

최 종
연구 보고서

GOVP1200201374

635.8
L 293 6
19

유용버섯 *Lentinus tuber-regium*의 개발 및 이용연구

Studies on Development of Cultivation
and Utilization of *L. tuber-regium*

연구기관

농업과학기술원

농림부

최 종 보 고 서

1998년도 농림기술개발사업에 의하여 완료한 유용버섯 *L.tuber-regium*의 개발 및 이용에 관한 연구의 최종보고서를 별첨과 같이 제출합니다.

- 첨부 : 1. 최종보고서 10부
2. 최종보고서 디스켓 1매

2001년 10월 15일

주관연구기관 : 농업과학기술원

총괄연구책임자 : 김 광 포 (인)

주관연구기관장 : 농업과학기술원장

농 립 부 장 관 귀 하

직 인

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “유용버섯 *L.tuber-regium*의 개발
및 이용에 관한 연구” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001년 10월 15일

주관연구기관명 : 농업과학기술원

총괄연구책임자 : 김 광 포

세부연구책임자 : 김 한 경

연 구 원 : 정종천, 홍인표, 장갑열
오세종, 원항연, 조수목

협동연구기관명 : 세종대학교

협동연구책임자 : 경규항

협동연구기관명 : 부경대학교

협동연구책임자 : 최진호

요 약 문

I. 제 목

유용버섯 *Lentinus tuber-regium*의 개발 및 이용연구

II. 연구 개발의 목적 및 중요성

버섯은 세계적으로 8,000여종이 부존되어 있지만 현재 개발되어 이용할 수 있는 것은 80여종에 불과하여 아주 미진한 상태에 있다.

그러나 최근에는 새로운 각종 기능성 분석기기의 등장으로 버섯 중에서 유용물질이 새롭게 발견되어 산업화 될 수 있도록 개발이 증가되는 추세에 있다.

유용한 버섯 자원의 개발 이용은 부존자원이 부족한 우리나라 에서는 크게 발전할 가능성이 높고 국제 경쟁력도 높을 것으로 본다.

버섯류는 대부분이 자실체를 형성 하는 것이 주가 되지만 최근에는 지하에서 균핵을 형성하는 버섯류도 수량이 높고 기능성이 다양하여 더욱 유용한 것으로 밝혀지므로 이에 관한 관심이 커지고 있어 연구의 중요성이 대두되고 있다. 이와같은 균핵체 형성 버섯으로서 *Lentinus tuber-regium*은 아프리카 원산지로서 그곳에서 전래적으로 식품 영양학적 가치와 기능성이 높은 것으로 인식되어 있고 아주 애용되고 있다.

현지 조사에 의하면 본 버섯의 균핵체를 분쇄하여 옥수수가루와 혼합하여 식용하고 그 기능은 성인병 및 미용에도 좋다고 한다.

III. 연구 개발 내용 및 범위

본 버섯은 원산지인 중부 아프리카(가나, 나이지리아)에서 야생되는 버섯을 지역별로 채집하여 순수분리한후 균주를 확보하여 균사의 활력과 증식 배양 특성에 의한 우

량균주를 3종 선발 하였다.

선발된 균주는 군사배양시 최적 환경으로서 온도 산도(PH) 수분 영양원 등을 구명하였고 대량재배를 위한 주 배지의 개발 및 우량한 첨가제를 선발 하였다.

군사배양을 완료시킨 후에 균핵체 형성을 위한 최적 온도, 산도(PH), 수분 및 토양속에서의 형성기작 및 증수요인등에 관한 시험을 실시하였다. 균핵체 형성 재배방법으로는 토양매몰재배 대신 간편하고 생산비가 적게 소요되는 생력재배로서 비닐 포트 재배법을 개발 하고자 비닐 포트의 살균 및 종균증식 배양 및 균핵체 형성 요인등을 구명하였다.

선발된 균핵체의 이용성을 증대시키기 위하여 1단계로서 식품으로 활용할 수 있도록 하기 위하여 밀가루와 혼용하여 제빵에 활용하고자 제빵시 물리성, 소화성, 경도, 기호성 등을 구명하였다.

2단계로서는 그 기능성을 구명하고자 균핵체를 분쇄하여 동물실험에 의한 효능을 검정하였다. 건강 식품으로서의 가치와 비만 및 지질대사 콜레스테롤 억제 효과가 있음을 구명하였다.

또한 기능성에 관한 기초시험결과 노화경감 및 동맥경화지수의 감소 등에 크게 기여함을 구명하였다. 그러므로 금후에 곡물에 혼용이용 효과 및 기능성 물질의 추출 및 이용성이 구체적으로 확립되면 염가의 건강식품으로서 각광을 받을 수 있을 것으로 확신 할 수 있다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구 결과는 생산자로서 재배농민과 소비자로서 도시민과 연계되어 활용될 수 있도록 하여야 한다.

재배적인 측면에서 보면 다른 버섯 종류 보다도 수량성이 높고 고온기 여름 재배가 가능함으로 기존 재배사가 비어 있는 동안에 재배가 될 수 있으므로 이에 대한 활용

도가 증대 될 수 있고 토양에서 서식되므로 병 해충에 대한 피해가 적게 된다.

그러므로 대량생산기술의 활용효과는 아주 클 것으로 본다.

다만 이를 소비할 수 있는 시장의 확대가 문제된다. 그러므로 본 버섯을 이용한 빵이나 기타 가공 식품은 물론 인체에 대한 기능적 역할이 일부 구명되었으나 이로서는 부족한 상태에 있다. 금후에 이를 좀더 발전시키기 위하여 2단계 연구를 수행하여 소비자들의 기호도를 더욱 크게 충족시킬 수 있도록 하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

22. The noodles was possible to manufacture by the mushroom powder if the water content was adjusted.
23. When the sclerotia powder with 50~60% instead of cereals carbohydrates was fed to SD rats, the formations of hydroxyl radical(OH) formation, hydrogen peroxide(H₂O₂) and Nitric acid(NO) were inhibited but superoxide(O₂) radical was not inhibited.
24. While lipid peroxide(LPO) level as as oxidative stress was inhibited, superoxide dismutase(SOD) activity was increased.
25. When the sclerotia powder with 50% instead of cereals carbohydrates was fed to animals, the food intakes were increased and body weights were decreased.
26. Atherogenic indices(AI) were decreased about 8~13% in group added with sclerotia powder and triglyceride(TG) and LDL-cholesterol levels decreased.

CONTENTS

(영 문 목 차)

Chapter I. General Introduction	19
Chapter II. Development of mass cultivation	23
Section 1. Introduction	23
Section 2. Materials and methods	24
1. Cultural characteristics of <i>L. tuber-regium</i>	24
2. Preservation and management of strains	25
3. Selection of excellent strains	25
4. Formation of sclerotia	25
Section 3. Results and discussions	27
1. Cultural characteristics of <i>L. tuber-regium</i>	27
2. Preservation and management of strains	29
3. Selection of excellent strains	32
4. Formation of sclerotia	34
Chapter III. Analysis and examination of functional substance	44
Section 1. Introduction	44
Section 2. Materials and methods	45
1. Mycelial growth and carbon sources	45
2. Property of sclerotia component	46
3. Value of enzyme activity	48

Section 3. Results and discussions	48
1. Mycelial growth and carbon sources	48
2. Property of sclerotia component	50
3. Value of enzyme activity	54
 Chapter IV. Functional food and utilization	 56
Section 1. Introduction	56
Section 2. Materials and methods	57
1. Materials	57
2. Physical and chemical properties of dough	58
3. Property of baking	60
4. Examination of sensory evaluation	63
5. Age of bread in preservation	64
Section 3. Results and discussions	64
1. Size and sedimentation of particles	64
2. Physical and chemical properties of dough	65
3. Property of bread and improvement of quality	76
4. Examination of sensory evaluation	96
5. Age of bread in preservation	101
 Chapter V. Biological activity and functional study	 104
Section 1. Introduction	104
Section 2. Materials and methods	105
1. Preparation of animal feed with materials	105
2. Serum separation, Protein and Obesity	106

3. Cholesterol contents in serum	107
4. Reactive oxygen species(ROS) formation in serum	108
5. Oxidative stress in serum	110
6. Enzyme activity of biological defense system	110
Section 3. Results and discussions	112
1. Body weight, feed and gross energy efficiency	112
2. Inhibition effect of fatty acid	116
3. Inhibition effect of cholesterol content	117
4. Geriatric disease and reactive oxygen species(ROS)	119
5. Evaluation of oxidative stress	121
6. Enzyme activity of biological defense system	123
 Chapter VI. Reference	 125
 Chapter VII. Summary	 131

목 차

제 1 장 서 론	19
제 2 장 버섯 대량 생산 체계 개발	23
제1절 서 설	23
제2절 재료 및 방법	24
1. <i>L. tuber-regium</i> 의 최적 배양 조건	24
2. 버섯 균주 보존 및 관리	25
3. 우량균주 선발 시험	25
4. 균핵 형성에 관한 시험	25
제3절 결과 및 고찰	27
1. <i>L. tuber-regium</i> 의 최적 배양조건	27
2. 균주 보존 및 관리	29
3. 우량 균주 선발	32
4. 균핵 형성에 관한 시험	34
제 3 장 기능성 물질 분석 및 특성 검정	44
제1절 서 설	44
제2절 재료 및 방법	45
1. 각종 탄소원과 균사생장	45
2. 균핵 성분의 특성	46
3. 각종 효소의 역가 측정	48

제3절 결과 및 고찰	48
1. 각종 탄소원과 균사생장	48
2. 균핵 성분의 특성	50
3. 각종 효소의 역가 측정	54
제 4 장 식품적 가치 및 이용기술 개발	56
제1절 서 설	56
제2절 재료 및 방법	57
1. 실험재료	57
2. 반죽의 이화학적 특성	58
3. 제빵 특성	60
4. 관능 검사	63
5. 저장시 경도와 노화방지	64
제3절 결과 및 고찰	64
1. 입자 크기 및 분포	64
2. 밀가루 반죽의 이화학적 특성	65
3. 제빵 특성과 품질 개선	76
4. 빵의 관능평가	96
5. 저장시 빵의 노화	101
제 5 장 생리활성 및 기능성 연구	104
제1절 서 설	104
제2절 재료 및 방법	105
1. 공시재료(LTR) 및 동물사료 조제	105
2. 혈청분리, 단백질 정량 및 비만도의 측정	106

3. 콜레스테롤 함량의 측정	107
4. 활성산소(ROS) 생성능의 측정	108
5. 산화적 스트레스 분석	110
6. 생체 방어 효소의 활성 측정	110
제3절 결과 및 고찰	112
1. 체중, 사료 및 에너지 효율 평가	112
2. 증성 지질의 억제 효과	116
3. 콜레스테롤 억제 효과	117
4. 성인병 및 활성산소억제 효과	119
5. 산화적 스트레스 평가	121
6. 제거효소의 활성 효과	123
제 6 장 인용문헌	125
제 7 장 요 약	131

여 백

제 1 장 서 론

각종 버섯은 구석기 시대의 화석에서도 발견되었고 우리 나라에서는 신라시대에 야생 버섯을 국왕에게 진상하였다는 기록으로 보아서 우리들 민간 생활과 밀접하게 관계되어 있다.

버섯은 세계적으로 약 11,000여종이 알려져 있고 그 중에서 4,000여종이 분류동정되어 자원으로서의 기초적 자료로서 활용되고 있다.

버섯은 종교와 민족에 따른 배타성이 없이 세계적으로 이용될 수 있는 공통의 식품으로 애호를 받고 있는 세계적인 식품에 속한다.

버섯 산업의 장점으로서 토지에 대한 물리화학적 구비조건에 구애되지 않고 입체적인 이용이 가능하여 높으며 재배재료가 농공산 부산물의 벚짚 등 각종 초분류의 이용과 폐쇄, 톱밥, 원목, 펄프등의 이용(5,6,19)이 가능하며 자원의 재활용 효과가 높으며 물질 순환과정에서 공해적인 요소를 제거하는데 크게 공헌하고 있다.

또한 버섯은 무공해 건강 식품으로서 국민 소득 향상에 비례하여 소비량이 검증되고 있다.

더욱이 버섯은 기후여건이나 기술정도에 의하여 크게 제한 받기 때문에 생산국가는 세계적으로 20여개 국가에 불과 하지만 소비국가는 100여 개국이 되므로 앞으로의 소비전망이 밝은 장점이 있으며 버섯에 대한 생산기술은 어렵고 일정한 경험이나 지식이 없이는 재배에 성공할 수 있기 때문에 기술수준이 높은 재배자에게는 독점성과 기술의 가치가 더 큰 장점도 있다. 버섯은 식용, 약용 또는 식용과 약용을 동시에 가지고 있는 기능을 들 수 있으며 그 형태와 발생조건 기생적 특성 등에 의하여 구별할 수 있다. 또한 발생 형태로서는 지상에서 자실체 형태로 성장되는 것과 지하에서 균핵체 형태로 성장하는 것 등으로 대별할 수 있다.

균핵체 형태의 버섯은 대부분이 식용보다는 기능성이 높으며 재배하기는 쉽지만 연중 재배 또는 대량생산이 곤란한 점을 들 수 있다. 이들 버섯류는 지금까지 크게 환영을

못 받았지만 기능성에 대한 관심이 높아짐에 따라서 최근에는 활발하게 발전되는 경향을 볼 수 있다.(31)

Lentinus tuber-regium(Fr) Sing 버섯은 담자균류의 일종으로서 균핵체를 형성하는 것이 특징이며 식용 및 약용버섯으로 알려져 있다. 분류적으로는 종명은 *tuber-regium*으로 통일되어 있으나 속명은 *Pleurotus*속 또는 *Lentinus*속으로 각각 알려져 있어 연구자에 따라서 차이가 있다.(20,36)

원산지는 열대지방으로 아프리카의 가나 또는 나이지리아 등 고온지대에서 야생되고 있으며 버섯은 균사생장이 완료되면 지하에서 균핵 덩어리를 형성하고 지상에서는 자실체를 빈약하게 형성한다.

그러므로 버섯은 주로 땅속에서 균핵덩어리를 성장되므로 이를 캐어서 이용할 수 있다. 균핵(*Sclerotia*)는 크기가 보통 직경이 10~15cm 정도의 타원형으로 색택은 외부는 암갈색 이지만 내부는 백색으로 생육조건만 맞으면 누년적으로 장기간 동안 계속하여 성장한다.(34,36)

버섯의 자실체는 빈약하게 형성되며 갓과 대가 구분되는 버섯 모양을 갖추고 있다. 갓의 모양은 초기에는 술잔형이고 갓 끝은 안쪽으로 말려 있으며 조직은 두껍고 단단하고 다소 가죽질화 되어 있어 질기고 맛이 없어서 이용가치가 적다. 포자의 무늬는 백색이고 형태는 원통형이며 세포벽은 얇고 투명하다. 담자기는 곤봉상 원통형이고 4포자 형이다.

균핵은 백색의 덩어리로 되어 있으며 분쇄가 가능하고 식용으로 야채 스프 또는 각종 요리에 첨가 이용이 가능하다. 본 균핵체는 현지 원주민들에 의하면 전통적으로 영양분이 풍부하여 옥수수가루와 혼합하여 어린이의 이유식 또는 산모 영양식으로 이용된다고 한다.(13,14) 최근에는 기능성이 알려져 있어 고혈압, 신경쇠약, 위장보호, 천식, 변비증 예방에 효과가 높다고 한다. 또는 이를 삶아서 그 물로 세수하고 머리를 감으면 좋다고 한다. 옛날부터 본 균핵체는 원주민들에 의하여 애용되어 왔고 독성실험에서 동물 또는 임상 테스트에서 생체에 대한 유해한 작용이 없는 것으로 알려져

있어(13) 안전성이 있는 식용 및 약용버섯으로 판명되었다.

본 버섯에 대한 야생지에서의 발생 환경을 보면, 기온이 25~35℃의 열대지방의 기후에서 각종 숲을 제거하고 개간하여서 옥수수, 카사바, 또는 마 등을 재배하는 경작지 및 근처의 휴한 공간지의 땅속에서 여러 해 동안 계속하여 성장한다.(55) 토양은 사질양토로서 유기물이 풍부하고 수분이 작물생육에 적당한 곳으로서 간접광선이 있는 곳에서 군집하며 발생하고 있다. 원주민들의 말에 의하면 나무 뿌리가 없는 비옥한 토양을 좋아하며 계곡의 수분과 통풍이 잘 되는 곳에서는 해마다 같은 곳에서 자생한다고 한다.

우리나라 또는 동남아시아에서는 본 버섯에 대하여 야생된다는 사실에 대하여 보고된 것이 없으므로 본 과제에서 그 기능성과 인공대량 생산기술 개발에 관하여 연구가 시작된 것이다.

따라서 본 버섯은 최근에 식용 및 약용으로 알려진 새로운 것으로 이를 개발하여 농가 소득작목으로서 정착 시킴으로서 우리나라버섯 산업발전에 기여 하고자 본 과제를 수행하게 되었다.

새로운 버섯을 대량으로 보급시키기 위한 여건으로서는 균사 활착력, 영양 요구조건, 대량생산 조건등이 복잡하거나 까다롭지 않아야 하며 우선은 그 버섯을 재배 하는데 시설투자비가 적어야 하며 생육환경에서 특별한 온습도 조건이 요구되지 않아야 하고 가능하면 우리 나라 기후여건에 어느 정도 부합되어야 하며 대량생산에 의한 다수확이 가능하고 생산물에 대한 이용성과 소비자의 기호성에 부합되어야 한다. 또한 재배기술이 난해하지 않고 기능성이 있거나 식용으로서 맛과 향이 좋은점 등의 구비조건을 갖추어져야 한다. 또한 이들 조건을 조절하는데 복잡하지 않고 경제성이 높아야 한다. 이러한 조건을 충족시킬 수 있는가를 풀어주기 위하여 본 과제는 다음과 같이 나누어 수행하였다.

본과제의 연차적 추진내용으로서는 1년차에서는 아프리카의 가나 나이지리아 등에서 야생되는 균주를 현지에서 11개 수집하여 균사의 배양 온습도, 영양원 등을 구명하였

고, 우량균주 9개를 1차적으로 선발하였고 2차에서는 3개를 선발하였고 이용성 개발에서는 식품적 가치를 구명하기 위하여 본 균핵덩어리를 분쇄하여 제과 제빵으로서의 이용 방법을 개발하였다.

또한 균핵의 기능성을 탐색하기 위하여 몇가지 성분을 분석하여 그 특성을 조사 하였다. 2년차 에서는 균핵체의 대량증식 방법을 개발하였고 염가의 배지 재료개발은 물론 노지재배방법을 개선함으로써 포트재배가 가능하도록 하여 인공 대량생산이 가능하도록 하였다.

기능적 특성을 구명하기 위하여서는 기초성분의 분석은 물론 동물실험에 의한 기능성 효과를 검증하였고 건강보조식품으로서의 이용 전망을 탐색 하였다.

3년차에서는 대량생산에 의한 경제성과 그 이용성을 개발하는데 중점을 두었고 우량 균주를 최종선발하여 간이식 대량생산법을 구명하였다. 더욱이 이의 이용가치를 구명하기 위하여 영양적 특성 구명에 의한 주요성분을 분석하였고 기능적 가치를 구명하기 위하여 동물실험을 통하여 비만 억제가능성과 중성지방의 생성 억제 효과 및 산화적 스트레스 억제효과 등을 시험하였다. 또한 그 용도를 다양화하기 위하여 탄수화물의 대체 효과를 평가하여 사료개발 가능성을 기초시험 하였다.

제 2 장 버섯 대량생산 체계 개발

제 1 절 서 설

본 공시버섯은 열대지방에서 야생되는 것으로 세계적으로 인공재배법은 아직 개발되지 않은 새로운 것으로서 이를 대량생산 할 수 있는 재배법 개발은 물론 안전다수확이 가능하도록 하는 것이 중요한 것으로서 이에 관한 시험을 실시하였다.

본 시험에서는 먼저 야생되는 공시균을 수집하여 조직 배양하여 이를 증식하기 위한 첫 단계로서 균사 배양환경 요인으로서 이에 관한 온도, 산도(PH), 영양원 등에 관한 기초 시험을 실시 하였고 생육이 양호한 최적배지를 선발하였다.

다음에는 이와 같은 기초 시험결과에 의거하여 현지에서 수집된 11개 공시균주에 대한 균사 성장 특성과 검정 최적증식 조건 등을 구명하였고 균핵체 형성에 관한 일련의 시험을 실시하여 각 균주에 대한 특성을 검정하여 그 중에서 가장 우수한 우량 균주를 선발하였다.

다음으로는 선발된 우량균주에 대한 대량재배기술과 생력재배 및 농공산 부산물을 이용한 재배법 성장을 개발 하였다. 또한 우리가 이용할 수 있는 부분은 균핵체 임으로 이를 대량으로 형성 시켜서 양호하게 성장하기 위한 과제를 풀기 위하여 균핵체 형성에 관한 최적온도는 물론 포트재배를 위한 조건으로서 배지살균, 배지제조 등의 최적 조건 구명, 원목재배 또는 엽가의 농공산 부산물을 이용하여 대량으로 생산하기 위한 재배법 등에 관하여 각종 시험을 실시하여 농가에서도 대량생산이 가능하도록 하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. *L. tuber-regium*의 최적 배양조건

가. 최적배지 선발

균사배양에 가장 알맞은 최적배지를 선발하기 위하여 감자 한천배지(PDA)등 5개의 각종 고체 및 액체 배지를 제조하여 사레 위에서 일정 크기의 균총을 원형으로 절취하여 이식 후에 항온기에서 25~26℃에서 7일간 배양시킨후에 균사 성장길이를 측정하여 비교하였다.

나. 배양온도 및 배지산도(PH)

균사배양에 가장 최적한 온도를 구명하기 위하여 PDA배지에 공시균주의 균총을 원형으로 절취하여 사레의 중앙에 이식한 다음 항온기에서 20℃부터 3℃간격으로 35℃까지 6처리를 5반복으로 실시하여 각각의 균총에서 성장된 균사의 길이를 측정하여 비교하였다. 다음은 균사생장에 적합한 산도(PH)를 구명하기 위하여 Malt extract solution에 인산 완충액(KH_2PO_4 0.1M, Na_2HPO_4 0.1M)량을 달리하여 4.0부터 8.0까지 1.0씩 차이를 두어서 조절한 다음 삼각플라스크에 50ml씩 분주하여 공시버섯 균사를 이식 후 8일간 액체배양을(48) 시킨 다음 성장된 균사체를 그대로 모아서 건조시켜서 무게를 평량 하여 측정하였다.

2. 버섯균주 보존 및 관리

원균 보존의 최적 조건을 구명하기 위하여 확보된 원균을 증식한 다음 이를 항온기에서 -20°C , -10°C , 5°C , 10°C 로 각각 보존하였다. 보존기간은 40일, 80일씩 보존하였다. 보존 후 균사의 활력에 어떤 영향을 미쳤는가를 구명하기 위하여 보존된 균주를 PDA배지(감자 한천배지) 및 폐쇄으로 제조된 배지에 각각 이식한 후에 성장된 균사밀도 및 균사생장 길이를 측정하여 균사 활력 정도에 의한 공시 균주 보존 조건을 구명하고자 하였다.

3. 우량균주 선발 시험

현지에서 야생되는 공시균주를 아프리카의 가나국가 및 나이지리아국가의 각 지역에서 11개를 수집하여 각각 비닐포트에 톱밥 2kg(수분포함)에 쌀겨 400g을 첨가하여 만들어진 배지를 넣은다음 고압살균을 121°C 에서 120분간 실시한 다음에 공시 균주를 각각 접종하여 균핵을 형성 시킨다음 균핵형성 소요기간 및 균핵체에 대한 수량과 품질 선택 등을 조사하여 우수한 균주를 선발 하였다.

4. 균핵 형성에 관한 시험

가. 균핵 형성 최적 온도

균사생장이 완료되면 균핵체를 형성시켜야 한다. 균핵 형성시에는 수분은 이미 조절되어 있고 환기상태도 고정되어 있으므로 이때의 가장 큰 요인은 온도일 것으로 본다. 대체적으로 버섯은 영양생장이 완료되면 생식생장기로 전환하여 자실체 또는 균핵체가 형성될 수 있다. 이때의 가장 중요한 요인은 온도 임으로 본 시험에서도 균사생장이 완료된 배지포트에 온도를 각각 21°C 에서 3°C 간격으로 33°C 까지 차이를 두어

서 균핵체의 형성 및 무게를 측정하였다.

나. 균핵형성 최적수분

균핵 형성을 위하여 사용한 배지로서는 폐쇄와 잠복 톱밥을 사용하여 2kg 풋트재배를 실시 하였다. 이때에 수분 함량은 배지 살균전에 60%부터 3%씩 증가시켜서 72%까지 첨가하여 조절한 다음에 균사를 접종하여 생장 상태를 조사하였다.

다. 배지 첨가제 시험

내열성 비닐 풋트에 주재료로서 톱밥을 사용하였고 첨가제로서 쌀겨와 밀기울을 각각 10~30% 까지 다르게 첨가한 후 그 효과를 측정하기 위하여 균핵체를 형성시켰다. 균핵체를 형성시켰다. 다음은 벧짚을 분쇄 시킨 다음 쌀겨와 밀기울을 같은 방법으로 첨가하여 비닐 풋트재배를 실시한 다음 균핵체의 형성상태 및 크기를 조사 하였다.

라. 원목을 이용한 균핵체 형성시험

원목을 30cm 길이로 절단하여 소나무, 상수리나무 등을 이용한 단목재배를 실시 하였다. (16) 원목은 직경 15~18cm 크기의 것을 30cm씩 절단하여 내열성 비닐풋트에 넣어서 고압으로 살균시킨다음 40~45일간 균사배양을 시킨 후에 배수 양호한 사질 토양 속에 매몰시킨다음 수분 조절을 위하여 2일에 1회씩 관수 하면서 균핵 형성정도를 조사하였다.

마. 풋트재배시 토양 첨가 효과

본 공시버섯은 원목에 증식 시킨 다음 토양 매물에 의한 증식을 하는 것이 원칙이지만 본 버섯은 저온에 약하므로 겨울철 월동이 곤란하고 작업인력과 재배사 시설등 많은 투자비가 소요되고 생장기간이 길어지게 되므로 이를 간편하게 재배하기 위하여 비닐톱밥 풋트재배법을 개발 하게 되었다. 풋트재배법은 작업이 간편하고 수확량이

높을 뿐만 아니라 환경조절에 의한 생육이 촉진되기 때문에 경제성이 높게 된다. 이와같은 풋트배법은 풋트안의 상층 표면에 토양을 첨가함으로써 잡균 피해가 적고 균핵체 형성이 촉진되고 수량이 높은 효과가 있다. 이때에 첨가되는 토양의 토성에 따라서 중요한 역할에 차이가 있게 된다. 본 시험에서는 토양을 토성별로 처리하여 2 kg크기의 풋트에 토양을 100g씩 풋트 표면에 첨가하여 그 효과를 측정하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. *L. tuber-regium*의 최적 배양조건

*L. tuber-regium*의 증식을 위한 최적배지를 선별하기 위하여 각종 합성배지에서 균사를 성장시킨 결과 공시배지 모두에서 균사가 양호하게 성장되었다. 즉 PDA(감자 한천배지)등 5종의 배지에서 공통적으로 균사 생장이 양호한 것으로 보아서 본 공시 버섯은 광범위한 배지 종류에서 적응력이 강한 특성을 볼수 있기 때문에 앞으로 인공대량 배양하는데 유리한 조건이 되며 그 가능성이 높을 것으로 본다.

(Table.1) Mycelial growth of *L. tuber-regium* at different media.

