나타내었으며 catechin은 1mg/assay에서 40.5%, 0.1 mg/assay에서 15.9% 인것 등과 비교해 볼 때 본 연구에서의 미강의 SOD 유사활성은 매우 강력한 것으로 사료되었다.

표 4-3. 미강 추출물의 SOD 유사활성

Samples	Concentration (mg/assay)	Activity (%)
Water extract	0.5	22.3 ± 0.26
	2.5	64.4 ± 5.14
Methanol extract	2.5	9.6 ± 1.46

다. Rat microsome에서의 지질과산화 생성 억제효과

간 microsome은 고도불포화 지방산을 구성성분으로 하는 인지질을 다량 함유하고 있다. 이러한 microsome계를 이용하여 각 시료 추출물이 oxidative stress에 의해 유도되는 지질과산화의 억제효과로서 미강의 항산화 활성을 측정하였다. 표 4-4에는 미강의 물 및 메탄올 추출물의 과산화 지질 억제 효과를 나타내었다. 천연 항산화제로 잘 알려져 있는 α -Tocopherol, Catechin을 0.1 mg/assay 첨가시 각각 70.7%, 96.7%의 억제효과를 보였고 1mg 첨가시는 거의 100%에 가까운 억제효과가 있었다. 반면 미강의 물 추출물에는 0.2 mg/assay 첨가시는 활성이 나타나지 않았고 2.0mg/assay 첨가시에도 27.6%로 미약한 활성을 보였다. 그러나 메탄올 추출물에서 보면 0.2mg/assay에서는 역시 거의 활성이 없었으나 2mg 첨가시는 약 98%의 매우 높은 활성을 나타내었다. 다음에는 미강의 물 및 메탄올 추출물을 표준용매 분획법으로 분획하여 과산화 지질 억제 효과를 측정한 결과(그림 4-5, 4-6) 물추출물에서는 수용성획분이 가장 낮은 활성을 나타내었고 클로르포름 획분에서 가장 높았다. 특히 클로르포름획분은 0.2 mg/ assay 첨가시의 활성이 약 20%로서 동일농도에서 전혀 활성이 나타나지 않았던 분획전의 물추출물에 비하여 활성이 증가하였음을 알 수 있다. 메탄올 추출물에 있어서는 ethyl acetate획분에서 0.2 mg/assay에서도 90% 이상의 매우 강한 활성을 나타내었고 다음은 chloroform획분으로 약 40%였으며 수용성획분에서는 활성이 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 분획전에 비하여 분획후에는 그 활성이 현저히 증가함을 알 수 있었다.

표 4-4. 미강 추출물의 과산화 지질 생성 억제 효과

Samples	Concentration (mg/assay)	Activity (%)
α -Tocopherol	0.1	70.7
	1.0	98.6
Catechin	0.1	96.7
	1.0	98.6
Rice bran		
water extract	0.2	0
	2.0	27.6
methanol extract	0.2	2.1
	2.0	97.7

