

GOVP1199803294

제3차년도  
최종보고서

631.56  
L 2932  
V.3

# 청결영양미 생산을 위한 미곡 도정기계의 개발

Development of Rice Mill Machinery  
for the Production of the Clean and Enriched Rice

1997. 12. 30.

연구기관  
전남대학교 농과대학

농림부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “청결영양미 생산을 위한 미곡 도정기계의 개발”의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 12. 30.

주관연구기관명 : 전남대학교 농과대학

총괄연구책임자 : 교 수 정 종 훈

세부연구책임자 : 교 수 유 수 남

선임연구원 : 교 수 이 양 봉

선임연구원 : 교 수 최 영 수

연구원 : 농학 박사 김 기 복

## 요 약 문

### I. 제 목 : 청결영양미 생산을 위한 미곡도정기계의 개발

### II. 연구개발의 목적 및 중요성

현재 임도정공장, 정부미 도정공장, 미곡종합처리장, 위탁영농회사에서 양질미를 생산하기 위해서 완패스정미기 및 연미기를 사용해 청결미를 생산하여 시판하고 있으나 실제로 이들 쌀이 색미가 적고 수율이 높으며 씻지 않고 취반할 정도로 고품질의 청결미가 아니므로 이들 도정기계의 성능 평가, 성능 개선 및 개발이 절실히 요구되고 있다. 또한 백미에 부족한 영양소로 생기는 질병을 예방하고자 필수 아미노산, 비타민, 미네랄 등의 영양소를 첨가한 청결영양미 즉, 양질미를 생산하여 우리 쌀의 부가가치와 국제 경쟁력을 높일 수 있는 청결영양미 제조시스템의 개발이 절대적으로 필요한 실정이다. 이에 본 연구에서는 청결영양미 생산을 위해서 고성능의 완패스정미기, 대형 연미기 그리고 영양미 제조시스템을 개발하고자 하였다.

### III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구의 연구개발 내용 및 범위는 1) 국산 연미기의 성능을 평가하고 문제점을 구명한다. 2) 청결미제조기로서 최신 완패스정미기를 설계하고 개발한다. 3) 개발된 완패스 정미기의 성능을 평가하고 국내외 정미기와 비교 분석한다. 4) 청결미제조기로서 대형 연미기를 개발한다. 5) 백미, 현미, 청결미, 영양강화미, 흑미 및 향미의 영양소 성분을 비교분석한다. 6) 청결영양미의 생산을 위한 영양미 제조시스템을 개발한다. 7) 벼, 현미, 청결미, 영양미의 활성화와 연속건조를 위한 연속식 원적외선 건조기를 개발한다.



## SUMMARY

I. Subject: Development of Rice Mill Machinery for the Production of the Clean and Enriched Rice

### II. Purpose and Importance of This Study

Small and large private rice mills and rice processing complexes have been producing clean rice using one-pass rice whiteners and rice polishers. However, the quality of their rice was not enough as clean rice in milled rice recovery, head rice recovery, whiteness, cleanliness and other quality. Hence, the performance evaluation, improvement and development of rice mill machinery was necessarily required to produce the high quality of rice such as the clean rice. Also, rice mill machinery to produce enriched rice added with amino acids, vitamins, minerals, is required to increase rice value and international competitive power. Therefore, it was required to develop an one-pass rice whitener with high performance, a rice polisher of large size, and rice mill machinery producing enriched and nutritious rices.

### III. Contents and Range of This Study

The contents and the range of this study were followings:

- 1) It was to test and evaluate the domestic rice polishers.
- 2) It eas to develop a rice polisher of large size with high performance.
- 3) It was to develop the one-pass rice whitener with hard metal blades.
- 4) It was to develop rice mill machinery to produce enriched and nutritious rices.

- 5) It was to develop a continuous drying system using far-infrared rays to dry enriched rice, clean rice and parboiled rice.

#### IV. Results of Study and Their Application Plan

##### 1. Results of Study

- 1) The performance of domestic rice polishers was evaluated and their problems were investigated.
- 2) New one-pass rice whitener with high performance was designed and developed as a machine to produce clean rice.
- 3) The performance of the developed one-pass rice whitener was evaluated, improved and compared with other rice whiteners.
- 4) A rice polisher of large size was developed to produce the clean rice.
- 5) The nutrients of white rice, brown rice, clean rice, enriched rice, black rice, etc were analyzed and compared with one another. 6) Rice mill machinery to produce enriched and nutritious rices were developed.

##### 2. Application Plan

- 1) It is to spread out the developed one-pass rice whienter with hard metal blades. The one-pass rice whitener was industrialized and installed in some rice mills.
- 2) It is to hand over the improved techniques on the existing rice polishers to the manufacturers of rice mill machinery and to industrialize the developed rice polisher of large size.
- 3) It is to hand over the techniques on the production of enriched and nutritious rices to the manufacturers of rice mill machinery and to industrialize the developed rice mill system.