Strains	Media				
	PDA	ME	MCM	YMEA	Oat
P-1	45	41	34	34	38
PTR-6	39	37	26	27	41

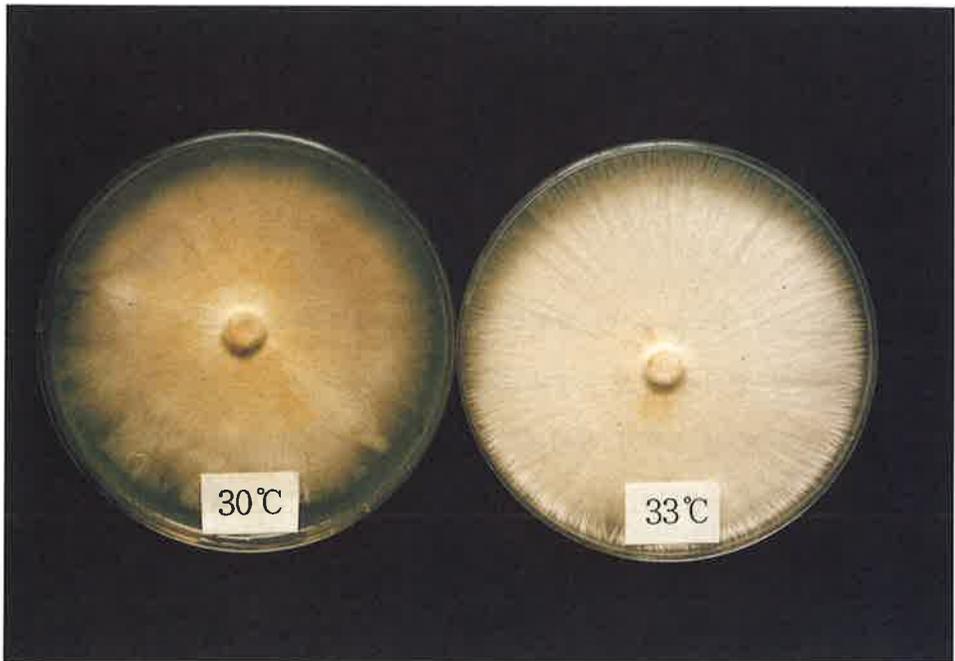
* Mycelial growth (mm/7days)

* PDA : 감자한천배지 ME : 말트(맥아)배지 Oat : 오토밀 배지

MCM : 버섯완전배지, YMEA : 효모 맥아배지

배양온도 시험을 실시한 결과 34℃의 고온에서도 약한 균사생장이 지속되었다. 재배의 기초자료로서 균사생장 최적온도를 구명하기 위하여 PDA배지 상에서 온도별 균사생장 관계를 조사하였다.

균사생장 적온은 26~32℃로서 다른 버섯에 비하여 높은 편이었다. 균사생장시에는 균사가 뚜렷하게 보이고 매우 강하고 밀도도 치밀하여 균사활력이 아주 강한 느낌을 한 눈으로 볼 수 있다. 균사는 두껍고 투명하며 직선으로 성장되었다.



(Fig.1) Mycelial growth of *L. tuber-regium*

(Table.2) Effect of temperature on the growth of *Lentinus tuber-regium* strains

Strains	temperatures(°C)					
	20	23	26	29	32	35
P-1	13	22	38	45	46	30
PTR-6	17	19	42	46	47	32

(Table.3) Effect of PH on the growth of *Lentinus tuber-regium* at strains

Strains	PH				
	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
P-1	41	52	47	54	43
PTR-6	47	58	50	52	42

* Dry weight of mycelium(mg/50ml)

2. 균주 보존 및 관리

대부분의 버섯류는 원균 증식시에 균사체의 계대 배양에 의하여 균사 활력이 약하게 되고 수량이 크게 감소되는 경향이 높다. 또한 균사체 보존 시에도 다른 버섯과는 아주 다르게 저온으로 보존 하게 되면 균사활력이 감퇴되고 수량이 급감하게 된다. 이와 같은 경향은 고온성 버섯 일수록 그 정도가 심하게 나타나는 것이 보통이다. 본 공시버섯도 고온성 버섯임으로 균사체 보존시에 저온으로 유지하게 되면 균주가 못쓰게 되고 계대배양에 의한 퇴화현상이 두드러지게 나타났다.

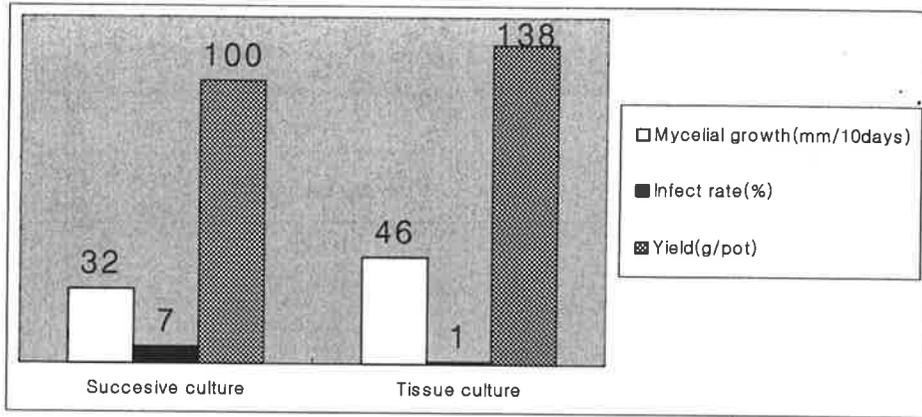


(Fig.2) Spawn of *L. tuber-regium*.

본 공시버섯은 군사 활력이 강하고 대형의 균핵을 형성하게 되므로 계대배양시 활력에 큰 문제가 없을 것으로 예상되었으나 검정결과 군사체의 계대배양에 의하여 활력이 크게 떨어짐을 알게 되었다.

시험결과 계대수가 5대 이상이 되면 군사생장력이 떨어지고 잡균율이 높았으며 수량도 38%정도 떨어졌다. 특히 PDA등의 인공배지에서 보다 톱밥 등의 배지에서 계대배양 될 경우에 더욱 낮아지는 경향을 볼 수가 있었다. 그러므로 군사체의 연속적인 계대배양 보다도 균핵을 채취하여 저온(1~5℃)에 보존하면 필요시에 조직을 이식하여 조직분리에 의한 군사체를 발생시킨 다음 이를 활용하는 것이 좋다.

즉, 군사체는 상온에서 보존하게 되어도 초기 계대에서는 큰 영향이 없으나 계대배양이 지속 될 수록 수량이 떨어지고 군사 활력도 크게 저하되지만 균핵체를 상온에서 장기간 보존하면 필요시에 조직을 분리 배양하여 원균으로서 사용하게 되며는 군사 활력도 왕성하게 유지 시킬수 있고 수량도 감소되지 않는 정상적인 균주를 확보 할 수 있다.



(Fig. 3) Effect of tissue culture on the formation sclerotia of *L. tuber-regium*

원균 보존 온도에 따른 균사활력에 미치는 영향을 보기위해서 PDA 및 폐쇄 배지에 각각 균사를 이식하여 성장시킨 다음 보존온도는 $-20\sim 10^{\circ}\text{C}$ 까지 각각 달리하여 일정 기간 동안 다시보존 시킨 다음 PDA배지에 이식하여 온도가 보존후에 균사생장에 미치는 영향을 측정하였다. 시험결과 저온 즉 $-10\sim -20^{\circ}\text{C}$ 까지에서는 균사밀도가 약하고 균사 활력이 조금씩 떨어지는 결과를 얻었으므로 본 공시균주는 보존시에 영상의 온도 $1\sim 5^{\circ}\text{C}$ 로 하는 것이 적당한 것으로 판단되었다. 이는 본 공시균주가 열대성 버섯으로 저온에 약한 특성이 있는 것을 알 수 있으며 우리나라에서는 야외 포장에 월동재배시 문제가 있게 되므로 이점에 유의하여야 한다. 그러므로 재배시에는 시설하우스를 이용하거나 야외일 경우에는 피복을 하여서 영하 이하가 되지 않도록 하여야 한다.

(Table.4) Mycelial growth of *L. tuber-regium* at different temperatures.

Conserve Temp.	Conserve days	Density	Mycelial growth	
			PDA(mm/8days)	Cotton waste (mm/10days)
-20	40	-	0	0
-20	80	-	0	0
-10	40	+	12	5
-10	80	+	7	5
0	40	++	29	23
0	80	++	27	24
5	80	+++	36	27
10	80	+++	38	26
cheak	0	+++	37	26

3. 우량균주 선발

(Table.5) Cultural characteristics of *L. tuber-regium*

Strains	yield (g/2kg)	calour	Maximam yield(g/2kg)	Individual weight(g)
P-1	355.8	white	379.3	152
P-3	165.2	white	240.2	193
PTR1	368.3	white	396.5	191
PTR2	152.6	white	185.2	110
PTR3	140.4	white	165.7	120
PTR4	289.6	white	337.8	178
PTR5	141.2	white	165.7	146
PTR6	424.0	white	405.6	204
PTR7	438.0	white	578.9	154
PTR8	210.5	white	230.6	125
PTR9	375.5	white	483.3	260

11개의 공시균주중 P1, PTR1, PTR4, PTR6, PTR7, PTR9 등 6균주에서 균핵이 형성되었고 그밖의 균주에서는 균사만 성장되고 균핵을 형성하지 않았다. 이 6개 균주중에

서 소균핵을 형성하는 PTR4를 제외한 PTR1, PTR6, PTR7, PTR9등 5개 균주를 선발하였다.

우량균주 증식 및 특성 검정은 1년차 시험에서 성적이 불량한 균주를 제외시키고 우량균주로 선발된 P-1 및 4개 균주를 포함하여 5개 균주에 대하여 2년차 시험을 실시하였다. 사용배지는 폐쇄 포트시험 재배를 실시한 결과 군사생장력(활력)과 균핵형성능력은 일치하지 않았다. P-1은 군사 성장력 및 밀도는 양호하지만 균핵형성력이 낮았다. 그러나 PTR-1은 군사생장력도 강하고 균핵수량도 높은 우량성이 입증되었다. 그러나 PTR-7 및 PTR-9는 군사생장력은 약간 약하였으나 균핵형성은 극히 양호하였다. 우리의 균주선발 목적은 균핵형성과 그 수량에 있기 때문에 이들 균주가 실용성있는 우량균주로 선발 할 수 있을 것으로 본다. PTR-6은 1년차 성적과는 다르게 군사생장력이 약하고 균핵형성 수량도 낮은 특성이 발견되었다. 그러므로 1~2년차 시험을 종합하여 최종적으로 PTR-1, PTR-7, PTR-9 등 3개 균주를 우량 균주로 선발하였다.

(Table.6) Cultural characteristics of strains of *L. tuber-regium*

Strais	Mycelial growth (mm/10days)	Density	Period of formation sele. (days)	yield (g/pot)
P-1	34	++++	64	318
PTR-1	32	++++	63	454
PTR-6	27	+++	66	354
PTR-7	26	+++	67	462
PTR-9	28	+++	68	473

4. 균핵 형성에 관한 시험

본 버섯에 대한 균핵(sclerotia)형성은 버섯의 이용성이나 경제적인 면에서도 최대의 목적이 되므로 균핵 형성을 위한 각종 최적 환경 요인의 구명은 대단히 중요한 것으로 판단된다. 즉 자실체 보다는 지하에서 형성되는 균핵은 수량도 높고 분말로 이용이 가능하고 저장이나 보존에도 유리한 점이 많이 있다. 그러므로 이를 대량 형성시켜서 이용할 수 있는 기술의 개발이 아주 중요하다.

가. 균핵 형성을 위한 최적 온도

본 버섯균은 고온성이므로 균사체 성장 후 균핵체 형성시 어떤 온도의 유지가 최적인가를 구명하였다. 공시 균주는 2년차에서 우량품종으로 최종 선발된 PTR-1 및 PTR-7을 사용하였다. 균핵형성을 위한 최적 온도 시험은 아주 중요하기 때문에 2년간 걸쳐서 2회 반복 시험을 실시 하였다.

시험결과 2년간의 반복 성적에서 동일한 결과로서 균핵형성 최적온도 범위는 21~33℃까지 가능하였으나 최적 온도는 24~27℃가 가장 적당하였다.

이와같은 시험 결과로 보아서 앞으로 고온기 재배에 아주 적당한 버섯으로 재배시 냉방에너지가 적게 소요되는 저에너지 소요형 버섯임을 알 수 있었다. 또한 다른 버섯의 재배가 곤란한 고온기에 재배사의 이용율을 높일 수 있어서 경제적으로 유리할 것으로 본다.

(Table.7) Influence of temperature on formation of sclerotia of *L. tuber-regium*

strains	Temperatures(℃)				
	21	24	27	30	33
PTR-1	158	240	251	185	179
PTR-7	175	270	246	196	171

*Weight of sclerotia(g/pot)

(Table.8) Influence of temperature on formation of sclerotia of *L. tuber-regium*

Strains	Temperatures(°C)					
	18	21	24	27	30	33
PTR-1	70*	160	210	242	180	170
PTR-9	65	170	220	240	190	160

* Weight of sclerotia(g/pot)

인공적으로 형성된 균핵의 특성을 보면 1개의 무게가 145~192g 정도이며 색깔은 표면은 흑갈색이고 내부는 백색이며 표면에는 외피가 있으며 이는 벗기기가 쉽고 그대로 활용할 수도 있다.

수확시 균핵의 수분함량은 대략 48~52% 정도이며 전체가 단단하고 대체적으로 모양은 북령(*Poria cocos*)과 비슷하였다. 수확후에는 수분이 있을때에 외피를 벗겨내고서 건조 시켜야 한다. 외피가 붙어 있는 상태에서 건조시키게 되면 다음에 이를 제거 시키기가 아주 곤란하게 된다.

(Table.9) Sclerotia characteristics of *L. tuber-regium* at pot cultivation

Strains	Colour	Moisture(%)	Individual weight(g)	Sclerotia(%)
PTR-1	white	52	192	96
PTR-7	white	51	145	72
PTR-9	white	48	152	97

나. 균핵 형성을 위한 최적 배지 수분

균핵 형성시 중요한 요인으로서 배지의 최적수분 함량이다. 수분함량에 따라서 공급량이 다르게 되고 균사의 활력이나 가스의 축적 등의 차이에 의하여 균핵 형성정도

가 다르게 되기 때문이다. 균핵 형성을 양호하게 시킬 수 있는 주요 재료로서는 톱밥보다 폐습이 양호하였는데 이는 폐습이 톱밥보다 수분을 오랫동안 다량으로 보존할 수 있는 능력 때문이라고 생각한다.

폐습에서는 수분함량 66~69%에서 가장 양호하였고 톱밥에서는 69%에서 양호하였다. 그러나 균핵 수확량에서는 폐습 배지가 톱밥보다 약 5배 정도 높았다. 톱밥에서는 처음에는 수분이 69%정도 유지될 수 있었으나 군사 배양중에 자연 건조가 일어나서 수량이 낮아진 것으로 추정된다.

(Table.10) Effect of water contents on the formation of sclerotia of *L. tuber-regium*

Strains	Kind of material	water contents(%)				
		60	63	66	69	72
PTR-1	cotton waste	75*	190	276	315	213
PTR-1	sawdust	-	32	45	70	-
PTR-7	cotton waste	-	60	142	210	162
PTR-7	sawdust	-	27	37	68	-

* Weight of sclerotia

다. 배지 첨가제 시험

버섯재배를 위하여 요구되는 주된 영양원으로서 첨가제의 최적 종류 및 첨가량을 구명하여 다수확은 물론 우량 품질의 균핵체를 생산 하고자 하였다. 첨가제 종류로서는 가격이 낮고 부산물로서 구득이 용이한 쌀겨, 밀기울 및 톱밥을 사용하였다. 공시균주는 1년차 우량 품종 시험에서 사용한 P-1등 5개를 사용하였다. 시험결과 무첨가 보다는 쌀겨 및 밀기울 첨가 효과가 아주 높았다. 또한 균주에 따라서도 차이가 있었으나 대체적으로 쌀겨보다는 밀기울 첨가 효과가 높았다.

쌀겨의 최적 첨가량은 2% 이고 밀기울은 20%로서 무처리 보다 월등한 효과를 볼 수 있다.



(Fig. 4) Artificial culture on sclerotia of *L. tuber-regium*

(Table.11) yield of *L. tuber-regium* sclerotia on the cotton waste

(g/2kg/180days)

Strains	Rice bran(%)			Wheat bran(%)			Cont
	10	20	30	10	20	30	
P-1	274	352	146	231	276	251	26
PTR-1	171	339	340	176	459	21	13
PTR-6	155	34	25	7	32	21	10
PTR-7	95	70	24	86	55	27	8
PTR-9	113	69	23	305	370	22	15

벼짚배지에서 첨가제 수준별 균핵 형성은 첨가제의 첨가량이 증가할수록 균핵 형성량은 저조하여 밀기울 30% 첨가시 균핵은 형성되지 않았다.

또한 벼짚배지에서는 다른 배지와는 특이한 영양원을 첨가하지 않은 무처리구에서도 균핵이 어느 정도 형성되었다. 균핵 형성은 PTR1 균주에서 442g으로 가장 높게 나타났다. 한편 균핵형성율은 미강 10%, 20%에서 가장 높았으며, 밀기울 30% 처리구에서는 전혀 균핵이 형성되지 않았으나 10~20%에서는 양호하게 생육되어 수량이 높았다.

(Table 12) Effect of rice bran and wheat bran on the formation sclerotia of

L. tuber-regium on rice strow

(g/2kg/180days)

Strains	Rice bran(%)			Wheat bran(%)			Cont
	10	20	30	10	20	30	
P-1	350	35	20	188	107	30	161
PTR-1	442	31	28	156	140	0	204
PTR-6	227	100	41	190	207	0	215
PTR-7	230	331	0	158	30	0	150
PTR-9	162	106	43	133	39	0	184

활엽수(참나무)톱밥배지에서 첨가제 수준별 균핵 형성은 P1, PTR1 균주는 미강을 10~30% 처리구에서 모두 균핵형성이 양호하였으며, PTR6과 PTR7균주는 수량이 저조하였다. 밀기울 첨가 처리구에서는 함량이 증가할수록 수량이 저조하였으며 특히 30% 첨가구에서는 균핵이 거의 형성되지 않거나 수량이 매우 적었다.

또한 영양을 첨가하지 않은 무처리구에서도 균핵 형성량과 수량이 매우 저조하였다.

활엽수(참나무)톱밥배지에서 첨가제 수준별 균핵 형성율은 첨가물 10% 첨가물에서 높았으며, PTR6 균주는 균핵 형성율이 가장 낮았으며 밀기울 20%, 30% 첨가구에서는 균핵이 형성되지 않았다. 한편 첨가제 수준별 균핵 형성율은 PTR-6 균주는 미강 20% 처리구에서 균핵 형성율이 높은 반면 그 외 균주는 미강, 밀기울 10% 첨가구에서 가장 높은 균핵 형성율을 높였고, 밀기울 30% 첨가구에서는 균핵이 형성되지 않았다.

(Table.13) Effect of sclerotia on the oak tree sawdust

(g. 2kg/6개월)

Strains	Rice bran(%)			Wheat bran(%)			Cont
	10	20	30	10	20	30	
P-1	212	178	189	249	72	0	25
PTR1	228	227	320	234	167	0	27
PTR6	65	29	106	31	0	0	0
PTR7	88	118	54	149	60	18	0
PTR9	168	100	12	202	98	63	54

라. 원목을 이용한 균핵체 형성 시험

*L. tuber-regium*의 통나무 원목재배시 25~28℃에서 군사배양시 군사생장 정도를 각 수종별로 조사하였다. 상수리 나무 원목보다 소나무 원목이 군사생장도 양호하고 균핵의 수량도 높았다. 동일 수종에서는 군사배양기간에 따라서 수량은 물론 잡균발생율에도 많은 차이가 있는 것을 알 수 있다. 버섯재배에서 중요한 것은 군사생장 시기 즉 영양 생장기에서 생식 생장기로 전환시키는 시점이 아주 중요하다. 이는 원목에서 군사생장기간의 장단에 의하여 실용적으로 이용하는 것이 좋다.

본 시험에서는 군사생장기간을 40일 동안 유지하는 경우 소나무, 상수리 나무 모두가 공통적으로 군사생장량이 적고 균핵형성량도 극히 부진하였다. 배양기간이 50일 정도 경과 되어야만이 군사생장도 양호하였다. 그러나 이 정도로는 균핵 형성량도 낮고 특히 잡균 발생율도 높았으므로 군사생장을 적어도 60일 정도 시키는 것이 안전하며 균핵수량도 높고 잡균 발생율도 낮은 결과를 얻었으므로 원목재배시 군사생장기간은 소나무, 상수리나무 원목 모두 공통적으로 60일 정도 유지하는 것이 좋다.

(Table.14) Effect of selerotia on the oak log and pine tree log

Kind of wood	Period of mycelium growth(days)	Mycelial growth (mm/20days)	Density	Infection rate(%)	yield (g/log)
Pine log (18×25cm)	40	130	+++	21	95
	50	210	++++	9	210
	60	250	++++	7	340
Oak log (18×25cm)	40	125	+++	19	80
	50	195	++++	11	240
	60	240	++++	6	310

원목을 이용한 버섯재배시 가장 문제가 되는 것은 원목에 발생하는 푸른곰팡이 병원균(*Trichoderma spp*)등 잡균의 발생에 의한 피해가 된다.

이와 같은 점을 해결하기 위하여 대체적으로 살균에 의한 습열을 이용한 살균방법을 활용하고 있다. 통나무 원목은 내부조직이 단단하여 열의 침투가 늦어서 유지시간에 편차가 생기게 되어 잡균의 발생이 초래된다.

살균방법에는 상압살균과 고압살균이 있는데 이들은 각각 장단점이 있다. 본시험의 결과로서는 상압 또는 고압살균등 모두가 가능하며 그 효과면에서도 무살균에 비하여 모두가 효과가 있었다. 다만 살균시간 즉 온도유지 시간에 따라서 큰 차이가 생기게 된다. 이는 원목에 열침투가 어느정도 이루어 지는가에 따라서 차이가 생기는 것으로 상압 살균시에는 8시간 정도는 유지하는 것이 잡균 발생률이 낮고 균사생장 완료기간도 62일로 단축되며 생육된 균핵 무게도 340g으로서 높게 나타난다. 6시간의 경우에는 잡균율도 높고 균사가 늦게 자라며 균핵형성량도 적었다. 고압살균시에는 90분 살균도 가능하지만 이는 잡균 발생율도 높고 수량도 저조함으로 살균시간을 연장하여 2시간 정도는 살균하여야 우량한 원목재배가 이루어 질 수 있다.

(Table.15) Influence temperature of time on sterilization of pine tree log.

Sterilization	Sterilization Time(hour)	Period of M. growth(days)	Infection rate(%)	yield (g/log)
Sterilization of low press(98℃)	6	75	24	290
	8	62	6	340
Sterilization of Higher press(121℃)	1.5	57	8	320
	2.0	60	2	360
non sterilization	0	-	87	120

마. 풋트 재배시 토양첨가 효과

본 공시버섯을 원래 토양에서 발생되어 그속에서 성장하면서 증식하게 된다. 그러므로 토양과 깊은 관련이 있다. 이러한 특성을 살려서 인공재배법 개발 초기에는 비닐 풋트에 폐습배지를 넣고서 균사배양을 시킨다음 땅속에 매몰시켜서 균핵 형성을 유도하였다. 그러나 이는 작업이 복잡하고 토양에 매몰시킨 다음에도 관수작업은 물론 건조 및 병해충 방제, 잡초제거 등의 관리에 많은 불편이 있었다. 이러한 불편한 문제점을 개선하기 위하여 아주 간편한 방법을 창안하였다. 즉 비닐풋트속에 토양을 150~170g 정도씩 표면에 넣고서 살균시킨 다음에 종균을 접종하게 되면 1단계로서 먼저 균사가 자란 다음에 2단계로서 풋트위에 덮여있는 토양속까지 균사가 침투되어 균핵이 형성 되도록 유도하였다.

이와 같은 재배과정을 잘 관찰하여 보면 토양의 토성에 따른 점토함량의 차이에 의하여 균핵형성 정도에 큰 차이가 생기게 된다. 시험결과 점토함량이 너무 많아도 좋지 않고 모래처럼 너무 낮아도 균핵 형성이 불량하였다. 그러므로 토성별로 비닐풋트에 토양을 넣은 다음 재배를 실시한 결과 식양토(clay loam)는 점토함량이 27~40%의 것이 균사생장 완성기간도 짧고 균핵형성 수량도 398g/풋트로서 가장 양호하였다. 모래의 경우에는 무처리 경우보다는 약간 높지만 대체적으로 효과가 떨어졌다.

(Table.16) Influence of soil texture on formation of selerotia of vinyl pot.

Soil texture	Period of formation sele. (days)	Selerotia (No./pot)	Yield(g/pot)
Clay	43	2	355
Loam	40	3	370
Clay loam	34	2	398
Sand	42	1	282
Humus soil	38	2	365
Control	48	1	185

야생되는 *L. tuber-regium*의 발생지 조사에 의하면 균핵은 반드시 부엽토가 많은 양토가 있는 땅속에서만 형성되는 것을 알 수 있다.

이때의 토양으로서는 부엽토 및 식양토 모두 무처리보다 균핵형성이 양호하였으며 토양 종류별로는 부엽토 및 식양토에서 모두 무처리보다 균핵형성이 양호하였으며 토양 종류별로는 부엽토 및 식양토에서 모두 무처리보다 균핵형성이 잘 되고 품질도 우량하였다.

토양 처리방법으로서는 배지와 혼합하거나 표층에 피복하는 두처리 간에 큰 차이가 없었으나 토양을 표면에 처리하는 것이 관리하기가 편리 하였다. 맨 처음 균핵이 형성되는데 소요되는 기간은 풋트에 종균을 접종한 후부터 약 40일 정도가 된다. 그러므로 본 공시버섯은 풋트에 종균을 이식한 후부터 약 75~80일정도 지나면 1기작이 완료됨으로 다른 균핵버섯 보다도 재배기간이 짧게 소요되어 그 만큼 경제성이 높을 것으로 본다.

(Table.17) Effect of soil on formation of sclerotia

Strains	Period of sclerotia(days)		Rates of sclerotia(%)		Yield(g/pot)	
	Mix Soil	Top Soil	Mix Soil	Top Soil	Mix Soil	Top Soil
Humus	38	36	92	98	310	362
Sand loam	39	35	90	97	295	340
Control	55		20		65	

전체적으로 보면 부엽토에서 사질토 보다 균핵 형성율이 높고(90~98%) 수량은 폐쇄 2kg에 밀기울40g(20%)을 첨가한(수분 68%포함) 처리구에서 310~362g(수분 55%포함) 정도 수확할 수 있어서 대량으로 생산이 가능한 것을 알 수 있었다. 이상의 결과로 보면 재배방법은 비닐 포트재배법이 가장 양호하고 토양매몰 방법보다 포트 표면에 부엽토 또는 사질양토를 첨가 피복하는 것이 가장 경제성이 높은 것으로 평가 되었다. 본 공시균의 균핵 형성에 관한 지금까지의 시험을 종합하여 보면 포트에 종균을 접종한 후부터 20~21일이면 균사생장이 왕성하게 되어 육안으로 보아도 판별할 수 있다. 그 후 14~16일이 지나면 균사가 뭉쳐 지면서 피복한 흙속에서 콩알 만큼의 작은 균핵이 형성된다. 그 후 50일 동안에는 균핵이 계속하여 생장 발육하게 되고 균핵이 단단하여진다. 그 후에는 생장 속도가 늦어지게 되고 더 이상은 커지지않는 상태가 된다.