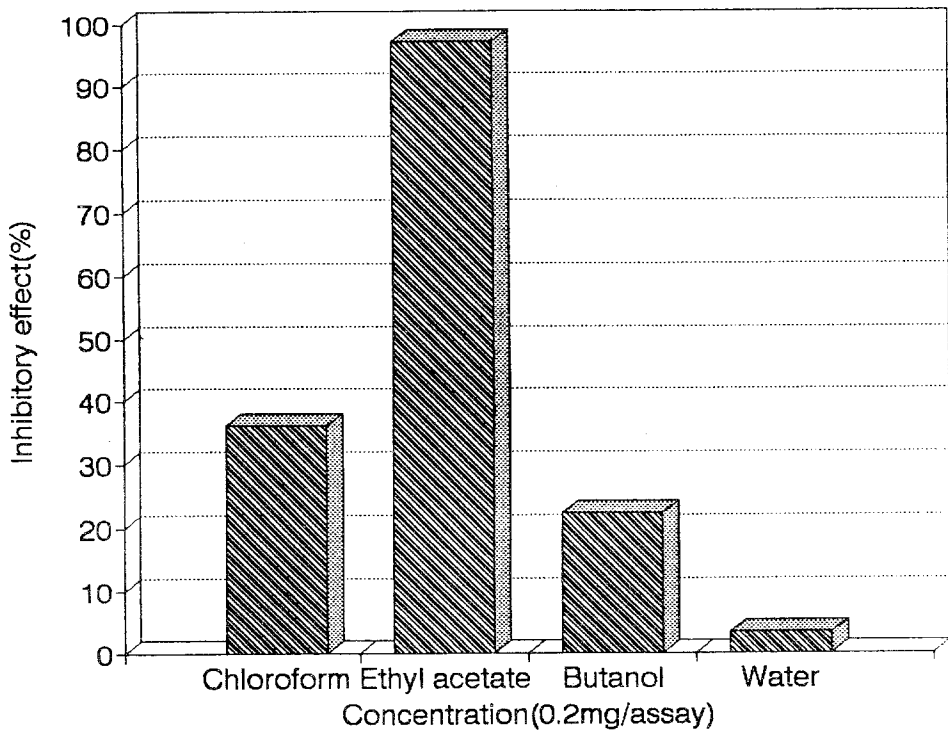


그림 4-5. 미강 물추출물의 각 분획별 과산화지질 생성 억제 효과

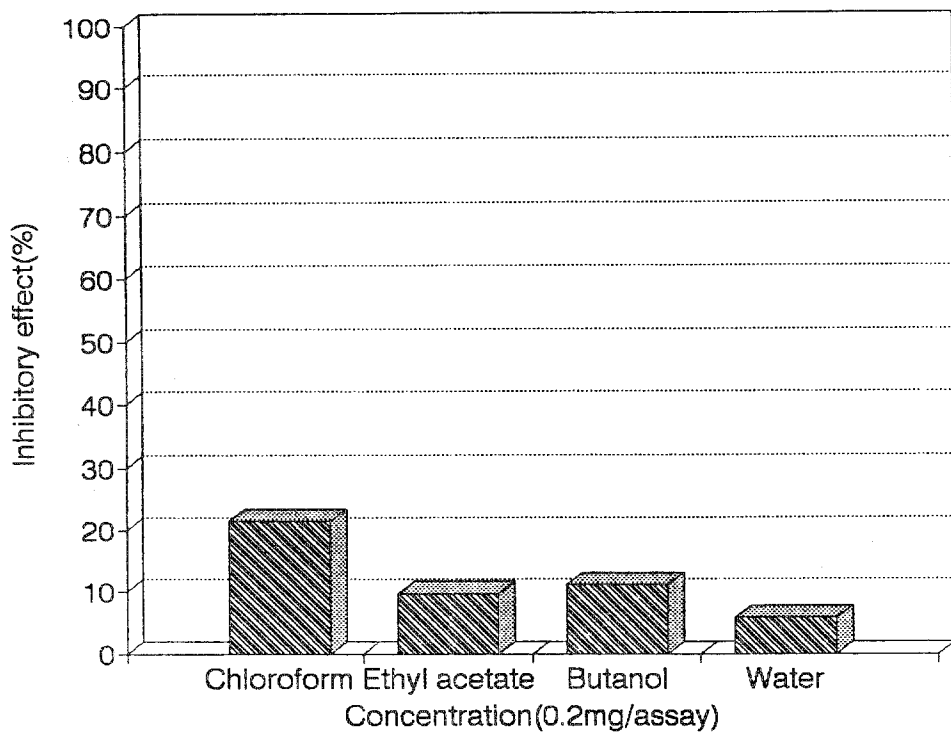


그림 4-6. 미강 메탄올 추출물의 각 분획별 과산화지질 생성 억제 효과

라. 볶음미강의 항산화 효과

다음은 볶음처리한 미강의 물 및 메탄올 추출물의 전자공여효과 및 지질 과산화 억제효과를 측정한 결과를 표 4-5, 4-6에 나타내었다. 볶음온도가 증가 할 수록 전자공여효과가 증가하였으며 40분간 볶음처리시의 전자공여효과는 미볶음처리시의 약 50 % 가 증가하였다. 과산화 지질 생성억제효과는 볶음처리시간 30분 까지는 활성이 증가하였으나 40분 볶음처리시에는 오히려 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 볶음보리의 에탄올 가용성 획분, 에탄올 침전 획분 및 메탄올 가용성 획분으로 나눠 POV법으로 linoleic acid에 대한 항산화 효과를 조사한 결과 에탄올 가용성 획분은 첨가 농도가 증가함에 따라 항산화 효과가 증가하였고 메탄올 가용성 획분에서는 강한 항산화 효과가 나타났다고 보고되어 있다⁶⁵⁾. Hayase등⁶⁶⁾은 마이야르 반응으로 생성된 멜라노이딘은 linolenic acid의 γ -선 조사에 의한 지질의 과산화를 강하게 억제하였다고 보고하고 있다. 또한 생체내에 있어서 과산화 지질에 대한 마이야르 반응 생성물의 영향을 조사한 Kato등⁶⁷⁾은 흰쥐에게 마이야르 반응 생성물을 사료의 6% 되게 첨가하여 2개월 사육 후 간장중의 TBA치를 측정한 결과 control에 비하여 TBA치가 현저하게 감소하였다고 보고하고 있다. 이상의 점으로 미루어 볼 때 생미강에 강한 항산화물질이 존재하지만 이를 볶음처리하면 마이야르 반응이 일어나 그 활성이 증가함을 시사해주고 있다.