# CONTENTS

CHAPTER 1	INTRODUCTION .....	1
Section 1	Necessity and State of Study .....	1
1.	Background of Study .....	1
2.	Necessity of Study .....	2
3.	Technical State at Home and Abroad .....	5
Section 2	Purpose and Range of Study .....	7
1.	Preface .....	7
2.	Purpose of Study .....	8
3.	Progress Chart of Study .....	12
CHAPTER 2	EVALUATION AND IMPROVEMENT OF RICE POLISHER PERFORMANCE .....	15
Section 1	Preface .....	15
Section 2	Literature Review .....	17
1.	Domestic Technical State .....	17
2.	Foreign Technical State .....	18
Section 3	Materials and Method .....	19

- 1. Performance Evaluation and Improvement of Small-Size Rice Polisher ..... 19
- 2. Performance Evaluation and Improvement of Medium-Size Rice Polisher ..... 24
- Section 4 Results and Discussion ..... 25
  - 1. Performance Evaluation and Improvement of Small-Size Rice Polisher ..... 25
  - 2. Performance Evaluation and Improvement of Medium-Size Rice Polisher ..... 35
- Section 5 Conclusion ..... 51
  - 1. Performance Evaluation and Improvement of Small-Size Rice Polisher ..... 51
  - 2. Performance Evaluation and Improvement of Medium-Size Rice Polisher ..... 53

**CHAPTER 3 DEVELOPMENT AND PERFORMANCE EVALUATION OF LARGE-SIZE RICE POLISHER ..... 57**

- Section 1 Preface ..... 57
- Section 2 Materials and Method ..... 59
  - 1. Design and Manufacture of Large-Size Rice Polisher ..... 59

2. Performance Evaluation of Large-Size Rice Polisher .....	64
Section 3 Results and Discussion .....	66
1. Manufacturing and Characteristics of Large-Size Rice Polisher .....	66
2. Performance Evaluation of Large-Size Rice Polisher .....	69
3. Performance Improvement of Large-Size Rice Polisher .....	74
Section 4 Conclusion .....	77

CHAPTER 4 DEVELOPMENT AND PERFORMANCE OF ONE-PASS RICE WHITENER WITH HARD METAL BLADES .....	80
Section 1 Preface .....	80
Section 2 Literature Review .....	81
1. Rice Whitener of Abrasive Type .....	81
2. Rice Whitener of Frictional Type .....	82
3. One-Pass Rice Whitener .....	83
Section 3 Materials and Method .....	84
1. Development of One-Pass Rice Whitener with Hard Metal Blades .....	84
2. Tests of Performance Improvement of the One-Pass Rice Whitener .....	86

3. Performance Analysis of the One-Pass Rice Whitener .....	86
Section 4 Results and Discussion .....	91
1. Development of the One-Pass Rice Whitener with Hard Metal Blades .....	91
2. Results and Discussion on Performance Tests of the One-Pass Rice Whitener .....	94
Section 5 Conclusion .....	111

CHAPTER 5 DEVELOPMENT AND PERFORMANCE EVALUATION OF RICE MILL MACHINE TO PRODUCE THE CLEANED AND ENRICHED RICE .....		113
Section 1 Preface .....		113
Section 2 Literature Review .....		114
1. State of Domestic Study .....		114
2. State of Foreign Study .....		115
Section 3 Materials and Method .....		117
1. Nutrition Analysis of Rices .....		117
2. Design of Rice Mill Machine to Produce the Cleaned and Enriched Rice .....		121

3. Development and Performance Evaluation of the Rice Mill Machine .....	122
4. Development of Nutrition Solution .....	124
5. Development of Continuous Drying System with Far-Infrared Ray .....	124
6. Sub-Facility of Manufacturing System for the Cleaned and Enriched Rice .....	127
Section 4 Results and Discussion .....	129
1. Nutrition Analysis of Rices .....	129
2. Design of the Rice Mill Machine for the Cleaned and Enriched Rice .....	136
3. Development and Performance Evaluation of the Rice Mill Machine for the Cleaned and Enriched Rice	143
4. Manufacturing of Proper Nutrition Solution .....	149
5. Development and Application of the Continuous Drying System Using Far-Infrared Ray .....	150
6. Quality Analysis of the Enriched Rice .....	155
Section 5 Conclusion .....	163
1. Nutrition Analysis of Rices .....	163
2. Development and Performance Evaluation of the Rice Mill System for the Cleaned and Enriched Rice	163

**CHAPTER 6 EXPECTED OUTCOME AND APPLICATION PLAN ..... 165**

Section 1 Expected Effect ..... 165

    1. Technical Effect ..... 165

    2. Economical Effect ..... 165

    3. Influential Effect ..... 167

Section 2 Affect on Farmers and End-Users ..... 169

Section 3 Application to Agricultural Policy of Government .. 170

Section 4 Industrialization with Technique Transfer ..... 171

Section 5 Applicable Possibility in Developing Next Techniques ..... 171

**< LITERATURE REVIEW > ..... 172**

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
제 1 절 연구의 필요성 및 현황 .....	1
1. 연구배경 .....	1
2. 연구의 필요성 .....	2
3. 국내외 기술현황 .....	5
제 2 절 연구목표 및 범위 .....	7
1. 서 언 .....	7
2. 연구목표 .....	8
3. 연구진도표 .....	12
제 2 장 연미기의 성능평가 및 성능개선 .....	15
제 1 절 서 언 .....	15
제 2 절 연 구 사 .....	17
1. 국내 기술 현황 .....	17
2. 국외 기술 현황 .....	18
제 3 절 재 료 및 방 법 .....	19
1. 소형 연미기의 성능평가 및 성능개선 .....	19

2. 중형연미기의 성능평가 및 성능개선 .....	24
제 4 절 결과 및 고찰 .....	25
1. 소형 연미기의 성능평가 및 성능개선 .....	25
2. 중형연미기의 성능평가 및 성능개선 .....	35
제 5 절 결론 .....	51
1. 소형 연미기의 성능평가 및 성능개선 .....	51
2. 중형 연미기의 성능평가 및 성능개선 .....	53
제 3 장 대형 연미기의 개발 및 성능평가 .....	57
제 1 절 서 언 .....	57
제 2 절 재료 및 방법 .....	59
1. 대형 연미기(청결미제조기)의 설계 및 제작 .....	59
2. 청결미제조기의 성능평가 .....	64
제 3 절 결과 및 고찰 .....	66
1. 청결미제조기의 제작 및 특징 .....	66
2. 청결미제조기의 성능평가 .....	69
3. 청결미제조기의 성능개선 .....	74
제 4 절 결 론 .....	77

