

버섯을 함유하는 조직 대두단백 생산체계 개발

Development of Manufacture System for
Textured Soy Protein Incorporated Mushroom

연구기관
한국식품연구원

농림수산식품자료실



0016176

농림수산식품부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “버섯을 함유하는 조직 대두단백 생산체계 개발에 관한 연구”
과제의 최종보고서로 제출합니다.

08 년 4 월 24 일

주관연구기관명 : 한국식품연구원

총괄연구책임자 : 김 철 진

세부연구책임자 : 김 종 태

세부연구책임자 : 조 용 진

연 구 원 : 지 호 균

연 구 원 : 김 도 연

연 구 원 : 오 현 정

연 구 원 : 김 민 지

요 약 문

I. 제 목

버섯을 함유하는 조직 대두단백 생산체계 개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

미 상품화 느타리버섯을 혼합한 조직대두단백의 생산체계를 개발하여, 미 상품화 느타리버섯의 안정적인 산업적 수요를 창출하여 국민 건강향상 및 버섯 재배농가의 소득증대에 이바지 함. 버섯 재배농가 중 느타리버섯의 미 출하 물량 및 반품율은 계절적으로 차이가 있으나 약 10% 내외에 이르며, 이들 미 출하 및 반품 제품은 가축사료로도 사용 못하고 거의 폐기 되는 것이 현실이다. 그러므로 상품화 되지 못하는 느타리버섯의 안정적이고 규모 있는 수요처를 만들기 위하여, 이들 미 상품화 느타리버섯을 활용하여, 요즘 건강식품 또는 웰빙 식품으로 주목받고 있는 조직대두단백 제품으로 개발하는 일은 버섯재배 농가의 어려움을 타개하는 데 크게 기여할 것이다.

III. 연구개발 내용 및 범위

- 미상품 느타리버섯 최적 전처리(냉동, 건조, 분쇄 등) 기법 확립
- 탈지대두분과 버섯의 최적 혼합율 및 최적 압출조건 (수분함량, 압출온도) 확립
- 압출물의 조직물성 및 water management capacity에 미치는 식품 Gum류 혼합 효과 검증을 통한 최적 gum류 및 혼합율 확립
- 조직단백 base 조미 방법 개발
- 최적 압출조건에 적합한 EXTUDER 주요부품(Die) 설계제작

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

대두 단백질 새송이 버섯 분말의 최대 배합비는 분리대두단백 (ISP), 농축대두단백 (CSP), 및 탈지대두분(defatted soy flour)가 각각 30, 20, 및 10~5% 였다. 이 이상의 버섯분말을 첨가하면 조직 형성이 불량하였다. 이 혼합물을 수분함량 28~30%에 달하도록 물을 첨가하여 압출온도 155℃ 이상으로 압출하는 것이 조직 형성에 최적으로 밝혀졌다. 압출온도를 155℃ 이상으로 유지하기 위해서는 barrel 가열온도를 165℃ 이상으로 가열, screw elements 조합에 역류 screw element를 2 parts로 나누어 원료 혼합물 반죽이 extruder 이송통로를 지날 때 역 screw elements에 의한 흐름방해를 극복할 수 있는 내부압력을 발생시키는 것이 필요하였다. die opening은 slit die를 2X 20mm에 land를 30mm 이상 유지하여야 하였다 Gum류의 의 혼합은 Na-alginate 와 methyl cellulose 1:1 혼합물을 3%를 soy lecithin 0.5% 함께 첨가하여 WMC 개선에 효과가 있었다. 이 혼합물을 수분함량 28~30%에 달하도록 물을 첨가하여 압출온도 155℃ 이상으로 압출하는 것이 조직 형성에 최적으로 밝혀졌다. 압출온도를 155℃ 이상으로 유지하기 위해서는 barrel 가열온도를 165℃ 이상으로 가열하여도 전열에 의하여서는 온도상승에 한계가 있어, 마찰열을 생성시키기 위한 특수 screw 조합이 필요하였다. 즉, screw elements 조합에 역류 screw element를 2 parts 로 나누어 원료 혼합물 반죽이 extruder 이송통로를 지날 때 역 screw elements에 의한 흐름방해를 극복할 수 있는 내부압력을 발생시키는 것이 필요하였다. 이 내부압력을 이루기 위하여 역 screw 2개를 한 부분에 집중 배치하면 전체적인 흐름이 원활하지 못하고 이송력이 급격히 저하하는 현상이 발견되어, 약 4 dia length 만큼 격리된 역 screw 배치가 필요하였다. 적합한 조직을 형성시키기 위해 투입된 반죽의 수분함량 범위(28~30%)에서 155℃ 이상의 압출온도가 필요하여 screw의 끝 부분 즉, 성형 die 내에 도달하기 직전의 공간에 흐름을 방해하는 breaker의 장착이 필수적이었고, Die opening은 slit die를 2X 20 mm에 land를 30 mm 이상 유지하여야 하였다.

대두 조직 단백질의 meat flavor 조향소재의 제조는 yeast extract를 원료로 사용하는 것보다는 대두단백의 가수분해물인 HVP를 주원료로 하고, 본 연구에

서 개발된 이미 압출공정에 의하여 flavor가 형성된 precursor mixture를 첨가하여, 예비 열 반응(98℃)에 의하여 flavor 전구물질을 충분히 형성시킨 후 압출공정에 의하여 meat flavor를 제조할 수 있었다.

조직 단백질의 조향방법에 따라 조향소재의 제조방법이 달라질 수 있는 가능성이 있다. 즉, 침지에 의한 조향방법을 선택할 경우, HVP와 precursor mixture를 예비 가열 반응없이 직접 압출공정에 의하여 반응을 유도한 후, 침지액을 조제한 후 열 반응에 의하여 충분한 flavor를 형성시켜 제조된 조직 단백을 침지시켜 가향을 마무리 할 수 있다.

본 연구에서 압출공정을 이용하여 조향소재를 제조한 목적은 조직 단백을 생산하는 압출조건하에서 flavor의 생성여부를 판단하기 위함이며, 본 연구결과 적절한 원료의 선정 배합과 예비 열 반응을 거치면, 조직 단백질의 생산 조건 하에서도 meat flavor가 생성될 수 있음이 판명되었다. 그러므로 이러한 조향소재 원료를 대두단백 및 버섯의 혼합물과 함께 압출공정을 거치면 조직감과 아울러 풍미도 갖춘 조직 단백을 한번에 생산할 수 있는 기반을 마련하였다는 데 의의가 있다.

앞으로 본 연구에서 가능성이 확인된 압출공정에 의한 조직생성과 flavor 생성을 동시에 이룰 수 있는 기법을 공장 규모에서 시험생산을 거쳐 상업성을 확인한 후 참여기업에서 산업화를 추진여부를 결정할 예정이다.

SUMMARY

Development of manufacture system for Textured Soy Protein incorporated Mushroom

Extrusion process was optimized to produce textured soy protein base, which incorporated with mushroom powder. Maximum addition ratio of the mushroom, which the texture characteristics of the textured protein product is not inferior to the textured protein with the soy sources alone, was depended on the kind of soy protein sources such isolated soy protein (ISP), concentrated soy protein (CSP) and defatted soy flour. In case of defatted soy flour, the maximum addition of mushroom powder was 5–10%, above this addition ratio the texture formed on extrusion cooking was inferior to that of defatted soy flour only. The extrusion temperature was above 155°C and the dough moisture content was between 28~30% to give a desirable texture in the extrudate of defatted soy flour incorporated with 10% mushroom. To reach the system parameter of extrusion temperature of 155°C with 28% moisture content dough, the special process conditions was required. The optimum operation conditions were the barrel heating temperature of 180°C, the screw configuration with two parts of reverse elements apart 1 diameter from each other, and a breaker to restrict the flow of melted dough. To increase the water management capacity of textured protein, addition of gum mixture (Na-alginate:methylcellulose =1:1) of 3% w/w with soy lecithin of 0.5% was required.

During extrusion, the general non-enzymatic reaction typified by caramelization, the maillard, and oxidative decomposition are paramount in flavor-component formation. However, one can not add a flavorants

to the feed material before extrusion because of the following reasons: 1) some flavorings degrade due to the conditions of temperature, pressure, shear and water activity present during extrusion, 2) most of flavorings are lost to atmosphere as the extrudate exits through the die, and 3) the presence of flavoring agents such as salt can interfere with texture formation during extrusion and usually decrease product expansion. The objective of the research were to develop the method that can be give heightened meaty-flavor intensities in texture protein extrudates in order to omit or to simple a flavoring process in the flavorful textured protein.

Process flavor is important food flavorings. Process flavor is defined as a group of flavors or flavor ingredients that are produced from precursors via some type of processing technique such as thermal processing. Precursor play an important role in the generation of process flavor. The mailllard reaction between reducing sugar and amino acid is known to generate flavors similar to those cooked foods. Meat flavor be produced through process flavor technology. Hydrolyzed vegetable protein(HVP) has been used to impart meat-like flavor to prepared foods and represents one of the forms of process flavor. HVP is primarily composed of amino acids liberated by hydrolysis of vegetable protein with HCl at 110–140°C.