표 4-5. 볶음미강 추출물의 전자 공여 효과

Roasting time(min)	methanol extract	water extract
	(%)	
0	47.8 ± 1.57	48.4 ± 1.24
10	59.0 ± 2.01	59.2 ± 2.12
20	62.9 ± 0.24	63.2 ± 0.95
30	67.4 ± 2.01	63.4 ± 0.75
40	70.3 ± 0.92	68.9 ± 1.11

* 각 볶음시료 추출물 1mg/assay첨가

표 4-6. 볶음미강 추출물의 과산화지질 생성 억제 효과

Roasting time(min)	methanol extract	water extract
	(%)	
0	55.2	41.5
10	59.7	51.3
20	65.2	57.9
30	66.1	66.9
40	51.7	47.6

* 각 볶음시료 추출물 1mg/assay첨가

2. 미강발효산물의 항산화 활성

미강을 *Aspergillus Oryzae*로 발효시킨 발효산물을 에탄올 및 메탄올로 추출하여 감압 건조시킨 뒤 동결건조한 다음 각 추출용매로 일정농도가 되게 용해하여 rat microsome계에서 과산화 지질 생성억제 활성을 검토하였다. 우선 메탄올 추출물을 보면 1mg/assay첨가시 발효 2일까지는 거의 변화가 없었으나 3일 이후는 활성이 현저히 증가하여 미강을 제국발효시킴으로서 과산화 지질생성억제능이 증가함을 알 수 있었다. 2.5mg/assay 첨가시는 발효기간에 관계없이 모두 약 95%의 활성을 나타내었다. 에탄올 추출물을 보면 발효 2일째까지는 약간 감소하는 경향이 보이다가 그 후부터는 발효기간이 길수록 활성이 증가하는 경향을 보였다. 또한 전체적으로 보아 메탄올 추출물이 에탄올 추출물보다 높은 항산화 활성을 나타내었다. 또한 전자공여작용을 보면 *Aspergillus Oryzae*로 제국발효한 영향이 거의 나타나지 않았으나 전체적으로 강한 항산화 효과를 나타내었으며 추출용매에 따른 차이도 나타나지 않았다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 미강을 *Aspergillus Oryzae*로 제국발효하면 원래 미강이 갖고 있던 전자공여효과에는 더 이상의 증가효과를 나타내지 않았으나 과산화 지질생성억제효과는 생미강에 비하여 더욱 활성이 증가하는 경향을 나타내었다(표 4-7, 4-8).

표 4-7. FeSO₄-H₂O₂ 유래 과산화 지질 생성억제 효과

	0.25mg/assay (%)	1mg/assay (%)	2.5mg/assay (%)
MeOH extract			
0일	4.64	25.51	95.80
1일	0	26.69	94.53
2일	1.63	25.52	92.69
3일	3.91	31.68	94.36
7일	4.64	38.98	94.26
EtOH extract			
0일	7.53	22.23	82.51
1일	1.87	57.57	82.25
2일	0	68.48	88.94
3일	0	80.10	84.86
7일	8.15	81.37	87.42

표 4-8. 미강발효산물 추출물의 항산화 효과

	0.5mg/assay (%)	1mg/assay (%)	2mg/assay (%)	5mg/assay (%)
MeOH extract				
0일	33.07	59.93	74.60	81.18
1일	34.01	53.90	69.71	84.25
2일	30.59	51.19	65.85	84.48
3일	33.85	56.49	70.28	86.36
7일	38.85	59.69	77.78	86.45
EtOH extract				
0일	28.13	43.25	72.54	86.55
1일	32.77	46.15	72.01	87.19
2일	31.91	44.38	69.58	86.58
3일	37.47	50.48	75.78	88.52
7일	36.93	51.13	80.04	90.12

3. 생체내 지질대사에 미치는 영향

고 지방식이에 미강의 각 추출물을 급여하여 4주간 사육한 후 체중의 변화, 식이섭취량, 식이효율을 표 4-9에 나타내었다.