제 4 장 초경완패스정미기의 개발 및 성능평가 .....	80
제 1 절 서 언 .....	80
제 2 절 연구사 .....	81
1. 연삭식 정미기 .....	81
2. 마찰식 정미기 .....	82
3. 완패스 정미기 .....	83
제 3 절 재료 및 방법 .....	84
1. 초경 절삭식 완패스정미기의 개발 .....	84
2. 완패스 정미기의 성능개선실험 .....	86
3. 완패스 정미기의 성능분석 .....	86
제 4 절 결과 및 고찰 .....	91
1. 초경 절삭식 완패스정미기의 개발 .....	91
2. 정미기의 성능실험 결과 및 고찰 .....	94
제 5 절 결론 .....	111
제 5 장 청결영양미 제조기의 개발 및 성능평가 .....	113
제 1 절 서 언 .....	113
제 2 절 연구사 .....	114
1. 국내의 연구동향 .....	114
2. 외국의 연구동향 .....	115

제 3 절	재료 및 방법	117
1.	쌀의 영양성분 분석	117
2.	청결영양미 제조기의 기초설계	121
3.	청결영양미 제조기의 개발 및 성능평가	122
4.	영양액 개발	124
5.	연속식 원적외선 건조시스템의 개발	124
6.	청결영양미 제조시스템의 부속설비	127
제 4 절	결과 및 고찰	129
1.	쌀들의 영양성분 분석	129
2.	청결영양미 제조기의 기초설계	136
3.	청결영양미 제조기의 개발 및 성능평가	143
4.	적정 영양액 제조	149
5.	연속식 원적외선 건조시스템의 개발 및 활용방안	150
6.	영양미의 품질분석	155
제 5 절	결 론	163
1.	쌀 종류별 영양성분 분석	163
2.	청결영양미 제조시스템의 개발 및 성능평가	163
제 6 장	기대성과 및 활용방안	165
제 1 절	기대효과	165
1.	기술적 측면	165

2. 경제적 측면 ..... 165

3. 파급효과 ..... 167

제 2 절 농가 및 소비자에게 미치는 영향 ..... 169

제 3 절 정부 농업정책에의 활용 ..... 170

제 4 절 기술 이전을 통한 산업화 ..... 171

제 5 절 2단계 기술개발에 활용 가능성 ..... 171

< 참고문헌 > ..... 172

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구의 필요성 및 현황

### 1. 연구배경

현재 우리 나라에서는 식생활의 변화로 쌀의 1인당 소비량이 점차 줄어들고 있으며 또한 깨끗한 良質米를 선호하고 있다. 특히 국가경제의 발전과 더불어 개인 소득이 증가하고 농산물의 수입 개방이 이루어짐에 따라 소비자의 기호에 알맞는 良質米 생산이 절실히 요구되고 있다. 이에 미질의 품질을 저하시키는 입도정공장의 낙후된 도정 시설은 개선 및 대체되어야 하며 쌀의 미질 개선을 위해서 새로운 도정기계의 개발이 필요한 실정이다. 이와 같은 良質米 생산을 위해서 이미 일본, 미국 및 유럽 국가에서는 '無水洗米' 또는 '水晶米' 또는 '強化米'라고 칭하여 일반화되었으며 이밖에 유통미들도 상품 가치를 높이고 소비자가 편리하게 炊飯할 수 있도록 研米機, 완패스精米機 등의 清潔米 製造機 등을 개발하여 良質米를 생산하고 있다. 현재 국내에서도 외국의 완패스精米機 및 研米機들을 모방하여 보급하고 있으나 외국산에 비해 그 性能면에서 뒤떨어지고 그 기계에 대한 性能 評價도 제대로 이루어지지 않고 있다. 이같은 국산 도정기계들을 사용하여 최근에는 입도정공장, 위탁영농회사, 정부미 도정공장 그리고 米穀綜合處理場에서 清潔米를 생산하고 있으나 쉐미 등이 많이 발생하여 수율이 떨어지고 이들 清潔米들은 炊飯시 물로 씻겨지고 있다. 이들 清潔米가 또다시 씻겨지는 근본적 이유로는 습관적인 관습도 있겠지만 국내 완패스정미기 및 研米機등의 清潔米 製造機의 性能이 뒤떨어져 미곡의 청결 상태가 좋지 않기 때문이다.

현재 고가로 보급되고 있는 완패스정미기 및 研米機에 대한 性能 시험 및 기술개발이 절대적으로 필요함에도 불구하고 이들 기계에 대한 운용 책자 및 性能 시험에 대한 자료 조차도 없는 실정이다. 따라서 정말로 씻지 않고 먹을 수 있는 清潔米를 생산할 수 있는 완패스정미기 및 연미기 등의

도정기계의 개발이 절실히 요구된다. 이같은 청결미제조기들이 개발된다면 洗米시 발생하는 식량 및 영양소 손실 방지, 하천 오염 방지, 상수도물 절약, 炊飯시간 절약 및 저장성 향상의 효과를 얻을 수 있다. 또한 清潔米는 약 12분도 정도로 가공되므로 이에 필수아미노산, 미네랄, 비타민 등의 영양소가 매우 부족하다. 이에 이미 외국에서는 營養米(또는 강화미:enriched rice)로서 清潔米에 필요한 영양소를 첨가한 清潔營養米를 생산하여 시판하고 있다. 따라서 우리 쌀의 국제 경쟁력을 높이고 영양가 높은 清潔米를 생산하는 도정기계의 개발이 국가적 차원에서 절대적으로 요구되고 있으며 전국의 임도정공장, 위탁영농회사, 정부미 도정공장 그리고 米穀綜合處理場에서 清潔營養米를 생산할 수 있는 도정기계의 필요성을 절실히 느끼고 있는 실정이다.