Enzyme-hydrolyzed vegetable protein, which is an alternative to the traditional HVP, is produced using proteases under a more neutral pH and lower temperature.

Manufacture system for beef-like process flavor was established by extrusion of HVP with the precursor mixture using a twin-screw extruder. The formation of meaty-flavor is favored at temperature above 150°C and higher shear conditions(above screw speed of 270rpm)

in combination of moisture content of 5% or less. The panel score of odor and taste of reaction process flavor products depend on the extrusion conditions and the formula of flavor precursor mixture.

CONTENTS

(영 문 목 차)

Chapter 1 Introduction	10
Chapter 2 The State-of the art Report	13
Section 1 Production process of textured protein	13
Section 2 Techniques of Flavoring process	17
Chapter 3 Contents and Results	20
Section 1 Production processing for Textured Protein Base	20
1. Pretreatment of Mushroom.....	20
2. Test Trials Mushroom Textured Protein using Extrusion	21
3. Effect of Gums addition on Texture Proper.....	25
4. Optimum Process conditions for Textured protein Production	26
Section 2 Development of Flavoring Ingredients using Extrusion	27
1. Production of Hydrolyzed Soy Protein.....	27
2. Production Process of Flavor Precursor Mixture	31
3. Production System of Flavoring Ingredients using Extrusion	33
Section 3 Design and Fabrication of Key Parts of Extruder	37
Chapter 4 Achievement and Contribution to the relative field	39
Chapter 5 Utilization of the Results.....	40
Chapter 6 References	41

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	9
제 2 장 국내외 기술개발 현황	13
제 1 절 조직 단백질 생산 기술 현황	13
제 2 절 조향 기술 현황	17
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	20
제 1 절 조직단백 기체 생산 최적화	20
1. 버섯 전처리 기법 확립	20
2. 버섯 혼합 조직단백 압출 생산 실험	21
가. 실험 재료	21
나. 압출생산 실험	21
다. 최적 압출공정 확립	22
3. Gum 류 혼합효과 검증	25
4. 조직단백 생산 압출공정 확립	26
제 2 절 조향소재 개발	27
1. 단백질 가수분해물 제조	27
가. 실험재료 및 방법	27
나. 실험 결과 및 고찰	29
2. 향미 전구물질 제조	31
3. 압출공정에 의한 조향소재 제조	33
가. 실험재료	33
나. 압출공정에 의한 반응실험	33
다. 관능검사 결과	34
제 3 절 주요 부품제작	37
1. Insert Die 제작	37

2. Pilot Die 제작	38
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	39
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	40
제 6장 참고문헌	41

제 1장 연구개발과제의 개요

버섯은 다양한 미량의 원소와 미네랄 성분으로 인하여 독특한 맛과 향을 지니고 있으며 열량이 적어 고혈압, 비만, 당뇨 등의 성인병 예방효과가 있는 고급 식품으로 인식되면서 약용 및 기능성 식품으로 개발하려는 노력이 많이 이루어지고 있다. 그러나 우리가 재배 이용하고 있는 버섯은 느타리, 표고, 양송이, 팽이, 영지 등 일부만 상업적인 재배가 가능한데 버섯의 종류는 매우 다양하고 밝혀지지 않는 부분이 많기 때문에 아직도 많은 연구의 여지를 남겨놓고 있다.

앞으로 생활수준의 향상으로 외식증가와 건강에 대한 관심 증가, 식단의 다양화 및 고급화로 버섯의 소비증가가 계속 될 것으로 보아 버섯재배가 농촌의 어려움을 타개하는데 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

버섯 이용은 제한된 요리와 간이 식품이용에 국한되어 있는데 다양한 가공식품의 개발이 필요하다. 버섯의 독특한 향을 살릴 수 있는 조리개발, 부식이나 간식으로 대량 소비할 수 있는 가공제품 개발이 어렵다. 현재 차, 통조림, 과자류, 음료가 개발되어 시판되고 있지만 종류도 적고 소비자 인식도 부족하다. 버섯 소비가 대중화될 수 있도록 버섯자체의 특성을 살리고 부가가치를 높일 수 있는 다양한 제품의 개발이 하루 빨리 이루어져야 할 것이다.

저온창고 등 버섯보관시설을 저온차량 등 운송장비가 부족한 실정으로 일시출하에 의한 품질저하 및 가격하락을 부채질하고 있다. 이에 생 버섯으로 유통되지 못하는 등외품 또는 출하 후 판매가 미진하여 반쯤되는 버섯을 이용하여 버섯이 함유된 조직대두단백 제품을 개발하는 일은 버섯재배 농가의 어려움을 타개하는데 크게 기여할 것이다.

재배 느타리버섯은 건물 중으로 단백질이 27%내외 탄수화물이 58% 및 조섬유가 11.5% 등의 성분으로 이루어져 있으며, 특히 베타 글루칸 등 검질 식이섬유질을 함유하고 있어, 대두단백과 혼합하여 압출처리하면 독특한 물성을 갖는 식물성 조직단백 제품(texture vegetable protein products)을 제조할 수 있을 것으로 기대 된다.

버섯은 WTO 가입과 농산물개방 이후 가장 대표적인 농가소득 작목으로 재배 농가 수는 약 2만호, 생 버섯 총재배면적은 약 17만 ha, 생산액은 약 7,000 억원으로 농산물 생산액의 3%를 점유하고 있는 작목이다.

국내 총 버섯 생산량은 약 167,000여 톤으로 주요재배 버섯은 느타리, 팽이, 표고, 양송이 등이 주종을 이루고 있으며 각 버섯별 생산비율은 느타리 42.1%, 팽이 22.7%, 표고 22.6%, 양송이 10.8% 순이다.

느타리버섯은 약 40여종으로 잘 알려진 재배종으로는 사철느타리버섯, 여름느타리버섯, 노랑느타리버섯 등이 있다. 느타리버섯이 우리나라 농업생산에서 차지하는 비중을 보면 1989년 느타리버섯의 총생산액은 526억원으로 농업총생산액의 0.3%을 차지하였으나, 1998년에는 3,182억원으로 농업총생산액의 1.1%를 차지했다. 버섯 재배농가 중 느타리버섯의 미 출하 물량 및 반품율은 계절적으로 차이가 있으나 약 10% 내외에 이르며, 이들 미 출하 및 반품제품은 가축사료도 사용 못하고 거의 폐기 되는 것이 현실이다. 그러므로 상품화 느타리버섯을 활용하여, 요즘 건강식품 또는 웰빙 식품으로 주목받고 있는 조직대두단백 제품으로 개발하는 일은 버섯재배 농가의 어려움을 타개하는데 크게 기여할 것이다.

최근 혈중 콜레스테롤과 심장질환의 위험 감소효과로 관심이 높아지는 대두단백이 건강기능식품 원료로 인정받으면서 주목받고 있다.

조직 대두단백(texture soy protein)은 대두단백질에 조직감을 부여하여 씹취하기 좋고 기호성을 향상시키고 육류와 비슷한 씹힘성을 부여한 제품으로 주로 식품압출기를 사용하여 제조된다. 제품의 형태, 크기, 색상이 다양하며 미립자, 덩어리, 플레이크 형태로 존재한다. 대두 조직 단백질은 육류와 같은 조직감을 가지게 되어 육류대체품(meat extender/meat analog)으로, 대만, 브라질 등에서 수입품이 크게 늘고 있다.

이에 요즘 식품성분 분석 기술의 발달로 고단백 저칼로리 식품으로 그 효과가 인정되었으며, 약리 및 임상실험으로 항암, 항바이러스, 면역증강 및 혈중콜레스테롤 저감화 효과등이 밝혀졌고, 특히 진미성분이 밝혀진 국내산 버섯류를 혼합하여 조직감 등 기호성 및 기능성을 강화한 제품은 시장성이 클 것이므로, 국

내 재배 버섯의 산업적 용도개발을 통하여 미상품화된 재배버섯 특히 느타리버섯의 안정적 수요를 창출하는 일은 국민의 건강 향상 및 재배 농가의 소득 증대에 이바지할 것으로 기대된다.

제 2장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 조직 단백질 생산기술 현황

Extrusion cooking 공정에 의한 단백질의 변성은 일반적 식물성(예 ; 탈지대두박) 원료를 최소 수분 함량이 35% 이상 되는 조건하에 가열과 가압 및 물리적 전단력을 수반하여 단축압출성형기 또는 쌍축압출성형기에 의하여 유도할 수 있다. 식물성 원료가 열 변성된 압출물은 조직화단백질 (textured plant protein ; TPP)로 불리는데, 일반적으로 조직감이 질기고 향미가 개선되어 천연고기와 같은 기호성을 제공한다. 원료의 수분 함량이 50% 이상인 경우는 원료반죽의 점도가 낮아 마찰과 기계적 에너지의 소산에 의한 열이 최소화된다. 이러한 경우는 배럴을 통한 열전달이 열에너지로 온도를 높여 주어야 동일한 효과를 유도할 수 있다.

단축압출성형장치에 의하여 TPP를 생산할 경우 팽화된 스펀지 형태의 조직감을 갖는 제품이 얻어지고, 쌍축압출성형장치에 의한 습식조직화(wet texturization)는 보다 조직감과 구조가 변형 개선된 폭넓은 용도의 단백질 제품을 생산할 수 있다.