우선 체중의 변화를 보면 초기체중은 각군 모두 거의 같은 값을 보이고 있으나 체중의 증가량에 있어서는 통계적 유의차는 없었으나 미강의 물추출군이 대조군에 비하여 약간 높은 경향을 나타내었고 미강 메탄올 추출물 급여군은 대조군에 비하여 낮은 경향을 보였으며 미강식이섬유군은 대조군에 비하여 현저하게 낮은 값을 나타내었다. 사료섭취량은 물추출물군이 현저하게 높았으나 다른 3군은 거의 비슷하였으며 식이효율에 있어서도 물추출물은 대조군보다 높은 반면 메탄올 추출물군과 식이섬유군은 낮은 값을 나타내었다. 따라서 물 추출물군의 체중증가는 식이섭취량의 증가에 기인 한 것으로 사료된다. 그러나 메탄올 추출물군 및 식이섬유군에 있어서는 식이섭취량은 대조군보다 많거나 같은 반면 체중증가량이 적은 것으로 보아 미강 식이섬유 및 메탄올 추출물에는 고지방식이에 의한 비만을 억제하는 효과가 클 가능성을 시사하고 있다. 특히, 미강의 식이섬유 성분은 대부분 불용성인데 이러한 불용성 식이섬유는 변의 용적을 증가시키고 음식물의 장내통과 시간(transit time)을 빠르게 함으로서 변비에 효과적이라고 알려져 있다^{67,68}. 식이섬유와 비만과의 관계에 관해서는 식이섬유가 에너지 섭취량에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다⁶⁹. 예를 들면 비만인에게 저열량식사와 oat bran을 함께 섭취시킨 경우는 저열량식지만을 섭취시킨 경우에 비하여 유의하게 체중이 감소하였다고 보고하고 있다. 본 실험에서도 식이섬유군이 고지방식이에 의한 체중증가를 현저하게 억제한 것으로 보아 미강식이섬유가 비만방지에 효과적이라고 사료되나 이에 대한 자세한 연구가 요구된다.

표 4-9. 각 실험군의 체중증가량,식이섭취량 및 식이효율 변화

	HC	RH	RM	DF
Initial B.W. (g)	188.0 ± 8.32	186.8 ± 7.60	189.2 ± 5.90	189.6 ± 8.33
Final B.W. (g)	323.8 ±19.90	341.7 ±12.58	321.8 ±11.97	319.5 ±19.56
Weight gain (g)	135.8 ±13.34	154.9 ± 6.99	132.6 ±12.91	129.90 ±13.92
Food intake (g)	453.6 ±25.26	493.0 ±17.00	463.9 ±33.97	452.2 ±28.74
Food efficiency ratio	0.298 ±0.018	0.317 ±0.007	0.286 ±0.017	0.283 ±0.015

HC; high fat diet control group, RH; high fat diet with water extract of rice bran, RM; high fat diet with methanol extract of rice bran, DF; high fat diet with dietary fiber of rice bran,

각 실험식으로 사육한 흰쥐의 주요 장기무게를 표 4-10 에 나타내었다. 전체적으로 보아 대조군과 물추출물군이 메탄올 추출물군과 식이섬유군에 비하여 모든 장기가 큰 것으로 나타났으며 이는 체중과 일치하는 경향이었으며 이것으로 보아 각 실험식이에 의한 부작용은 없는 것으로 사료되었다.

표 4-10. 각 실험군의 주요 장기 무게 변화

	HC	RH	RM	DF
Liver	9.14 ±0.709	9.96 ±0.611	8.86 ±0.730	9.09 ±1.132
Kidney	2.11 ^{ab} ±0.108	2.34 ^a ±0.132	2.02 ^{sb} ±0.063	1.99 ^b ±0.114
Heart	0.90 ±0.039	0.95 ±0.713	0.86 ±0.031	0.87 ±0.046
Spleen	0.78 ±0.102	0.71 ±0.048	0.70 ±0.061	0.68 ±0.080

^{ab}Means with the same letter within a column are not significantly different.

고지방식이 미강의 각 추출물을 급여하여 사육한 뒤 혈청 중 지질함량의 변화를 표 4-1에 나타내었다. 혈청 중 triglyceride, HDL-cholesterol, phospholipid에 있어서는 각군에 따른 차이가 없었으나 total cholesterol에 있어서는 식이섬유군이 다른 3군에 비하여 현저하게 낮은 값을 나타내어 미강식이섬유의 콜레스테롤 저하 작용에 관한 타의 실험 결과와 일치한다. 예를들면 Ayano등은 흰쥐에게 탈지미강으로부터 분리한 neutral detergent fiber(NDF), acid detergent fiber(ADF)와 cellulose를 급여한 후 혈중 콜레스테롤을 분석한 결과 ADF 및 cellulose는 혈중콜레스테롤에 영향이 없었고 NDF는 혈중 콜레스테롤을 유의하게 감소시켰다고 보고하고 있다. 또한