## 2. 연구의 필요성

### 가. 기술적 측면

우루과이 라운드에 대비하여 국제 경쟁력을 높이고 良質米를 생산하기 위해서 최근에 전국 농협에 60여개의 米穀綜合處理場을 건립하였으며 400여개의 정부미 도정공장에서도 부분적으로 米穀綜合處理場으로 전환하고 있다. 이들 米穀綜合處理場이나, 정부미 도정공장 및 임도정공장에서는 최신 도정 설비를 설치하여 良質米 즉 清潔米를 생산하고 있으나 그 清潔米를 생산하는 완패스정미기 및 研米機의 성능에 많은 문제점이 제기되고 있다. 특히 국내에서 도정 기계를 생산하는 많은 업체들이 매우 영세해서 완패스정미기 및 研米機의 성능 개선에 관한 연구를 하지 못하고 겨우 외국 제품을 모방하고 있는 실정이다. 그러한 예로 몇개의 업체에서 완패스정미기 및 研米機를 생산하고 있지만 사용 책자(매뉴얼) 그리고 기계들의 성능 시험에 관한 자료도 없이 시판되고 있는 실정이다. 따라서 대부분의 도정 공장이나 米穀綜合處理場에서는 외국산 제품의 도정기계들을 선호하여 설치하고 있는 실정이다. 그리고 모든 米穀綜合處理場이나 도정공장에서 완패스정미기 및 研米機를 사용하여 清潔米를 생산한다고 선전하고 있지만 과연 씻지 않고 먹을 수 있을 정도의 깨끗한 쌀인가에 대해서는 모두다 회의적 반응을 보이고

있다. 이에 하루빨리 국내에서 사용되고 있는 완패스정미기 및 碾米機의 성능을 평가하고 정말로 씻지 않고서 炊飯할 수 있는 청결미제조기를 개발해야 한다.

국산 완패스정미기는 연삭부와 마찰부로 구성되어 있는데 연삭부에 있는 연삭들의 불균일성과 사용시간 경과에 따른 연삭기능의 약화로 말미암아 미립들의 얼룩현상, 미립의 온도상승 등으로 미질이 좋지 않다. 이에 연삭들 대신에 세라믹 또는 초경과 같은 소재를 사용해 만든 칼날로 미강을 깎는 절삭식 완패스정미기의 개발이 요구된다.

특히 碾米機에는 건식과 습식이 있는데 이들의 장단점을 구명하여 적정의 혼합형 碾米機를 개발, 생산해야 한다. 또한 습식 碾米機에서는 물 분사량과 물을 분사해 주는 노즐의 位置, 形態 및 性能 特性에 따라 미립에 묻은 분진의 제거에 많은 영향을 미치므로 이에 대한 연구도 절실히 필요한 실정이다. 따라서 습식 碾米機의 노즐 特性을 구명하고자 물 분무 미립자의 特性을 컴퓨터를 이용한 영상 처리 시스템을 사용하여 분석함으로써 적정 노즐을 선정하고자 한다. 특히 습식 碾米機에서는 노즐에서 분사되는 물 미립자가 쌀의 함수율에 따라 적정 분무량으로 균일하게 적정 크기로 분무되어 쌀의 함수율에 영향을 주지 않으면서 미립의 분진을 자동으로 세척할 수 있도록 되어야 한다. 또한 碾米機에서 냉각된 적정 속도의 공기를 사용하여 미립으로부터 미강과 분진을 제거할 수 있는 碾米機의 개발이 절실히 요구되고 있다.

이같이 개발된 완패스정미기 및 碾米機를 통해 생산된 清潔米는 현미에 비해서 단백질, 비타민, 미네랄 등의 영양소가 많이 부족하여 이 清潔米를 계속적으로 섭취하면 비타민A 등의 영양소가 결핍하여 beriberi병 등의 성인병을 생기게끔 한다. 따라서 국외에서는 백미에 부족한 영양소를 가미하거나 코팅하여 清潔營養米를 생산하고 있으나 국내에서는 전혀 清潔營養米를 생산하지 못하고 겨우 이제야 清潔米를 생산하려고 하고 있다. 이제는 하루빨리 농산물의 개방과 국제화에 부응하여 국제 경쟁력을 높이고 良質米를 생산하기 위해서 높은 영양소를 함유한 清潔營養米를 생산할 수 있는 도정 기계를 개발해야 할 것이다.

#### 나. 경제적 측면

현재 米穀綜合處理場의 도정 공장이나 정부의 도정 공장에서는 清潔米를 생산하기 위하여 고가의 精米機 및 研米機를 수입하여 설치하거나 국내의 업체에서 제작된 완패스정미기 및 研米機를 설치하고 있다. 현재 일제의 완패스정미기는 약 8,000만원 이상이며 研米機는 약 2,000만원이고, 국산 완패스정미기는 약 2,000천만원, 국산 연미기는 약 1,200만원 이상의 고가의 기계 들임에도 불구하고 良質米를 생산하기 위해서 완패스정미기 및 연미기를 설치하여 清潔米를 생산하고 있다. 그러나 국내에서는 이러한 정미기 및 研米機의 성능 구멍이 제대로 되어 있지 않으며, 생산된 清潔米도 물로 씻지 않고 炊飯할 정도의 깨끗한 고품질의 쌀이 되지 못하고 있다. 특히, 현재 2,000여대 이상의 研米機가 전국에 보급되어 사용되고 있는 바 이는 약400억 이상의 시설 투자가 清潔米 생산을 위해서 研米機 구입에 투입되었으나 국내 研米機의 性能 미비로 인하여 이들 상당수의 研米機가 외국산이 차지하고 있다.