(Table.18) Cultivating characteristics of *L. tuber-regium*

Strains	Day for mycelial growth	Days to sclerotia	Day to full	Yield(g/2kg)
			growth sclerotia	
PTR-1	21	34	87	341
PTR-7	20	36	86	278

제 3 장 기능성 물질 분석 및 특성 검정

제 1 절 서 설

각종 버섯에는 다른 식품에서는 볼 수 없는 특수한 성분이 다수로 함유되어 있고 그 기능성도 다양한 것으로 알려져 있다. 그러나 이에 관한 연구가 부족하여 각종 성분 및 약리적 특성에 대하여 과장된 내용이나 가상의 사실이 있을수 있어서 이에 대한 올바른 인식이 필요할 것으로 본다. 버섯은 일반적으로 지방 성분이 적고 당질 또는 단백질이 풍부한 것이 특징이며 비타민 D가 풍부한 저 칼로리성 식품에 속한다. 보통의 버섯은 일반적으로 연질의 것과 경질의 것으로 구분 할 수가 있다. 전자는 수분이 90% 전후로서 고휘물중 조단백질이 25%정도이고 가용성 무기질소는 50%정도이고 조섬유는 8%정도이며 회분이 7% 정도로 알려져 있다. 그러나 후자 즉, 경질의 버섯은 수분이 40~50%정도로 낮고 조단백질은 10% 정도이며 가용성 무기질소는 60%이고 조섬유는 20%이고 회분은 2%정도로 알려져 있다. 본 과제의 공시버섯은 균핵체가 주가 되므로 이용부분은 경질의 것으로 볼 수 있다. 버섯류의 단백질은 경질의 버섯에는 조단백질중 순단백질이 65%정도이고 나머지 35%는 비단백질 형태의 질소 화합물이며 연질의 버섯에서는 대부분이 순단백질로 구성되어 있는 것으로 알려져 있다.(22)

버섯류의 구성성분 중에 조섬유에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 포함되어 있는 섬유질은 식물체 구성 성분 중 인간의 소화효소에 의하여 가수분해 되지 않는 난소화성 성분의 총체라고 볼 수 있다.(23)

그러나 최근에는 식이섬유 (食易, dietary fiber)라는 개념이 도입되어서 주목되고 있는데 이는 심장병, 각종 암 등의 성인병에 식인섬유 섭취량의 부족과 밀접한 관계가 있다고 한다. 버섯류의 당질은 맛을 구성하고 에너지를 공급하는 성분으로 알려져 있다. 당류로서는 mannitol과 trehalose의 존재가 널리 알려져 있다. 지질의 함량

은 낮은 것으로 알려져 있으며 팔미트산 C₁₆-0등 포화 지방산과 리올릭산 C₁₈-2 등의 불포화 지방산으로 구성되어 있다.

버섯류의 무기성분은 대체적으로 K는 함량이 낮지만 Ca, Na등의 함량은 높으며 보통의 것으로서는 Mg, Fe등 13종의 무기질 성분이 분석되고 있다. 비타민류는 D₂가 주류를 이루고 있는데 이는 버섯 포피가 광선이나 자외선에 의하여 D₂로 변화시켜 줌으로써 다량의 비타민 공급원이 될 수 있다고 한다. 이상과 같이 버섯류에 대한 성분적인 특성으로 보아서 다른 채소 및 곡류와는 고유한 특성이 다르게 나타나는 것을 알 수가 있다. 따라서 본 연구에서는 공시 버섯에 대한 균핵체의 성분상 특성을 분석 검토하여 균핵체에 대한 이용도를 확대하고 이를 실용화하여 소비증대에 기여하고자 그 특성을 고찰하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 각종 탄소원과 균사생장

본 공시버섯의 주요성분을 분석 하기전에 배지의 각종 탄소원과 버섯 균사 생장과의 관계를 구명 하기 위하여 다음과 같은 시험을 실시하였다.

공시균의 생장시 요구되는 최적 탄소원을 찾아서 균사체 대량 배양은 물론 버섯 및 균사체의 주요성분에 대한 기초자료를 얻고자 균사생장에 유용한 각종 탄소원에 대한 생장 효과를 측정하였다. 균사체 배양은 액체배양을 실시하였고 생장된 균사체의 건조 중량을 측정하여 비교 하였다. 기본 배양기의 산도(pH)는 6.5로 고정시킨 다음 150ml 플라스크에 제조된 배양기 30ml을 각각 분주하여 121℃에서 20분간 살균한 다음에 사용하였다. 탄소원으로는 Glucose Fructose 등 18종을 처리하였고 이들은 기본배양기를 살균전에 무균적으로 첨가하여 제조하였다.

Cellulose 및 Xylose는 millipore 여과에 의하여 무균처리 하였다. 공시균의 접종원

은 2%의 한천맥아(Malt Agar)배지에서 배양시킨 다음 콜크볼라로 5mm의 원형으로 절하여 접종 이식하여 배양시켰다. 대조배지(contral)은 탄소원이 없이 처리하였다. 균사배양은 $28 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 4주간 배양후 균사체는 여과시켜서 건조시킨 다음에 무게를 평량하였다.

2. 균핵 성분의 특성

가. 일반성분의 분석

공시버섯의 균핵에 대한 이용도를 확대하여 이를 활용한 실용성 있는 이용처를 개발하고자 이에 요구되는 기본적인 성분 분석을 실시 하였다.

시료는 균핵체를 분쇄하여 분말로 하였고 대조구로서 밀가루와 비교하여 가공식품으로서의 이용 가능성에 관한 기초적 자료를 활용하고자 하였다.

수분은 dry oven(Han -Baek scientific Co, Korea)를 사용하여 105°C 에서 상압 건조법으로 정량하였고 조지방은 Soxhlet 추출법에 의해 정량하였다. 조회분은 550°C 회화기구(501-1B, Electric Muffle Furnace)에서 6시간 회화하여 평량한 값을 구하였으며 조단백은 Kjeldahl법으로 정량하였다.

분석된 주요 성분은 자실체의 갓과 줄기 및 균핵체의 것을 쌀과 비교하여 주식과의 혼합 이용가능성에 관한 기초자료를 얻고자 하였다.

나. 배지 재료별 균핵체 성분 분석

대부분의 버섯은 물질 분해 능력이 없이 주로 유기화된 배지 성분을 흡수이용 하기 때문에 버섯의 성분은사용된 배지의 주성분에 따라서 큰 영향을 미치게 된다. 그러므로 이와같은 관계를 알기 위하여 배지 토서는 원목, 폐쇄, 톱밥등을 살균하여 이용하였고 이와같은 각종 재료에 재배한 다음 이것에서 형성된 균핵체의 주요 성분을 분석 하였다.

시료는 0.1g을 정선 제조하여 사용하였다. 총 지질의 성분 함량 분석은 건조한 후 알루미늄 비이커에 시료를 Cellulose extraction timbles에 1~2g 정량하여 넣은 다음 면봉하고 Soxter system HT 1043 추출장치를 사용하여 추출건조후 비이커를 105℃에서 1시간 건조한 다음 측정된 무게로 지질의 총량을 결정하였다.

총 당량은 시료 0.1g을 25% HCl 1ml과 증류수 10ml을 섞은 용액에 넣어 100℃에서 2~3시간 가수분해한 다음 원심분리하여 얻은 상층액에 10% NaOH를 넣어 중화시킨 후 1ml을 취하여 측정하였다. 측정 방법은 환원당 측정 방법인 Somogyi-Nelson법에 따라 실시하였다.

다. 자실체와 균핵체의 성분 분석

본 공시버섯은 자실체 및 균핵체를 동시에 식용 및 약용으로 애용하고 있다. 그러나 실제적으로는 덩이로 형성되는 균핵체를 주로 이용하고 있다. 이와같은 이유는 균핵체가 수량이 높고 큰 덩어리로 형성되고 건조가 잘 되어 저장력이 있으며 그 성분 상으로도 인체에 유익한 점이 많다고 한다. 그러나 이에 관한 확실한 시험결과가 없으므로 두가지를 비교분석 하였다.

무기물 함량을 분석하기 위하여 버섯 자실체 및 균핵체는 폐습 배지를 비닐포트에서 재배된 것을 채취하여 세척한 다음 분쇄하여 켈달 플라스크에서 분해하였다.

칼슘, 아연등의 성분은 표준곡선에 준하여 비닐포트에서 재배된 것을 채취하여 세척한 다음 분쇄하여 켈달 플라스크에서 분해하였다.

칼슘, 아연등의 성분은 표준곡선에 준하여 비교하면서 측정 정리 하였다.

단백질은 켈달법에 준하여 측정하였고 탄수화물 함량도 동일한 방법으로 분석하였다.

탄수화물의 값은 D-glucose 용액을 희석하여 표준곡선으로부터 측정하였다.

3. 각종 효소의 역가 측정

효소 역가 측정 중에서 섬유소 효소 활성(Cellulose activity)측정은 버섯의 각 부위별로 빙결상태에서 0.07M의 K_2HPO_4 용액에서 5°C로 유지하면서 분쇄하였다. 분쇄된 시료는 2°C에서 16,000g로 30분간 원심분리 하였다.(3)

원심분리된 시료는 1ml을 취하여 carboxymethyl cellulose를 citrate phosphate buffer(PH5) 용액으로 1%를 만든다음 30°C에서 60분 동안 정치시켰다가 9ml을 취하여 시료(1ml)와 혼합하였다. 효소활력은 3,5 dinitrosalicylic acid(DNSA)시약과 환원당과 처리한 다음 540nm흡수능으로 측정하였다. 총 Amylase(α 및 β)활력을 측정하기 위하여서는 다음과 같은 과정을 거쳐서 실시하였다. 효소추출액은 5°C에서 Sodium acetate 0.1M 완충액으로도 산도(PH) 0.5를 조절한 다음 20ml에서 버섯 조직을 마쇄한 다음에 냉동상태에서 1g을 마쇄하였다.(1)

마쇄된 액체는 2°C에서 30분간 16,000g로 원심분리 하였다. 원심분리된 상등액 1ml을 취하여 1%의 가용성 starch를 산도(PH)5의 완충액에 용해시킨다음, 27°C에서 항온시킨 용액 1ml과 산도(PH5)의 완충액을 혼합시켜서 사용하였다.

Proxhinase 활성은 효소추출액 제조는 총 Amylase 활성 분석 방법에 준하여 실시하였다. 효소 활성도의 측정은 Lowry-CIICALTEN를 사용하여 계산하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 각종 탄소원이 균사생장에 미치는 영향

공시버섯의 성분을 분석하기전에 배지의 주요 성분이 버섯을 구성하고 있는 성분어떤 영향을 미치는 가를 구명하기 위하여 기초적으로 배지제조시 각종 탄소원을 첨가하여 균사생장에 미치는 영향을 구명하였다. 버섯 배양에 필수적으로 요구되는 각

종 탄소원이 본 공시균주의 생장에 어떠한 영향을 미칠 것인가를 구명하고 우량한 탄소원을 찾아서 이를 이용함으로써 대량배양에 응용하고자 본 시험을 실시한 결과 단당류 중에서 가장 양호한 것은 Fructose, Mannose 등이 고균사생장이 빈약한 것은 Sorbose 및 Galactose, Rhamnose 등이다. Oligosaccharides 중에서는 cellobiose 및 Maltose 가 가장 양호하였고 성장도 우량하였으나 Lactose는 생장이 불량하였다. 대부분의 버섯균류는 각종 다당류에서 비교적 생장이 양호한 것이 특징이나 그러나 본 시험에서는 다당류 중에서 Dextrin이 양호하였다. 그러나 starch는 보통으로 성장하였다. 당 알콜류에서는 Mannitol은 가장 양호하였다. 그러나 Arabitol은 불량하였다.

(Table.1) utilisation of carbon sources by *Lentinus tuber-regium* in liquid medium

carbon sources	Dry wt. mycelium mg/30ml
Basal medium(Control)	8.4
Monosaccharides	
D(-)Fructose	136.1
D(+)mannose	132.2
D(-)Glucose	112.4
D(+)Xylose	92.5
D(+)Arabinose	14.0
L(-)Sorbose	12.5
D(+)Galactose	10.3
Rhamnose	9.6
Oligosaccharides	
Cellobiose	129.4
Maltose	76.2
D(+)Melibiose	17.4
Sucrose	13.9
Lactose	7.2
Polysaccharides	
Dextrin	97.6
Starch	65.1
Sugar alcohols	
Mannitol	102.4
Sorbitol	71.3
Arabitol	9.4

2. 균핵 성분의 특성

가. 일반 성분의 분석

버섯 분말의 일반성분을 분석한 결과를 밀가루와 비교하였다. 밀가루의 수분함량은 13.5%, 조지방은 1.05%, 조단백질의 함량은 13.7%, 회분은 0.6%로 Bae⁵¹⁾의 분석결과와 비슷하였고 버섯 건조 분말의 수분함량은 11.3%였으며 조지방은 1.6%, 조단백질의 함량은 11.2%, 회분은 2.41%로 이는 벚짚에서 재배한 버섯의 조단백질 13.0%, 회분 5.50% 보다는 적게 나타났고 조지방 0.72보다는 2배 정도 많았다.

(Table.2) Proximate composition of wheat flour and *L. tuber-regium* powder

Constituent	Content(% , d. b.)	
	Wheat flour	<i>L. tuber-regium</i> powder
Moisture	13.5	11.32
Lipid	1.05	1.6
Protein	13.7a)	11.22b)
Ash	0.6	2.41

a) Calculated by $N(\%) \times 5.70$.

b) Calculated by $N(\%) \times 6.25$.



(Fig.1) Fruit body of *Lentinus tuber-regium*

*L. tuber-regium*의 균핵에 대한 일반 성분 곡물(쌀)을 대조구로하여 각각 분석하였다. 시험결과 곡물(쌀)과 유사한 점이 많이 있었다. 즉 Protein 함량이 높으며 crude fibre 은 특히 더욱 높았다. 함량은 자실체 및 곡물에서 보다 높았다.

그러나 sclerotia는 쌀과 비슷한 경향이 있으며 대체적으로 일반 성분은 carbohydrate 함량이 높고 Ash 및 crude fibre도 높은 편이다. 어느 곡물과 혼용하여 식품으로서의 이용가치가 높을것으로 추측되며 fiber 량이 높은 것은 저에너지 식품으로서 이용이 가능할 것으로 본다.

앞으로 탄수화물의 함량 및 특성에 관하여 시험을 실시하여 그 특성을 구명하는 것이 중요할 것 같다.

(Table.3) Nutrient contents of sclerotia and sporophores of *L. tuber-regium*

Item	Protein	Fat	Carbohydrate(%)			Ash	free amino acid
			Total carbohydrate	Crude fibre	Sugers		
Mature pileus	19.8	2.3	76.2	12.4	6.9	9.2	1.8
Mature stipe	19.5	2.7	78.0	5.6	7.0	10.2	3.4
Sclerotia	14.9	0.5	76.4	7.4	0.3	3.6	-
Rice	5.4	0.9	75.6	0.2	-	0.5	-

나. 배지재료별 균핵체 생산성 및 주요성분 분석

본 공시버섯은 흙속에서 균핵을 형성하는 것이 특징이다. 즉 땅속에서 북령처럼 큰 덩어리의 균핵을 형성하여 이를 이용하게 된다. 이때의 배지재료로서는 원목, 폐송 또는 톱밥을 이용하는 것이 경제성이나 수량성에 있어서도 높게된다.

이들 재료별로 형성된 균핵의 성분을 분석하여 그 특성을 조사하였다.

수량에 있어서는 폐습이 가장 높아서 2kg(수분포함)의 풋트에서 329g을 생산할 수 있어서 생물학적 효율은 16.4%로 볼 수 있고 건물재료를 기준으로 환산하며 약 51.4% 정도가 된다. 성분중 Lipid 함량은 대체적으로 낮은 것이 특징이며 재료별로는 폐습에서 약간 높고 원목이나 톱밥은 더욱 낮았다. Lipid는 대체적으로 물에 난용이며 유기용매에 녹기쉬운 유지물질의 총칭하는것으로서 많은 종류의 물질을 함유하고 있다.

조섬유소 함량은 6.2~7.8%로서 대체적으로 곡류 또는 일반적인 식품보다 높은편으로서 이는 건강식품 원료로서 활용이 가능할 것으로 본다.

(Table.4) yield and proximate composition of sclerotia on many kind of matter.

Kind of matter	Yield (g/pot)	Biological efficiency (%)	Dry matter (%)	Lipid (%)	Ash (%)	Crude fiber (%)	Ethanol soule sugar(%)
wood	282	14.1	49.4	0.74	4.8	7.6	0.27
cotton waste	329	16.4	54.3	1.02	4.0	7.8	0.28
saw dust	245	12.2	54.2	0.83	5.2	6.2	0.24

무기물 함량은 대량원소로서는 K의 함량이 높았으며 특히 폐습에서는 K, Na이 높았으나 Mg은 낮은 것이 특징이다.

미량원소로서 Mn은 원목에서는 0.1%로서 높았으나 폐습과 톱밥에서는 낮은 것이 특징이다. 그러나 폐습에서 Fe의 함량이 높았으나 Zn과 Cu는 배지 재료간에 큰 차이가 없었다.

(Table.5) Mineral composition of sclerotia

Kind of matter	Major element(dry wt.%)					Trace element(dry wt.%)			
	K	Na	Mg	Ca	P	Mn	Zn	Cu	Fe
wood	5.8	1.4	1.5	2.4	1.8	0.1	0.03	0.04	0.02
cotton waste	9.4	1.6	0.9	1.4	1.1	0.08	0.05	0.03	0.05
saw dust	7.2	2.1	1.4	1.2	1.4	0.09	0.03	0.02	0.01

시험결과 균핵체를 버섯 자실체와 비교하여 본 결과 Fat suger 함량이 낮았다. 특히 Fat 함량이 더욱 낮았다. 그러나 sclerotia는 carbohydrate 함량이 높은 것이 중요한 특징중의 하나가 된다. 앞으로 탄수화물의 함량 및 특성에 관하여 시험을 실시하여 그 특성을 구명하는 것이 중요할 것 같다. 대체적으로 sclerotia는 쌀처럼 곡물과 유사한 성분함량을 가지고 있기 때문에 이를 이용한 식품원료 또는 사료적 가치의 개발이 가능할 것으로 본다. protein 함량은 곡류보다도 높고 풍부하였다. 이는 채소류의 protein의 value를 가지고 있다고 한다.

다. 자실체와 균핵체의 성분 분석

칼슘의 함량은 전체적으로 다른 원소에 비교하여 높은 경향이 있고 균핵체보다 자실체가 높았다. 칼슘은 식물체에서는 불용성이 많지만 버섯에는 가용성이 높은 것으로 알려져 있다. 마그네슘은 자실체보다 균핵체에서 높은 편이며 철 및 아연은 자실체보다 균핵체에서 약간 높은 경향이지만 전체적으로 높은 것을 볼 수 있다. 탄수화물은 대체적으로 높으며 균핵체 보다는 자실체에서 높은 경향을 볼 수 있다. 단백질도 같은 경향으로 자실체에서 높은 것을 볼 수 있다.

(Table.6) Mineral contents of sclerotia and sporophores of *P. tuber-regium*

Item	Metals(%/g)				Organic components(%/g)	
	Ca	Ma	Fe	Zn	Protein	Carbohydrate
Fruit body	1.3	0.4	0.5	0.06	21.4	60.2
Sclerotia (90 days)	1.1	0.6	0.2	0.03	23.6	64.6
Sclerotia (120 days)	1.4	0.7	0.3	0.04	25.1	67.2

3. 효소의 역가 측정

각종 버섯은 건강식품으로서 소화력이 강하고 식품의 분해력도 있어서 최근에는 이를 이용하려는 경향이 높아지고 있다.

각종 효소는 버섯의 각 부위별 또는 성숙단계별로 많은 차이가 있다고 하며 버섯의 채취시기 또는 저장기간에 따른 상품성에 많은 가격 차이가 있다고 한다.

버섯의 각 부위별 또는 성장시기별로 각종 효소의 활성도 측정 결과에 의하면 cellulose 활성도는 버섯의 각 부위별로 비교하여 보면 대(줄기)가 갓 부위보다 활성도가 높고 성장시기에 있어서는 어린 것 보다는 성숙한 버섯이 높은 경향이 있었다. 그러나 총 Amylose 활성도는 대체적으로 버섯의 줄기(대)보다 갓이 높았으며 버섯의 성장 정도에 따른 효소량을 보면 어린버섯 보다는 성숙한 것이 더욱 높았다.(24)



(Fig.2) Sclerotia of *L. tuber-regium*

α -Amylase 활성도는 총 Amylase 활성도와 같은 경향이지만 β -Amylase 활성도는 줄기(대)가 높고 갓은 약간 낮은 경향을 보였다. Proteinase 활성도는 갓이 높은 편이며 특히 어린 버섯도 활성도가 약간 높은 것이 특징이다.

(Table.7) Intracellular cellulase, total amylase, α -amylase and proteinase activities in the various fruitbody stages

Fruitbody stages	Cellulase activity [mg glucose /pro(ml · h)]	amylase Total activity [mg maltose/pro (ml · h)]	α -Amylase activity [mg maltose /pro (ml · h)]	β -Amylase activity [mg maltose /pro (ml · h)]	Proteinase activity [mg tyrosine /pro (ml · h)]
성숙한 버섯 갓	0.65	3.31	3.01	0.29	2.12
성숙한 버섯 대	0.82	2.12	1.72	0.42	2.24
미숙한 버섯 갓	0.57	2.60	2.43	0.07	2.12
미숙한 버섯 대	0.74	1.72	1.21	0.41	1.51
아주어린 버섯	0.56	1.67	1.42	0.17	1.26

제 4 장 식품적 가치 및 이용 기술 개발

제 1 절 서 설

버섯은 오래 전부터 애용되고 있는 식품으로 소비가 확대되면서 인공재배에 의한 다량의 수확을 거두고 있다. 그러나 식용버섯은 신선한 상태로의 장기간 저장이 어려워 출하가 많아졌을 경우에는 소비와 공급의 적절한 균형이 맞지 않아 가격의 폭락으로 생산농가에 막대한 손실을 불러일으킨다. 이러한 손실을 막기 위한 적절한 저장 방법이 연구되고 있으나 아직은 저장 기술이 미흡하여 제품의 품질 저하를 초래할 뿐 아니라 기술적 차원을 감안하더라도 비용 문제를 감수해야 한다. 따라서 연중 수확이 가능하며 재배와 저장이 비교적 용이한 버섯을 찾아내어 고부가가치를 갖는 기능성 식품개발이 필요한 실정이다.

버섯은 일반적으로 가정에서는 부식 재료로 활용되어왔고 요즈음은 외식산업에서는 계절식과 건강식으로 고급화되어 각광을 받고 있다. 영양가 많고 단백질의 소화율도 아주 높은 영양 식품일 뿐 아니라 맛과 향기가 독특하여 기호 식품이고 최근에는 고혈압 강하 물질 및 항암 물질 등이 함유되어 있어 보건식품으로도 널리 애용되고 있기 때문이다. 그러나 수분이 많고 여러 가지 효소가 존재하기 때문에 변질되기 쉬워 식품으로서의 다양성과 기능성 면에서 제한을 받고 있다.

한편, 밀을 주원료로 하는 제빵 산업은 소득증대에 따른 주식 또는 간식용으로서의 빵소비량의 증대, 생활 방식의 서양화, 고급화, 간편화 등에 따른 빵식의 보급, 생활수준의 향상으로 인한 전분질 음식의 소비저하와 육류, 유제품, 지방질 등의 섭취증가에 따른 빵식의 촉진, 학교 등의 단체 급식, 관련 기관 및 업계의 홍보와 품질 향상, 등의 여건으로 빵의 소비량은 계속 증대되고 있다. 이러한 식생활 패턴의 흐름을 볼 때, 버섯의 제빵 적용은 기호도가 높은 가공식품을 선호하는 소비자의 입장에서 알맞다고 보겠다. 제빵 공정시 버섯은 밀의 gluten처럼 반죽의 망상구조를

형성하지 못하므로 이러한 점을 보완하기 위해서 소맥분 제품의 개량제, 유화제로서 넓게 이용되어지는 sodium stearoyl-2 lactylate(SSL)를 첨가함으로써 빵과 유사한 조직감을 가지는 버섯빵 제조를 시도하였다. 기존의 연구 결과 중에는 빵의 주원료인 밀가루의 대체분으로서 쌀보리, 통밀, oat밀을 사용하여 반죽의 이화학적 특성과 부피, 조직, 향미 등의 제빵 적성에 대하여 검토된 바 있으며(15, 27, 44, 45) 또한, 밀가루에 부족한 lysine과 isoleucine을 강화하기 위한 대두단백질(17), 그리고 콜레스테롤 저하 효과 및 대장암 예방 효과 등이 입증된 곡류의 식이섬유 추출물¹⁰⁾을 첨가하여 제빵 적성을 보고한 것이 있으나, 향과 맛이 좋고 항암성 효과(25)가 있는 버섯분말을 첨가하여 제빵 적성을 검토한 바는 없다.

따라서 본 연구는 인체의 건강에 유익한 성분을 함유한 식용버섯을 첨가하여 고급 제빵 생산을 위한 가공 적성 및 최종 제품의 품질 특성을 검토하고 저장기간에 따른 노화 현상을 살펴봄으로서 버섯류의 가공 식품으로서의 활용범위를 넓혀 적절한 소비를 위한 방안뿐만 아니라 가공 식품의 품질 향상과 경쟁력 강화에 도움이 되겠다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험 재료

가. 버섯분말

1998년도에 농업과학기술원에서 육성하여 수확한 후 표피를 벗기고 건조시킨 버섯 (*Lentinus tuber-regium*)을 분쇄기(Cyclotec mill, Tecator)로 분말화하여 100mesh의 체를 통과시킨 분말을 재료로 사용하였다.

나. 밀가루

시판되는 강력 밀가루(대한제분)를 구입하여 사용하였다.

다. 유화제

Sodium stearoyl-2 lactylate(SSL, 일신유화)는 시중에서 구입하여 사용하였다.

라. 기타 재료

건조 이스트(saf-instant yeast), 쇼트닝, non-fat dry milk, 정백당, 정제염은 시중에서 구입하여 사용하였다.

마. 입자 분석

밀가루와 버섯분말의 입자크기 분포는 시료 250g을 10분간 sieve shaker (Rotap RX-29, W. S. Tyler)로 진탕하여 측정하였다.

2. 반죽의 이화학적 특성

가. Mixogram 특성 측정

Mixogram의 측정은 AACC 방법(61)에 따라 Mixograph(10g, Brabender Co. USA)를 이용하였다. 이 때 그려진 기록 chart의 mixogram curve를 분석하여 수분 흡수율, 반죽 형성시간, 안정도, 7분 후 mixogram 높이를 측정하였다. 밀가루의 수분 흡수율은 밀가루의 단백질 함량에 따라 적절하게 첨가하는데, 본 연구의 밀가루에서는 65%로 고정하고 버섯분말 2~10%를 첨가하면서 물의 흡수량을 조절하여 mixogram pattern을 조사하였다.

나. Sedimentation test

침전가 측정은 밀가루에 버섯분말 0~10% 수준으로 첨가하고 이 버섯분말 첨가분에 sodium stearoyl-2 lactylate(SSL)를 각각 0%, 0.5%, 1.0%로 첨가하여 AACC 방법에 준하여 실시하였다. 시약 제조는 bromophenole blue 4 mg을 1000 ml의 증류수에

녹이고(시약-1), lactic acid 250 ml에 증류수를 가하여 1000 ml로 하고 이를 6시간 가열환류시킨 lactic acid 저장액(시약-2)을 만들었다. 이 때 시약-2는 이용하기 48 시간 전에 제조하여 증발하지 않도록 유의하면서 방치해 둔다. lactic acid 저장액 180 ml에 isopropyl alcohol 200 ml를 혼합한 후 증류수를 가하여 1000 ml로 한다. 실험방법은 제분된 밀가루 3.2g을 100 ml의 실린더에 넣고 bromophenole blue 용액 50 ml를 가하고 신속히 분산시킨 다음 isopropyl alcohol이 첨가된 lactic acid 저장액 25 ml를 가하여 균일하게 섞은 것을 5분간 정치하여 실린더 내에 침전 용액을 sedimentation value(cc)로 표시하였다.

다. Pelshenke(P.K.) test

AACC 방법에 준하여 항온수조를 30℃로 유지하고 150 ml 비이커에 일정량의 증류수를 넣어 항온수조 안에 방치해 둔 후, 밀가루 3g을 기준으로 하여 버섯분말 0~10% 첨가한 시료와 버섯가루 첨가분에 SSL을 0%, 0.5%, 1.0%로 첨가하여 둔 시료에 yeast 용액(dry yeast 3.2g/ water 50cc) 1.8cc를 가하고 반죽시간이 2분 이상 걸리지 않도록 반죽하여 dough ball로 만든 후 항온수조 안의 비이커에 넣고 dough ball이 터져 떨어지는 시간을 계산하여 Pelshenke value(min.)를 구하였다.