그들은 NDF중 hemicellulose의 영향이 크다고 보고하였다.이외에도 미강의 혈중 콜레스테롤 저하작용에 관해서는 햄스터, 흰쥐를 이용한 연구결과들이 보고되어 있다. 미강을 그대로 섭취시킨 예로서는 햄스터에게 미강을 전체식이의 11, 22, 33, 44% 첨가함으로써 혈장중 콜레스테롤을 8, 11, 15, 21% 감소시켰다고 보고되어 있으며 미강유의 혈중 콜레스테롤 저하효과에 대해서는 동물실험에서 뿐만 아니라 임상실험에서도 확인되어 있다^{1-4,71,72)}. 본 연구에서는 미강의 어떠한 성분이 고지방식이를 섭취한 흰쥐의 지질대사에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보기 위하여 미강의 각 추출획분을 투여한 결과 미강 식이섬유에만 혈청 콜레스테롤 상승억제 효과가 있음을 나타내 주었다. 일반적으로 식이섬유는 혈중 콜레스테롤을 저하한다고 알려져 있으며 식이섬유중에서도 불용성 섬유보다는 pectin과 같은 수용성 식이섬유에 의한 효과가 크다고 보고되어 있고 특히 혈청 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 수준을 낮추는 것으로 보고되고 있다. 혈중 콜레스테롤에 미치는 식이섬유의 작용기전으로서는 담즙산의 대변으로의 배설 증가, 지방의 흡수율 저하, 대장에서의 발효 산물인 short-chain fatty acid 증가에 따른 콜레스테롤 합성저해, LDL-콜레스테롤의 이화작용 증가등이 알려져 있다⁷³⁻⁷⁶⁾. 본 연구에서 이용한 미강의 식이섬유는 hemicellulose가 제외된 불용성 식이섬유로서 혈중 콜레스테롤 농도에 미치는 효과가 다른 수용성 식이섬유만큼은 기대하기 어려우나 대조군의 셀룰로오스에 비해서는 혈중 콜레스테롤을 낮추는데 효과적인 것으로 사료되었다.

표 4-11. 혈청 중 각종 지질함량의 변화 (Mean \pm SEM)

	HC	RH	RM	DF
	(mg/100ml)			
Triglyceride	93.9 \pm 7.92	113.7 \pm 11.80	91.5 \pm 6.08	91.3 \pm 5.69
Total cholesterol	72.7 \pm 5.18	71.1 \pm 3.35	72.9 \pm 4.96	64.8 \pm 3.13
HDL cholesterol	41.5 \pm 3.82	40.4 \pm 1.78	44.3 \pm 3.68	43.7 \pm 5.15
Phospholipid	103.8 \pm 5.24	143.6 \pm 11.33	113.5 \pm 7.22	108.6 \pm 5.98

그림 4-7, 4-8에는 간장중의 총지질 및 각종 지질함량을 나타내었다. 우선 총지방함량을 보면 대조군이 113mg/ g liver로 가장 높았고 식이섬유군이 93.5mg/g liver로 가장 낮은 값을 나타내었으며 중성지방에 있어서도 총지질과 마찬가지로 대조군이 44.3 mg/g liver로 가장 높았고 식이섬유군이 35.2mg/g liver로 가장 낮았다. 또한 미강의 물 또는 메탄을 추출물군에서도 혈중 지질함량에는 전혀 영향이 없었으나 간장의 지질함량을 저하시키는 경향이 있음을 알 수 있었다. 총 콜레스테롤은 대조군이 다른 3군에 비하여 유의하게 높았고 다음은 미강 메탄을 추출물이었으며 특히 식이섬유군은 대조군에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었다. 이러한 결과는 고콜레스테롤 식이에 hemicellulose를 첨가한 결과 혈중 콜레스테롤은 감소하였으나 간장중의 콜레스테롤에는 변화가 없었다는 Aoe⁴²⁾의 결과와는 상반되나, 고지방, 고