이에 우리 쌀에 적합한 정미기 및 研米機를 개발하고 清潔米에 부족한 영양소를 가미하는 도정 기계, 즉 清潔營養米 製造機를 개발함으로써 다음과 같은 경제적 효과를 얻을 수 있다.

- 1) 性能이 우수한 국산 정미기 및 研米機가 개발됨으로써 외국산 도정 기계의 수입 대체 효과를 올릴 수 있다. 즉, 매년 각각 200대 이상의 수입 정미기 및 研米機를 국산 정미기 및 研米機로 대체함으로써 매년 100억원 이상의 수입 대체 효과를 올릴 수 있다. 또한 清潔營養米 製造機의 수입 대체로 말미암아 최소한 매년 100억 이상의 수입 절감 효과를 가져올 수 있다.
- 2) 현재의 清潔米들은 다시 4~5번씩 씻어 炊飯함으로써 상수도 물의 낭비 및 洗水의 환경오염, 노동력 소요 등을 야기하고 있는 바 정말로 씻지 않고서 炊飯할 수 있는 위생적인 清潔米를 생산함으로써 수도물의 절약, 환경오염 방지, 炊飯시 노동력 및 炊飯시간 절감 등의 효과를 얻을 수 있다. 이 중에서도 수도물의 경제적 절감 효과는 엄청나리라 생각된다. 현재 우리 나라에서 매년 약 600만 톤을 소

비하고 있는 바 이에 소요되는 상수도 물도 약 3,600만톤 이상(약 6 배)으로 생활 하수의 환경오염을 가중시키고 있는데 이같은 오염을 방지하고 식수를 절약함으로써 커다란 경제적 이익을 가져올 수 있다.

- 3) 淸潔米에 부족한 영양소를 가미하여 淸潔營養米를 생산함으로써 별도의 영양제를 섭취할 필요가 없어서 개인의 가계나 국가적 경제 측면에서 큰 도움이 될 뿐 아니라 우리 쌀의 국제 경쟁력 강화로 수입 쌀의 소비를 억제하고 우리의 良質米 소비를 증대시켜 우리 농민의 소득 증대와 더불어 쌀 수입으로 인한 국가적 경제 손실을 막을 수 있다.

#### 다. 사회적 측면

淸潔米에 부족한 영양소를 첨가하여 부가가치가 높은 淸潔營養米를 생산함으로써 주식으로서 백미를 주로 섭취하여 발생하는 질병을 예방하여 우리 국민의 건강을 드높일 수 있으며 우리 쌀의 국제 경쟁력을 강화할 수 있다. 특히 농민들은 우리 쌀에 대한 자부심과 긍지를 가지게 되어 생산을 확대함에 따라 이농현상을 막으며 휴경 농지를 줄여 우리에게 필요한 식량의 자급자족을 꾀할 수 있다.

### 3. 국내의 기술현황

#### 가. 국내 기술 현황

현재 국내의 4~5개의 영세 도정기계업체에서 일체의 정미기 및 연미기를 모방하여 생산하여 시판하고 있으나 이들 기계에 대한 性能 시험 및 性能 評價에 대한 자료가 전혀 없는 상태이다. 따라서 일반 도정 공장이나 농협의 米穀綜合處理場의 淸潔米들도 性能 시험을 거치지 않은 정미기 및 研米機에서 생산되고 있으며 우리의 국민들도 淸潔米가 아주 깨끗한 良質米라 생각하고 있는 바 이들 淸潔米에 대한 위생적 품질 검사와 정미기 및 研米

機들의 性能 검사 및 개선이 절실히 要求되고 있다. 또한 淸潔米 즉, 백미에는 많은 營養소가 결핍되어 있어 일부에서는 광택이나 색깔보다는 營養가에 초점을 맞추어 현미쌀을 섭취하여 성인병을 예방 및 치료하고 있다. 이에 외국에서처럼 우리의 淸潔米에 營養소를 가미하여 淸潔營養米를 생산할 수 있는 道정기계의 개발이 절대적으로 要求된다.

국내 道정 기술의 기술적 수준을 살펴보면 다음과 같다.

우리 나라의 정미 작업은 米곡의 가공에 있어 道정수율과 完全米 수율 그리고 쌀의 품질에 영향을 주는 중요한 공정으로 道정 공장에 따라 다소 차이는 있으나 일반적으로 연삭식 정미기 1-2대와 磨擦식 정미기 1-3대로 구성되어 있다. 이러한 과정을 거쳐 나온 쌀은 표면에 묻어 있는 미강과 이물질이 완전히 제거되지 못한 상태이다. 이에 계속되는 淸潔米 생산 공정은 道정된 백미를 碾米機에 투입하여 백미 표면의 미강, 미분립 혹은 다른 이물질을 제거하는 공정이다. 이때 사용되는 碾米機에는 건식과 습식이 있는데 건식은 부러쉬 등을 사용하여 쌀 표면의 미강과 이물질을 털어 주는 形態이나 닦아주는 재료가 많이 소모되어 불편한 점이 있는 반면, 습식은 투입구에서 안개와 같은 소량의 물 입자를 분무하여 백미의 표면을 가수(加水)시켜 준다. 표면이 흡습된 백미는 碾米機 내부에서 쌀 입자간의 磨擦과 강한 흡입 공기의 와류로 표면의 이물질의 완전한 제거는 물론 광택을 내는 기능을 가져야 하는데 아직까지 국내 기계들은 문제점이 많다. 자동으로 물이 분무되어 미강과 이물질을 제거하고 냉각된 공기가 적정 속도로 흡입되어 분진, 미강, 磨擦열 등을 제거하고 수분은 증가되지 않도록 되어야 함에도 불구하고 이에 대한 연구 개발이 전혀 없어서 미질이 우수한 淸潔米를 생산하지 못하고 있는 실정이다.