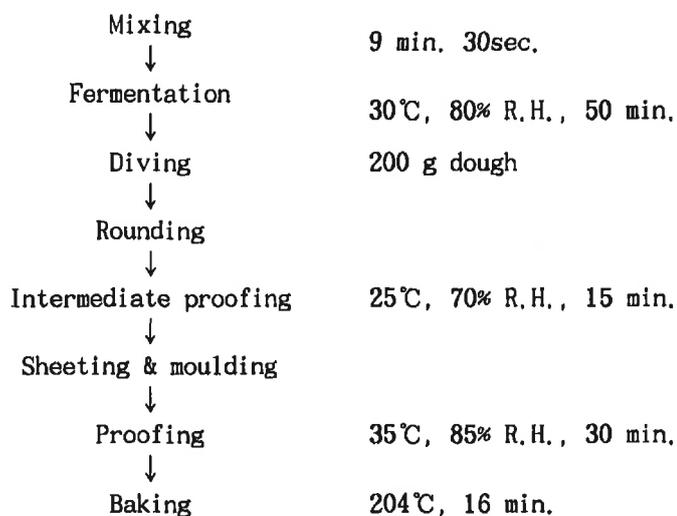
라. 호화특성 측정

호화특성은 AACC 방법으로 수분 13% base(m.b.)로 밀가루를 칭량하고 밀가루 현탁액을 만들어 Amylograph(801360 Viscograph, Brabender Co. USA)의 교반 용기에 넣고 suspended feeler를 시료 안에 투입한 후, 30℃에서 개시하여 1.5℃/min의 상승속도로 95℃까지 가열하고 15분간 유지한 후 50℃로 냉각하였다. 이때 그려진 amylogram curve를 분석하여 호화 개시온도, 최고점도시의 온도, 최고 점도, 95℃에서의 점도, 그리고 50℃의 점도 등을 조사하였다. 이 때도 버섯분말 0~10% 첨가한 시료와 버섯분말 첨가분에 SSL을 각각 0%, 0.5%, 1.0%로 첨가한 시료를 현탁액으로 만들어 측정하였다.

3. 제빵 특성

가. 빵의 제조

강력분에 버섯분말을 0~10% 수준으로 첨가한 것과 강력분에 SSL을 0~1.5% 수준으로 첨가한 것, 그리고 버섯분말 첨가분에 SSL 0.5%와 1.0%를 첨가한 것을 Fig.4와 같은 straight dough method(2)에 의하여 200g dough로 빵을 제조하였으며, 기본적인 배합률(2)은 Table 1과 같다. 제빵시 반죽물의 온도는 $37\pm 1^{\circ}\text{C}$ 로 맞추었으며 반죽기는 mixer(SM 200, Sinmag Co., Taiwan)를 사용하여 저속 1분 30초, 중속 1분, 유지투입 후 저속 1분, 중속 6분 동안 반죽하여 총 9분 30초 동안 반죽하였고 이때의 반죽 온도는 $30\pm 1^{\circ}\text{C}$ 였다. 이 반죽을 발효조(FP-4, Dae-young Co., Korea)에 넣어 1차 발효를 한 후 moulder & sheeting roll(National Co., USA)을 사용하여 성형하였으며 다시 중간 발효와 2차발효를 거친 후 reel oven(24-SS, National Co., USA)을 이용하여 204°C 에서 16분 동안 baking 하였다.



(Fig.1) Process of bread-making

(Table.1) Baking formula based on flour weight

Ingredients	Flour basis (%)
Flour	100.0
Sugar	6.0
Salt	1.5
Shortening	3.0
Yeast	2.5
Non fat dry milk	4.0
Water	variable

나. 손실률 측정

제조한 빵으로부터 1차 발효 손실률(fermentation loss rate), 2차 발효 손실률(proofing loss rate), 굽기 손실률(baking loss rate)을 다음과 같이 구하였다.

$$\text{1차 발효 손실률 (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

A : 반죽 중량(g)

B : 1차 발효 후 반죽 중량(g)

$$\text{2차 발효 손실률 (\%)} = \frac{C-D}{C} \times 100$$

C : 2차 발효 전 반죽 중량(g)

D : 2차 발효 후 반죽 중량(g)

$$\text{굽기 손실률 (\%)} = \frac{E-F}{E} \times 100$$

E : 굽기 전의 반죽 중량(g)

F : 굽기 후의 반죽 중량(g)

다. 비체적 측정

구운 후 1시간 냉방시킨 후 무게와 부피를 측정하여 비체적(cc/g)을 산출하였다.

라. 빵의 색도 측정

Baking 후 1시간 동안 냉각시킨 후 표피색은 빵의 윗면을, 내부색은 cutting하여 속면을 측정하였다. 이때 색도 측정은 색차계 (Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 Hunter 값(60)인 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정하였다.

마. 빵의 조직감 측정

버섯분말을 0~10% 수준으로 첨가하여 제조한 빵과 이 버섯분말 첨가분에 SSL 0.5%와 1.0% 첨가하여 제조한 빵을 2 cm로 cutting 한 후, texture profile analysis(Texture Analyzer, TA-XT2, Stable Micro Systems Co., USA)에 의하여 조직감을 측정하였다. (26) 지름 40 mm짜리 알루미늄 plunger를 사용하였으며 0.5 mm/sec로 2회 압축하여 측정하였다. 이 때의 측정조건은 Table 2와 같다.

(Table.2) Texture analyzer setup condition

TA setup		Method setup	
Option	T.P.A.	Graph type	Force v Time
Force unit	Grams	Auto-scaling	On
Distance format	mm	Peak confirmation	On
Pre-test speed	2.0 mm/s	Force threshold	20.0 g
Test speed	1.0 mm/s	File type	Lotus 1-2-3
Post-test speed	2.0 mm/s	Display and export	Plotted points
Distance	10.0 mm	Acquisition rate	200 pps
Time	2.0 s	Results file	Closed
Trigger type	Auto	Force Units	Grams
trigger force	10 g	Contact area	962.0 mm
		Contact force	5.0 g

4. 관능검사

관능검사원으로 식품생물공학과 학생 10명을 선정하여 이들에게 실험목적을 설명하고 각 특성치에 대하여 반복하여 훈련시킨 후 제빵의 외부특성으로는 부피, 표피색, 외형균형, 표피특성을 그리고 내부특성으로는 기공, 속색, 향, 맛, 속결, 및 종합적 기호도를 평가하였다. (21) 시료의 평가는 각 항목에 대하여 표시하도록 하였으며 Fig. 5의 설문지를 사용하였다. (56, 58)

Sensory Evaluation Sheet			
Date :			
Name :			
Properties	Perfect score	Samples core	Panelized for items
External properties			
Loaf volume	15		Too small, too large
Crust color	5		Not uniform, light, dark, dull
Form symmetry	10		Low end, uneven top, shrunken side
Crust Characteristics	5		Thick, tough, hard, brittle
Internal properties			
Grain	15		Open coarse, non-uniform, holes
Crumb color	10		Gray, dark, streaky, dull
Flavor	10		Strong, musty, share
Taste	20		Flat, salt, sour, unpleasant after taste
Texture	10		Rough hard, lumpy, core, crumbly
Total	100		

(Fig.2) Sample sheet for sensory evaluation of bread texture.

5. 저장시 경도의 변화와 노화방지 적성 시험

버섯분말을 0~10% 수준으로 첨가하여 제조한 빵의 4℃ 및 25℃ 저장중 texture profile analysis에 의하여 측정된 경도를 노화도의 지표로 사용하였다. 이때의 측정 조건은 Table 2과 같다.

제 3 절 결과 및 고찰

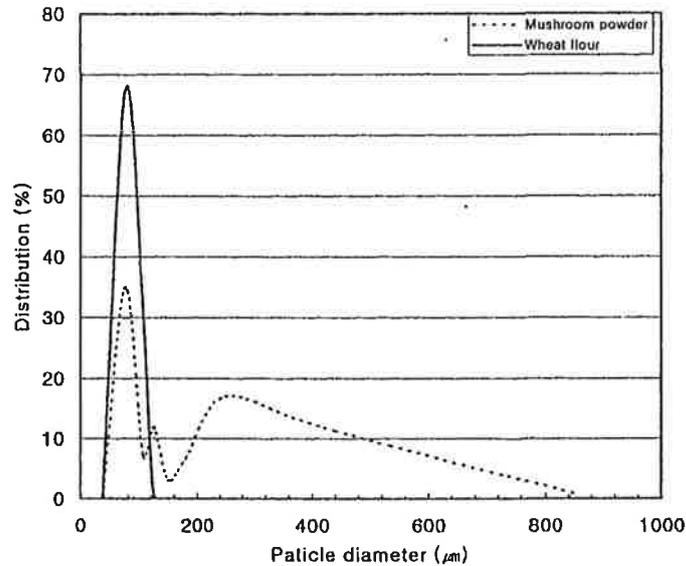
1. 입자크기 및 분포

사용된 밀가루는 제분되어진 상품으로 150 μm 미만의 아주 미세한 입자 크기를 나타냈으며 전반적으로 99% 이상이 75~106 μm 범위에 속했다. 한편, 버섯은 cyclotec mill로 분쇄했기 때문에 입자크기는 38 μm 에서 850 μm 까지 비교적 큰 입자로 골고루 분포되어 있다. 특히 밀가루 입자 크기의 범위에 해당되는 150 μm 이하에서는 약 64%를 차지하였다.

Shin 등(46)에 의한 실험 결과를 보면 밀가루를 coffee grinder, ball mill, 그리고 Krups grinder로 분쇄했을 때보다 cyclone grinder로 분쇄했을 때가 297 μm 이하에서 많은 입자가 나타나고 있으며 분쇄시간 30초 이상으로 길어질수록 297 μm 이하와 74 μm 이하의 입자가 많아졌다. 따라서 분쇄기의 성능에 따라 반복하여 분쇄하면 밀가루와 같은 150 μm 이하의 입자로 전부 제분이 가능할 것으로 사료된다.

이러한 입자 크기는 적외선 곡류품질 분석기(Grain quality analyzer)에서의 단백질 측정시 오차를 크게 하는 영향을 미치며(49,50), 반죽시단위중량 당입도가 낮은 것이 큰 표면적을 갖기 때문에 2차 가공시 수분흡수 속도가 빠르게 되는 영향을 미친다. Lee 등(30)도 보리가루의 입도 분포에서 호화 특성을 본 결과 보리가루의 점도는 입자가 크게 분쇄된 Fitz mill에 의한 보리가루에서 가장 낮았으며 pin mill과

cyclotec mill에서 높게 나타났다. 아주 미세하게 분쇄된 jet mill은 호화가 빨리 진행된 반면 점도의 상승은 크지 않아 지나친 전분의 손상은 점도를 떨어뜨리는 경향이 있었다.



(Fig.3) Particle size distribution of wheat flour and mushroom powder.

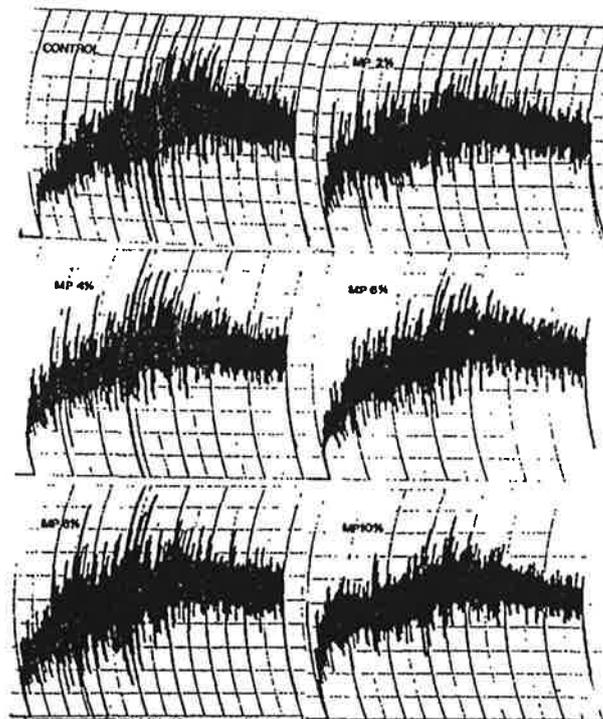
2. 밀가루 반죽의 이화학적 특성

가. Mixograph에 의한 반죽의 물리적 특성

밀가루의 단백질의 함량과 질은 가공 이용시 반죽의 rheology 특성에 중요한 영향을 미치게 되며, 이러한 rheology 특성을 측정하기 위하여 주로 Mixograph가 이용되는데, (61) 각 밀 품종은 물론 첨가물에 따라 고유의 Mixogram pattern을 갖게 된다. (1)

버섯분말의 첨가농도에 따른 복합분 반죽의 물리적 특성으로서는 버섯분말을 첨가하지 않은 대조구 반죽의 수분 흡수율은 65.0%이었으며 버섯분말을 첨가한 2%와 4%는 각각 67.0%와 69.0%로 2%씩 비례적으로 증가하였고 버섯분말 6%와 8% 첨가구도 각각 72%와 75%로 3%씩 증가하였으며 버섯가루 첨가구 10%에서는 첨가구 8%보다 수분흡수

올이 4% 증가하여 전체 수분 흡수율이 79%로 나타났다. 반죽형성시간인 Peak time은 대조구에서 3.9분으로 나타났으며 첨가구 2%, 4%, 6%, 8%, 10%는 3.9분, 3.8분, 3.9분, 3.8분, 3.8분으로 대조구와 비슷하게 나타났다. Peak height, Band width, Seven minute height도 대조구와 비슷한 경향을 나타냈으나, Angle은 대조구가 147° 인데 비하여 버섯분말 첨가구 8%와 10%는 155° 로 커졌다.



(Fig.4) Effect of mushroom powder-wheat composite flour on mixogram characteristics at optimum water absorption

(Table.3) Effect of mushroom powder-wheat composite flour on mixogram characteristic water absorption

Mixogram	Mushroom powder (%)					
	0	2	4	6	8	10
Water absorption (%)	65.0	67.0	69.0	72.0	75.0	79.0
Peak time (min)	3.9	3.9	3.8	3.9	3.8	3.8
Peak height (cm)	6.9	6.8	6.9	6.9	6.8	6.8
Angle (°)	147	148	147	147	155	155
Band width (cm)	1.8	1.7	1.8	1.9	1.7	1.8
Seven minute height (cm)	6.0	6.0	6.1	6.1	6.1	6.0

나. Sedimentation Test에 의한 반죽 특성

Sedimentation test는 Zeleny(54)에 의해 발전되었고 Pinckney(39)에 의해 개정되었으며 밀의 strength를 측정하는데 유용한 방법으로 미국 농무성에서 밀의 질을 분류하는데 신속하고 정확한 방법으로 채택되어 이용되고 있다.(59)

Sedimentation value는 gluten의 양과 질을 평가하는데 이용되며 sedimentation value와 빵의 specific loaf volume 사이에는 유의성이 높은 상관관계가 있으며 회분함량도 이 값에 영향을 준다고 알려져 있다.(39,40)

1) 버섯분말 첨가에 따른 sedimentation value 변화

밀가루 단독으로 한 시료를 대조구로 하고 버섯분말 2%~10%를 첨가한 시료 5가지를 측정된 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 대조구의 값이 58.2cc로 가장 높게 나타났으며, 밀가루에 버섯분말을 2%씩 증가시켰을 때 sedimentation value는 점차적으로 낮아져서 버섯분말 10%를 첨가한 시료의 값은 54.0cc로 제일 낮았다. Sedimentation value에 따른 밀의 분류⁸⁴⁾에 의하면, 값이 40~60cc 일 때가 강력분으로 단백질 함량이 12~14%이고 제빵용 밀가루로 널리 이용되며 gluten 질이 우수하다

고 한다. 값이 20~39cc까지는 단백질이 낮은 강력분이나 박력분으로 다목적용 밀가루 생산에 가장 적당하다고 한다. 그러므로 대조구인 밀가루는 제빵적성에 맞는 강력분이며 버섯분말을 첨가했어도 수치상으로는 제빵적성에 아주 떨어지지 않지만, 소맥 품질검정방법(61)에서 보면 제빵적성이 우수한 고단백의 것은 60이상의 값을 나타낸다고 하였으므로 버섯의 첨가량이 증가할수록 제빵의 품질이 떨어지리라 추측된다.

2) Sodium stearyl-2 lactylate(SSL)를 첨가에 따른 버섯 복합분의 sedimentation value 변화

버섯 복합분의 제빵 적성을 향상시키기 위하여 유화제인 sodium stearyl-2 lactylate를 0.5%와 1.0%를 첨가하여 sedimentation value를 측정한 결과는 Table 4와 같다. 가장 값이 크게 나온 시료는 밀가루에 SSL 0.5%를 넣은 것으로 61.3cc이고 버섯분말을 첨가한 시료에서는 버섯분말 2% 복합분에 SSL 0.5%를 넣은 것으로 60.5cc였다. 버섯분말 8%에 SSL 0.5%를 첨가한 시료와 밀가루만의 시료의 값이 같은 것으로 보아 버섯분말 8%의 첨가구도 SSL 0.5%를 넣으면 밀가루만으로 만든 빵만큼 품질이 향상될 것으로 사료된다. 거의 모든 시료에서 SSL 0.5%를 첨가한 시료는 SSL을 첨가하지 않은 시료보다 높게 나타나고, SSL 1.0%를 첨가한 시료는 SSL을 첨가하지 않은 시료보다 낮게 나타났다. 이러한 현상은 버섯분말을 8% 첨가한 시료까지 마찬가지였으나 버섯분말을 10% 첨가한 시료에서는 SSL을 첨가한 0%, 0.5%, 1.0%가 54.0, 53.8, 53.8로 비슷한 값으로 나타난 것으로 보아 10%의 버섯분말을 첨가한 제빵제조시에는 SSL의 첨가가 품질개선에 별로 영향을 미치지 않을 것을 미루어 짐작할 수 있다.

(Table.4) Effects of mushroom powder and sodium stearyl-2 lactylate on sedimentation test

Mushroom powder(%)	Sedimentation value(cc)		
	SSL 0%	SSL 0.5%	SSL 1.0%
0	58.2	61.3	57.7
2	57.0	60.5	55.7
4	56.0	59.0	54.2
6	55.3	58.2	55.0
8	54.2	55.0	53.5
10	54.0	53.8	53.8

다. Pelshenke test에 의한 반죽 특성

이 방법은 Pelshenke와 Cutler & Worwella(38)가 처음 개발한 것으로서 제빵적성을 지닌 밀을 육성 선택하는데 있어서 가장 단순하게 사용할 수 있는 방법이며 적은 시료와 단순한 시설로서 많은 양을 실험할 수 있으므로 여러 나라에서 밀 계통을 선발하는데 많이 이용되고 있다.(61) Wheat-meal fermentation-time test 또는 Dough ball test라고도 부르는 이 측정 방법은 효모가 발효함에 따라 이산화탄소 가스를 발생시키는데 gluten의 양과 질에 따라서 발생하는 이산화탄소 가스를 포용할 수 있는 힘이 달라지게 된다. 이산화탄소 가스에 의하여 반죽이 부풀어 터지는 시간을 측정하여 분으로 나타내게 되는데, 이 값을 단백질 함량으로 나누어서 gluten의 질만을 나타내기도 한다.(32)

Table 5는 버섯분말의 첨가량과 SSL의 첨가량에 따른 Pelshenke value를 나타낸 것이다. 우선 버섯분말의 첨가에 따른 값을 보면 대조구가 121.5분 걸린데 비하여 첨가량이 증가함에 따라 시간이 단축되어 버섯분말 10% 첨가구는 117.1분이 걸렸다.

SSL의 0.5%와 1.0%의 첨가에서는 버섯분말의 첨가와 관계없이 모두 120분 이상이

결렸다. 이것으로 SSL의 첨가는 탄소 가스를 포용할 수 있는 힘이 커져 제빵의 품질이 향상된다는 것을 예측할 수 있었다.

(Table.5) Effects of mushroom powder and sodium stearyl-2 lactylate on Peishenke test

SSL(%)	Mushroom powder (%)					
	0	2	4	6	8	10
0	122	121	119	119	118	117
0.5	>120*	>120*	>120*	>120*	>120*	>120*
1.0	>120*	>120*	>120*	>120*	>120*	>120*

* : above 120 minutes.

라. Amylograph에 의한 반죽의 호화 특성

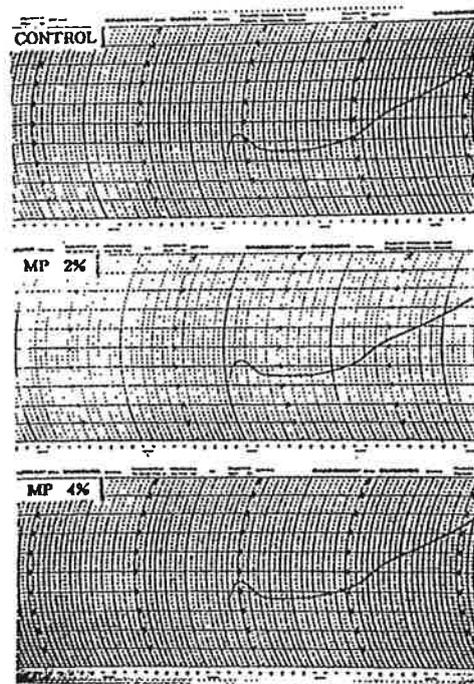
Amylograph는 Torsion식 점도계의 일종이며 밀가루의 현탁액을 자동적으로 일정속도로 가열(1.5°C/min) 또는 냉각할 때 이루어지는 호화점도의 변화를 측정하는 장치로 밀가루 전분의 상태, 특히 효소(주로 α -amylase)의 강도에 관한 특성을 볼 수 있으며 제빵에서 빵을 구울 때의 초기상태를 예측하는 수단으로 쓰이고 또 malt나 yeast food 등을 가할 때 이를 조절하는 기준으로도 쓰인다.(32)

1) 버섯분말 첨가에 따른 호화 특성 변화

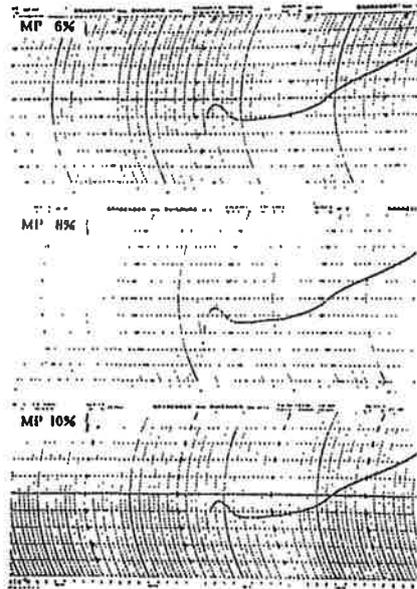
Fig. 5-1과 5-2는 버섯분말의 첨가량에 따른 밀가루 반죽의 현탁액의 amylograph pattern을 본 것이며, 버섯분말의 첨가농도에 따라 밀가루 반죽의 호화특성에 미치는 변화는 Table 6에서와 같다. 버섯분말을 첨가한 밀가루의 호화개시온도는 66℃로 대조구와 동일했으나 버섯분말 10%첨가구에서 70℃로 높아져 버섯분말의 과량첨가가 밀가루의 호화를 지연시키는 결과를 보였다. 이러한 현상은 Bergman 등의 보고에 의하면 단백질이 풍부한 대체분말의 증가는 단백질이 전분입자를 둘러싸고 있기 때문에 전분의 팽윤이 늦어져 호화가 지연된 것이라고 하였는데 본 연구에서도 높은 단백질을 함유한 버섯분말의 첨가 때문으로 생각된다. 최고점도는 대조구가 440 B.U.로 버섯분말 첨가구도 430~440 B.U.로서 버섯분말이 최고점도에는 큰 영향을 주지 않았다. 최고점도에 도달하는 시간도 8% 첨가구까지는 거의 영향을 받지않다가 10%첨가구에서 조금 지연되었으나 유의적인 차이는 보이지 않았다. 50℃에서의 최종점도는 대조구가 750 B.U.으로 버섯분말 2% 첨가구와 비슷하였고 6% 첨가구에서 790 B.U.로 가장 높았으나 8% 첨가구에서부터 낮아져서 10% 첨가구에서는 765 B.U.가 되었다. 최종점도에서 최고점도를 뺀 set back과 최종점도에서 최저점도를 뺀 consistency의 경우도 최종점도와 같은 경향을 나타냈으며, 대체로 버섯분말 6% 첨가까지는 대조구보다 액간 오르다가 8%첨가부터 낮아지면서 10%에서는 낮아지는 경향을 보였다.

(Table.6) Effect of mushroom powder on amylograms of mushroom powder-wheat composite flour

	Mushroom powder (%)					
	0	2	4	6	8	10
Gelatinization temperature(°C)	66	66	66	66	66	70
Peak viscosity (B.U.)	440	430	450	465	440	465
Peak viscosity temperature(°C)	91.5	91.5	92	92	92	95
Minimum viscosity (B.U.)	350	350	365	385	360	375
50°C viscosity (B.U.)	750	740	770	790	760	765
Set back (B.U.)	310	310	320	325	320	300
Consistency (B.U.)	400	390	405	405	400	390



(Fig.5-1) Effect of mushroom powder on amylograms of mushroom powder-wheat composite flour.



(Fig.5-2) Effect of mushroom powder on amylograms of mushroom powder-wheat composite flour.

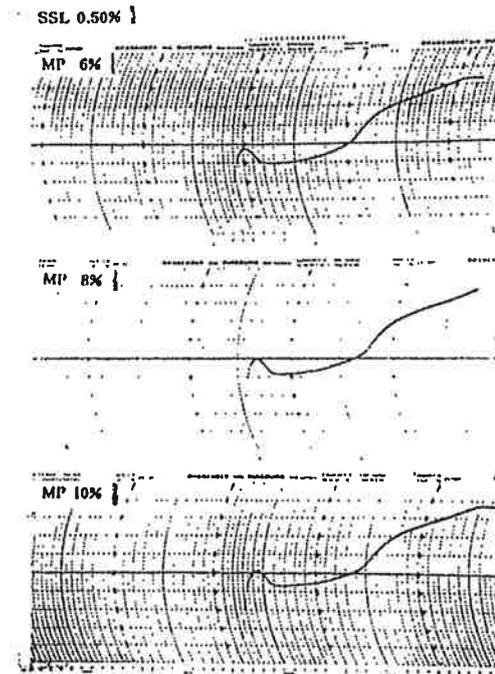
2) Sodium stearoylate-2 lactylate(SSL) 첨가에 따른 버섯 복합분의 호화 특성변화

버섯분말을 첨가한 제빵시에 품질 개선에 영향을 주는 SSL을 첨가하여 호화 특성을 보게되면 호화 개시 온도는 SSL 0.5% 첨가의 경우, 버섯분말을 2% 첨가하였을 때는 대조구와 차이가 없다가 버섯분말을 4% 첨가하였을 때부터 64.5℃로 동일 하였으나, SSL 1.0% 첨가의 경우, 버섯분말의 첨가를 증가시킬수록 낮아져서 버섯분말 10%와 SSL 1.0%를 넣은 첨가구에서는 63℃로 낮아졌다. 최고점도 형성시간에는 거의 영향을 받지 않았으나, SSL 첨가량을 0.5%와 1.0%로 늘려도 최고점도가 대조구과 버섯분말 2% 첨가구에서는 430~440 B.U. 인 것이 버섯분말 4% 첨가구에서는 SSL 0.5%와 1.0%가 455와 495 B.U.로 높아져 버섯분말 10% 첨가구에서는 SSL 0.5%와 1.0%가 510과 560 B.U.로 높아졌다. 일반적으로 제빵용 밀가루의 적정 수준이 400~600 B.U. 범위(62)라고 하므로 대조구도 440 B.U.로 적정 수준에 미치나 SSL 0.5%와 1.0%을 넣은

것이 버섯분말 10% 첨가구에서도 510 B.U. 과 560 B.U. 이므로 적정 수준의 점도를 나타내었다. 이와 같이 SSL의 첨가를 증가시킬수록 최고점도, 최저점도, 최종점도 그리고 set back과 consistency를 높였고 각 점도는 버섯분말 2% 첨가구보다 10% 첨가구에서 상당한 증가폭을 나타내었다. 특히, 버섯분말 10% 첨가구에서는 SSL 0.5% 첨가구보다 SSL 1.0% 첨가구가 많은 증가를 나타내어, 버섯분말을 10% 이상으로 많이 첨가할 경우에는 SSL의 첨가량을 증가시키므로써 버섯 제빵 품질개선에 도움이 될 것으로 사료된다.