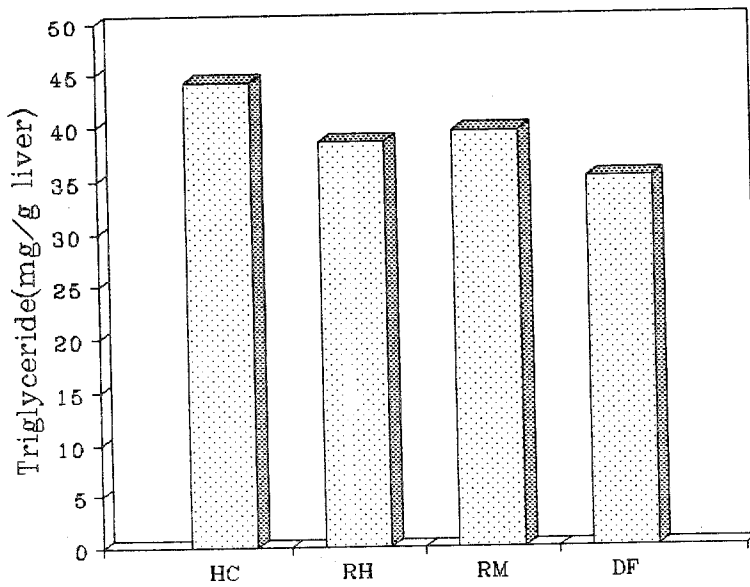
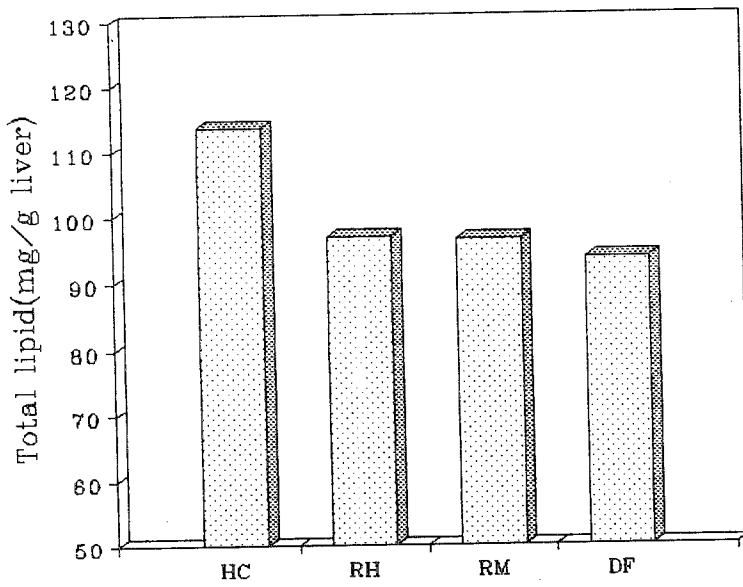


그림 4-7. 간장 중 총지질 및 중성지질 함량의 변화

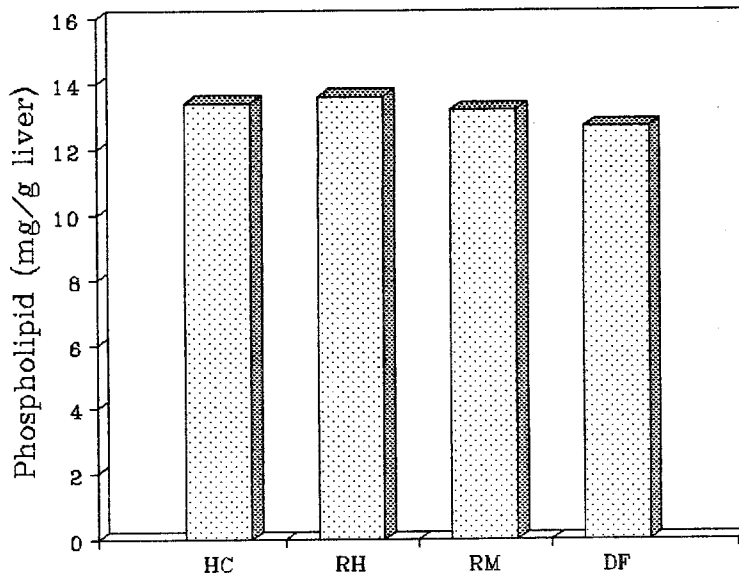
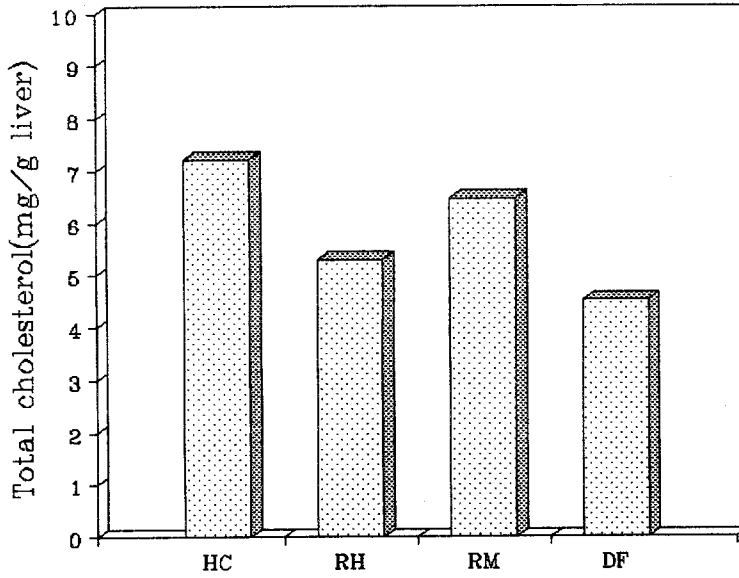