#### 나. 國외 기술 현황

일본은 오래전부터 깨끗하고 윤기 있는 쌀 즉, 淸潔米를 생산하기 위해서 完패스정미기 및 碾米機를 개발하여 생산하고 있다. 근래에는 기존의 碾米機를 보완하고 습식 碾米機 또는 연식 洗米器 등을 개발하여 종래의 碾米機에 비해 미강과 미분립이 잘 제거하여 광택이 높은 淸潔米를 생산하고 있다.

또한 생산된 清潔米에 부족한 영양소를 가미하여 清潔營養米를 생산하고 있다. 일본에서 생산되는 清潔營養米는 씻지 않고 바로 물을 부어 炊飯할 수 있는 깨끗한 쌀로서 소포장되어 점차로 그 소비가 증대되고 있으며, 미국에서도 이러한 清潔營養米가 개발되어 널리 보급되고 있는 실정이다.

일본식 습식 研米機는 보통 시간당 3~4톤이며 소요 동력은 40마력이고, 축 회전수는 약 850~900 RPM 정도이고, 길이는 가공실만 약 120 cm 정도이다. 습식 研米機의 상부에 있는 호퍼에서 백미가 투입되고 관으로 된 축속에 물을 분사하는 노즐과 압축 공기를 넣어 줄 수 있는 노즐이 함께 장착되어 있다. 외부에는 콤퓨레샤, 물 필터, 공기 필터 및 수량계가 설치되어 있다. 또한 습식 研米機 안에는 강한 흡입용 송풍기를 설치하여 이물질을 제거할 수 있도록 되어 있다. 일제 기계에 비해 국산 습식 研米機는 투입구에 가수식이 있어 2개의 가수용 특수 롤러가 장착되어 있으며 일정량의 물을 공급할 수 있도록 되어 있으나 적정 물의 양, 분무입자 크기, 물의 온도, 研米機 내부의 압력 등의 研米機 性能에 대한 연구가 전혀 안된 상태이다.

## 제 2 절 연구목표 및 범위

### 1. 서 언

우리 쌀의 국제경쟁력을 높이고 소비자의 기호를 충족시킬 수 있는 良質米를 생산하기 위해서 기존 搗精機械를 개선하여 性能이 우수한 清潔米 製造機와 清潔營養米 製造機를 개발하고자 한다. 清潔米를 생산하기 위해서 보급된 외제 研米機들도 여전히 문제점들을 안고 있으며, 국산의 완패스정미기 및 研米機들은 性能 檢事도 거치지 않아서 더욱더 많은 문제들을 야기하

며 사용되고 있다. 이에 기존의 완패스정미기 및 碾米機 사용에 따른 문제점들을 구체적으로 파악하여 우리 실정에 알맞는 清潔米 製造機를 개발, 보급하고자 하며 나아가서 백미인 清潔米에 부족한 영양소들을 첨가하는 清潔營養米 製造機를 개발하고자 하였다.

따라서 기존 완패스정미기 및 碾米機들의 문제점을 파악하고자 정미기 및 碾米機의 性能 實驗을 실시하고 생산된 쌀의 清潔 狀態를 조사 분석하고자 하였다. 현재 완패스정미기의 문제점은 많은 쏘미와 동할미의 발생과 소요동력의 과다이다. 또한 碾米機의 대표적인 문제점으로는 롤러축의 높은 회전수, 쌀의 清潔 狀態 不良, 물의 자동 분무장치 미비, 겨울철에 분무관의 凍結現狀, 물의 분사량 과다, 노즐 위치 불량, 노즐 형태 및 크기 부적절, 연미기내의 높은 내부압력 및 쌀 온도상승, 碾米機 소재 불량, 분풍 및 흡입 공기량 부적절, 정미의 함수율에 비례한 물 분무량 조절 불가, 물 분무 입자의 크기 및 불균일성 등을 들 수 있다. 이같은 문제점들을 해결하고자 완패스정미기 및 연미기 의 清潔米 製造機를 새로 개발하며 나아가서 영양소를 가미하는 清潔營養米 製造機를 개발하고자 하였다.

## 2. 연구목표

### 가. 1차년도 연구목표

본 연구의 1차년도 연구개발 목표는 다음과 같았다.

- 1) 연미기의 성능을 평가하고 문제점을 구명한다.
- 2) 청결미제조기로서 최신 완패스정미기를 설계하고 개발한다.
- 3) 개발된 완패스 정미기의 성능을 구명하고 국내외 정미기와 비교 분석한다.
- 4) 백미, 현미, 청결미, 영양강화미, 흑미 및 향미의 영양소 성분을 분석한다.

5) 청결영양미 제조기의 개발을 위해 기초 설계를 한다.