Harper(1981)는 단백질조성물을 압출성형처리하면서 냉각사출구(die)를 사용하여 길이방향으로 단백질구조물(matrix)이 층층이 섬유상으로 조직화된 제품을 생산할 수 있는 기술을 개발하였다. 압출성형장치의 배럴 끝부분에 설치하여 압출성형기의 배럴을 통하여 배출되는 단백질 용융물을 냉각 사출구 속으로 유입되게 한다. 이때 냉각사출구의 외부는 냉각수가 순환되게 될 수 있는 순환관이 설계된 이중구조로 되어 있다. 단백질의 조직화 변형정도와 생산량의 조절이 필요한 경우 순환되는 냉각수의 온도를 조절하여 순환시킬 수 있다.

그림 1 는 완전 맞물림형 압출성형기에 사용되는 스크류의 종류, 즉 정방향 이송스크류, 역방향 역류스크류, 정방향 역류스크류 및 반축스크류를 나타내고 있다. 완전 맞물림형 스크류형의 쌍축압출성형장치는 매우 적은 공간(void

space)을 갖기 때문에 전진방향으로 이송되는 물질이 후방으로 밀리지 않는다. 이때 역방향스크루(reverse screw)와 반죽스크루(kneading disc)의 설치방향 각도에 따라서 물질이송과 전달에 큰 영향을 미치게 되는데, 반죽스크루의 날개가 약 90° 가량으로 설치되었을 경우 static mixer와 같은 작용을 하게 된다. 압출성형 과정에서 단백질의 조직화반응의 조절이 요구될 때 스크루의 조합이 가능한 쌍축압출성형장치를 사용하여 스크루의 다양한 조합방법에 따른 품질특성을 비교함으로써 목표로 하는 최적의 품질을 갖는 제품을 생산할 수 있다. 이러한 스크루의 조합방법을 이용하여 압출제품을 정교하게 조절할 수 있는 것이 쌍축압출성형기의 큰 장점이며, 식품 산업분야에서 광범위하게 활용되고 있다.

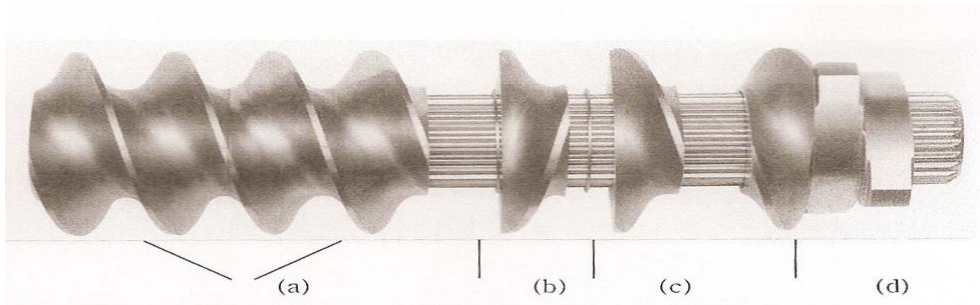


그림 1. 완전 맞물림형 스크루의 종류. (a) 정방향 이송스크루, (b) 역방향 역류스크루, (c) 정방향 스크루, (d) 반죽스크루

탈지대두분말의 수용성 단백질 함량은 압출성형처리 후 열변성에 의하여 불용성으로 변화된다. 이 불용화정도는 압출성형온도에도 크게 영향을 받아 130℃에서 처리한 압출성형사료의 경우 140℃ 또는 150℃에서 처리한 것과는 매우 다른 특징을 보인다. 이것은 단백질의 조직화를 이룰 수 있는 배럴의 최소온도는 130℃ 정도가 됨을 입증하는 결과로 해석할 수 있다.

압출성형에 의한 조직단백생산에 있어서 배럴의 온도분포 및 pH는 최종 압출성형물의 강도(strength)를 결정하는데 주요인자로 밝혀져 있다. 단백질 압출물의 강도는 길이방향강도(lengthwise strength ; F_L)와 절단방향강도 (crosswise

strength ; F_v)로 구분하여 측정하는데 , F_L 은 F_v 보다 항상 크다. 일반적으로 단백질 원료의 F_L 은 가열온도 180℃까지 증가하고 이 온도에서 최대값을 유지하며, F_v 의 경우는 배럴 온도에 관계없이 F_L 보다는 작게 증가한다. 그러므로 $F_L : F_v$ 의 비는 항상 1 이상이 되는데, 이 값의 의미는 단백질 압출물의 조직이 일렬로 정렬된다는 사실을 암시한다. 한편 배럴 온도와 압출성형고정변수와의 상관관계는 배럴온도가 증가할 경우 조리온도의 상승을 유발시켜 사출구의 압력이 감소함과 동시에 점도가 감소하게 된다. 또한 물질의 체류시간이 감소하며, 이에 따른 에너지소모율이 감소하면서 조리온도를 낮추게 한다. 이러한 배럴온도의 변화에 관계하는 압출성형공정변수들의 복잡한 상호작용은 생산제품의 품질관리 및 압출성형공정의 최적화에 있어서 매우 중요 인자로 대두되고 있다.

조직 단백질 생산 시 pH의 영향을 살펴보면 pH 7에서 강도가 최댓값을 보이나 알칼리성 또는 산성영역에서는 매우 급격하게 강도가 감소하는데, 이러한 현상은 중성 pH에서 이황화(disulfide)결합이 형성되기 때문인데, 적은 양의 유리 황이나 그 유도체를 첨가하면 증가시킬 수 있다. 한편, 탈지대두분을 원료로 사용할 경우 sulfhydryl기의 존재는 무시해도 좋는데, 이는 탈지대두분말이 압출성형과정 중 고온에 의한 열변성이 일어나기 때문에 sulfhydryl기가 거의 소멸된다. 단백질 원료 중의 이황화결합은 구조가 변화하기 전에 압출성형기 배럴안에서 발생한 열과 전단력의 혼합작용에 의하여 파괴한다. 단백질의 압출성형중 변화 과정을 살펴보면 먼저 스크루의 초기 접촉단계에서 전단력과 고온에 의한 단백질 변성과 개열이 일어난 다음 조직화 단백질 구조물에서 가교결합이 일어나는 것으로 보고되었다. 한편 Burgess와 Stanley(1976)는 단백질 조직화에 중요한 역할을 하는 것은 펩티드(peptide)결합이며, Jenkins(1970)는 이황화결합이 관여하는 것으로 주장하고 있으나, 현재까지 압출성형중 단백질의 가교결합 메커니즘은 명확하게 귀명되지 못하였다.

단백질 원료에 지방 (대두유)을 첨가하여 압출성형처리할 경우 F_L 은 지방 함량이 증가할 수록 감소하며 F_v 는 크게 변하지 않는다. 지방의 함량이 15% 이상이면 F_L 은 F_v 보다 큰 결과를 보이는데, 이러한 현상은 단백질 섬유상 조직형성이 반대로 형성되는 것을 의미한다. 이러한 경우 첨가된 지방은 윤활작용을

하여 단백질의 조직화에 요구되는 최소한의 마찰과 전단력을 감소시킨다. 따라서 원료가 많은 양의 지방을 함유할 경우 물질과 사출구 벽과의 사이에서 마찰력을 증가시키기 위하여 냉각사출구의 길이를 증가시켜야 한다. 한편, 압출물의 절단 방향에서의 마찰력과 물질의 이동속도는 단백질의 조직화 형성에 큰 영향을 미치는 공정변수이기 때문에 압출성형사료 생산시 중요한 인자로 취급되어야 한다.

압출성형 과정중 단백질의 반응에 관여하는 압력과 효과를 살펴보면 먼저 압력이 증가함에 따라서 아미노기, 페놀기, 카르복실기 등과 같은 약전해질의 해리 또는 이온화가 된다 그리고 용적변화에 따른 수소결합의 증가가 일어남과 동시에 압력증가에 따른 친유성 결합이 증가하게 되나, 공유결합은 거의 영향을 받지 않은 것으로 알려져 있다. 한편, 단백질 원료의 압출성형에서 압력이 50MPa 이하의 조건에서는 고온상태라 할지라도 단백질반응이 일어나지 않는 것으로 보고 되고 있다.

제 2절 조향 기술 현황

Extrusion cooking 공정을 이용하여 단백조식을 제조할 때, 압출 후 가향공정을 단순화할 수 있도록 하기 위한 압출 공정 중 향미물질의 생성을 극대화하기 위한 기술 개발이 필요하다. 식품 extruder는 단일 장치 내에서 연속적으로 혼합, 가열 조리 및 성형 등의 다양한 기능을 이룰 수 있는 공정기기로 다양한 가공식품(특히 팽화스낵 및 조식단백)의 생산에 널리 이용되고 있으나, 공정 특성상 압출 팽화 시 휘발성 향기성분의 손실이 커서, 압출 전 원료 혼합물에 향기 또는 향기성분을 첨가하지 못하고, 압출 가공 후 압출물을 enrobing, coating 등 가향공정을 추가하여 향미를 부여하고 있는 실정이다. 그러므로 압출 중 향미물질의 생성을 극대화하고 손실을 최소화하면 추가 가향공정을 최소화 또는 생략할 수 있어 제품제조공정의 단순화를 이루어 원가의 절감효과 및 조식단백의 품질 향상에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

현재까지 extruder의 향미물질 생성 반응기로서의 응용에는 부정적인 견해가 많았었다. 그러나 곡류 및 육류의 가열 조리 중 독특한 향미물질의 생성기작의 체계적인 연구결과 환원당과 유리아미노산의 갈색화 반응 생성물이 향미의 주요 원인 물질이며, 이들 반응 생성물 중간체의 적절한 구성비 및 식품의 다른 성분(지질 및 탄수화물)과의 추가 반응에 따라 독특한 향미를 생성할 수 있음이 밝혀지고 있다.