그림 4-8. 간장 중 총콜레스테롤 및 인지질 함량의 변화

콜레스테롤 식이에 10% 미강 식이섬유를 첨가한 식이를 공급한 결과 식이섬유 무첨가 군에 비하여 혈장 및 간장의 콜레스테롤을 유의하게 감소시켰다는 John등⁷⁾의 연구결과와는 유사한 경향이다. 인지질 함량에는 각군에 따른 차이가 없었다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 미강의 불용성 식이섬유는 혈중 지질함량보다는 간장의 지질축적을 억제하는 효과가 있음을 알 수 있었다.

각 실험식으로 4주간 사육한 흰쥐 간장중의 과산화물가를 표 39. 에 나타내었다. 각 미강 추출물군은 대조군에 비하여 과산화물가가 유의하게 감소하였다. 특히 미강 메탄올 추출물군은 가장 낮은 값을 나타내었다. 이는 앞서 in vitro 실험의 흰쥐 간장 microsome계에서 미강의 메탄올 추출물이 강한 과산화 지질억제작용이 있었다는 결과를 뒷받침해 주고 있다. 미강의 항산화 효과를 나타내는 물질로서는 oryzanol이나 vitamin E가 함유되어 있으나 phenolic compounds의 가능성도 배제할 수 없으므로 이에 대한 계속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

표 4-12. 간장 중 과산화물가의 변화 (Mean ± SEM)

Group	MDA(nmol/g liver)
HC	581.7 ± 30.1 ^a
RH	239.8 ± 12.9 ^b
RM	211.5 ± 14.7 ^b
DF	241.8 ± 18.9 ^b

참고문헌

1. Kahlon, T.S. Saunder, R.M., Sayre, R.N., Chow, F.I. Chiu, M.M. and Betschart, A.A., *Cereal Chem*, **69**, 485 (1992)
2. Kahlon, T.S. Saunder, R.M., Sayre, R.N., Chow, F.I. Chiu, M.M. and Betschart, A.A., *Cereal Chem*, **67**, 439 (1990)
3. Kahlon, T.S., Chow, F.I. Sayre, R.N., and Betschart, A.A., *J. Nutr*, **122**, 513 (1992)
4. Kahlon, T.S. Chow, F.I., Knuckles, B.E. and Chiu, M.M., *Cereal Chem*, **70**, 435 (1993)
5. 하태열, 이상효, 이현유, 한국식품과학회지, **29**, 178 (1997)
6. Prosky, L., ASP, N.G., Schweizer, T.F. and Furda, I., *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **71**, 1017 (1988)
7. Marrison, W.M. and Smith, L.M., *J. lipid Res.*, **5**, 600 (1964)
8. K.Yamada, Y.Ota and D.C. Chamber, *J.Biol. Chem.*, **9**, 1387 (1951)
9. 김영수, 하태열, 이상효, 이현유, 한국식품과학회지, **29**, 90 (1997)
10. 김영수, 하태열, 이상효, 이현유, 한국식품과학회지, **29**, 464 (1997)
11. Williams, M.,and Baer, S. : *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **42**, 151 (1965)
12. Hunnel, J. W., and Nowlin, J. F., In Rice Chemistry and Technology, edited by D.F.Houston . St.Paul, MN: AACC (1972)
13. Harper, J. M., In Extrusion Cooking, edited by C.Mercier,P.Linko,and J.M.Harper.St.Paul.MN.:AACC,pp1-15 (1989)
14. Robertson, J.A. and Eastwood, M.A., *J. Sci. Food Agr.*, **32**, 819 (1981).
15. Camire, A.L. and Clydesdale, F.M., *J. Food Sci.*, **46**, 568 (1981).
16. Behall, K.M., Lee, K.H. and Moser, P.B., *Am.J.Clin.Nutr.*, **39**, 209 (1984).
17. Chen, W.L., Anderson, J.W. and Gould, M.R., *Nutr.Rep.Int.*, **24**, 1093(1981).