(1) 세부과제별 연구목표

(가) 청결미 제조기의 개발 및 성능평가

- ① 국산 연미기의 성능을 평가하고 문제점을 구명한다.
- ② 외제 연미기의 구조를 분석하고 성능을 평가한다.
- ③ 국내 청결미의 성분검사와 품질검사를 실시한다.
- ④ 연미기의 성능개선을 위한 도정실험을 실시한다.
- ⑤ 청결미 제조기의 하나로써 최신 완패스 정미기를 개발한다.

(나) 청결영양미 제조기의 개발 및 성능평가

- ① 백미에 부족한 영양소를 구명하기 위해 화학적 성분을 분석한다.
- ② 현미, 청결미, 미국의 영양강화미, 중국의 흑미 및 향미의 영양 성분을 분석한다.
- ③ 청결영양미 제조기의 개발방향 설정 및 기초설계를 실시한다.
- ④ 청결영양미 제조기의 분사시스템을 설계한다.

나. 2차년도 연구목표

고품질의 청결영양미를 생산하기 위해 국산 도정기계의 성능을 평가하고 문제점들을 구명한 후, 고성능의 완패스정미기, 연미기 등의 청결미제조시스템, 영양미 제조시스템 등의 미국 도정기계들을 개발하고자 하였다.

본 연구의 2차년도 목표는 다음과 같았다.

- 1) 국산 완패스정미기가 이론적으로 설계, 제작되지 않고 그 성능이 낮으며 국내외 정미기에 대한 성능구명이 제대로 되어 있지 있음. 이에 고성능의 절삭식 완패스정미기를 개발한다.
- 2) 청결미 제조기인 국내외 연미기에 대한 성능평가가 전혀 없었어 이 들 기계에 대한 성능구명, 성능개선, 고성능의 연미기를 개발한다.

3) 백미에 부족한 영양소를 첨가한 고품질의 청결영양미를 대량으로 생산할 수 있는 영양미 제조시스템을 개발한다.

(1) 세부과제별 연구목표

(가) 청결미제조기의 개발 및 성능평가

- ① 기존 연미기에 대한 성능실험을 실시함으로써 성능을 평가하고 문제점을 파악하여 이미 보급된 연미기들의 성능향상을 위한 개선책을 제시하여 기존 연미기의 활용도를 높인다.
- ② 기존 연미기의 성능결과 및 문제점을 기초로 새로운 고성능의 청결미제조기를 설계하고 개발한다.
- ③ 개발한 청결미제조기에서 주요 성능변수인 가수량, 금망의 형태, 출구저항 등을 고려하여 개발된 청결미제조기의 성능을 평가한다.

(나) 청결영양미제조기의 개발 및 성능평가

- ① 청결영양미제조기의 트럼볼(trumbol), 영양액 분사부, 구동부, 혼합부, 본체, 제어부 등을 설계하고 제작하여 개발한다.
- ② 백미, 현미, 흑미 등의 영양성분과 미국 영양강화미의 생산표준 기준을 기초로 영양액(premix)을 제조 개발한다.
- ③ 개발된 영양미제조기의 성능을 평가하고자 영양미의 성분을 분석한다.

다. 3차년도 연구목표

우리 쌀의 국제경쟁력을 높이고 소비자의 기호를 충족시킬 수 있는 청결영양미를 생산하기 위해, 2차년도에 제작한 清潔米製造機와 營養米製造機의 성능을 개선하고 향상시키며 관련된 도정시스템을 제작하여 청결영양미 제조시스템을 최종 개발하고자 하였다.

3차년도의 연구개발 목표는 다음과 같았다.

- 1) 국내에서 많이 사용되고 있는 한 중형연미기의 성능을 평가하고 문제점을 구명하며 개선대책을 제시한다.

**대한민국회도서관장서**

- 2) 제작한 연미기의 성능을 개선시켜 최종적으로 청결미 제조시스템을 완성 개발한다.
- 3) 영양미를 생산하기 위한 적정 영양액을 개발한다.
- 4) 제조된 영양미를 건조시키고 활성화된 고품질 쌀 생산을 위해서 연속식의 원적외선 건조시스템을 개발한다.
- 5) 백미 및 현미의 영양가, 저장성, 미질 및 도정수율을 향상시키기 위해서 파아보일 가공공정과 원적외선 건조방법을 도입하여 그 품질을 분석함으로써 최종적으로 청결영양미를 생산한다.

### 3. 연구진도표

#### 가. 1차년도 연구진도표

구 분	연구 개발 기간												진도 (%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
연구 개발 내용														
1. 청결미제조기의 개발 및 성능평가														
1) 자료 조사	-----													100%
2) 연미기의 구조분석		-----												100%
3) 기존 연미기의 성능분석 및 성능평가			-----											100%
4) 외제 연미기의 성능평가				-----										100%
5) 국내 청결미의 품질검사					-----									100%
6) 연미기의 성능개선 실험						-----								100%
7) 청결미 제조기의 개발방향 설정							-----							100%
8) 청결미 제조기(완패스정미기)의 설계								-----						100%
9) 청결미 제조기(완패스정미기)의 개발									-----					100%
10)청결미 제조기(완패스정미기)의 성능실험										-----				100%
11)청결미 제조기(완패스정미기)의 성능분석											-----			100%
12)청결미 제조기(완패스정미기)의 성능평가												-----		100%
13)중간보고서													-----	100%
2. 청결영양미 제조기의 개발 및 성능평가														
1) 자료 조사	-----													100%
2) 백미에 부족한 영양소 구명(조사)		-----												100%
3) 청결영양미 제조기의 개발방향 설정				-----										100%
- 외국 영양강화미 제조시스템 분석					-----									100%
- 미국 영양강화미의 영양소 분석						-----								100%
- 국내 청결미의 영양소의 분석							-----							100%
- 현미의 영양소의 분석								-----						100%
- 중국 흑미 및 향미의 영양소 분석									-----					100%
4) 청결영양미 제조기의 기초설계										-----				100%
5) 영양액 분사시스템의 기초설계											-----			100%
6) 중간 보고서												-----		100%
총 진 도 율	----->												100%	