즉, 제빵 제조공정에서 원료 혼합물에 아미노산을 첨가하여 빵을 제조하면 빵의 crust의 색을 진하게 할 뿐만 아니라 첨가 아미노산의 종류에 따라 갈색반응의 중간물질(aldehyde 및 carbonyl 류)의 조성이 달라져서 독특한 향미를 생성함이 밝혀졌다. 즉, leucine 또는 isoleucine을 첨가하면 strecker aldehyde의 생성을 2배로 증가 시켰고, 치즈 비슷한 풍미를 나타내었고, phenylalanine은 꽃향기와 유사한 향기를 생성하였다. Histidine의 첨가는 acetone 및 aldehyde의 생성을 3~4배 증가 시켰고, isobutylaldehyde 및 isovaleraldehyde를 2배 증가시켰다. 특히, proline의 첨가는 향기성분의 생성을 크게 증가 시켰으나, carbonyl 화합물의 증가는 미미 하였으며, methionine의 경우 불쾌취가 발생하

였다.

이러한 결과를 체계적으로 응용하고 생성 향미물질의 손실을 감소시킬 수 있도록 extrusion 조건을 잘 선택하면 단백질 및 섬유질을 주성분으로 하는 조직 단백질 extrudates 에 효과적으로 향미를 부여할 수 있을 것이다. 조직 단백질에 meaty flavor를 부여하기 위하여서는 우선 조리중 형성되는 meat의 향미물질의 생성기작 및 분석 자료가 필요하다. 신선육 추출물(염분, 젖산, glycoprotein, inosinic acid, taurin, glucose 및 유리 아미노산의 혼합물)을 가열 또는 pyrolysis 조작을 하면 일반적으로 갈색화 반응 중간물질들이 생성되며, 이들 생성물은 육질에 관계없이 조성이 유사하나, 이들이 각각의 육질 지질과 추가 반응하여 각 육질의 독특한 향미가 나타난다(Wasserman 1972). Wilson등(1973)은 쇠고기를 163~183°C로 가압 조리하여 생성된 휘발성 성분을 분석한 결과 대부분이 thiophene 및 thiazol 유도체였으며, 황 함유 화합물 또는 아미노산(cysteine)이 meat flavor 생성에 중요한 역할을 한다고 하였다.

즉, meat flavor 는 신선육 조리 중 일련의 복잡한 반응에 의하여 생성되며, 환원당과 유리아미노산의 반응이 주요한 역할을 하며, 특히, cysteine 및 cystine이 깊이 관여하는 것으로 밝혀졌다. Model system을 이용한 경우 cysteine과 xylose를 수용액 상태에서 가열하여 41개의 sulfur containing 화합물과 27개의 non-sulfur containing 화합물을 얻었고(Ledl, 1974), cysteine 및 xylose를 단백질 가수 분해물과 함께 가열하여 27종의 sulfur containing 화합물이 분석되었는데, 두 경우 모두 meat flavor를 생성하였다(Mussinan, 1973).

인공 meat flavor 생산방법에 관한 많은 특허가 출원 등록되어 있는데, 비효소적 갈변반응을 기본으로 하고 있으며, 주로 아미노산 등 carbonyl 화합물의 혼합비와 환원당의 종류 및 반응조건(온도, 수분함량, pH)에 관한 내용을 규정짓고 있다. 일반적으로 상업적 규모의 meat flavor 생산에는 다양한 hexose 및 pentoseem의 환원당과 육류에서 발견되는 유리 아미노산과 비슷한 조성을 갖는 아미노산 혼합물 또는 식물성 단백질 가수 분해물 및 yeast 자가 가수분해물 등을 열처리하여 sugar-amine의 축합반응, Amadori rearrangement

products를 거쳐, 탄수화물의 maillard reaction products와 결합 등 일련의 반응을 1-24 시간 동안 거치는 방법을 이용하여 왔다(Danehy, 1986).

Extrusion-cooking 반응 조건은 온도 140-190℃ 범위, 시간 1-3분으로 기존의 flavor 생성조건과는 큰 차이가 있다. 그러므로 extruder를 flavor 생성 반응기로 사용하기 위해서는 이미 반응이 어느 정도 진행된 Amadori rearrangement products인 carbonyl 화합물 및 반응 precursors를 extrusion 중 첨가하면 환원당 및 아미노산을 직접 첨가하는 경우 보다 flavor 생성에 유리할 것으로 판단되며, 특히, maillard 반응 중간 생성물과 단백질 가수 분해물, yeast 자가 분해물 및 탄수화물의 pyrolysis products는 반응성을 개선시킬 뿐만 아니라, 생성된 향미물질의 압출 시 손실 방지에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

제 3장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1절 조직단백 기제 생산 최적화

1. 버섯 전처리 기법 확립

버섯은 재배농가에서 미 상품화되는 것을 주문하여 저장실험 및 건조 탈수 실험을 실시한 결과, 냉동 저장은 저장 중 손실률이 최저였으나, 건조 탈수를 위한 해동 시 갈변이 심하고, 드립을 통하여 고형분의 손실이 많았다. 저온 저장은 3℃에서 1개월 저장하였을 때 호흡에 의한 고형분 손실이 약 6%내외로 가장 좋은 결과를 나타내었다.

저장 버섯의 건조를 위한 90℃ 3 분간 blanching은 고형분 손실이 10%내외에 달하여 실시하지 않는 것이 바람직하였으며, 신속한 건조를 위한 버섯의 분쇄는 버섯 조직의 손상을 최소화하는 cutting이 chopping 보다 선택이 뛰어난 건조물을 얻을 수 있었다.

건조물의 분쇄는 Hammer Mill을 사용하여 60 mesh 이하로 분쇄하였다.

확립된 버섯 전처리 기법을 요약하면 다음과 같다. 미 상품 버섯을 방습포장 상태로 3℃ 내외의 온도에서 1개월간 저장할 수 있었으며, 중규모 재배농가에서 1개월 단위로 약 500에서 1000 kg의 버섯을 수집할 수 있었다. 수집된 버섯은 수집 즉시 silence cutter로 절단 한 후, 열풍건조기로 80℃ 온도에서 5 시간이 내에 건조한 후, hammer mill로 분쇄하여 느타리버섯은 생체 중량 대비 4%, 새송이버섯은 생체 중량 대비 9%의 건조 버섯분말을 얻을 수 있었다. 이 버섯 분말은 95%이상이 60 mesh를 통과하는 입도를 나타내었으며, 단백질 20%내외, 수분함량 6%의 일반성분을 나타내었다. 이 버섯분말을 10 kg씩 방습 포장하여 냉장고에서 보관하다 공 시료 원료로 사용하였다.

2. 버섯 혼합 조직단백 압출생산 실험

가. 실험재료

대두단백은 3종, 즉 , 분리대두단백(soy protein isolates, SPI), 농축대두단백(soy protein concentrate, SPC) 및 닛지대두분말(soy flour, SF)를 구입하여 사용하였다. 각 원료의 단백질함량 및 Nitrogen Solubility Index는 SPI가 89.7% 및 75, SPC가 72% 및 77 그리고 SF는 45.2% 및 55 였다.

나. 압출 생산실험

상기 3종의 대두단백과 버섯 분말을 일정비로 혼합한 후 반죽의 수분함량을 달리하면서 압출성형을 실시하였다.

대두 단백질 조직을 생산하기 위한 압출성형은 쌍축압출성형장치(DNDL-44, Buhler Brothers CO., Uzzil, Switzerland)를 사용하여 지름이 1mm인 원형 사출구 하나를 열어서 압출성형하였다(Fig 2). 사출구와 스트루 전면사이에 thermocouple 및 transducer를 통하여 압출성형 온도와 압력을 측정하였다. 압출성형에 소모되는 에너지를 측정하여 specific mechanical energy consumption을 계산하였다. 압출물은 건조하여 전단력 및 수화특성(water management capacity)을 측정하였다.