(Table.7) Effect of 0.5% sodium stearyl-2 lactylate on amylograms of mushroom powder-wheat composite flour

	Mushroom powder (%)					
	0	2	4	6	8	10
Gelatinization temperature (°C)	67.5	67	64.5	64.5	64.5	64.5
Peak viscosity (B.U.)	430	430	455	480	500	510
Peak viscosity temperature (°C)	93.5	92.5	93	93.5	94	94
Minimum viscosity (B.U.)	360	355	375	400	415	430
50°C viscosity (B.U.)	770	750	790	840	870	880
Set back (B.U.)	340	320	335	360	370	370
Consistency (B.U.)	410	395	415	440	455	450



(Fig. 6) Effect of 0.5% sodium stearoyl-2 lactylate on amylograms of mushroom powder-wheat composite flour.

(Table. 8) Effect of 1.0% sodium stearoyl-2 lactylate on amylograms of mushroom powder-wheat composite flour

	Mushroom powder (%)					
	0	2	4	6	8	10
Gelatinization temperature (°C)	66	75	64.5	64.5	64.5	63
Peak viscosity (B.U.)	440	440	495	520	515	560
Peak viscosity temperature (°C)	94.5	93	94	94	94	94
Minimum viscosity (B.U.)	370	365	420	430	440	475
50°C viscosity (B.U.)	790	790	930	920	930	1000
Set back (B.U.)	350	350	435	400	415	440
Consistency (B.U.)	420	425	510	490	490	525

3. 제빵 특성과 품질 개선

가. 제빵 공정시 손실

제빵 공정시 발효손실과 굽기 손실은 상업적인 제빵 공장에서는 원료의 손실을 줄이기 위한 방법으로 중요하게 취급되고 있다. 일반적으로 발효손실은 장시간의 발효 중에 수분이 증발하고 탄수화물이 발효에 의해 탄산가스와 알코올로 전환되어 발효손실이 생기게 되는데, 이 때에 관계되는 요인으로는 반죽온도, 발효시간, 배합률, 발효의 온도 및 습도가 있으며, 굽기 손실에 영향을 미치는 요인은 굽는 시간과 온도, 그리고 제품의 크기와 형태가 있다²²⁾.

1) 버섯분말 첨가에 따른 손실률

위의 요인들을 일정하게 한 후에 버섯분말을 0~10% 첨가하여 빵을 만드는 동안의 1차 발효손실, 2차 발효손실, 및 굽기 손실을 Table 9에 나타냈다. 버섯분말을 첨가하였을 때 1차 발효손실 변화는 대조구의 0.22%보다 대부분 높았으며 특히 첨가구 4%와 8%는 0.43%와 0.41%로 대조구에 비하여 2배 정도로 손실이 있었으나 10% 첨가구에서만 0.2%로 줄었다. 2차 발효손실에서도 대조구의 0.09%보다 첨가구들이 2~3배로 손실이 있었지만, Hong(62)은 일반 발효 중에는 1~2% 정도 손실이 생긴다고 한 것을 보면 본 실험에서는 발효손실이 0.5%이하로 극히 적었음을 알 수 있다. 굽기 손실에서도 마찬가지로 Hong(62)은 11~12%정도이고 Pylar(41)은 9.8% 정도이며 Eliasson 등(12)과 Rask(42)는 150℃에서 약 13%이고 200℃에서 약 17%라고 명시한 것에 비하여 모두 적게 나왔다. 그러나 굽기손실은 발효손실과는 반대로 대조구가 8.16%로 제일 높게 나타나고 첨가구들은 2%와 4%는 각각 7.89%, 7.28%으로 6%, 8%, 10%는 각각 6.65%, 6.81%, 6.59%으로 감소되었다. 위의 결과로 종합해 보면 버섯분말의 첨가량을 증가시킴에 따라 발효손실은 증가하고 굽기손실은 감소하는 경향을 띠었다.

(Table.9) Effect of mushroom powder on loss-rate of bread-making with mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder(%)	Fermentation loss (%)	Proofing loss (%)	Baking loss (%)
0	0.22	0.09	8.16
2	0.33	0.24	7.89
4	0.43	0.19	7.28
6	0.31	0.23	6.67
8	0.41	0.31	6.81
10	0.20	0.29	6.59

2) Sodium stearoyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 손실률

Table 10는 버섯분말의 복합분에 SSL을 넣었을 때의 제빵 공정시 손실 변화를 보기 위해 대조구에 SSL만을 첨가시키면서 그 변화를 본 것이다. 1차 발효시 손실은 대조구와 SSL 1.0%가 0.17%인데 비해 SSL 1.5%가 가장 높은 0.72%고 그 다음으로 SSL 0.5% 첨가구에서 0.66%로 나타났으나 증가량에 따라 일정하게 나타나지는 않았으며, 2차 발효시에서도 대조구가 0.16%인데 비해 거의 변화가 없었으며 SSL 0.5% 첨가구에서는 0.26%으로 가장 높았다. 굽기손실에서는 대조구에 비해 모두 높은 값을 보였으나 증가량에 따른 변화가 보이지는 않았고 SSL 1.5%에서 9.47%로 제일 많은 손실을 나타냈다. 이러한 결과에서 SSL의 양이 증가함에 따라 발효손실과 굽기 손실이 많이 일어나는 것은 계속적인 발효가 많이 일어나서 그 만큼의 손실이 발생한 것이라고 생각된다.

(Table.10) Loss of bread-making with sodium stearyl-2 lactylate added to wheat flour

SSL(%)	Fermentation loss (%)	Proofing loss (%)	Baking loss (%)
0	0.17	0.16	8.58
0.25	0.39	0.21	8.73
0.50	0.66	0.26	8.74
0.75	0.28	0.21	9.15
1.00	0.17	0.23	8.64
1.25	0.22	0.24	8.66
1.50	0.72	0.18	9.47

3) Sodium stearyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 버섯 제빵시의 손실률

버섯분말 0~10% 첨가분에 SSL 0.5%를 넣어 제빵시의 발효손실과 굽기손실을 Table 11에 나타내었다. 1차발효시에는 대조구가 0.5% 손실을 보인데 비해 버섯분말 첨가시에는 0.31~0.33% 정도로 줄었다가 버섯분말 10% 첨가구에서 0.79%의 손실을 나타내었다. 2차발효 손실은 대조구가 0.11%로 제일 낮고 첨가량에 따라 증가하여 버섯분말 10% 첨가구에서 제일 높은 0.28%가 나타났다. 굽기손실에서는 대조구가 10.28%로 가장 손실이 컸고 버섯분말 4~8%까지는 약간 줄었다가 버섯분말 10%첨가구에서 6.12%로 가장 낮게 나타났다.

버섯분말 0~10% 첨가분에 SSL 1.0%를 넣어 제빵에 발효손실과 굽기손실을 Table 12에 나타내었다. 1차발효시에는 대조구가 0.22%로 가장 낮고 버섯분말 첨가량의 증가에 따라 일정한 변화는 없었으나 버섯분말 6%와 10%에서 가장 높은 손실을 나타내었다. 2차발효시에는 거의 비슷한 손실을 나타냈고 굽기손실에서는 대조구와 버섯분말 2% 첨가구에서 가장 높았으며 첨가량에 따라 일정한 감소는 없었으나 4%부터 10%까지 거의 비슷하게 낮은 손실을 보였다.

버섯분말 첨가분에서 SSL에 따른 손실 변화를 보면 1차발효시 대조구에서는 SSL

0.5% 첨가구가 가장 손실이 컸으며 버섯분말 2~8% 첨가구에서는 비슷하게 나타났고 버섯분말 10% 첨가구에서도 SSL 0.5%가 큰 손실을 보였다. 2차 발효시에는 대조구에서 SSL 1.0% 첨가구가 가장 손실이 컸으며 2~8% 첨가구에서는 비슷하게 나타났고 버섯분말 10% 첨가구에서는 적은 손실을 보였다. 굽기손실에서는 대조구에서 SSL 0.5%가 10.28%로 가장 손실이 컸으며 버섯분말 2~8% 첨가구들도 SSL 0%에서 6.67~7.89%로 가장 낮은 손실을 보였다가 SSL 0.5%에서 9.02~9.65%로 가장 높은 손실을 나타내고 SSL 1.0%에서 다시 줄어 8.4~9.23%를 나타내었다. 버섯분말 10% 첨가구에서는 그동안의 경향과 달리 SSL 0%에서는 6.59%였고 SSL 0.5%에서는 줄었다가 SSL 1.0%에서 8.66%로 가장 큰 손실을 나타냈다. 이러한 SSL의 첨가 효과를 종합해 보면 SSL 0.5% 첨가구들의 일정한 증가와 감소 추세가 나타났으며 SSL 1.0% 첨가구에서는 거의 비슷한 손실이 나타났으나 버섯분말 10% 첨가구에서만 큰 차이가 나타났다.

(Table.11) Effect of 0.5% sodium stearoly-2 lactylate on loss-rate of bread-making with mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder(%)	Fermentation loss (%)	Proofing loss (%)	Baking loss (%)
0	0.56	0.11	10.28
2	0.33	0.13	9.02
4	0.32	0.13	9.06
6	0.31	0.22	9.65
8	0.31	0.23	9.06
10	0.79	0.28	6.12

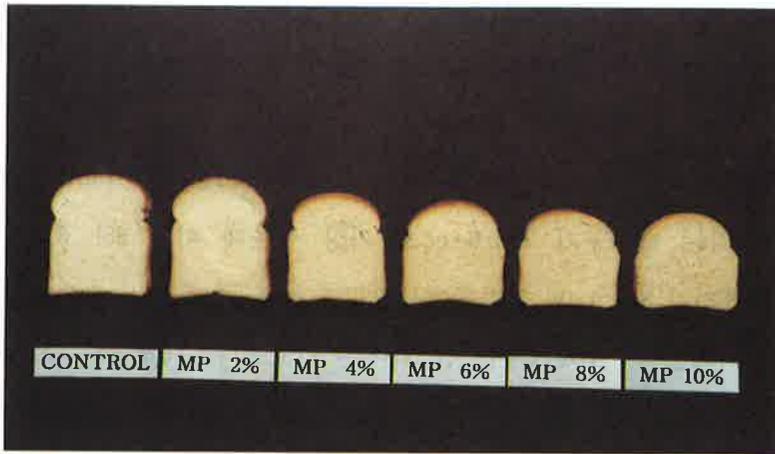
(Table.12) Effect of 1.0% sodium stearyl-2 lactylate on loss-rate of bread-making with mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder(%)	Fermentation loss (%)	Proofing loss (%)	Baking loss (%)
0	0.22	0.23	9.17
2	0.43	0.21	9.23
4	0.37	0.24	8.40
6	0.62	0.26	8.78
8	0.25	0.18	8.69
10	0.59	0.21	8.66

나. 빵의 비체적

1) 버섯분말 첨가에 따른 빵의 비체적

버섯분말을 0~10% 첨가하여 제조한 빵의 부피, 무게 및 비체적은 Fig. 7과 Table 13에서 보는 바와 같다. 버섯분말 첨가에 의한 부피변화는 2%, 4% 첨가구가 703.5 cc로 가장 큰 값을 나타냈으며, 6% 이상의 첨가구에서는 대조구보다 크게 감소하는 경향을 보였다. 무게 변화는 버섯분말 첨가에 의해 약간 증가하였다. 또한 비체적은 버섯분말 2%, 4% 첨가구가 각각 3.98, 3.95 cc/g으로 대조구와 유사한 값을 보였으며 6% 이상의 첨가구에서는 첨가량이 증가할수록 비체적이 감소하는 경향을 나타내었다. 위의 결과로 볼 때 제빵에 이용할 수 있는 버섯분말의 양은 2% 내지 4%가 적당할 것으로 사료된다.



(Fig.7) Effect of mushroom powder on internal appearance of cut loaves bake from mushroom powder-wheat composite flour.

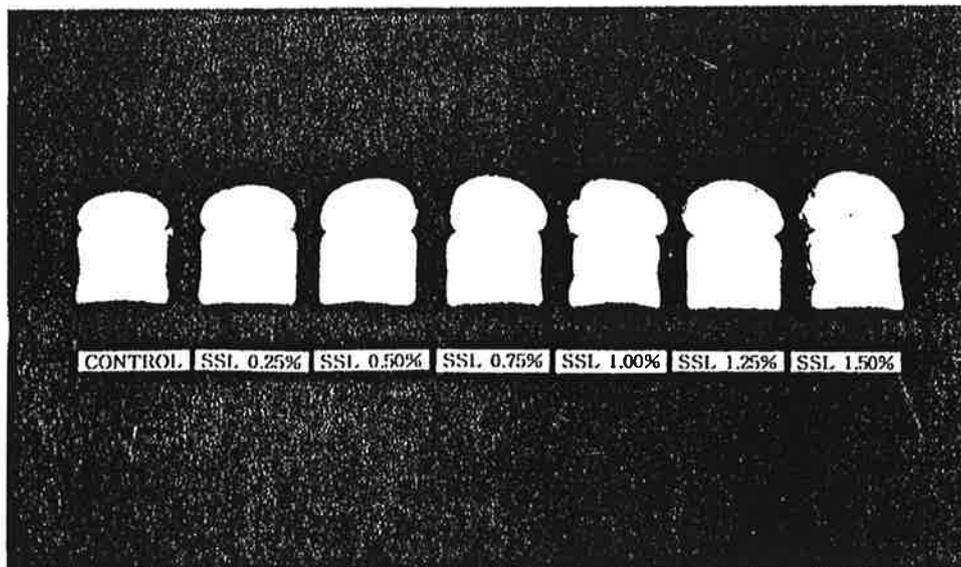
MP : mushroom powder.

(Table.13) Effect of mushroom powder on specific loaf volume of bread made from mushroom-wheat composite flour

	Mushroom powder (%)					
	0	2	4	6	8	10
Loaf volume(cc)	696.5	703.5	703.5	603.6	591.9	563.3
Loaf weight(g)	177.0	176.9	178.3	179.7	178.8	179.3
Specific loaf volume(cc/g)	3.94	3.98	3.95	3.36	3.31	3.14

2) Sodium stearyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 빵의 비체적

SSL의 첨가량에 따른 제빵의 부피, 무게, 비체적을 Fig. 8와 Table 14에 나타내었다. 제빵의 부피는 대조구가 735.6 cc로 가장 작는데 비해 SSL 0.5% 첨가구에서 840.6 cc로 커졌다가 SSL 1.0% 첨가구에서 790.6 cc로 줄고 다시 SSL 1.50%에서 커져 855.6 cc를 나타내었다. 무게에서는 큰 차이는 없었으나, 대조구와 SSL 1.0% 첨가구가 가장 무겁고 SSL 1.50% 첨가구가 가장 가벼웠다. 비체적도 부피와 비슷한 경향으로 대조구에 비해 0.5%와 0.75% 첨가구에서 증가하였다가 1%에서 낮아진 후 다시 증가하여 1.5%에서는 제일 높았다.



(Fig. 8) Effect of sodium stearyl-2 lactylate on internal appearance of cut loaves baked from mushroom powder-wheat composite flour.

(Table.14) Effect of sodium stearoyl-2 lactylate on specific loaf volume of bread made from wheat flour

	Sodium stearoyl-2 lactylate (%)						
	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
Loaf volume (cc)	735.6	755.6	840.6	834.4	790.6	815.6	855.6
Loaf weight (g)	176.0	175.4	175.0	174.7	175.9	175.3	174.2
Specific loaf volume(cc/g)	4.18	4.31	4.80	4.78	4.49	4.65	4.91

3) Sodium stearoyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 버섯빵의 비체적

버섯분말 첨가구에 SSL 0.5%를 넣은 제빵의 부피, 무게, 비체적을 측정하여 Fig. 9와 Table 15에 나타내었다. 부피에서는 버섯분말 첨가량의 증가에 따라 거의 일정하게 줄어들었으며 무게는 대조구에 비해 모두 컸고 버섯분말 2~10% 첨가구에서 첨가량의 증가와 관계없이 비슷했다. 비체적은 부피와 비슷한 경향을 보여 첨가량이 증가함에 따라 점점 감소한 추세를 보였다.

버섯분말 첨가구에 SSL 1.0%를 넣은 빵의 부피, 무게, 비체적을 측정하여 Table 16에 나타내었다. SSL 1.0% 첨가구들에서도 SSL 0.5% 첨가구와 같이 버섯분말에 첨가량을 증가시킴에 따라 부피와 비체적이 줄어들었다. 빵의 무게는 버섯 첨가량과 관계없이 비슷하게 나타났다.

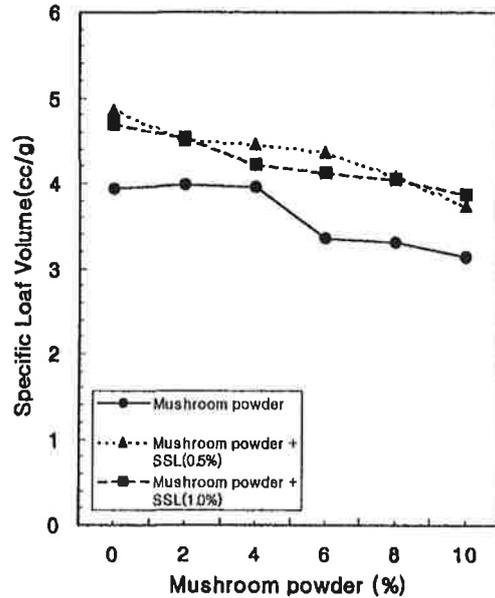
Fig. 9와 같이 SSL 0%, 0.5%, 1.0%에 따른 대조구와 버섯첨가구들의 제빵을 비교해 보면 대조구들에서는 SSL 0.5% 첨가 제빵이 부피와 비체적 면에서 가장 좋았고 무게는 가벼웠다. 이러한 경향은 버섯분말 8% 첨가한 빵에서도 비슷하였으나 버섯분말 10% 첨가 빵에서는 SSL 1% 첨가한 빵이 부피와 비체적 면에서 가장 좋게 나타났다.

(Table.15) Effect of 0.5% sodium stearoyl-2 lactylate on specific loaf volume of bread made from mushroom-wheat composite flour

	Mushroom powder (%)					
	0	2	4	6	8	10
Loaf volume(cc)	838.1	788.1	776.9	758.1	709.4	653.4
Loaf weight(g)	172.8	174.7	174.4	173.3	173.8	174.5
Specific loaf volume(cc/g)	4.85	4.51	4.45	4.37	4.08	3.74

(Table.16) Effect of 1.0% sodium stearoyl-2 lactylate on specific loaf volume of bread made from mushroom-wheat composite flour

	Mushroom powder (%)					
	0	2	4	6	8	10
Loaf volume(cc)	819.4	790.6	739.4	719.4	705.6	676.9
Loaf weight(g)	174.7	174.3	175.3	174.3	174.7	174.6
Specific loaf volume(cc/g)	4.69	4.54	4.22	4.13	4.04	3.88



(Fig.9) Effect of sodium stearyl-2 lactylate on specific loaf volume of bread made from mushroom-wheat composite flour.

다. 제빵의 색도

1) 버섯분말 첨가에 따른 빵의 색도

버섯분말을 0~10% 첨가하여 제조한 빵의 표피와 내부의 색도는 Table 17과 Table 18에서 보는 바와 같다. 밝기를 나타내는 L값은 버섯분말 첨가에 따라 표피색은 전반적으로 증가되었고 대조구의 L값이 47.85으로 2% 첨가구를 제외하고는 모두 유의차를 보였다. 내부색은 반대로 감소되었는데 대조구가 72.79이고 6%와 10% 첨가구들과는

유의차를 보였다. 적색을 나타내는 a값과 황색을 나타내는 b값의 변화에서도 버섯분말 첨가량의 증가에 따라 내부색은 점차적으로 증가하여 대조구와 버섯분말 2% 첨가구에서는 유의차가 없고 4% 첨가구에서부터 유의차가 나타나기 시작했다. 그러나, 표피색은 a값이 감소하였고 b값은 증가하였는데 a값에서는 대조구와 각각의 첨가구에서 유의차가 있으나 2% 첨가구와 6% 첨가구가 유의차가 없게 나타나고, b값에서는 대조구와 2% 첨가구에서는 유의차가 없으며 대조구와는 4% 첨가구부터 유의차가 나타나기 시작했고 6%, 8%, 10% 첨가구들은 유의차가 나타나지 않았다. 위의 결과를 보면 표피색은 버섯분말을 첨가할수록 색이 균일하게 갈색을 띄지 않고 부분적으로 흰색이 많이 나타나 L값을 증가시켰으며 내부색은 버섯분말을 증가시킬수록 밀가루만으로 만들어진 빵보다 황색을 띄어 L값은 감소하고 b값은 증가한 것으로 생각된다.

(Table.17) Effect of mushroom powder on crust color of bread made from mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder (%)	Hunter's color value		
	L	a	b
0	47.85 d	19.92 a	31.46 c
2	49.60 cd	18.63 b	31.93 c
4	54.63 b	17.37 c	33.38 b
6	51.58 c	18.09 b	34.87 a
8	56.32 b	15.58 d	35.25 a
10	59.66 a	13.39 e	35.41 a

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

(Tabl.18) Effect of mushroom powder on crumb color of bread made from mushroom-wheat composite flour

Mushroom powder (%)	Hunter's color value		
	L	a	b
0	72.79 a	-1.71 d	11.00 d
2	71.78 ab	-1.66 cd	11.80 cd
4	70.28 ab	-1.54 cb	12.70 c
6	69.39 b	-1.47 b	13.79 b
8	70.73 ab	-1.14 a	15.75 a
10	69.20 b	-1.14 a	14.93 a

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

2) Sodium stearoyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 빵의 색도

SSL을 첨가한 색도 변화를 Table 19과 20에서 보면 표피의 L값은 버섯분말 첨가에 따라 점차 증가하였고 대조구와 0.25% 첨가구에서는 유의차가 없으며 1% 첨가구부터 유의차가 나타났다. a값은 일정한 증가는 나타나지 않았으나 1% 첨가구가 가장 높은 값을 나타냈으며 0.25%와 1.25%는 대조구와 유의적인 차이가 없으며 0.75%와 1.5%에서 대조구와 유의적인 차이가 나타났다. b값은 L값과 같이 첨가량에 따라 증가되었는데 대조구와 0.25%, 0.5% 첨가구는 유의적인 차이가 없었으며 0.75%와 1.5% 첨가구들과는 유의적 차이가 나타났다. 내부색의 L값은 전반적으로 증가하여 대조구와 0.25% 첨가구는 유의적 차이가 없으나 대조구에 비하여 0.5% 첨가구부터는 유의적인 차이가 있으며 1.0% 첨가구와 가장 유의적 차이가 크게 나타났고 0.5%, 1.0%, 1.5% 끼리는 유의적인 차이가 나타났다. a값은 대조구와 거의 유의적 차이가 나타나지 않았으나 0.2% 첨가구와 유의적인 차이가 나타났다. b값도 일정한 변화가 있는 것이 아니고 대조구와의 유의적인 차이는 0.5%와 1.25% 첨가구에서 나타났고 0.25% 첨가구와 가장 큰 차이가 나타났다. 이렇게 유화제인 SSL을 첨가하면 표피색은 0.5%에서부

더 차이를 나타내며 1%에서 가장 큰 차이가 나타나는 경향을 띄었고 내부색에서는 L 값의 경우, 0.5%에서부터 차이가 나서 1%에서 가장 밝게 나타났고 a값과 b값의 경우는 0.25%에서 차이가 크게 나고 0.75%이상 첨가구에서는 차이가 적어 버섯분말을 첨가한 제빵시에는 SSL을 0.5%와 1.0%를 첨가하여 시험해 보는 것이 버섯분말을 첨가한 빵의 품질 개선에 영향을 줄 것으로 사료된다.

(Table.19) Effect of sodium stearyl-2 lactylate on crust color of bread-making

SSL(%)	Hunter's color value		
	L	a	b
0.00	47.61 c	19.16 ab	31.02 c
0.25	48.33 c	19.26 a	31.10 c
0.50	48.71 abc	18.88 b	31.75 bc
0.75	48.56 abc	18.47 c	32.11 ab
1.00	49.62 a	19.50 a	32.84 a
1.25	49.05 ab	19.47 a	32.14 ab
1.50	49.74 a	18.32 c	32.26 ab

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

(Table.20) Effect of sodium stearyl-2 lactylate on crumb color of bread making

SSL(%)	Hunter's color value		
	L	a	b
0.00	72.88 c	-1.89 ab	10.83 b
0.25	71.94 c	-1.80 c	11.38 a
0.50	75.76 ab	-1.55 a	10.35 c
0.75	75.06 b	-1.60 ab	10.47 bc
1.00	77.01 a	-1.61 ab	10.51 bc
1.25	75.22 b	-1.59 a	10.29 c
1.50	76.45 ab	-1.67 b	10.65 bc

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

3) Sodium stearyl-2 lactylate의 첨가에 따른 버섯빵의 색도

버섯분말의 첨가와 함께 SSL 0.5%와 1%를 각각 넣어 제빵한 표피와 내부의 색을 Table 21~24에 나타내었다. SSL 0.5%를 첨가하여 만든 버섯 빵에서의 표피색을 보면 L값의 경우 버섯 증가에 따라 각 첨가구에서 유의적인 차이가 확실히 나타나 대조구가 48.48인데 비해 10% 첨가구는 65.19로 유의적인 차이가 나타났다. 이것은 SSL을 첨가 하지 않았을 때 대조구가 47.85이고 10%가 59.66인데 비해 아주 큰 차이인 것으로 표피색이 밝아졌음을 알 수 있다. a값은 대조구와의 유의적인 차이가 6%부터 나타나 SSL을 첨가하지 않았을 때보다 개선 되는 것을 알 수 있다. b값은 대조구에 비해 2% 첨가구부터 유의적인 차이가 있었으나, 4%~10% 끼리는 비슷한 양상을 띄었다. 내부색의 L값은 대조구에 비해 2%~8% 첨가구들이 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없고 10% 첨가구에서 유의적인 차이가 나타났다. a값은 대조구와 모두 유의적인 차이가 나타났으나 6%까지 값이 증가하다가 8%에서 감소되었고 4%와 6%에서 a값이 가장 높으며 이들 간에는 유의적인 차이가 없었다. b값도 대조구와 모두 유의적인 차이를 보였고 8% 첨가구까지는 SSL을 넣지 않은 2% 첨가구와 값이 비슷하였으나 10% 첨가구에서 증가하여 유의적인 차이가 크게 나타났다.

(Table.21) Effect of 0.5% sodium stearyl-2 lactylate on crust color of bread made from mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder (%)	Hunter's color value		
	L	a	b
0	48.48 e	18.07 ab	31.14 d
2	52.56 d	18.91 a	34.28 c
4	55.48 c	17.19 bc	35.72 ab
6	57.19 c	16.35 c	35.47 b
8	59.46 b	14.05 d	35.61 b
10	65.19 a	11.90 e	36.38 a

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

(Table.22) Effect of 0.5% sodium stearoly-2 lactylate on crumb color of bread made from mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder (%)	Hunter's color value		
	L	a	b
0	73.41 a	-0.82 c	10.19 d
2	76.44 a	-0.54 b	11.05 c
4	75.40 ab	-0.36 a	11.95 b
6	74.38 bc	-0.36 a	12.47 b
8	74.77 abc	-1.30 d	11.83 b
10	73.28 c	-1.44 e	13.56 a

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

SSL 1.0%를 첨가하여 만든 버섯빵에서의 표피색을 보면 L값의 경우 버섯분말의 증가에 따라 증가하여 대조구와 2%와는 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 4% 첨가구부터 차이가 나타나기 시작했다. SSL을 첨가하지 않은 빵과 SSL을 0.5% 첨가한 빵을 비교하여 보면 이들보다 SSL 1% 첨가구들이 증가폭이 줄었으나 대조구는 더욱 밝아진 데 비해 2% 첨가구 이상에서는 SSL을 0.5% 첨가한 것만큼 밝게 나타나지는 않았고 6% 이상에서는 SSL을 첨가하지 않은 것과 비슷하게 나타났다. a값도 대조구와 2%와는 유의적인 차이가 없으며 4%부터 유의적인 차이가 있으나 감소되는 폭이 적어 10% 첨가구에서는 SSL 0.5% 첨가보다 값이 높았다. b값은 대조구에 비해 4% 첨가구부터 유의적인 차이가 있었으나, 6%~10% 끼리는 비슷한 양상을 띄었다. 내부색의 L값은 대조구에 비해 2%는 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었고 4%~10% 첨가구들이 낮게 나타나 대조구와 유의적인 차이는 있었으나 4%~10% 첨가구들간에는 유의적인 차이가 없었다. a값은 대조구와 모두 유의적인 차이가 나타났고 10% 첨가구까지 증가하였으나 SSL 0.5% 첨가구에서는 6%까지 값이 증가하다가 8%에서 감소되었던 것을 보아 SSL 1% 첨가하여 버섯분말 8%와 10% 첨가구가 품질 향상이 되었음을 알 수 있다. b값은 대조구에 비해 6%부터 유의적인 차이를 보여 8% 첨가구까지는 SSL 0.5%을 넣은 값이

낮았으나 버섯분말 10% 첨가구에서는 SSL 1%를 첨가하는 것이 낮았다.