내용누락

36. Chen, H., Bubenthaler, G.L., Leung, H.K., and Baranowski, J.D., *Cereal Chem.*,
37. American Association of Cereal Chemists: *Approved method of the AACC*.
Method 54-21. The Association, St. Paul, M.N.(1983).
38. American Association of Cereal Chemists: *Approved Method of the AACC*.
The Association, St. Paul, MN (1983).
39. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A., *Stærke*, **18**, 101 (1966).
40. 이경혜, 김형수, 한국식품과학회지, **13**, 6 (1981).
41. American Association of Cereal Chemists: *Approved method of the AACC*.
Method 10-10A. The Association, St. Paul, M.N.(1983).
42. Aoe, S., Nakaoka, M., Ida, K., Tamai, Y., Ohta, F. and Ayano, Y.,
Cereal Chem., **66**, 252 (1989)
43. 이영현, 문태화, 한국식품과학회지, **26**, 288 (1994)
44. Sosulski, F.W. and Cadden, A.M., *J. of Food Sci.*, **47**, 1472 (1982)
45. Mod, R.R., Normand, F.L., Ory, R.L. and Conkerton, E.J., *J. of Food Sci.*, **46**,
571-573 (199) .
46. White, P.J., Abbas, I.R. and Johnson, L.A., *Starch/Starke* **39**, 231(1989).
47. Jankowski, T. and Rha, C.K., *Starch/Starke* **38**, 45(1986).
48. Orford, P.D., Ring, S.G., Carroll, V., Miles, M.J. and Morris, V.J., *J. Sci.*
Food Agric., **39**, 169(1987).
49. I'Anson, K.J., Miles, M.J., Morris, V.J., Besford, L.S., Jarvis, D.A. and Marsh,
R.A., *J. Cereal Sci.*, **11**, 243(1990).
50. Kohyama, K. and Niahinari, K., *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 1406(1991).
51. Germani, R., Ciacco, C.F. and Rodriguez-Amaya, D.B., *Starch/Starke*, **35**, 377
(1983).
52. Russell, P.L. and Oliver, G., *J. Cereal Sci.*, **10**, 123(1989).
53. Yuan, R.C., Thompson, D.B. and Boyer, C.D., *Cereal Chem.*, **70**, 81(1993).

54. 강규찬, 백상봉, 이규순, 한국식품과학회지, 22, 19(1990).
55. Borghi, B., Castagna, R., Corbellini, M., Heun, M., and Salamini, F., *Cereal Chem.*, 73, 208 (1996).
56. Kailasapathy, K. and Macneil, J.H., *J. Food Sci.*, 50, 1672 (1985).
57. Prentice, N. and D'Appolonia, B.L., *Cereal Chem.*, 54, 1084 (1977).
58. 김성곤, 김홍래, 방정범, 한국식품과학회지, 28, 58 (1966).
59. Sievert, D., Pomeranz, Y., and Abdelrahman, A., *Cereal Chem.*, 67, 10 (1990).
60. 손성현, 세종대학교 석사학위논문 (1993)
61. 김영수, 세종대학교 박사학위논문 (1993)
62. Marklund, S.L. and Marklund, G., *Eur. J. Biochem.* 47, 469 (1974)
63. Ohkawa, H., Ohishi, N. and Yagi, K., *Anal. Biochem.*, 95, 351 (1979)
64. Kim, S. J., Han, D.S., Park, M.H. and Rhee, J. S. : *Biosci. Biotech. Biochem.*, 58, 2263, 1994
65. 정희진, 이서래: 한국식품과학회지, 23, 280, 1991
66. Hayse, F.: *食品工業*, 30, 18, 1992
67. Kato, H., Lee, I. E., Chuyen, N. V., Kim, S. B. and Hayase, F.: *Agric. Biol. Chem.*, 51, 1333, 1987
68. Manning, A.P. and Heaton, K.W.: *Lancet* ii, 588, 1976
69. Burkitt, D. P., Walker, A. R. P. and Painter, N. S. : *Lancet* ii, 1408, 1972
70. Solum, T.T., Ryttig, K.R., Solum, E. and Larsen, S.: *Int. J. Obesity* 11(suppl.1), 67, 1987
71. Shama, R.D. and Rumiki, C.: *J. med. Res.* 85, 278, 1987
72. Shama, R.D. and Rumiki, C: *Lipids*, 21, 715, 1986
73. Nyman, M., Cheweizer, T.F. and Tyren, S.: *J. Nutr.* 120, 459, 1990
74. Ebihara, K. and Schneeman, B.O.: *J.nutr.*, 119, 1100, 1989

75. Wright, R.W., Anderson, J.W. and Bridges, S.R.: Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 195, 26, 1990
76. Turner, P. R., Tuomilehto, J., Happonen, P., La Ville, A.E., Shaikh, M. and Lewis, B., Atherosclerosis, 81, 145, 1990
77. John, I.T., Gee, J. M., and Brown, J.C.: Food Sci. Nutr., 42F, 153, 1989