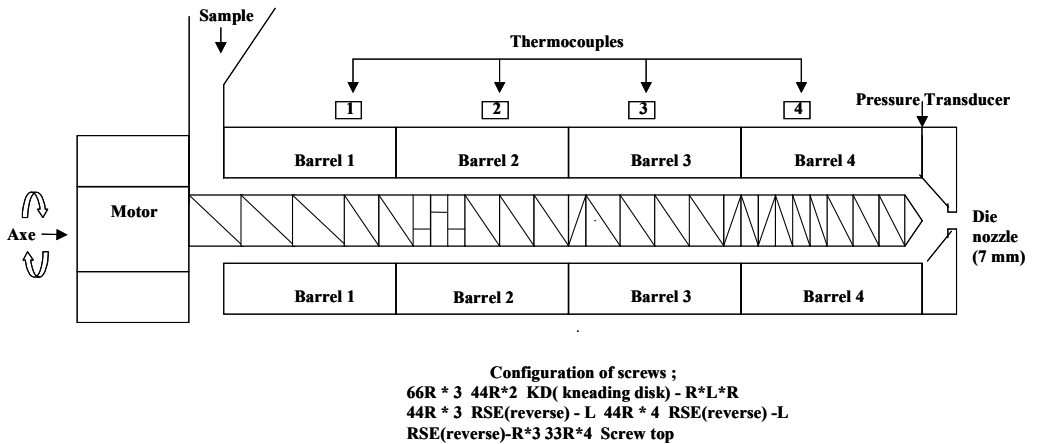


Fig. 2. Schematic diagram of twin-screw extruder

자세한 압출성형의 조건은 다음과 같다.

Screw configuration and extrusion condition

Extruder	Co-rotating, intermeshing twin-screw extruder Buhler Brothers Co., DNDL-44, Uzwil, Switzerland
L/D20	feed로부터 3,4번 가열
Heater	120 ~ 180 °C
Screw Type	66R*3, KD(RLR), 44R*5, RSE(LR), 44R*4, REE(LRL), 33R*5, ST
Die	slit die insert /1 e.a.

다. 최적 압출조건 확립

선행 기본 대두단백 제조시험 연구결과 대두단백의 종류에 따라 버섯 분말의 최대 혼합율이 크게 달라짐을 알 수 있었다. 결과적으로 대두단백 SPI의 경우는 버섯 분말을 50% 까지 혼합하여도 수화 후 붕괴되지 않는 조직단백을 생산할 수 있었으며, SF의 경우는 버섯 분말을 15% 이상 혼합하면 압출물은 수화 후 조직이 쉽게 붕괴되어, 경제적인 면을 고려하여 SPI는 30%, SPC는 20%,

SF는 10 또는 5%의 버섯 분말을 배합하는 것이 최적이었다. 다음 표에 1 각 대두단백의 최적 배합비를 압출성형할 때 얻어진 운전 자료를 종합적으로 나타내었다.

Table 1. Extruder Operation Variables for Various Op

Formular	Run No.	Dough Feed rate (kg/hr)	Dough Moisture (%)	Ext. Temp (°C)	Ext. Pressure (bar)	SME (KJ/Kg)
SPI (30)	EXT-1	12.5	30.6	175	5	912
	EXT-2	15.0	30.0	163	3	1045
SPC(20)	EXT-3	15.0	28.0	168	5	925
	EXT-4	20.0	28.0	168	5	925
SF (10)	EXT-5	15.0	25.0	168	7	1288
	EXT-6	15.0	30.0	165	4	875
	EXT-7	20.0	36.0	153	5	627
SF (5)	EXT-8	15.0	25.0	168	7	1250
	EXT-9	20.0	30.0	165	6	890
	EXT-10	20.0	36.0	158	3	790

아래 그림은 상기 표에 나타난 압출조건에서 생산된 압출 대두조식 단백질의 수화 후 압출 방향과 수직으로 절단된 단면을 나타내는 그림3에 나타내었다..

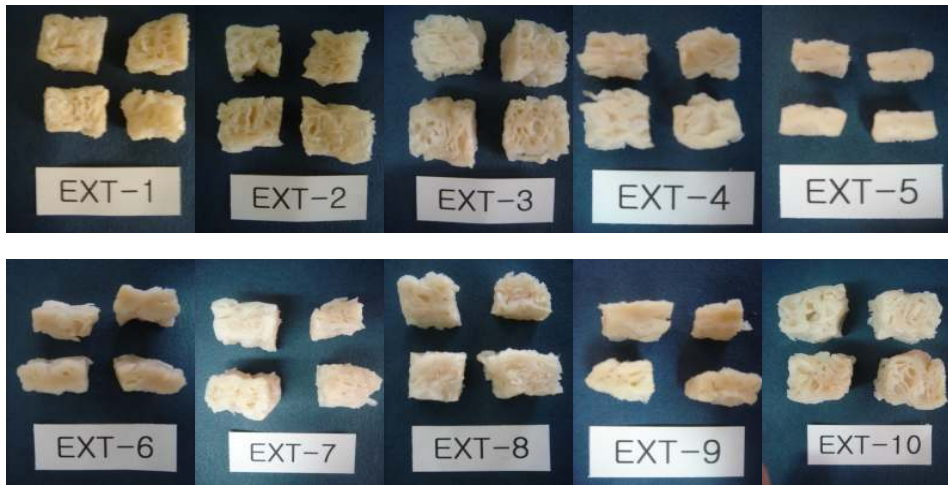


Fig. 3 Views of Cross Sections of Hydrated Extrudate of TSP

Table 2. Water Management Capacities of Extrudates

Formula r	Run No.	NSI	WHC		Hardness after Rehydration	Bulk Density	
			before Press	afeter Press		B. Reh.	A. Reh.
SPI(30)	EXT-1	5.6	6.83	3.63	421	0.63	0.10
SPC(20)	EXT-2	5.4	9.35	7.97	345	0.45	0.14
	EXT-3	4.4	5.38	5.10	493	0.44	0.09
	EXT-4	11.9	5.31	5.08	400	0.84	0.13
SF (10)	EXT-5	3.2	6.29	4.09	397	0.88	0.25
	EXT-6	5.8	5.50	3.20	351	1.00	0.23
	EXT-7	11.3	4.02	3.02	375	0.76	0.17
SF (5)	EXT-8	6.9	6.20	5.90	211	0.58	0.18
	EXT-9	8.4	4.37	4.72	233	0.92	0.17
	EXT-10	11.8	3.85	4.43	395	0.53	0.11

이상의 결과를 종합하여 버섯을 함유 최적배합비에서 최적 대두조직단백을 생산하기 위하여서는 반죽의 수분함량이 25~30%가 최적임을 알 수 있었다.

3. Gum류 혼합 효과 검증

상기 최적 배합비에 Gum(Na-alginate 및 methylcellulose)를 1~3% 범위에서 첨가 한후 상기 최적 운전 조건에서 압출성형하여 생산한 대두조각 단백질은 gum류를 첨가하지 않았을 때 보다 수화전 hardness 및 bulk density가 높았다. 그리고 수화 후 water hoding capacity가 증가하였다. 그러나 3% 첨가구에서는 수화시간이 길어지는 단점이 발견되었다.

이러한 단점을 개선하기 위하여 유화제 (대두 lecithin)를 0.5% 첨가하여 생산한 시료의 water management capacity를 측정된 결과를 표3에 나타내었다. 표 3에 나타낸 것과 같이 유화제를 0.5% 첨가하면 수화시간이 단축되는 효과가 있었다. 결론적으로 Gumfb를 첨가하면서 버섯을 첨가함으로써 일어나는 수화율(WHC)의 감소를 상쇄시키는 효과를 나타냈으나, 수화 전 후 bulk density를 높이는 효과를 나타내었으나, Gum류를 2% 이하 첨가한 경우에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료되었다.

Table 3. Water Management Capacities of Extrudates extruded mixture of deffted soyflour, mushroom and Gums* *

Mixture	NSI	WHC	Afeter Press	Hardness	Bulk Density	
		before press		after Rehydration	B.R.도.	A.Reh.
SM5	8.4	7.37	4.72	233	0.47	0.17
SM5G1	5.4	8.35	5.97	345	0.45	0.18
SM5G2	4.9	9.54	6.70	493	0.44	0.18
SM5G3	8.9	10.7	7.08	511	0.84	0.23
SM10G1	5.8	8.50	4.20	334	0.50	0.18
SM10G2	4.8	9.67	6.57	451	0.55	0.16
SM10G3	8.3	10.1	7.04	475	0.76	0.27

* All mixture doughs were adjusted the moisture cintent at 30% by sprayed the 5% soybean lecithin solution

4. 조직단백 생산 압출공정 확립

대두 단백질 새송이 버섯 분말의 최대 배합비는 분리대두단백 (ISP), 농축대두단백 (CSP), 및 탈지대두분(defatted soy flour)가 각각 30, 20, 및 10~5% 였다. 이 이상의 버섯분말을 첨가하면 조직 형성이 불량하였다. 조직 단백질의 수화특성(water management capacity)를 개선하기 위한 Gum 류의 혼합은 Na-alginate 와 methyl cellulose 1:1 혼합물을 3%를 soy lecithin 0.5%와 함께 첨가하여 WMC 개선에 효과가 있었다. 이 혼합물을 수분함량 28~30%에 달하도록 물을 첨가하여 압출온도 155℃ 이상으로 압출하는 것이 조직 형성에 최적으로 밝혀졌다. 압출온도를 155℃ 이상으로 유지하기 위해서는 barrel 가열온도를 165℃ 이상으로 가열하여도 전열에 의하여서는 온도 상승에 한계가 있어, 마찰열을 생성시키기 위한 특수 screw 조합이 필요하였다. 즉, screw elements 조합에 역류 screw element를 2 parts로 나누어 원료 혼합물 반죽이 extruder 이송통로를 지날 때 역 screw elements에 의한 흐름방해를 극복할 수 있는 내부압력을 발생시키는 것이 필요하였다. 이 내부압력을 이루기 위하여 역 screw를 2개를 한 부분에 집중 배치하면 전체적인 흐름이 원활하지 못하고 이송력이 급격히 저하하는 현상이 발견되어, 약 4 dia length 만큼 격리도니 역 screw 배치가 필요하였다. 적합한 조직을 형성시키기 위해 투입된 반죽의 수분함량 범위(28~30%)에서 155℃ 이상의 압출온도가 필요하여 screw의 끝 부분 즉, 성형 die 내에 도달하기 직전의 공간에 흐름을 방해하는 breaker의 장착이 필수적이었고, die opening은 slit die를 2X 20mm에 land를 30mm 이상 유지하여야 하였다.