위의 결과에서 대조구들을 비교하면 SSL을 첨가할수록 L값이 표피나 내부에서 증가하였으나 버섯분말 첨가구들에서는 SSL 0.5% 첨가구가 가장 높았다. 표피와 내부에서 SSL 0.5%을 첨가하는 것이 a값을 높게 하고 b값을 낮게 했으나 SSL 1% 첨가가 버섯분말 8%와 10%에서는 a값을 높게 나타내고 10%에서는 b값이 낮게 나타났다.

(Table.23) Effect of 1.0% sodium stearyl-2 lactylate on crust color of bread made from mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder (%)	Hunter's color value		
	L	a	b
0	50.89 d	18.68 a	32.90 c
2	50.98 d	18.60 a	32.79 c
4	52.77 c	17.61 b	34.34 b
6	56.85 b	16.95 c	35.76 a
8	56.36 b	16.90 c	35.72 a
10	58.41 a	15.44 d	36.08 a

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

(Table.24) Effect of 1.0% sodium stearyl-2 lactylate on crumb color of bread made from mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder (%)	Hunter's color value		
	L	a	b
0	76.69 a	-1.49 b	11.15 de
2	77.30 a	-1.46 d	10.67 e
4	74.04 b	-1.44 b	11.84 cd
6	74.08 b	-1.17 a	12.14 bc
8	74.62 b	-1.14 a	13.26 a
10	73.54 b	-1.10 a	12.72 ab

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

4) 빵의 조직감

식품의 기계적 특성은 매우 중요한 기본적인 조직특성으로 1차적 특성으로는 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 점성(viscosity), 탄력성(springiness), 부착성(adhesiveness) 등이 있고, 2차적 특성으로는 부서지는 성질(brittleness), 씹히는 성질(chewiness), 껌 성질(gumminess) 등이 있는데 본 연구에서는 빵의 특성상 그 중에 6가지를 살펴보았다.

가) 버섯분말 첨가에 따른 빵의 조직감

Table 25는 버섯분말을 첨가에 따른 빵의 조직감 변화를 나타낸 것으로 탄력성과 부착성에서는 유의적인 차이가 없었으며 응집성, 씹힘성, 껌성, 경도에서도 대조구와 비교하면 2~4% 첨가구까지는 유의차가 없었다. 6% 첨가구부터 유의적인 차이가 나타났고 8%와 10% 첨가구 끼리는 유의적인 차이가 없었다. 버섯분말을 첨가량이 증가할수록 응집성은 떨어졌고, 씹힘성과 껌성 그리고 경도는 높아졌다.

(Table.25) Effect of mushroom powder on texture profile analysis parameters of bread made from mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder (%)	Texture profile analysis parameter					
	Spr. ¹⁾	Coh. ²⁾	Che. ³⁾	Gum. ⁴⁾	Adh. ⁵⁾	Har. ⁶⁾
0	0.94a	0.66b	174.3c	182.7d	-2.64a	278.9d
2	0.94a	0.66a	180.3c	191.9cd	-2.92a	289.7cd
4	0.94a	0.66ab	196.0c	209.7c	-5.20a	319.6c
6	0.94a	0.65c	305.1b	323.6b	-2.30a	499.6b
8	0.94a	0.64d	329.6a	351.9a	-0.29a	550.6a
10	0.94a	0.64cd	332.4a	355.1a	-2.28a	553.1a

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

1)Springiness 2)Cohesiveness 3)Chewiness

4)Gumminess 5)Adhesiveness 6)Hardness

나) Sodium stearyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 빵의 조직감

SSL을 첨가한 제빵의 조직감 변화는 Table 26에 나타내었다. 부착성을 제외한 나머지에서는 유의적인 차이가 나타났다. 탄력성, 응집성, 씹힘성, 겉성에서는 대조구와 SSL 0.25%는 유의적인 차이가 없으며 0.5%부터 유의차가 나타난다. 탄력성과 응집성에서는 SSL의 첨가량이 증가할수록 감소되며 1~1.5% 간에는 유의적인 차이가 나타나지 않으나 씹힘성과 겉성에서는 SSL 0.5~0.75% 첨가구까지 감소하다가 1%에서 갑자기 증가하고 1.25%에서 다시 감소하는데 1.25%와 1.5%에서 첨가구 사이에서는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 특히, 경도에서는 대조구 273.4에 비하여 SSL 첨가에 따라 일정한 변화가 없이 0.25와 1%가 유의적인 차이가 없었으며 0.5~0.75% 첨가구가 222.6~223.5로 가장 낮았으며 이들 간에는 유의적인 차이가 없었다. 그러므로 탄력성과 응집성에서는 SSL 1% 이상이 좋으나, 씹힘성과 겉성 그리고 경도에서는 SSL 1%에서 좋지 않고 SSL 0.5~0.75%가 좋게 나타나므로 버섯분말을 첨가한 빵에서는 SSL 0.5%와 1.0%를 첨가하고 품질 개선의 변화를 살펴보는 것이 알맞다고 생각된다.

(Table.26) Effect of sodium stearyl-2 lactylate on texture profile analysis parameters of bread made from wheat flour

SSL(%)	Texture profile analysis parameter					
	Spr. ¹⁾	Coh. ²⁾	Che. ³⁾	Gum. ⁴⁾	Adh. ⁵⁾	Har. ⁶⁾
0	0.93a	0.66a	167.45a	181.00a	-0.00a	273.4ab
0.25	0.93a	0.65a	161.38a	173.45ab	-0.25a	265.4bc
0.50	0.88b	0.63b	123.38c	140.27c	-0.64a	222.6e
0.75	0.86c	0.62c	118.54c	137.39c	-4.12a	223.5e
1.00	0.84d	0.59d	141.80b	168.34b	-4.20a	284.1a
1.25	0.83e	0.58d	120.82c	145.98c	-2.61a	250.3cd
1.50	0.84de	0.59d	116.75c	139.47c	0.00a	237.3ed

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

1)Springiness 2)Cohesiveness 3)Chewiness

4)Gumminess 5)Adhesiveness 6)Hardness

다) Sodium stearoyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 버섯빵의 조직감

버섯분말 첨가에 SSL 0.5%와 1%를 넣은 빵의 조직감 변화를 Table 27와 28에서 보면 부착성을 제외하고 모두 유의적인 차이가 나타났다. 탄력성에서는 대조구에 비해 모두 낮아져 유의적인 차이가 나타났으나 4% 첨가구에서 가장 낮고 4%를 제외한 2~10%에서 유의차가 나타나지 않았다. 응집성에서도 대조구에 비해 모두 낮아졌고 2~8%에서 유의적인 차이는 나타나지 않았으나 이들과 10%에서는 유의적인 차이가 나타났다. 씹힘성과 겉성 그리고 경도에서는 0%~8%까지 유의적인 차이가 거의 없었으나 이들과 10% 첨가구간에는 유의적인 차이가 나타났다. 특히 버섯분말 4% 첨가구는 SSL 0.5% 첨가로 가장 낮은 값을 나타냈으나, 10% 첨가구는 가장 높은 값을 나타내 가장 큰 유의적인 차이가 났다. 그러나 SSL 1%를 첨가한 빵의 조직감을 보면 응집성과 부착성을 제외한 탄력성, 씹힘성, 겉성, 경도에서 유의적인 차이가 없었다. 응집성에서는 0, 2, 4, 10% 첨가구들(a)이 유의차가 없었으며 2, 4, 6, 8, 10% 첨가구들(b)이 유의차가 없었지만 이 a 첨가구들과 b 첨가구들간에는 유의적인 차이를 나타냈다. 부착성에서도 0%와 2% 첨가구(c) 간과는 유의차가 없고 0, 4, 6, 8, 10% 첨가구(d) 간에도 유의차가 없었으나 이 c 첨가구들과 d 첨가구들 간에는 유의적인 차이를 나타냈다. 그러므로 버섯분말 10% 첨가구는 SSL 0.5% 첨가보다는 1% 첨가가 대조구와 유의적인 차이를 없게 하였다.

(Table.27) Effect of 0.5% sodium stearyl-2 lactylate on texture profile analysis parameters of bread made from mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder (%)	Texture profile analysis parameter					
	Spr. ¹⁾	Coh. ²⁾	Che. ³⁾	Gum. ⁴⁾	Adh. ⁵⁾	Har. ⁶⁾
0	0.92a	0.63a	142.65b	154.83bc	-1.35a	244.5c
2	0.89b	0.61bc	142.54b	160.64b	-3.85a	262.2b
4	0.87c	0.61c	115.71d	133.53d	-4.62a	219.6d
6	0.88b	0.61bc	133.20c	150.98c	-3.63a	246.5c
8	0.90b	0.62b	143.29b	160.02b	-0.00a	259.3bc
10	0.89b	0.60d	177.59a	200.36a	-0.00a	338.4a

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

1)Springiness 2)Cohesiveness 3)Chewiness

4)Gumminess 5)Adhesiveness 6)Hardness

(Table.28) Effect of 1.0% sodium stearyl-2 lactylate on texture profile analysis parameters of bread made from mushroom powder-wheat composite flour

Mushroom powder (%)	Texture profile analysis parameter					
	Spr. ¹⁾	Coh. ²⁾	Che. ³⁾	Gum. ⁴⁾	Adh. ⁵⁾	Har. ⁶⁾
0	0.77a	0.61a	149.08a	192.84a	-2.00ab	315.8a
2	0.86a	0.59ab	160.74a	186.56a	-4.12b	316.3a
4	0.85a	0.69ab	153.99a	182.04a	-1.17a	306.3a
6	0.84a	0.58b	163.86a	195.49a	-0.21a	336.3a
8	0.84a	0.58b	169.70a	201.66a	-1.86a	349.5a
10	0.85a	0.59ab	166.33a	195.03a	-0.00a	328.1a

Means with same letter(s) are not significant at 5% level

1)Springiness 2)Cohesiveness 3)Chewiness

4)Gumminess 5)Adhesiveness 6)Hardness

4. 빵의 관능평가

빵의 품질에 대한 평가로 외피의 색깔은 황갈색으로 윤이 나야 하며, 내부의 색깔은 유백색을 띠는 것이 좋다. 조직은 기포가 치밀하고 균일하여 기포의 막이 얇고 탄력이 있어야 한다. 또한 효모나 곰팡이 냄새가 나지 않고 독특한 향기가 나야 한다.

가. 버섯분말 첨가에 따른 빵의 관능평가

버섯분말을 첨가하여 제조한 빵을 외부 특성으로 부피, 표피색, 외형균형, 표피특성과 내부 특성으로 기공, 속색, 향, 맛, 속결 그리고 전반적인 기호도를 기준으로 하여 실시한 관능검사 결과는 Table 29과 같다. 향을 제외하고 모두 유의적인 차이가 나타났는데 우선 부피에서는 대조구와 2% 첨가구가 유의차가 없으며 2% 첨가구가 가장 높은 값을 나타낸 데 비해 10% 첨가구는 가장 낮은 값을 나타내었다. 표피색은 2% 첨가구가 4.1로 가장 높았고 8% 첨가구에서 2.4로 가장 낮았으며 이 첨가구만이 유의적인 차이가 나타났다. 외형균형, 표피특성, 질감, 그리고 맛에서는 대조구와의 유의적인 차이가 8%부터 나타났다. 기공과 내부색은 대조구의 값이 가장 높았고 2%, 4%와 유의차가 없었으나 6%부터는 유의적인 차이가 나타났다. 기공은 10%에서, 내부색은 8%에서 가장 낮았다. 종합적인 기호도도 대조구가 가장 좋았고 2% 첨가구와 유의적인 차이가 없었으며 4% 첨가구부터 유의적인 차이를 나타내었고 4%와 6%는 유의차가 없었다. 또한 이들 첨가구와 8%, 10%는 유의적인 차이가 있으며 10%가 가장 나쁘게 나타났다.

(Table.29) Effect of mushroom powder on sensory test of bread made from mushroom-wheat composite flour

	Mushroom powder(%)					
	0	2	4	6	8	10
Loaf volume	13.1a	13.7a	11.1b	9.3bc	8.2c	6.3d
Crust color	3.7a	4.1a	3.7a	3.8a	2.4b	3.4a
Form symmetry	8.1ab	8.5a	8.0ab	6.9b	5.0c	5.1c
Crust characteristics	4.0a	3.6a	3.4a	3.4a	2.4b	2.3b
Grain	12.8a	12.4a	11.4ab	10.1bc	9.1c	8.3c
Crumb color	9.3a	8.5a	8.5a	6.9b	5.1c	5.7bc
Flavor	7.6a	6.9a	7.3a	7.4a	6.3a	6.5a
Taste	16.8a	16.6a	15.1ab	14.1ab	11.6b	11.7b
Texture	8.6a	8.5a	7.7a	7.8a	6.1b	5.8b
Total	84.0a	80.0ab	74.2bc	69.3c	57.9d	55.3d

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

나. Sodium stearyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 빵의 관능 평가

SSL의 첨가에 따른 빵의 관능 평가는 Table 30과 같다. 표피특성, 내부색, 맛, 속결을 제외하고는 모두 유의적인 차이가 나타났다. 부피는 0.75%가 가장 높은 값을 나타내고 대조구가 가장 낮은 값을 나타냈다. 표피색은 0.25%가 가장 높았고 0.75%는 가장 낮아 유의적인 차이를 나타내었다. 외형균형은 대조구가 가장 높았으며 1.0%와 1.25%에서 유의적인 차이가 나타났다. 표피 특성은 0.25%에서 가장 높았고 1%에서 가장 낮았다. 기공은 0.5%가 가장 높았으며 1%에서 가장 낮게 나타났고 대조구에 비해 1%를 제외하고 모두 유의차가 나타나지 않았다. 내부색도 2%에서 가장 높고 1%에서 가장 낮았다. 향은 0.75%가 가장 높게 나타났으며 0.25%에서 낮게 나타났고 0.25%

는 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 맛은 대조구에서, 속결은 1.25%에서 가장 높은 값을 나타내었고 맛은 1%와 1.5%에서, 속결은 대조구에서 가장 낮았다. 종합적인 기호도에서는 0.5% 첨가구는 1%와 1.25% 첨가구와 유의적인 차이를 나타냈고 대조구와 다른 첨가구 간에는 유의적인 차이가 없었으나 0.5%는 83.4로 관능 검사에서 가장 높은 값을 보였다.

(Table.30) Effect of sodium stearyl-2 lactylate on sensory test of bread made from wheat flour

	SSL(%)						
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
Loaf volume	9.9b	12.3a	12.5a	12.7a	12.3a	11.2ab	12.2a
Crust color	3.9a	4.5a	3.7ab	3.3b	3.9ab	3.9ab	3.8ab
Form symmetry	8.2a	7.2ab	6.9ab	7.2ab	5.3b	5.8b	6.4ab
Crust characteristics	3.6a	3.9a	3.8a	3.5a	3.0a	3.3a	3.3a
Grain	12.7abc	13.3ab	13.7a	12.4abc	10.1d	11.9bc	11.6c
Crumb color	8.2a	8.6a	7.9a	8.3a	7.5a	8.4a	8.5a
Flavor	7.5b	7.1b	8.1ab	8.9a	8.0ab	7.9ab	8.0ab
Taste	16.6a	16.2a	15.6a	16.5a	14.6a	15.0a	14.6a
Texture	7.8a	8.2a	8.6a	8.5a	7.9a	8.7a	8.3a
Total	78.4abc	81.7ab	83.4a	82.0ab	73.0c	75.8bc	76.7abc

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

다. Sodium stearoyl-2 lactylate의 첨가에 따른 버섯빵의 관능평가

SSL 0.5%를 첨가한 버섯 빵의 관능평가는 Table 31과 같다. 표피특성, 내부색, 향, 맛을 제외하고 유의적인 차이를 보였다. 부피와 표피색에서 버섯분말 4% 첨가된 제빵이 유의적인 차이를 보였고 외형균형, 기공, 속결은 대조구와는 유의적인 차이가 없었으나 외형균형은 6%와 8%, 기공은 4%와 10% 첨가구들간에, 그리고 속결은 4%와 6% 첨가구가 10% 첨가구와 유의적인 차이가 나타났다. 종합적인 기호도를 보면 대조구와 8% 그리고 10%간에는 유의적인 차이가 없으나 4%와는 유의적인 차이가 나타났다. 즉, 10% 첨가한 제빵이 가장 좋게 나왔고 4%가 가장 나쁘게 나왔다.

(Table.31) Effect of 0.5% sodium stearoyl-2 lactylate on sensory test of bread made from mushroom-wheat composite flour

	Mushroom powder(%)					
	0	2	4	6	8	10
Loaf volume	11.3a	10.8a	8.5b	12.4a	12.4a	12.4a
Crust color	3.7a	3.9a	2.7b	3.9a	3.6a	3.6a
Form symmestry	7.5ab	7.4ab	6.7ab	5.9b	7.7a	7.6ab
Crust characteristics	3.9a	3.5a	3.2a	3.4a	3.6a	3.9a
Grain	11.7ab	10.9ab	10.0b	10.6ab	11.6ab	12.0a
Crumb color	7.6a	8.0a	7.2a	7.4a	7.9a	8.0a
Flavor	7.8a	7.6a	6.9a	7.4a	7.6a	7.2a
Taste	13.9a	13.1a	11.9a	15.2a	14.8a	14.8a
Texture	8.3ab	8.2ab	7.2b	7.2b	8.2ab	9.0a
Total	75.7a	73.4ab	64.3b	73.0ab	78.1a	78.6a

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

SSL 1%를 첨가한 버섯 빵의 관능평가는 Table 32와 같다. 부피, 표피색, 표피특성, 기공, 향, 속결, 종합적기호도에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 외형균형에서는 대조구와 2% 첨가구에서는 유의차가 없으나, 4% 첨가구부터는 유의차가 있고 4%가 가장 높은 값을 나타냈으며 내부색은 2% 첨가구가 가장 값이 높으면서 가장 값이 낮은 10%와 유의적인 차이를 나타내었다. 맛도 대조구가 가장 높은 값을 나타내면서 다른 첨가구와는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 가장 값이 낮은 10%와는 유의적인 차이를 나타냈다. 종합적인 기호도를 보면 4%가 가장 좋았으며 10%가 가장 나쁘게 나타났다. 이상의 결과로 밀가루에 건조된 버섯분말을 첨가한 제빵시에는 버섯분말을 2%정도 사용하는 것이 좋았으며 SSL 0.5% 수준으로 첨가하여 제빵할 경우에는 버섯분말 10% 첨가까지도 관능적 기호성을 향상 시켰다. 그러나 SSL 0.5% 수준으로 첨가하여 제빵할 경우에는 버섯분말 10% 첨가까지도 관능적 기호성을 향상시켰다. 그러나 SSL 1% 수준으로 첨가하여 제빵할 경우에는 버섯분말 10% 첨가한 빵은 관능적 기호성을 향상시키지 못했다.

(Table.32) Effect of 1.0% sodium stearoyl-2 lactylate on sensory test of bread made from mushroom-wheat composite flour

	Mushroom powder(%)					
	0	2	4	6	8	10
Loaf volume	9.8a	9.7a	11.9a	11.0a	9.4a	10.2a
Crust color	3.2a	3.5a	3.7a	4.0a	3.7a	3.3a
Form symmetry	5.3c	5.9c	8.9a	7.2b	7.9ab	8.3ab
Crust characteristics	3.2a	3.5a	3.7a	4.0a	3.7a	3.3a
Grain	11.9a	12.0a	11.8a	11.2a	10.1a	11.6a
Crumb color	7.8ab	8.8a	7.7ab	7.4ab	6.6b	6.3b
Flavor	7.0a	7.2a	6.6a	7.0a	6.8a	6.4a
Taste	16.2a	14.5ab	13.9ab	14.2ab	14.8ab	12.4b
Texture	7.6a	8.3a	8.3a	7.7a	7.5a	7.0a
Total	73.0a	74.5a	76.2a	73.3a	71.6a	68.6a

Means with same letter(s) are not significant at 5% level.

5. 저장시 빵의 노화

가. 버섯분말 첨가에 따른 빵의 노화

빵의 저장성은 노화에 의한 저장성의 감소와 미생물에 의한 부패의 두가지 측면에서 생각할 수 있는데 저장 중에 단단해지며 부스러지기 쉬운 상태로 변하여 맛과 향이 감소하는 빵의 노화는 상업적 수명을 결정하게 한다. 저장온도와 저장성의 관계는 반비례적으로 저장온도에 중요한 영향을 미친다⁶⁹⁾.

버섯분말을 첨가한 빵을 5일 동안 4℃와 5℃에서 저장하면서 시험한 결과에 의하면 경도는 버섯분말의 첨가량이 증가할수록 현저한 차이가 나타났다. 대조구는 278.9인데 비해 2%에서는 289.7, 4%에서는 319.6, 6%에서는 499.6, 8%에서는 550.6, 10%에서는 553.1로 증가되어 버섯분말 첨가량이 많아질수록 경도가 증가하였다. 이러한 현상은 4℃와 25℃에서 저장하는 동안에서도 같은 결과가 나타나는데, 우선 4℃에서의 변화를 보면 24시간이 지난 1일째에 모두 측정치가 급격히 높아지면서 큰 변화를 가져왔다. 대조구에서 1144.7이 나타난 데 비해, 2% 첨가구에서만 낮게 나타났고 4% 첨가구부터는 버섯분말의 첨가량이 증가할수록 측정치는 커져서 버섯분말 10% 첨가에서는 1854.8까지 나타났다. 2일째에서는 그 변화가 1일째보다는 작게 증가하는 현상이 나타났고 차츰 기간이 지날수록 완만한 증가의 변화가 나타나 5일째에는 대조구가 1500.6, 버섯분말 2%에서는 1472.6, 4%에서는 1846.9, 6%에서는 2059.0, 8%에서는 2058.4, 10%에서는 2307.6이 되었다.

25℃에서 5일째 저장한 것이 4℃에서 1일째 저장한 것과 비슷하다는 것은 25℃보다는 4℃에서 급격한 노화현상이 나타난다는 것이고 특히 버섯분말의 첨가량이 증가할수록 노화현상이 두드러지게 빨리 진행된다는 것을 알 수 있다.

25℃에서는 24시간이 지난 1일째에 경도가 커져서 대조구는 567.1, 버섯분말 2%는 601, 4%는 694.4, 6%는 1050.5, 8%는 1075.9, 10%는 1159.7로 버섯분말 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하였고 2일째, 3일째, 4일째로 갈수록 완만한 증가를 보였으

나, 2%와 4% 첨가구에서는 3일째부터 대조구보다 낮아져서 5일째에서는 대조구가 1312.0, 2%는 895.1, 4%는 949.2, 6%는 1172.4, 8%는 1343.0, 10%는 1654.2로 경도가 증가하였다. 상온에서 5일 동안 저장하는 동안에는 적은 양인 2~4% 첨가시에는 노화속도가 더디게 진행되지만 많은 양인 10% 첨가시에는 대조구보다도 노화의 진행속도가 빠르다는 것을 알 수 있다.

25℃의 저장 중, 4일째에는 육안으로 빵의 곰팡이를 볼 수 있었다. 따라서 4~5일째 정도의 감소와 완만한 증가는 부패현상으로 인하여 감소된 것으로 보인다.

나. Sodium stearoyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 빵의 노화

빵은 저장 중에 전분의 노화가 일어나 품질이 저하되므로, 빵의 노화를 방지하기 위해서는 gluten이 많은 밀가루를 사용하는 것이 좋으며, 당분과 유지를 다량 사용하면 빵의 수명을 연장할 수 있고 monoglyceride나 fatty acid ester를 첨가함으로써 빵의 노화를 어느 정도 방지할 수 있다.(57)

SSL의 첨가에 따른 빵의 노화를 나타낸 것으로 대조구 273.4인데 비해 0.75% 첨가구에서는 284.1로 가장 높았고 0.50% 첨가구에서 222.6으로 가장 낮았다. 4℃에서는 1일째에는 대조구는 1123.4인데 비해 SSL 첨가구들은 모두 낮았고 기간이 지날수록 대조구에 비해 노화속도가 더디게 진행되었다. 25℃에서도 같은 경향으로 대조구와 0.25% 첨가구에서는 1일째부터 다른 첨가구에 비해 노화진행이 빠르게 나타나지만 SSL 0.05% 첨가구부터는 더디게 진행되어진다.

다. Sodium stearyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 버섯빵의 노화

SSL 0.5%를 첨가한 버섯 빵은 대조구와 거의 비슷한 노화변화를 보였으나 버섯분말 10% 첨가구만이 4℃에서는 2일째부터 25℃에서는 4일째부터 대조구에 비해 높은 경도를 나타내 노화의 진행이 가속화 된 것을 알 수 있다. 그러나 SSL 1.0%를 첨가한 버섯빵들은 대조구보다 모두 더디게 노화의 진행이 이루어졌고 5일째에서만 약간의 차이가 나타났다.

라. Sodium stearyl-2 lactylate(SSL)의 첨가에 따른 노화 지연효과

버섯분말 0~10%에 SSL 0~1.5%를 첨가하여 노화의 변화를 살펴보면, 버섯분말을 첨가한 빵보다는 SSL을 첨가하였을 때 빵의 경도가 낮게 났고 그 중에서도 SSL 0.5%의 첨가구들이 SSL 1.0%의 첨가구들보다는 낮게 나타난 것으로 보아 SSL 0.5% 첨가가 버섯빵의 노화 지연에 가장 효과가 있다고 할 수 있다.

제 5 장 생리활성 및 기능성 연구

제 1 절 서 설

전년도 연구에서는 신품종의 유용버섯의 생리활성연구를 위하여 이 아프리카 버섯 분말을 탄수화물 대신에 각각 50% 및 100%를 대체하여 동물실험을 통하여 성인병의 발병에 깊이 관계하는 비만의 억제 가능성을 타진하고 성인병 유발물질로 작용하는 중성지질(TG), LDL-콜레스테롤 및 동맥경화지수(atherogenic index)의 억제효과의 구명으로 비만을 방지하고 성인병을 억제할 수 있는지를 평가하였으며, 또한 이들 유용버섯이 강력한 세포독성으로 알려진 활성산소의 생성 및 산화적 스트레스의 억제효과, 그리고 방어체계로서 활성산소의 제거효소(scavenger enzymes) 활성의 상승효과를 평가하여 학회에 투고한 적이 있다.

다음단계에서도 이들 유용 아프리카 버섯을 더욱 구체적으로 평가할 필요성에 따라 이들 유용버섯 분말을 탄수화물 대체효과를 구명하기 위하여 아프리카 버섯 분말을 탄수화물 대신에 각각 10%, 30% 및 60%를 대체하여 동물실험을 통하여 성인병의 억제작용 및 생체 방어시스템을 구명하고, 아울러 탄수화물의 대체효과를 평가하여 사료 개발 가능성을 타진하여 유의적인 효과를 얻었기에 보고한다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 공시재료 (LTR) 및 동물사료 조제

가. 공시재료

본 연구에 사용한 아프리카 유용버섯은 지금까지 인공 개발이 되지 않은 새로운 종류의 버섯으로 *Lentinus tuber-regium*(LTR)로서 농업과학기술원 응용미생물과에서 배양하여 제조한 버섯(LTR)을 기능성 및 생리활성연구에 사용하였다.

나. 실험동물의 사료 조제

기본사료의 조성은 탄수화물 58.3%(corn starch 44.00%+sucrose 14.30%), 단백질 18.0%(skim milk 18.0%), 지질 15.0%(lard 15.0%)로 하고, cellulose 3.0%, 비타민과 무기질 혼합물(AIN mixture)을 각각 1.5% 및 3.5%를 첨가하여 사용한다. 여기에 DL-methionine 0.3%와 choline chloride 0.2%를 첨가하고 고콜레스테롤혈증을 유도하기 위하여 cholesterol 0.5% 및 sodium cholate 0.2%를 첨가하여 실험용 사료를 조제하였다.