제 2 절 조향소재 개발

1. 단백질 가수 분해물(HVP) 제조

탈지대두분의 가수분해시 고압상태의 유, 무에 따른 아미노태질소 및 수용성당의 변화를 비교하여 탈지대두분 가수분해 최적조건 확립

가. 실험재료 및 방법

1) 실험 재료

실험에 사용한 탈지대두분 (Wilmar/ADM J.V Baker soy flour)의 성분 분석은 표와 같았다.

Soy Flour Proximate Analysis D.B (%)	
Crude protein	50.1
Crude fat	0.56
Crude ash	6.11
Moisture content	5.99
NSI	71.46

가수분해 효소는 NOVO industri사 제품 Alcalase[®] 2.4L, Flavourzyme[®] 1000L, Cellucast[®] 1.5L, Viscozyme[®] L을 구입하여 사용하였다.

2) 탈지대두분 가수분해

탈지대두분을 고압상태(100Mpa)에서 가수분해 특성을 분석하였다. 탈지대두분 분산액 10%(w/w)에 enzyme(Alcalase, Flavourzyme, Cellucast, Viscozyme)을 최적조건 하에 고형분대비 효소농도(0.25%, 0.5%, 1%)와 처리시간(0,12,24,36,48,60hr)을 달리 하여 고압 반응기(Super high pressure fermentation system TFS-0.5L, Toshiba)를 100Mpa, 50℃ 조건에서 가수분해 시켰다.

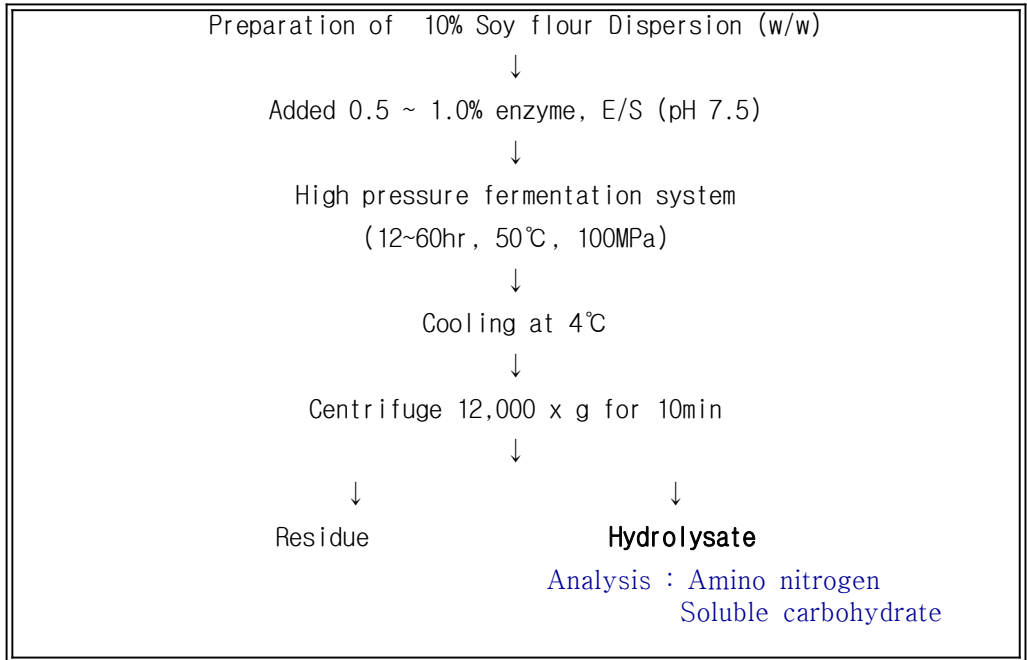


Fig.. 4. Diagram of hydrolysis at high pressure on defatted soy flour

3) 가수분해도 측정

가수분해도(Degree of Hydrolysis : 아미노태질소(%)/Total nitrogen(%) × 100) 및 수용성당(Soluble Carbohydrate)을 측정하였다.

Total nitrogen : micro-Kjeldahl법, KjelTec system 1026

아미노태질소량 : Formal 적정법

Soluble carbohydrate : Phenol-sulfuric reaction법

가수분해도(D.H, degree of hydrolysis)

$$D.H = \frac{\text{Amino nitrogen} - \text{Non-amino nitrogen}}{\text{Total nitrogen} - \text{Non-Amino nitrogen}} \times 100$$

나. 실험 결과 및 고찰

탈지대두분의 가수분해도는 고압상태에서 효소농도 0.25% ~ 1%, 처리시간 12~60시간에서 모두 지속적인 증가를 보였고, 그 중 효소농도 1% 일 때 37.42%로 가장 높은 단백질 가수분해도를 보였다. 그러나 상압상태에서는 가수분해도가 증가하였지만 12시간이 지난 후엔 발효취가 발생하였다.

Table. 4. Degree of hydrolysis of protein in defatted soy flour during reaction with different enzyme concentration high pressure

Time (hr)	0.25% pressure	0.25% control	0.5% pressure	0.5% control	1% pressure	1% control
0	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71	0.71
12	1.29	0.84	1.30	0.89	1.37	1.04
24	1.30	0.90	1.32	0.91	1.45	1.05
36	1.35	0.90	1.40	0.92	1.45	1.08
48	1.41	0.91	1.40	0.95	1.45	1.08
60	1.41	0.91	1.41	0.95	1.45	1.08

Table. 5. Increase of Soluble carbohydrate of defatted soy flour during reaction with different enzyme concentration on high pressure

Time (hr)	0.25% pressure	0.25% control	0.5% pressure	0.5% control	1% pressure	1% control
0	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
12	10.11	8.34	16.53	11.46	23.94	16.81
24	19.04	12.11	20.33	19.20	29.24	24.51
36	20.15	16.03	23.04	20.23	32.10	25.95
48	23.99	16.37	26.30	21.38	34.54	29.44
60	25.05	17.81	28.10	22.10	37.42	30.86

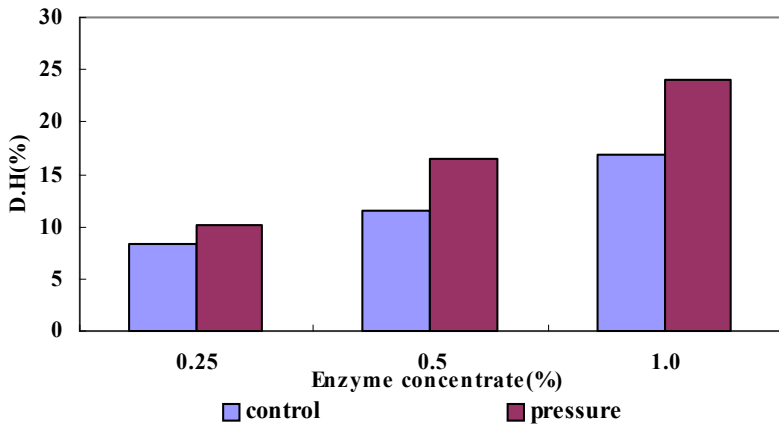


Fig.5. Degree of Hydrolysis of Protein enzyme concentration after high pressure processing

고압처리 유, 무에 따른 비교를 보면, 효소농도 1%, 처리시간 12시간일 때 상압상태의 가수분해는 16.8%를 보인 반면, 고압상태에서의 가수분해는 23.9%로 42% 증가하였다. 이 후 고압처리를 한 시료는 60시간까지 36%로 지속적인 증가를 보였고, 상압상태의 시료는 12시간 이 후 미생물의 영향에 의해 발효취가 발생하였다. 수용성당은 상압상태에서 1.04%를 보인 반면, 고압상태에서는 1.37%로 31%의 증가를 보였다. 이상의 결과로부터 고압상태에서 탈지대두분 가수분해는 멸균공정 없이 미생물의 영향을 받지 않고, 안정적으로 탈지대두분의 가수분해를 증가 시킬 수 있다는 결과를 얻을 수 있었다.

고압처리 유, 무에 따른 효소농도별 가수분해도를 비교한 결과 고압상태에서 최고 42% 증가하였다. 탈지대두분의 soluble carbohydrate는 고압처리 유, 무에 상관없이 12시간이 지난 후 더 이상의 증가는 볼 수 없었지만, 상압상태에서 보다 고압상태에서 soluble carbohydrate가 최고 31% 증가하였다. 그러므로 향미물질 원료로 사용할 대두당백 분해물은 고압상태에서 고형분 농도 10%에 Alcalase, Flavourzyme을 1:1로 혼합한 protease를 고형분 대비 0.5%의 농도로 첨가한 후 약 48시간 가수분해 시킨 후 반응액을 농축(ts 40%) 또는 분무건조하는 것으로 식물성 단백 가수분해물(HVP)의 제조공정을 최적화 하였다.

2. 향미 전구물질 (precursor mixture) 의 제조

전분당 분해물과 각종 아미노산 (cysteine, cystine, methionine, glycine, alanine) 및 thiamin, IMP(Inosine monophosphate), GMP(guanosine monophosphate)의 혼합물 수용액의 가열반응(140℃, 2시간)후 생성된 향미물질의 간이 관능검사 후, precursor mixture의 제조를 위한 배합비(formular I, II)를 도출하고, 각 formular을 압출공정을 시켜 precursor mixture의 제조공정을 최적화를 시도하였다.

표 6 에 나타낸 것과 같이 각 formular는 maltodextrin(DE 24)를 증량제 또는 carrier로 하였으며, 환원당으로는 포도당을 아미노산 총량의 2배를 기본 배합으로 하였다. 그리고 beef tallow를 1% 배합하여 향미에 쇠고기 향이 나도록 시도하였다. FormularII는 예비 수용액 가열반응 후 관능검사 결과 고기 향보다는 과일향에 가까운 풍미를 더해주는 luecine 및 glycine을 첨가하였다.

Table 6. Composition of formular I and II

Formular I		Formular II	
Components	%(w/w)	Components	%(w/w)
1. maltodextrin (DE 24)	75	1. maltodextrin (DE 24)	75
2. Glucose	10	2. Glucose	10
3. Amino acid	5	3. Amino acid	5
Alanine	(0.75)	Alanine	(0.5)
MSG	(0.75)	MSG	(0.5)
Cysteine	(0.75)	Cysteine	(0.5)
Methionine	(0.75)	Methionine	(0.5)
Glycine	(1.00)	Isoluecine	(0.5)
Thamine	(0.75)	Leucine	(0.5)
4. Nucleic acids	1.0	Glycine	(0.5)
IMP	(0.5)	Thamine	(0.5)
GMP	(0.5)	Taurin	(0.5)
5. Gelatine	7.0	Serine	(0.5)
6. NaCl	1.0	4. Nucleic acids	1.0
7. Beef tallow	1.0	IMP	(0.5)
		GMP	(0.5)
		5. Gelatine	7.0
		6. NaCl	1.0
		7. Beef tallow	1.0

향미 전구물질 전구체 원료 배합물 (formular I, II)를 압출성형하여 precursor 혼합물을 제조하기 위하여 screw 조합을 투입물질의 체류시간을 길게하는 역류 element를 2part를 갖는 configuration (66Rx2/44Rx1/KD(LxR)/44Rx5/RE(RxLxR)/ 44Rx3/ KDLx2 /44Rx2/33Rx5/screw top)을 구성하였고, die opening은 1mm orifice 1개 및 원료 투입속도를 50kg/hr로 하고 가수량을 조절하여 투입원료의 수분함량을 조절하여 압출 양상을 살펴 본 결과 표 7 과 같이 formular I의 경우 수분함량 9.0%에서 압출평형에 이루지 못하고 불안정하고 압출온도도 125℃로 낮아 충분한 열 반응을 유도하지 못하는 결과를 나타내었다. Formular II의 경우 수분함량을 감소시키면 압출온도가 상승하여 용융된 액체 상태로 압출되어 냉각에 의하여 고상으로 얻을 수 있었다. 수분함량을 5.4%로 더 감소시키면 일정한 형태를 유지하며 압출되고 냉각 후에도 porous한 상태를 유지하였다. 압출온도를 높이기 위하여 수분함량을 5.4%이하로 감소시키면 barrel 내에서 갈색화 반응이 신속히 진행되고 반응물이 타버리는 현상이 발생되어 압출실험을 진행할 수 없었다.

Table 7. Extrusion conditions for production of beef flavor precursor mixture

formular	Screw speed (rpm)	Moisture (%)	Ext. Temp (℃)	Pressure (bar)	SME (kwh/ton)
formular I	270	9.0	125	3-7	350-380
	300	10.2	125	5-10	231
	270	8.3	152	5-10	222
formular II	270	5.7	152	5-10	246
	270	5.4	156	5-10	366
	225	5.4	157	5-10	311

3. 압출공정에 의한 조향소재 제조

가. 실험 재료

HVP: 고압상태(100bar)에서 탈지대두분을 고형분 농도 10%로 분산시켜 Alcalase, Flavourzyme를 1:1로 혼합한 protease를 고형분 대비 0.5%의 농도로 첨가한 후 약 48시간 가수분해시킨 후 반응액을 농축 (ts 40%) 또는 분무건조한 것

Precursor mixture: 상기 2항에서 maltodextrin(DE24), amino acid, 핵산, gelatine, NaCl, beef tallow 혼합물을 최적 열처리 조건에서 압출하여 제조함

Yeast Extracts: 미국 Quest 사 제품

나. 압출공정에 의한 반응 실험

조향 소재 제조를 위하여 HVP 및 yeast extract 단독, HVP 또는 yeast extract와 precursor mixture의 혼합물을 전처리로 열반응 시킨 후, 압출공정에 투입하여 표8과 같은 배합 및 전처리를 거친 시료군을 압출처리하여 조향소재를 생산하여 관능검사를 통하여 최적 공정을 개발하였다. 각 시료군을 extruder 내로 투입하면서 가수량을 조절하면서 흐름이 원활한 screw 회전 속도를 선택한 후, 5분 후 system parameters(ext. temperature 및 pressure)에 평형에 도달한 후 시료를 수집하고 급냉 후, 분쇄 밀분하여 관능검사 시료로 사용하였다.

압출조건은 다음과 같다

: barrel heating ; 185℃

L/D ratio of barrel ; 20

Die nozzle, 2mm single circular nozzle(lead 15 mm) without breaker plate

Screw Configuration ; from left to right

conveying element (66R)x2, conveying element (44R)x1; R-kneading disc(20mm)x1; L-kneading disc(20mm)x1, R-kneading disc(20mm)x1;

conveying elements(44R)x5; reverse element(44/3Lx2, 44/3Rx1); conveying element(44R)x3; conveying element(44/3R)x3; conveying element(44R)x3;L-kneading disc(20mm)x1; conveying element(33R)x3; screw top

Table 8. Preparation of extrusion flavor samples

No	Sample	ext. speed (rpm)	extrusion conditions*		
			ext. temp (°C)	press (bar)	feed rate (kg/hr)
1	HVP(ts 25%) + precursor mixture** → Rx. (98°C, 3hr) → Spray Dried	250	151	4	50
2	Yeast extract powder(Quest)	250	153	6	20
3	Yeast extract powder(Quest): HVP =1:4→mix→Spray Dried	180	160	5	10
4	Yeast extract powder(ts 44%,Quest) + precursor mixture	180	159	4	13
5	HVP powder	180	140	5	10
6	HVP powder + precursor mixture	180	165	5	10

다. 관능검사 결과

생산 수집된 조향소재를 일정농도의 분산액을 제조하여 40°C로 가온한 후 훈련된 전문 panel에 의하여 탄 냄새, 고기국 냄새, 구수한 냄새, 장조림 냄새 및 맛 등으로 구분하여 그 강도를 7점 법으로 기술하도록 하여 그 결과를 표 9에 나타내었다.

표 9에서 보듯이 yeast extract가 많이 첨가된 시료군은 탄 냄새 및 맛의 강도가 높은 특징을 나타내었다. 특히, yeast extract인 2번 시료의 경우 탄 냄새 및 맛 이외의 다른 냄새의 맛은 미미하였다. Yeast extract와 HVP를 4:1로 혼합한 3번 시료의 경우 탄 냄새 및 맛이 현저히 감소하였으나, precursor mixture를 첨가하지 않아서 인지 여타의 맛과 냄새는 미미하였다. 또한 precursor mixture 만을 단독으로 yeast extract와 혼합한 4번의 시료의 경우는 yeast extract 단독의 경우와 유사하게 탄 맛 및 냄새가 강한 것으로 판명되었다.

한편, HVP를 주 원료로한 경우, precursor mixture와 98℃에서 3시간 동안 열반응을 전처리로 한 1번의 시료의 경우가 HVP 단독 시료(5번) 및 precursor mixture와 혼합시료(6번) 보다 우수한 풍미를 나타내었다. 그러나 6번 시료의 경우에도 맛의 강도에서는 1번 시료에 뒤떨어지지 않는 것으로 나타났다.

결론적으로, 대두 조직 단백질의 meat flavor 조향소재의 제조는 yeast extract를 원료로 사용하는 것 보다는 대두단백의 가수분해물인 HVP를 주원료로 하고, 본 연구에서 개발된 이미 압출공정에 의하여 flavor가 형성된 precursor mixture를 첨가하여, 예비 열반응(98℃)에 의하여 flavor 전물물질을 충분히 형성시킨 후 압출공정에 의하여 meat flavor를 제조할 수 있었다.