이상의 기본사료를 대조그룹(control)으로 하고, 실험사료로서는 LTR버섯 투여그룹은 두 그룹으로 나누어 LTR-10그룹은 탄수화물 52.47%(corn starch 38.17% + sucrose 14.30%)로서 5.83%를 LTR버섯분말로 대체하고, 또 LTR-30그룹은 탄수화물 40.81% (corn starch 26.51% + sucrose 14.30%)로서 탄수화물 17.47%를 LTR버섯분말로 대체하며, LTR-60그룹은 탄수화물 23.62%(corn starch 9.32% + sucrose 14.30%)로서 34.68%를 LTR버섯분말로 대체하여 실험용 사료를 조제하였으며, 나머지 단백질과 지질, 그리고 cellulose, 비타민, 무기질 등은 대조그룹과 동일하게 첨가하여 조제한 실험사료로써 4주동안 동물실험을 실시하였다.

다. 모델동물 및 사육조건

본 실험에 사용하는 실험동물모델은 Cri/Bgi CD IGS계 랫트로서, CD IGS계 랫트(male rats:

60±10 g)를 (주)바이오 제노믹스에서 구입하여 그룹당 7마리씩을 사용하여 4주동안 사육실험을 하였다. 사육 및 실험조건은 매일 18:00에 체중의 측정과 함께 평량된 사료를 제공하고 다음 날 사료잔량을 평량하여 사료 섭취량을 계산하였다. 동물사육실은 자동조절(22±2°C; 65±2% RH)되며 명암은 12시간 사이클(18:00~06:00)로 조절된다.

2. 혈청의 분리 단백질의 정량 및 비만도의 측정

가. 혈청 분리

심장에서 채혈한 다음, 저온실에서 2시간 방치하였다가 상법에 따라 혈청을 분리하여 사용하였다. 단백질의 함량은 Lowry 등 (1951)의 방법에 따라 표준 단백질로서 BSA (bovine serum albumin)를 사용하여 분광광도계로 측정하여 정량하였다.

나. 비만도의 측정 및 평가

이는 매일 18:00에 체중을 측정하면서 평량된 조제사료를 주고 다음 날, 사료의 잔량을 평량하여 매일의 사료 섭취량을 계산하였다. Applegate 등(1984)에 따라 사료효율(feed efficiency: FE)은 사료 섭취량에 대한 체중 증가량의 비로서 식-①에 따라 계산하였고, 에너지 효율(gross efficiency: GE)은 소비 에너지에 대한 체중 증가량의 비로서 식-②에 따라 계산하였다.

$$FE = [\text{Body weight gain(g)}/\text{Food intake(g)}] \times 10^2 \dots\dots\dots\text{①}$$

$$GE = [\text{Body weight gain(g)}/\text{Energy consumed(kcal)}] \times 10^3 \dots\dots\text{②}$$

다. 섭취 에너지의 이용률 측정

실제 섭취하는 에너지량이 기초대사량에 미치는 영향을 평가하기 위하여 대사체중(metabolic body size)에 대한 사료 섭취량(mg/g body weight)은 Park과 Harrold(1983)의 방법에 따라 계산하였다.

3. 콜레스테롤 함량의 측정

혈청중의 총콜레스테롤 함량은 Rudei 등(1973)의 방법에 따라 *o*-phthalaldehyde법으로 측정하여 표준 검량선에 의거 혈청중의 총콜레스테롤의 함량을 정량하였다. 또한 혈청중의 저밀도 리포단백(LDL) 및 고밀도리포단백(HDL)-콜레스테롤의 함량은 Noma 등(33)의 방법에 따라 다음과 같은 방법으로 측정하였다.

가. HDL+LDL-콜레스테롤의 측정

혈청 100 μ l을 시험관에 넣고 sodium heparin/ sodium chloride reagent(150mg+4g/1000ml DW) 4.0ml을 첨가하여 혼합하여 실온에서 15분간 방치한 후, 이 시험관에 다시 Amberlite IRA-400을 0.5g씩 넣고 혼합하여 10분간 방치한다. 10분이 지난 후 700 \times g에서 10분간 원심분리시켜 상층액을 2.0ml씩 새로운 시험관에 옮긴 다음, 2.0M PCA 용액을 2.0ml씩 첨가 혼합하고 700 \times g에서 15분간 원심분리하였다.

나. HDL-콜레스테롤의 측정

혈청 100 μ l을 시험관에 넣고 sodium heparin/calcium chloride/nickel chloride reagent(300mg + 60mM + 2.0mM/1000 ml DW) 4.0 ml을 첨가 혼합하여 실온에서 30분간 방치한 다음, 700 \times g에서 15분간 원심분리시킨다. 이 때 얻어진 상층액 2.0ml씩을 새로운 시험관에 옮긴 다음, 여기에 2.0M PCA 용액 2.0ml씩을 첨가 혼합하여 다시 700 \times g에서 15분간 원심분리하였다.

다. HDL 및 LDL-콜레스테롤의 측정

위에서 전처리한 두 가지를 원심분리한 다음, 상층액은 버리고 잔사에 발색시약(50g of sulfosalicylic acid/1000ml of acetic acid/acetic acid anhydride/c-sulfuric acid=35/65/10, V/V/V) 2.0ml씩을 첨가 혼합하여 실온에서 10분간 방치한 다음, spectrophotometer의 625nm에서 흡광도를 측정, 표준검량선에 의해 정량하였다.

동맥경화지수의 계산은 성인병의 초기증상으로 알려진 동맥경화증의 발병지표로서 활용되고 있는 동맥경화지수(atherogenic index:AI)는 Haglund 등(18)의 방법에 따라 측정하여 다음 식에 따라 계산하였다.

$$AI = (\text{Total cholesterol} - \text{HDL cholesterol}) / \text{HDL cholesterol}$$

4. 활성산소종(種)(ROS) 생성능의 측정

가. 히드록시 라디칼의 함량 측정

Deoxyribose의 파괴 정도로 hydroxyl radical 생성 정도를 측정하는 방법으로서 반응성 산소 대사물에 의해 deoxyribose가 파괴되어 aldehyde가 생성되며 이 aldehyde는 산성용액에서 thiobarbituric acid와 반응하여 발색되는 것을 이용한 Halliwell 등(19)의 방법에 따라 측정하였다. 혈청의 히드록시 라디칼(hydroxyl radical)측정은 먼저 0.1 M의 인산완충용액(pH 7.4), 10 mM Na₃, 7 mM의 deoxyribose, 5 mM의 ferrousammonium sulfate, 0.54 M NaCl 시약을 각각 33.3 ul씩 첨가하고 검체군은 시료(15 μl)와 물(185 ul)을 합하여 200 ul되게 하여 이 혼합된 용액을 37°C 항온수조에서 15분간 가온한다. 그러나 대조군은 가온과정을 생략하고 시료(30ul)를 시험관에 넣는다. 그리고 모든 시험관에 물(185 μl)을 넣고 잘 혼합한다. 이 반응액에 8.1% SDS용액 75 μl와 20%의 acetic acid 500 μl, 물 25 μl를 추가하여 넣고 1.2% TBA 용액 333 ul를 넣어 잘 섞는다. 그 후 30분간 끓인 다음 실온에서 식힌 후, 800×g에서 5분간 원심분리하여 얻은 상층액을 분광광도계를 이용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량곡선에 의하여 검체군과 대조군의 흡광도 차이를 이용하여 히드록시 라디칼(nmole/mg protein/min)의 생성량을 계산하였다.

나. 수퍼옥시드 라디칼의 함량 측정

수퍼옥시드 라디칼(superoxide radical)의 생성은 McCord 등과 Chan 등(4)의 방법에 따라 superoxide dismutase를 억제할 수 있는 ferricytochrome C의 환원속도를 측정하였다. 즉 혈청을 사용하여 0.1mM EDTA를 함유한 인산완충용액(pH 7.8) 420 μ l에 cyanide의 농도가 50 μ M이 되도록 20 mM cyanide 용액을 가한 후 37°C에서 10분간 가온하였다. 이 용액에 시토졸 300 μ l와 0.1 mM cytochrome C 50 μ l를 넣어 분광광도계를 사용 550 nm에서 흡광도를 시간에 따라 측정하였다. 이 때 cytochrome C의 양은 분자흡광계수 $19,500\text{M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ 를 사용하여 계산하였다.

다. 과산화수소의 함량 측정

과산화수소(hydrogen peroxide)의 생성량은 Thurman 등(1972)의 방법에 따라 혈청중에서 생성된 hydrogen peroxide에 의하여 생성되는 붉은 색의 ferrithiocyanate 복합체를 기초로 400 mM 인산완충용액(pH 7.4) 400 μ l, 200 mM nicotinamide 200 μ l, 100 mM MgCl_2 200 μ l, 50 mM NaN_3 200 μ l와 시료 64.1 μ l, 물 735.9 μ l 첨가·혼합한 뒤 60 mM NADPH 200 μ l를 첨가하여 총 2 ml가 되게 하여 37°C 항온 수조에서 15분간 가온시킨 후에 1.2 M TCA (trichloroacetic acid)를 1.0 ml 첨가, 3,000rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 1.0ml 취하였다. 상층액에 ferrous ammonium 200 μ l 첨가 후 2.5 M KSCN(potassium thiocyanate)을 100 μ l 넣어 혼합하여 실온에 10분 방치하였다. 분광광도계를 이용하여 파장 480 nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량선에 의해 과산화수소(nmol/mg protein/min)의 함량을 정량하였다.

라. Nitric Oxide (NO)의 측정

산화질소(NO)는 순간적으로 존재하는 기체성분으로서, 자발적으로 산화되어 NO_2^- 와 NO_3^- 상태로 전환되어 측정된다. 따라서 생성되는 양은 NO_3^- 는 환원시켜 NO_2^- 로 전환시켜 총 NO의 함량을 Miesel 등(1996)의 방법을 이용하여 정량하였다. 즉 혈청 100 μ l를 준비한 시험관에 6.5 M HCl 25 μ l, 37.5 mM sulfanilic acid 25 μ l을 각각 첨가하였다. 10분간 방치한 후 12.5 mM N-(1-naphtyl)-ethylendiamine 25 μ l을 첨가한 후 실온에서 30분간 방치한 후에 $10,000\times$ 에

서 5분간 원심분리하였다. 단백질을 제거된 상층액을 540 nm에서 흡광도를 측정하여 sodium nitrate에 의한 표준검량선으로 정량하였다.

5. 산화적 스트레스의 분석

가. 과산화 지질의 측정

혈청중의 과산화 지질의 함량은 Choi 등(7)의 방법에 의한 TBA법으로 malon- dialdehyde 함량을 측정 하였다. 혈청 20 ul에 증류수 180 ul을 혼합하여 시험관에 취하고 8.1% SDS (sodium dodecyl sulfate)용액 200ul를 가하여 약 5초간 혼합한 후 20% 초산 1.5 ml를 넣어 다시 5초간 혼합하고, 1.2% TBA(thiobarbituric acid)시약 1.0 ml 첨가하여 30분간 수조에서 가열한다. 이 반응액을 800×g에서 10분간 원심분리하여 상층액을 분광광도계를 사용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량선에 따라 정량하였다.

나. 산화 단백질의 정량

혈청중의 산화 단백질 함량은 Levine 등(29)의 방법에 따라 carbonyl group의 생성량을 측정 하였다. 0.1 ml의 시료에 30% TCA (trichloroacetic acid)를 0.5 ml 혼합, 3,000rpm에서 10분간 원심분리한 후 상층액을 제거한 뒤 잔사에 10 mM DNPH (dinitrophenyl hydrazine) 0.5 ml 첨가, 혼합하며 1시간 동안 실온에 방치 후 3,000rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상층액을 제거한 후 잔사에 ethanol/ethyl acetate (v/v 1:1) 3.0 ml를 첨가하여 실온에서 10분 방치한다. 다시 3,000rpm에서 10분간 원심분리 후 잔사를 얻은 뒤, 6 M guanidine(20 mM potassium phosphate buffer, pH 2.3) 1.0 ml 첨가·혼합하여 37℃에서 15분간 가온한 후, 3,500rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 얻었다. 이때 carbonyl group의 양은 360 nm와 370 nm사이의 흡광도에서 분자흡광계수($E=22,000$)로서 계산하였다.

6. 생체 방어효소의 활성 측정

가. 수퍼옥시드 디스무타아제의 활성 측정

Oyanagui 등(35)의 방법으로 수퍼옥시드 디스무타아제(superoxide dismutase : SOD)의 활성

은 혈청을 인산완충용액(pH 8.2)을 30배로 희석한 용액 0.1 ml에 증류수 0.5 ml, A시약(52.125 mg of hydroxylamine+102.1 mg of hypoxanthine/250 ml D.W) 0.2 ml, B시약(20ul of xanthine oxidase+0.9939 mg ethylene diaminetetraacetic acid/26.7 ml phosphate buffer, pH 8.2) 0.2 ml를 첨가·혼합하여 37°C 항온수조에서 40분간 가온한 후 C시약(300mg of sulfanilic acid + N-1-naphthylethyene diamine acid/500 ml of 16.7% acetic acid) 2.0 ml를 혼합하여 실온에서 20분간 방치한 후 분광광도계의 550 nm에서 흡광도를 측정하여 표준검량선에 의해 정량했다.

나. 글루타치온 퍼옥시다아제의 활성 측정

Lawrence 등(28)의 340 nm에서 NADPH의 감소를 측정하기 위하여 세포획분종의 시토졸에서 글루타치온 퍼옥시다아제(glutathione peroxidase: GSHPx) 활성의 측정은 인산완충용액(0.3M/4.0 mM EDTA) 10배 희석하여 사용한다. 인산완충용액(0.3 M phosphate buffer with 4.0 mM EDTA, pH 7.2) 0.1 ml, 증류수 1.295 ml, 26.56 mM sodium azide용액(86.33 mg of NaN₃/50 ml of D.W) 0.5 ml, 294.37 mM GSH용액(452.34 mg of glutathione/5.0 ml of 0.3 M phosphate buffer with 4.0 mM EDTA) 60 ul, 8.4 mM NADPH(35.0 mg NADPH/5.0 ml of 0.3M phosphate buffer with 4.0 mM EDTA) 110 ul, glutathione reductase(5 mg of GSH-Re/1.0 ml of 0.3 M phosphate buffer with 4.0 mM EDTA) 5 ul, 1mM hydroperoxide 320 ul와 희석된 시토졸 30 ul를 첨가하여 340 nm에서 흡광도를 2분간 측정하여 표준검량선에 의해 GSHPx(umol/min/g protein)의 활성을 계산하였다.

다. 카탈라아제(Catalase : (AT)의 활성 측정

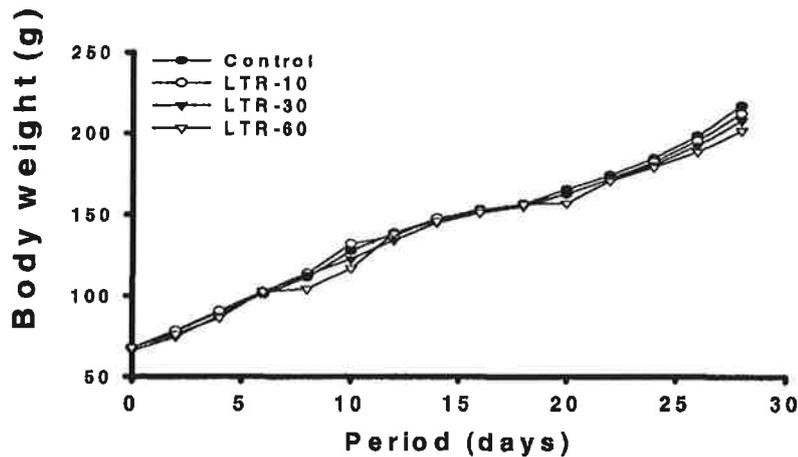
혈청에서의 활성 측정은 인산완충용액(pH 7.0) 250 ul, 증류수 330 ul, 혈청 20 ul에 15 mM의 과산화수소용액 900 ul을 첨가하여 잘 섞은 다음, 즉시 분광광도계로서 240 nm에서 흡광도의 변화를 2분간 측정하여 정량하였다. (43)

제 3 절 결과 및 고찰

1. 체중, 사료 및 에너지효율의 평가

가. 에너지 효율 평가

실험그룹으로서 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60 투여그룹을 4주동안 투여하면서 체중변화를 비교하여 보면 Fig. 1에서 보는 바와 같이 아프리카 유용버섯 LTR의 탄수화물 대체효과는 30%까지는 매우 효과적일 것이고, 50%까지도 충분할 것으로 기대된다.



(Fig.1) Effects of *Lentinus tuber-regium*(LTR) on the changes in body weights of Cri/Bgi CD IGS male rats for 4 weeks.

이들 아프리카 유용버섯 LTR-첨가 실험그룹의 4주 동안 투여한 후 체중변화, 사료 및 에너지 효율을 비교하여 보면 Table 1과 같다. 체중변화를 측정·평가하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 체중 증가는 144.30 ± 5.06 , 141.86 ± 13.33 및 135.57 ± 11.21 g으로서 대조그

룹의 체중증가에 비하여 각각 3.0%, 4.7%, 및 8.2%로 체중 증가의 억제효과가 나타났지만, LTR 투여그룹에서 모두 유의성이 인정되지 않았다. 이러한 사실은 LTR가 탄수화물을 대체할 수 있을 것으로 기대되므로 동물사료의 개발 가능성을 시사한다고 볼 수 있다. 따라서 체중변화만으로 전보(Choi et al.)(11)의 실험결과를 함께 평가하여 본다면 탄수화물중의 30%까지는 체중변화에 거의 영향이 없을 뿐만 아니라 50%까지도 탄수화물의 대체효과가 가능할 것으로 기대된다.

Table 1에서 *Lentinus tuber-regium* (LTR)-첨가 조제사료를 투여하여 4주 후의 사료 섭취량을 측정·평가하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 사료 섭취량은 대조그룹의 사료 섭취량에 비하여 각각 8.8%, 19.0%, 및 28.0%로 사료 섭취량의 증가효과가 나타나서 LTR-첨가량에 매우 유의적으로 사료 섭취량이 증가하고 있음이 인정되었다. 또한 같은 방법으로 사료 효율을 비교·평가하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 사료 효율은 43.93 ± 3.39 , 39.48 ± 3.28 및 35.07 ± 2.88 g으로서 대조그룹의 사료 효율에 비하여 각각 10.8%, 19.9%, 및 28.8%로 사료 효율의 감소효과가 인정되어 LTR-첨가량에 따라 용량 의존적으로 사료 효율이 감소하고 있었다. 따라서 LTR-첨가량 60%이상에서는 비만도 매우 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대된다.

(Table.1) Effects of *Lentinus tuber-regium*(LTR) on body weight gain, food intake, feed efficiency in Cri/Bgi CD IGS male rats for 4 weeks

Parameter	Control	LTR-10	LTR-30	LTR-60
Body weight gain(g)	148.79±12.33 ^a	144.30± 5.06	141.86±13.33	135.57±11.21
	100	97.0	95.3	91.8
Total food intake(g)	302.00±13.87	328.51±14.08	359.36±16.89 ^{**}	386.53±18.11 ^{***}
	100	108.8	119.0	128.0
Feed efficiency ^b	49.27±3.48	43.93±3.19 [*]	39.48±3.28 ^{**}	35.07±2.88 ^{***}
	100	89.2	80.1	71.2

LTR-10, LTR-30 and LTR-60 : *Lentinus tuber-regium* of 10, 30 and 60% as a carbohydrate source added to basic control diet: ^aMean±SD with 7 rats per group; ^b[Body weight gain(g)/food intake(g)]×10²; ^cPercent of control values; *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001 compared with control group.

나. 섭취 에너지의 이용률 평가

동물을 포함한 대부분의 포유동물의 기초대사량은 체중보다는 체표면적에 비례하고, 또한 체표면적 보다는 대사체중(metabolic body size : MBS)에 비례하는 것으로 알려져 있다. (11) MBS는 소수점 지수(0.75)의 체중으로서 실험동물이 섭취하는 에너지가 어떻게 활용되는지를 MBS에 대한 사료 섭취량(diet intake : DI)의 비(DI/MBS ratio)를 계산하여 평가하여 보면 Table 2와 같다.

(Table.2) Effects of *Lentinus tuber-regium*(LTR) on the ratio of diet intake/metabolic body size in Cri/Bgi CD IGS male rats for 4 weeks

	Control	LTR-10	LTR-30	LTR-60
DI/MBS ratio ^a	7.09±0.65	7.89±0.69 ^b	8.74±0.67 ^{***}	9.73±0.77 ^{***}
	100	111.3 ^c	123.3	137.2

LTR-10, LTR-30 and LTR-60 : *Lentinus tuber-regium* of 10, 30 and 60% as a carbohydrate source added to basic control diet; ^aDiet intake/g^{0.75} of body weight(g/g); ^bMean±SD with 7 rats per group; ^cPercent of control values; *p<0.05; ***p<0.001 compared with control group.

Table 2에서 보는 바와 같이 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 DI/MBS ratio는 7.89±0.69, 8.74±0.67 및 9.73±0.77로서 대조그룹의 DI/MBS ratio(7.09±0.65 : 100%) 대비 각각 111.3%, 123.3% 및 137.2%로서 대조그룹에 비해 11.3%, 23.3% 및 37.2%나 유의적인 DI/MBS ratio의 증가효과가 인정되었다. 이러한 사실은 LTR-첨가량의 증가에 따라 실험동물의 기초대사량 유지에 그만큼 에너지를 많이 사용한다는 사실이다. 그렇지만, LTR-첨가에 의한 DI/MBS ratio가 전보(11)보다는 훨씬 적은 값을 나타내고 있는데, 이러한 실험결과는 SD계와 Cri/Bgi CD IGS계 rats라는 종에 따른 차이로 평가되지만, 결과는 거의 같은 경향을 나타내고 있다. 그렇기 때문에 LTR-첨가량을 높일수록 그만큼 비만을 억제될 수 있다는 결론이다. 이러한 사실은 비만억제에 대한 미역성분의 용량의존성에 관한 연구결과(8)와 거의 유사한 경향을 나타내고 있다. 따라서 LTR-첨가량이 60%이상일 때는 비만의 억제효과도 인정할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 증성지질의 억제효과

인체의 3대 영양소의 하나인 지질중에서 triglyceride(TG)으로 알려진 증성지질의 과잉섭취나 체내에서 합성이 증가될수록 비만의 원인이 될 뿐만 아니라 여러가지 성인병의 원인물질로 알려져 있다. 이들 유용 아프리카 버섯분말의 투여효과를 검토하기 위하여 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 TG의 함량에 미치는 영향을 비교하여 보면 Table 3과 같다.

성인병의 발병에 깊이 관계하는 것으로 알려진 TG의 축적에 미치는 LTR-첨가량의 영향을 평가하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 TG의 함량은 115.86 ± 6.04 , 111.51 ± 9.51 및 81.93 ± 6.40 mg/dl serum으로서 대조그룹의 TG 함량(119.40 ± 5.31 mg/dl serum : 100%) 대비 각각 97.0%, 93.4% 및 68.6%로 나타나서 LTR-첨가에 의하여 대조그룹에 비해 3.0%, 6.6% 및 31.6%나 TG 함량의 억제효과가 인정되었지만, 전보(10,11)와 거의 유사한 경향으로서 LTR-60투여그룹에서만 뚜렷한 유의성이 인정되었다.

(Table.3) Effects of *Lentinus tuber-regium*(LTR) on triglyceride(TG) contents in serum of Cri/Bgi CD IGS male rats for 4 weeks

	Control	LTR-10	LTR-30	LTR-60
TG level	119.40 ± 5.31^a	115.86 ± 6.04	111.51 ± 9.51	$81.93 \pm 6.40^{***}$
	100	97.0 ^b	93.4	68.6

LTR-10, LTR-30 and LTR-60 : *Lentinus tuber-regium* of 10, 30 and 60% as a carbohydrate source added to basic control diet; ^aMean \pm SD (mg/dl serum) with 7 rats per group;

^bPercent of control values; ^{***}p<0.001 compared with control group.

3. 콜레스테롤의 억제효과

LTR-첨가사료의 투여가 총콜레스테롤, LDL-콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤의 함량에 미치는 영향을 비교하여 보면 Table 4와 같다. 혈액중의 총콜레스테롤의 함량에 미치는 LTR-첨가량의 영향을 평가하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 총콜레스테롤의 함량은 202.44 ± 7.89 , 181.71 ± 17.43 및 127.15 ± 7.39 mg/dl serum으로서 대조그룹의 총콜레스테롤의 함량(221.15 ± 19.58 mg/dl serum : 100%) 대비 각각 91.5%, 82.2% 및 57.5%로 나타나서 LTR-첨가에 의하여 대조그룹에 비해 8.5%, 17.8% 및 42.5%나 유의적인 총콜레스테롤의 혈관축적 억제효과가 인정되었다. 또한 성인병의 발병인자로서 밝혀진 혈액중의 LDL-콜레스테롤의 함량에 미치는 LTR-첨가량의 영향을 평가하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 LDL-콜레스테롤의 함량은 165.29 ± 3.07 , 149.86 ± 10.08 및 97.38 ± 10.47 mg/dl serum으로서 대조그룹의 LDL-콜레스테롤의 함량(185.86 ± 11.41 mg/dl serum : 100%) 대비 각각 88.9%, 80.6% 및 52.4%로 나타나서 LTR-첨가에 의하여 대조그룹에 비해 11.1%, 19.4% 및 47.6%나 유의적인 LDL-콜레스테롤의 혈관축적 억제효과가 인정되었다.

여기서 특히 흥미를 끄는 것은 성인병의 발병인자로 밝혀져 있는 저밀도리포단백(low density lipoprotein : LDL)-콜레스테롤의 혈중 농도가 아프리카 버섯(LTR) 분말 투여에 의하여 용량 의존적으로 매우 효과적으로 억제한다는 사실이다. 그 억제효과는 탄수화물 대신 10%만 첨가 투여해도 11.1%나 유의적으로 LDL-콜레스테롤의 축적을 억제한다는 사실이다.

(Table.4) Effects of *Lentinus tuber-regium* (LTR) on total cholesterol, LDL- and HDL-cholesterol contents in serum of Cri/Bgi CD IGS male rats for 4 weeks

	Control	LTR-10	LTR-30	LTR-60
Total cholesterol level				
(mg/dl serum)	221.15±19.58 ^a	202.44±7.89	181.71±17.43 [*]	127.15±7.39 ^{***}
	100	91.5 ^b	82.2	57.5
LDL-cholesterol level				
(mg/dl serum)	185.86±11.41	165.29±3.07 [*]	149.86±10.08 ^{**}	97.38±10.47 ^{***}
	100	88.9	80.6	52.4
HDL-cholesterol level				
(mg/dl serum)	32.96±1.66	32.12±2.82	28.52±2.54 ^{△*}	28.05±2.35 ^{△*}
	100	97.5	86.5	85.1

LTR-10, LTR-30 and LTR-60 : *Lentinus tuber-regium* of 10, 30 and 60% as a carbohydrate source added to basic control diet; ^aMean±SD with 7 rats per group; ^bPercent of control values; *p<0.05; **p<0.01; ***p<0.001 compared with control group.

한편 콜레스테롤 억제인자(anti-cholesterol factor) 또는 장수인자(longevity factor)로 알려진 HDL-콜레스테롤의 함량에 미치는 아프리카 유용버섯(LTR)의 투여효과를 비교하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 HDL-콜레스테롤의 함량은 32.12±2.82, 28.52±2.54 및

28.05±2.35 mg/dl serum으로서 대조그룹의 HDL-콜레스테롤의 함량(32.96±1.66 mg/dl serum : 100%) 대비 오히려 HDL-콜레스테롤의 함량이 약간 감소하는 경향이였다.

이상의 콜레스테롤의 실험결과에서 평가하여 볼 때 LTR의 부여는 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤의 혈관침착을 효과적으로 억제할 수 있기 때문에 성인병으로 알려진 만성퇴행성 질환(chronic degenerative disease)을 매우 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 성인병 및 활성산소 억제 효과

가. 동맥경화지수(AI)의 변화

성인병의 발병지표로서는 주로 LDL-콜레스테롤의 함량으로 평가하고 있지만, Haglund 등(18)은 성인병의 초기증상으로 나타나는 동맥경화증 발병지수(atherogenic index : AI)로써 총콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤의 함량의 비로써 동맥경화증의 발병 가능성을 진단하여 성인병의 발병여부를 평가하고 있다. LTR-첨가사료의 부여가 AI에 미치는 영향을 비교하여 보면 Table 5와 같다. AI에 미치는 영향을 비교하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60부여그룹의 AI는 4.15±0.25, 4.06±0.32 및 2.47±0.15으로서 대조그룹의 AI(4.64±0.35 : 100%) 대비 각각 10.6%, 12.5% 및 46.8%로서 대조그룹에 비해 10~45%의 유의적인 AI의 감소효과가 인정되기 때문에 LTR-첨가사료의 부여는 성인병을 매우 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대된다.

(Table. 5) Effects of *Lentinus tuber-regium* on atherogenic index(AI) in serum of Cri/BgiCD IGS male rats for 4 weeks

	Control	LTR-10	LTR-30	LTR-60
Atherogenic index ^a	4.64±0.35 ^b	4.15±0.25 [*]	4.06±0.32 [*]	2.47±0.15 ^{***}
	100	89.4 ^c	87.5	53.2

LTR-10, LTR-30 and LTR-60 : *Lentinus tuber-regium* of 10, 30 and 60% as a carbohydrate source added to basic control diet; ^aAtherogenic index=[(Total cholesterol-HDL cholesterol)/HDL cholesterol]; ^bMean±SD with 7 rats per group; ^cPercent of control values; ^{*}p<0.05; ^{***}p<0.001 compared with control group;

나. 활성산소의 생성 억제효과

생체내에서 생성되는 활성산소는 오염과 공해, 흡연, 합성의약품, UV나 X-ray의 조사뿐만 아니라 체내 대사과정중에도 생성되는 것으로 알려져 있다. 이들 활성산소로 알려진 히드록시 라디칼($\cdot\text{OH}$), 수퍼옥시드 라디칼($\text{O}_2^{\cdot-}$), 과산화수소나 산화질소(NO) 같은 활성산소(ROS)는 매우 강력한 독성산소로서 생체내의 지질이나 단백질 및 핵산을 공격하여 폐기종, 성인병으로 알려진 혈관관련 질병, 노화, 암, 치매 같은 신경장해를 수반하고 있다(Choi et al., 7, 8; Singh et al., 47). LTR-첨가사료의 투여가 혈청중의 $\cdot\text{OH}$ 라디칼 및 $\text{O}_2^{\cdot-}$ 라디칼의 생성에 미치는 영향을 비교하여 보면 Table 6과 같다.

(Table. 6) Effects of *Lentinus tuber-regium* on reactive oxygen species formations in serum of Cri/Bgi CD IGS male rats for 4 weeks

Oxygen radical	Control	LTR-10	LTR-30	LTR-60
Hydroxyl radical				
$\cdot\text{OH}$ radical	3.57±0.17 ^a	3.40±0.27	3.41±0.16	3.21±0.10 [*]
	100	95.2 ^b	95.5	89.9
Superoxide radical				
$\text{O}_2^{\cdot-}$ radical	37.37±2.95 ^a	35.51±1.97	34.77±2.92	34.38±1.37
	100	95.0 ^b	93.0	92.0

LTR-10, LTR-30 and LTR-60 : *Lentinus tuber-regium* of 10, 30 and 60% as a carbohydrate source added to basic control diet; ^aMean±SD (nmol/mg protein) with 7 rats per group;

^bPercent of control values; ^{*}p<0.05 compared with control group.

·OH 라디칼의 생성에 미치는 영향을 비교하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 ·OH 라디칼의 생성량은 3.40 ± 0.27 , 3.41 ± 0.16 및 3.21 ± 0.10 nmol/mg protein으로서 대조그룹의 ·OH 라디칼의 생성량(3.57 ± 0.17 nmol/mg protein : 100%) 대비 각각 95.2%, 95.5% 및 89.9%로서 대조그룹에 비해 4.8%, 4.5% 및 10.1%로 나타나서 약간의 ·OH 라디칼의 생성 억제가 나타났지만, LTR-60투여그룹에서만 유의적인 ·OH 라디칼의 생성 억제효과가 인정되었다. Table 6에서 보는 바와 같이 LTR-첨가사료의 투여에 의하여 $O_2^{\cdot -}$ 라디칼의 생성 억제효과는 인정할 수 없었다. 이러한 사실은 LTR의 유효성분의 활성산소에 대한 작용점이 서로 다르다는 사실을 의미한다.

5. 산화적 스트레스의 평가

생체내의 지질성분이 히드록시 라디칼(·OH), 슈퍼옥시드 라디칼($O_2^{\cdot -}$), 과산화수소 같은 활성산소의 공격을 받아 산화될 때 생성되는 LPO는 강력한 세포독성 때문에 성인병과 노화의 지표 물질로 알려져 있다. 또한 이들 활성산소가 단백질이나 핵산성분을 공격하여 생성되는 산화단백질(oxidized protein : OP)이나 핵산산화물은 생체내에서 바람직하지 못한 여러 가지 증상을 일으키는 이들 활성산소 산화물들은 결국 노화를 촉진하는 것으로 밝혀지고 있다(Yagi, 51; Choi, 8; 9) 노화의 가장 중요한 학설로 밝혀진 〈Free Radical Theory〉을 비롯하여 최근 제안된 Yu(52), Yu 및 Yang(53)의 〈Oxidative Stress Theory〉에 따라 혈청 지질성분의 산화적 스트레스로서 과산화지질(lipid peroxide : LPO) 및 산화단백질(oxidized protein : OP)의 생성에 미치는 LTR투여효과를 비교하여 보면 Table 7과 같다.

(Table 7) Effects of *Lentinus tuber-regium*(LTR) on oxidative stress in serum of Cri/Bgi CD IGS male rats for 4 weeks

Oxidative stress	Control	LTR-10	LTR-30	LTR-60
Lipid peroxide				
LPO level	4.00±0.30 ^a	3.33±0.25 ^{**}	3.04±0.23 ^{***}	2.74±0.19 ^{***}
	100	83.3 ^b	76.0	68.5
Oxidized protein				
>C=O group	21.45±1.00 ^a	18.11±0.74 ^{**}	17.90±1.16 ^{**}	15.64±1.56 ^{***}
	100	84.4 ^b	83.4	72.9

LTR-10, LTR-30 and LTR-60 : *Lentinus tuber-regium* of 10, 30 and 60% as a carbohydrate source added to basic control diet; ^aMean±SD (nmol/mg protein) with 7 rats per group; ^bPercent of control values; *p<0.05 compared with control group.

먼저 LPO의 생성에 미치는 LTR투여의 영향을 비교하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여 그룹의 LPO의 생성량은 3.33±0.25, 3.04±0.23 및 2.74±0.19 nmol/mg protein으로서 대조그룹의 LPO의 생성량(4.00±0.30 nmol/mg protein : 100%) 대비 각각 83.3%, 76.0% 및 68.5%로서 대조그룹에 비하여 16.7%, 24.0% 및 31.5%의 매우 유의적인 LPO의 생성 억제효과가 인정되었다. 또한 OP의 생성에 미치는 LTR투여의 영향을 비교하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여 그룹의 OP의 생성량은 18.11±0.74, 17.79±1.16 및 15.64±1.56 nmol/mg protein으로서 대조그룹의 OP의 생성량(21.45±1.00 nmol/mg protein : 100%) 대비 각각 84.4%, 83.4% 및 72.9%로서 대조그룹에 비하여 15.6%, 16.6% 및 27.1%의 매우 유의적인 OP의 생성 억제효과가 인정되었

다. 따라서 아프리카 유용버섯(LTR)의 투여는 산화적 스트레스를 매우 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 기대된다. 이러한 사실은 전보(Choi et al., 11)와 거의 유사한 경향을 나타내고 있었다.

6. 제거효소의 활성 평가

활성산소의 생성 및 이들 활성산소의 공격에 의한 독성물질인 LPO 및 OP의 생성 등의 방어효소로서 수퍼옥시드 디스무티아제(SOD), 글루타치온 퍼옥시다아제(GSHPx) 및 카탈라아제(CAT) 등의 제거효소(scavenger enzymes) 등이 알려져 있다(Choi et al., 11 Singh, 47). 이들 활성산소 및 이들의 공격에 의하여 생성되는 산화생성물의 방어시스템으로 알려진 제거효소의 활성에 미치는 LTR투여효과의 영향을 비교하여 보면 Table 8과 같다.

SOD의 활성에 미치는 LTR투여의 영향을 비교하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 SOD의 활성은 1.69 ± 0.13 , 1.94 ± 0.14 및 2.00 ± 0.13 unit/mg protein으로서 대조그룹의 SOD의 활성(1.58 ± 0.10 unit/mg protein : 100%) 대비 각각 107.0%, 122.8% 및 126.6%의 활성 증가효과로서 대조그룹에 비해 각각 7.0%, 22.8% 및 26.6%의 상당히 유의적인 SOD의 활성 증가효과가 나타났지만, LTR-30%이상의 투여그룹에서 유의성이 인정되었다. GPx의 활성에 미치는 LTR투여의 영향을 비교하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여그룹의 GPx의 활성은 41.54 ± 1.31 , 41.43 ± 2.76 및 45.46 ± 1.46 unit/mg protein으로서 대조그룹의 GPx의 활성(40.75 ± 0.71 IU/g protein : 100%) 대비 각각 101.9%, 101.7% 및 111.6%의 활성 증가효과로서 대조그룹에 비해 LTR-60투여그룹에서만 약 12%의 유의적인 GPx활성의 증가효과가 인정되었다.

(Table 8) Effects of *Lentinus tuber-regium*(LTR) on scavenger enzyme activities in serum of Cri/Bgi CD IGS male rats for 4 weeks

Scavenger enzyme	Control	LTR-10	LTR-30	LTR-60
Superoxide dismutase(unit/mg protein)				
SOD	1.58±0.10 ^a	1.69±0.13	1.94±0.14 ^{***}	2.00±0.13 ^{***}
	100	107.0 ^b	122.8	126.6
Glutathione peroxidase (IU/g proetin)				
GPx	40.75±0.71	41.54±1.31	41.43±2.76	45.46±1.46 [*]
	100	101.9 ^b	101.7	111.6
Catalase (μmol/mg protein/min)				
CAT	1.12±0.06	1.12±0.11	1.23±0.11 [*]	1.30±0.13 ^{**}
	100	100.0 ^b	109.8	116.1

LTR-10, LTR-30 and LTR-60 : *Lentinus tuber-regium* of 10, 30 and 60% as a carbohydrate source added to basic control diet; ^aMean±SD with 7 rats per group; ^bPercent of control values; *p<0.05; **p<0.01; compared with control group.

한편 CAT의 활성에 미치는 LTR투여의 영향을 비교하여 보면 LTR-10, LTR-30 및 LTR-60투여 그룹의 CAT의 활성은 1.12±0.11, 1.23±0.11 alc 1.30±0.13 μmol/mg protein/min으로서 대조그룹의 CAT의 활성(1.12±0.06 μmol/mg protein/min : 100%) 대비 LTR-30 및 LTR-60투여그룹에서만 약 10~16%의 유의적인 활성 증가효과가 인정되었다. 따라서 LTR의 투여는 SOD, GSHPx 및 CAT같은 생체의 방어효소로서 활성산소(ROS) 제거효소의 활성을 상당히 효과적으로 증가시키기 때문에 생체내의 대사과정중에 생성되는 활성산소의 생성 및 그 산화적 스트레스를 매우 효과적으로 억제하여 노화를 효과적으로 방어할 수 있을 것으로 기대된다.

제 6 장 인 용 문 헌

1. Arafah, A., Abassy, M., Morcos, S., and Hussein L.(1980) : Nutritive quality of baladi bread supplemented with fish protein concentrate, green algae, or synthetic amino acids, *Cereal Chem.*, 57(1), 35-39
2. A.O.A.C.(1990) : Official methods of analysis, 15th, ed., Association of official analytical chemists, Washington, D.C.
3. Cappuccino, J. G. (1982) : Microbiology, a laboratory manual. Addison-Wesley Publishing Co. (California), 215 - 216
4. Chan PC and Bielski BHT (1974). Enzymes catalyzed free radical reactions with Zoberi MH(1972). Tropical macrofungi. Macmillian Press Ltd., London, pp. 158.
5. Chang, S. T. and T. H. Quimio (1982) Tropical Mushrooms The Chinese Uni. press, Hong Kong.
6. Chang, S. T.(1993) Mushroom biology. Mushroom biology and mushroom products. The Chinese university of Hong Kong. p. 3 - 7
7. Choi JH and Yu BP (1989). The effect of food restriction on kidney membrane structures of aging rats. *Age* 12, 133-136.
8. Choi JH (1991). Lipid peroxidation, aging and food restriction. *Kor. J. Biochem.*, 23(1), 61-70.
9. Choi JH, Kim JI, Kim IS, Choi JS, Byun DS and Yoon TH (1991). Dose-effect of brown algae(*Undaria pinnatifida*) on inhibitory action of obesity 1. Effect of brown algae on body weight, feed and gross efficiencys, metabolic body size. *Kor. J. Gerontol.* 1(2),168-172.
10. Choi JH, Park SH, Kim DI, Kim JM, Kim, CM and Kim GP (2001). Effects of edibl *Lentinus tuber-regium* on obesity and lipid metabolism of SD rats. *Korean J*

Micol. 29(1), 41-46.

11. Choi JH, Park SH, Kim DI, Kim JM, Kim, CM and Kim GP (2001). Effects of edible *Lentinus tuber-regium* on oxidative stress and defense system in serum of SD Rats. *Korean J Micol.* 29(1), 47-51.
12. Eliasson Ann-Charlotte, and Larsson Kare (1993): Cereals in Breadmaking. *Marcel Dekker, Inc.*, 161-183, 261-299, 325-362
13. Fasidi I.O., and Kadiri, M.(1995) : Toxicological screening of seven Nigerian mushrooms, *Food Chem.* 52, 419-422
14. Fasidi, I.O., and Ekuere, U.U. (1993) : Studies on *Pleurotus tuber-regium* (Fries) *singer*:cultivation, proximate composition and mineral contents of sclerotia. *Food Chem.*, 48, 255-258
15. Finney, P.L., Henry, S., and Jeffers, H. (1985) : Effect of Wheat variety, flour grinding, and egg yolk on whole wheat bread quality. *Cereal Chem.*, 62(3), 170-173
16. Grappelli. A.(1991) Metabolites production during the growth of *Lentinus* species on agricultural waste waters. *Mushroom Science* 13(2):717-720
17. Guy, E. (1984) : Evaluation of the bread-baking quality and storage storage of 12% soy-fortified wheat flour containing sweet cheese whey solids. *Cereal Chem.*, 61(2), 83-88
18. Haglund O, Luostarinen R, Wallin R, Wibell L and Saldeen T(1991) The effects of fish oil on triglyceride, cholesterol, fibrinogen and malondialdehyde in humans supplemented with vitamin E. *J. Nutr.* 121, 165-169.
19. Halliwell B and Gutteridge JMC (1981) Formation of a thiobarbituric acid reactive substance from deoxyribose in the persence of Iron salts. *FEBS Lett.*128, 347~350

20. Hongo, T.(1988) Fungi of Japan. Yama kei, co, p 75 - 125
21. Hwang, S.Y(1988) : Baking quality of flours and effect of oxidants, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 20(6), 890-894
22. Jong, S. C.(1993) Mushrooms as a source of natural flavor and aroma compounds. Mushroom biology and mushroom products. The Chinese university of Hong Kong. p. 345 - 366
23. Kadiri M., and Faside, I.O. (1990) : Variations in chemical composition of *Chlorophyllum molybditis* (Mayerex. Fr.) massee and *Pleurotus tuber-regium* (fries) during fruitbody development, *Nigerian Journal of science*. 24(1,2), 86-89
24. Kadiri, M., and Fasidi, I.O. (1990) : Studies on enzyme activities of *Pleurotus tuber-regium* (fries) singer and *Tricholoma lobayensis heim* at various fruitbody stage, *Die nahrung*, 34(8), 695-699
25. Kim Y.S. (1998) : Quality of wet noodle prepared with flour and mushroom power. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30(3), 1373-1380
26. Kim, Y.S., Ha, T.Y., Lee, S.H., and Lee, H.Y. (1997) : Properties of dietary fiber extract from rice bran and application in bread-making. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29(3), 502-508
27. Krishnan, P.G., Chang, K.C., and Brown, G. (1987) : Effect of commercial oat bran on the characteristics and composition of bread. *Cereal Chem.*, 64(1), 55-58
28. Lawrence RA and Burk RF (1978). Species, tissue and subcellular distribution of non Se-dependent glutathione peroxidase activity. *Lipid* 19. 444-452.
29. Levine RL, Garland D, Oliver CN, Amici A, Climent I, Lenz AG, Ahn B, Shaltiel S and Stadtman ER (1990). Determination of carbonyl content in oxidatively modified proteins. *Methods Enzymol.* 1986, 464-478.

30. Lee, Y.T., Seog, H.M., Cho, M.K., and Kim, S.S. (1996) : Physicochemical properties of Hull-less barley flours prepared with different grinding mills. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28(6), 1078-1083
31. Moore. D. and L. A carreltion (1985) Developmental biology of higher fungi. New York NY 10022, USA.
32. Navickis, L.L. (1987) : Corn flour addition to wheat flour doughs-effect on rheological properties. *Cereal Chem.*, 64(4), 307-310 (1987).
33. Noma A, Nakyama (1978) : Simultaneous determination of serum cholesterol in high and low density Clin Chem 24, 1504-1510
34. Oso, B.A. (1977) : *Pleurotus tuber-regium* from nigeria. *Mycologia*, 69(2), 271-279
35. Oyanagui Y (1984). Revaluation of assay methods and establishment of Kit for superoxide dismutase activity. *Anal Biochem* 42, 290-296.
36. Oso, B.A. (1995) : Mushrooms and the yoruba people of Nigeria. *Mycologia*, 67, 311-318
37. Park cs and Harrald RL. (1983) Eeffects of dietary protein and fiber on growth and selected cholesteral responses of Rat Ann nutab27 134-137
38. Pelshenke, P.(1930): Beitrage zur bestimmung der back fahigkeit von weizen und weizenmehlen. *Arch. Pflanzenbau*, 5, 108-151
39. Pinckney, A. J., Greenway W. T. and Zeleny Lawrence (1957): Further developments in the Sedimentation test for wheat quality. *Cereal Chem.*, 34, 16-25
40. Pomeranz, Y. (1971) : Wheat Chemistry and Technology, 2nd. Ed. Vol.III, 31-33
41. Pyler Ernst John (1988) : Baking Science & Technology, 3rd. Ed. Vol.2, 740-742
42. Rask, C. (1988) : The heat transfer in a convection oven-influence on some product characteristics. *Cereal Science and Technology in Sweden*, Lund University, 148,

43. Rigo A and Rotilio G (1977). Simultaneous determination of superoxide dismutase and catalase in biological materials by polarography. *Anal. Biochem.* **81**, 157-166.
44. Rhee, C., Bae, S.W., and Yang, H.C. (1983) : Studies on bread-baking properties of naked barley flour and naked barley-wheat flour blends. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 15(2), 112-117
45. Rognerud, G., Wilsher, B., Oybo, A.M., and Frolich, W. (1986) : Sensory and nutritional properties in one variety of Norwegian whole grain bread. *Cereal Chem.*, 63(3), 207-209
46. Shin, H.K., and Ryu, I.S. (1979) : Effect of particle size and packing density on the determination of grain protein by the infrared grain quality analyzer. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 11(2), 81-85 (1979)
47. Singh VA (1992). A current perspective on nutrition and exercise. *J. Nutr.* **122(3S)**, 760-765
48. Song, C. H. A (1987) synthetic medium for the production of submerged cultures of *Lentinus edodes*. *Mycologia* 79(6) :866-876
49. Watson, C.A., Carville, D., Dikeman, E., Daigger, G., and Booth, G.D. (1976) : Evaluation of two infrared instruments for determining protein content of hard red winter wheat. *Cereal Chem.*, 53, 214
50. Williams, P.C. (1975) : Application of near infrared reflectance spectroscopy to analysis of cereal grains and oilseeds. *Cereal Chem.*, 52, 561
51. Yagi K (1987). Lipid peroxides and human diseases. *Chemistry and Physics of Lipids* **45**, 337-351.
52. Yu BP (1996). Aging and oxidative stress : Modulation by dietary restriction. *Free Rad Biol. Med.* **21**, 651-668.
53. Yu BP and Yang R (1996). Critical evaluation of free radical theory of aging : A

- proposal of oxidative stress hypothesis. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **786**, 1-11.
54. Zeleny, L. (1974) : A Simple sedimentation Test for Estimating the Bread- Baking and Gluten Qualities of Wheat Flour. *Cereal chem.*, **24**, 467-475
55. Zoberi MH (1973). Some edible mushrooms from Nigeria. *Nigerian Field* **38**, 81-90.
56. 김광욱, 김상숙, 성내경, 이영춘 (1993) : 관능검사 방법 및 응용. 신광출판사
57. 고정삼: 식품가공학. (1994) 광일문화사, 66-72
58. 안재범 (1993) : 식빵의 품질에 미치는 lactic Acid Bacteria의 영향. 고려대학교 석사논문
59. 이선자 (1976) : 복합분에 의한 제빵에 있어서 첨가제의 영향. 연세대학교 석사논문
60. 이철호, 이진근, 채수규(1994) : 식품공업품질관리론. 유림문화사
61. 최현욱, 조재영, 함영수, 조장환 (1975): 소맥품질검정방법. 작물 개량 연구 사업소. 83~115
62. 홍행홍 (1998) : 제과제빵 이론. 한국인력관리공단, 111-167 (1998)

제 7 장 요약

아프리카 중부지역에서 야생되는 *Lentinus tuber-regium*을 수집하여 균주 특성, 배양적 특성, 균핵체 형성환경, 대량생산등에 관한 시험을 실시한결과 비닐פות트 재배에 의하여 다수확이 가능하고 고온성 임으로 난방비 등이 적게 소요된다.

본버섯은 곡류(쌀, 밀)와 성분이 유사하고 주성분은 Proten이 22%, 탄수화물70%, crude fiber 7.4% 정도였다.

균핵체 분말은 밀가루와 혼합하여 제빵시에는 수분 흡수율 침전값, 호화성, 점성 등에서 유화제 SS1 첨가 이용 함으로써 제빵이 양호하게 될 수 있다.

또한 반죽시 현탁액을 점도계로 측정하여 SSL을 소량 첨가함으로써 호화개시온도 최고점도, 등을 개선 할수 있어서 제빵 원료로서 양호하고 기호도가 높았다.

기능성 효과로서는 균핵체 분말에 대한 동물실험 결과 체중증가율이 낮아서 비만억제 다이어트 식품으로서 전망이 높았다.

균핵체 분말을 섭식시킨 Rat는 중성지방 (TG)가 적고 총 콜레스테롤 함량을 감소시킴과 동시에 HDL을 감소시켰음으로 성인병 만성 퇴행성 질환 억제 효과가 있었다. 또한 동맥 경화지수 (AI)를 낮추고 활성산소 (ROS)를 감소시켜서 건강 식품으로서의 개발이 가능할 것으로 본다.

더욱이 산화적 스트레스 (OS) 예방 및 활성산소를 억제 할수 있는 효소의 생성을 촉진하는 기능을 가지고 있다. 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. *L. tuber-regium*의 최적 배지는 PDA등 4종이고 군사배양 최적온도는 26~32℃이며 최적 산도(PH)는 5.0~7.0이다.
2. 균주 보존 최적온도는 1~5℃이고 0℃이하에서의 보존은 군사생장이 늦고 기형버섯이 형성 될 수 있다.
3. 군사체의 5대 이상 계대 배양시에는 군사생장이 늦기 때문에 균핵체의 조직분리에 의한 군사체 이용이 유리하다.
4. 우량 균주로서는 PTR-1, PTR-7, PTR-9등이 수량이 높고 품질도 우수 하였다.

5. 균핵체 (Sclerotia)형성 최적 온도는 24~27℃이고 배지의 최적 수분 함량은 66~69%가 좋다.
6. 균핵체 형성용 배지재료로서는 폐쇄, 벚짳, 톱밥배지에 쌀겨 20% 또는 밀기울 20% 첨가 이용시 가장 우수 하였다.
7. 재배법으로서는 비닐포트에 사질양토를 첨가한 포트재배법이 다수확 재배법으로서 가장 우량하다.
8. 군사생장시 요구되는 탄소원으로서는 Fructose, Mannose, Cellobiose등이 가장 우량하다.
9. 균핵체의 주요 영양원으로서는 Lipid 1.6%, protein 22%, 탄수화물 76%, 조섬유가 7.4%이다.
10. 균핵체의 무기원소로서는 K, Na, P, Ca등이 있고 이는 자실체에서 보다 그 함량이 높았다.
11. 입자 크기 분석에서 밀가루는 150 μ m 또는 75~106 μ m범위에 속했으며, 버섯분말의 입자크기는 38 μ m에서 850 μ m까지 분포되어 150 μ m이하에서는 64%를 차지하였다.
12. Mixograph에 의한 반죽 특성은 밀가루는 수분 흡수율이 65.0%, 버섯분말은 69.0%로 증가하였고 반죽형성시간은 3.9분으로 나타났다.
13. Sedimentation test에서 밀가루만을 측정할 침전가는 58.2cc로 가장 높았으며, 밀가루에 버섯분말의 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다.
14. 버섯분말의 첨가에 따른 Pelshenke value를 보면 대조구가 121.5분 걸리는데 비하여, 첨가량이 증가함에 따라 시간이 단축되어 버섯분말 10% 첨가구는 117.1분이었다.
15. Amylograph에 의한 반죽의 호화 특성은 버섯분말을 첨가한 밀가루의 호화 개시온도가 66℃로 대조구과 동일하다가 10% 첨가구에서 70℃로 높아져 버섯분말은 밀가루내의 전분 호화를 지연시켰다.
16. 버섯분말을 0~10% 첨가하여 빵을 만드는 동안의 발효손실은 버섯분말의 첨가량이 증가할수록 증가하고 굽기손실은 감소하였다.
17. 비체적은 버섯분말 첨가구는 대조구와 유사한 값을 보였으며 6% 이상의 첨가구에서는 첨가량이 증가할수록 비체적이 감소하는 경향을 나타내었다.

18. 표피색은 버섯분말을 첨가할수록 색이 균일하게 갈색을 띄지 않고 백색 부분에 많이 나타나 L값을 증가시켰으며 내부색은 버섯분말을 증가시킬수록 밀가루만으로 만들어진 빵보다 누런 색을 띄었다.
19. 버섯분말 첨가량이 증가할수록 응집성은 떨어졌고, 씹힘성과 겹성 그리고 경도는 높아졌다.
20. 버섯분말을 첨가하여 제조한 빵을 외부 특성으로 부피, 표피색, 외형균형, 표피 특성과 내부 특성 등 전반적인 기호도를 기준으로 하여 실시한 관능검사 결과로 종합적인 기호도를 보면 8~10% 까지 첨가하여도 기호성이 좋았다.
21. 경도는 4℃와 25℃에서 저장하는 동안에 4℃에서의 저장이 25℃의 저장보다 빠른 경도의 증가를 볼수 있었고 버섯 분말 첨가량이 증가할수록 경도 및 노화도를 증가시켰다.
22. 버섯분말을 이용하여 국수를 만들어 본 결과 수분첨가량을 조정하였을 때 국수의 제조가 가능하였다.
23. 곡물 탄수화물 대신에 버섯 균핵체 분말로 10~60% 정도 Rat에 대체 투여한 결과 OH(hydroxyl) radical, H₂O₂(Hydrogen peroxide) 및 NO(Nitric oxide)의 생성 억제 효과가 있어서 스트레스 방어체계의 억제 효과가 있었다. 그러나 O₂(Superoxide) radical의 억제 효과는 없었다.
24. 산화적 스트레스 요인인 LPO(Lipid peroxide)의 생성을 억제 시켰고 SOD (Superoxide dismutase) 활성 증가 효과가 있었다.
25. 곡물 탄수화물 대신에 본 버섯 균핵체 분말을 50%정도 대체 투여시 가축의 사료로서 우량하고 비만을 억제 시킬수 있다.
26. 균핵체는 동맥 경화지수(AI:Atherogenic index) 8~13% 경감시켰고 TG (Triglyceride) 및 LDL (저밀도 리포단백 콜레스테롤)의 감소효과가 있었다.