조직 단백질의 조향방법에 따라 조향소재의 제조방법이 달라질 수 있는 가능성이 있다. 즉, 침지에 의한 조향방법을 선택할 경우, HVP와 precursor mixture를 예비 가열 반응없이 직접 압출공정에 의하여 반응을 유도한 후, 침지액을 조제한 후 열 반응에 의하여 충분한 flavor를 형성시켜 제조된 조직 단백을 침지시켜 가향을 마무리할 수 있다.

본 연구에서 압출공정을 이용하여 조향 소재를 제조한 목적은 조직 단백을 생산하는 압출조건하에서 flavor의 생성여부를 판단하기 위함이며, 본 연구결과 적절한 원료의 선정 배합과 예비 열 반응을 거치면, 조직 단백질의 생산 조건 하에서도 meat flavor가 생성될 수 있음이 판명되었다. 그러므로 이러한 조향소재 원료를 대두단백 및 버섯의 혼합물과 함께 압출공정을 거치면 조직감과 아울러 풍미도 갖춘 조직 단백을 한번에 생산할 수 있는 기반을 마련한 데 이의가 있다.

Table 9. Comparison of Odor and Taste of Extrusion Flavor

Flavor description	Sample						F-value
	1	2	3	4	5	6	
탄 냄새	4.60 ^a	7.00 ^b	3.83 ^{ac}	6.97 ^b	3.94 ^{ac}	3.38 ^c	35.66 [*]
고기국 냄새	5.53 ^a	2.76 ^b	5.07 ^{ac}	2.36 ^b	4.63 ^{ac}	4.76 ^c	14.12 [*]
구수한 냄새	5.25 ^a	2.86 ^b	4.37 ^c	2.61 ^b	5.20 ^{ac}	5.07 ^{ac}	13.18 [*]
장조림 냄새	6.14 ^a	2.43 ^b	4.46 ^c	2.18 ^b	5.44 ^{ac}	5.30 ^{ac}	19.66 [*]
전체적인 강도	5.05 ^a	6.83 ^b	3.65 ^c	6.48 ^b	4.88 ^a	5.02 ^a	21.17 [*]
탄맛	3.71 ^a	7.00 ^b	2.89 ^a	6.77 ^b	4.95 ^c	3.11 ^c	47.19 [*]
고기국 맛	6.00 ^a	2.73 ^b	4.46 ^c	4.39 ^c	4.25 ^c	5.51 ^c	18.59 [*]
구수한 맛	6.11 ^a	2.98 ^b	4.37 ^c	3.82 ^c	3.77 ^c	5.61 ^c	15.51 [*]
장조림 맛	6.29 ^a	2.36 ^b	4.27 ^c	3.96 ^c	4.61 ^c	5.98 ^a	21.58 [*]
전체적인 강도	5.65 ^a	6.90 ^b	4.18 ^c	6.08 ^c	4.78 ^c	5.65 ^a	13.77 [*]

1) Method of sensory evaluation refers to Scoring teast (7 scale)

2) * : Significant at P<0.01

제 3 절 주요 부품 제작

1. Insert Die 제작

그림 6과 같은 5종의 insert를 die을 설계 제작하여 그 성능을 실험한 결과 slit형 die insert가 적적하였으며 lead가 8mm, die opening의 effective area는 10mm^2 가 최적임이 밝혀져 상기 실험자료는 이것을 사용하여 얻은 자료임.



그림 6. Lab 규모 Insert Die

위 : 실험에 사용한 insert die
assemble

아래 : Die Plate와 insert

2. Pilot Die 제작

실험규모 die insert의 성능실험 결과를 바탕으로 (최적 opening과 lead ratio) 시간당 50kg 이상을 시험 생산할 수 있는 6종의 Die Insert 를 그림 7 과 같이 설계 제작 완료하였다.



그림 7. Pilot 규모(시간당 35kg 생산) 의 Insert Die 및 압력조절을 위한 Breaker

위 : Die Plate와 assemble 아래 : Opening Lead ratio Slit Die Insert

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

1차 년도 (2007년)에는 버섯 함유 조직단백 base의 제조를 위한 압출공정의 처리 조건을 최적화를 완료하였다.

즉, 버섯(새송이 버섯)의 저장 및 건조를 위한 전처리 및 건조조건을 버섯의 선택유지 및 단백질 함량유지 측면에서 최적 조건을 확립하였다.

적합한 조직을 갖는 조직단백을 제조하기 위한 대두 단백질 종류(ISP, CSP 및 탈지대두 분)별 최소 필요 단백질용해지수를 적출하였고, 단백질 종류별 버섯의 최대 혼합 허용치를 확립하고, 조직단백의 수화특성을 개선하기 위한 gum 류를 선정하고 최적 첨가방법을 확립하였다. 조직을 형성하기 위한 압출조건의 범위를 도출하고, 이를 이루기 위한 압출기의 구조(screw 조합, die opening 및 breaker, barrel 가열)를 확립하여 목표를 달성하였다.

2차 년도의 연구개발 목표인 조직 단백질의 조향기술의 개발을 위하여, 조향의 원료물질의 제조공정을 확립하고, 조직단백의 생산을 위한 압출조건에서 meat flavor를 나타내는 조향 소재를 생산할 수 있는 제조공정을 확립하였다.

조향 소재의 원료인 대두단백질 분해물을 제조하는 공정을 확립하였고, 체류시간이 짧은 압출조건에서도 충분히 meat flavor를 생성시킬 수 있는 향미물질 전구체(precursor mixture)의 제조공정을 확립하였다.

이를 활용하여 버섯을 함유하는 조직 단백질 조향에 있어 조직형성과 아울러 부분적인 조향을 동시에 이룰 수 있는 공정을 개발하여 종합적인 연구 목표를 달성하였다.

제 5 장 연구개발 결과의 활용계획

앞으로 본 연구에서 가능성이 확인된 압출공정에 의한 조직생성과 flavor 생성을 동시에 이룰 수 있는 기법을 공장 규모에서 시험생산을 거쳐 상업성을 확인한 후 참여기업에서 산업화의 추진여부를 결정할 예정이다.

제 6 장 참고문헌

- 1) Atkinson, W.T. 1970. Meat-like protein food product. U.S. Patent 3,488,770
- 2) Kitabatake, N., Megard, D., and Chefel, J.C. 1985. Continuous gel formation by HTST extrusion cooking: Soy proteins. *J. Food Sci.* 50: 1260
- 3) Noguchi, A. 1987. Extrusion cooking and injection molding of high-moisture protein. pp45-58 in: *Extrusion Cooking: Development of Twin Screw Extruder and Its Application*. Korin, Tokyo.
- 4) Noguchi, A. 1989. Extrusion cooking of high-moisture protein foods pp 343-370 in:
- 5) Cumming, D.B., Stanley, D.W. and deMan, J.M. 1972. Fate of water soluble soy protein during thermoplastic extrusion. *J. Food Sci.* 38: 320
- 6) Stanley, D.W. 1989. Protein reactions during extrusion processing pp321-341 in: *Extrusion Cooking*, eds Mercier, C. and Linko, P., AACC, St. Paul, USA
- 7) Palkert, P.E. and Fagerson, I.S. 1980. Determination of flavor retention in perextrusion flavored textured soy protein. *J. Food Sci.* 45: 526
- 8) Boison, G., Taranto, M.V., Cheryan, M. 1983. Extrusion of defatted soy flour-hydrocolloids mixtures. Effect of operating parameters on selected textural and physical properties. *J. Food Technol.* 18: 719
- 9) Berrington, D., Imeson, A., Ledward, D.A., Mitchell, J.R., Smith, J. 1984. The effect of alginate inclusion on the extrusion behaviour of soya. *Carbohydrate Polymers* 4: 443
- 10) Lillford, P.J. 1986. Texturization of proteins, pp 355-384. In: *Functional Properties of Food Macromolecules*. Mitchell, J.R., Ledward, D.A. (ed). Elsevier Applied Science, London
- 11) Sheard, P.R., Ledward, D.A., Hann, M.A. 1984. Role of carbohydrates in soya extrusion. *J. Food Technol.* 19: 475

- 12) Maga, J.A. : Flavor formation and retention during extrusion, pp 387–398, In: Extrusion Cooking. C. Mercier and P. Linko. eds. AACC Inc.
- 13) Salem, A., Rooney, L.W. and Jhoson, JA. : Study of the carbonyl compounds produced by sugar–amino acid reactions. In Bread systems. Creal Chem. 44, 567 (1967)
- 14) Wasserman, AeE. : Thermal produced flavor components in the aroma of meat and Poultry (review). J. Agri. Food Chem. 20. 737 (1972)
- 15) Wilson, R.A., Mussinan, C.J., Katz, I. and Sanderson, A.: Isolation and identification of some sulfur chemicals present in pressure cooked beef. J. Agric. Food Chem. 21, 873 (1973)
- 16) Ledl, F. and Severin, T.: Sulfur containing compounds from cysteine and xylose. Z. Lebensm. Unters. Forsh. 154, 29 (1974)
- 17) Mussinan, C.J. and Katz, I.: Isolation and identification of some chemicals present in two model systems approximating cooked meat. J. Agric. Food Chem. 21, 43 (1973)