나. 2차년도 연구진도표

내 용	연구 개발 기간												진 도 (%)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
1. 청결미 제조기의 개발 및 성능평가															
1) 자료조사															100%
2) 제조기의 기초 설계															100%
3) 제조기 본체 설계 및 제작															100%
4) 제조기 마찰부 설계 및 제작															100%
5) 제조기 가수부 설계 및 제작															100%
6) 제조기 처리별 성능 실험															100%
7) 제조기 성능 평가 및 품질검사															100%
2. 청결영양미 제조기의 개발 및 성능평가															
1) 자료조사 및 기초설계															100%
2) 영양미 제조기 설계 및 제작															100%
3) 영양액 제조 및 분사시스템의 제작															100%
4) 청결영양미 제조기의 성능실험															100%
5) 청결영양미 제조기의 성능평가															100%
6) 연차보고서															100%
총 진 도 (%)															

다. 3차년도 연구진도표

내용 및 범위	추진 일정												진도 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>1. 청결미 제조기의 개발 및 성능평가</b>													
자료 조사 및 분석	■												
시작기의 구조 변경		■											
기존 연미기의 성능 실험 및 평가			■										
시작기의 처리별 성능개선 실험				■									
시작기의 성능평가					■								
청결미의 품질검사							■						
최종 보고서											■		
<b>2. 청결영양미 제조기의 개발 및 성능평가</b>													
자료조사	■												
적정 영양액 개발 및 시스템보완		■											
영양미 건조시스템 설계 및 제작			■										
영양미 건조시스템 개발 및 실험				■									
청결영양미 제조시스템 성능평가							■						
최종보고서											■		
<b>사업진도 (%)</b>		25		50		75		100					100

## 제 2 장 연미기의 성능평가 및 성능개선

### 제 1 절 서 언

우리 쌀의 국제 경쟁력을 높이고 고품질의 양질미를 생산하기 위해서 현재 전국적으로 미곡종합처리장을 설치하고 있다. 이에 청결미를 생산하기 위해서 미곡종합처리장의 도정시설의 필수기계로 연미기를 수입하거나 또는 국내에서 제작하여 설치하고 있다. 그러나 이들 연미기의 성능구명이 제대로 되지 않은채 무조건 연미기를 통과한 쌀들을 청결미로 규정하여 생산하여 시판하고 있는 실정이다. 이에 사용되고 있는 연미기들의 성능 평가와 이들 기계에서 생산되는 쌀들의 품질검사가 절대적으로 시급한 실정이며, 이같은 연구를 기초로 연미기의 성능을 개선시키고 우리 쌀에 적합한 연미기를 개발하여 국산화하여야 할 것이다.

현재 국내에서 생산되는 碾米機는 대원산업, 영일, 북성기업, 보천산업, 명진, 동광 등에서 주로 생산되어 시판되고 있으며 외국제품으로는 사다계, 도요 등의 碾米機가 수입되고 있다. 국내에서 생산되는 대부분의 碾米機들은 소형으로 겨우 외제 碾米機를 모방한 상태이며 독자적으로 연구 개발하지 못해서 외국기계에 비해 성능 면에서 매우 뒤떨어지고 있다. 특히 요즈음에는 米穀綜合處理場이나 정부미 도정공장에서 시간당 3~5톤을 처리할 수 있는 碾米機가 필요하나 국내에서는 겨우 영일, 대원산업, 북성기업 등에서만 공급하고 있는 실정이며 그들 기계의 성능 역시 외국 碾米機에 비해 훨씬 뒤떨어지고 있다. 이같은 주된 원인은 碾米機에 대한 연구 개발 및 성능 평가에 대해서 투자를 하지 않고서 생산 및 공급에만 치중하여 왔기 때문이며, 碾米機의 중요 소재인 롤러축 부분의 재료 재질면에서도 낙후되어 있어서 강도 높은 롤러의 소재 개발이 시급하다. 그리고 롤러축의 회전수, 금망의 형태, 碾米機의 가수실에서 물의 분무 방법, 노즐의 形態, 물의 분무량, 분무 입자 크기, 물의 온도 등이 중요하며, 碾米機의 미강제거 공정부에서는 스크



## 제 2 절 연 구 사

### 1. 국내 기술 현황

현재 국내의 4~5개의 영세 도정기계업체에서 일제의 研米機를 모방하여 생산하여 시판하고 있으나 이들 기계에 대한 성능 시험 및 성능 평가에 대한 자료가 전혀 없는 상태이다. 따라서 일반 도정 공장이나 농협의 米穀綜合處理場의 清潔米들도 성능 시험을 거치지 않은 研米機에서 생산되고 있으며 우리의 국민들도 清潔米가 아주 깨끗한 良質米라 생각하고 있는 바 이들 清潔米에 대한 품질 검사와 研米機들의 성능 검사 및 개선이 절실히 요구되고 있다. 국내 도정 기술의 기술적 수준을 살펴보면 다음과 같다.

우리 나라의 정미 작업은 미곡의 가공에 있어 도정수율과 완전미수율 그리고 쌀의 품질에 영향을 주는 중요한 공정으로 도정 공장에 따라 다소 차이는 있으나 일반적으로 연삭식 정미기 1-2대와 마찰식 정미기 1-3대로 구성되어 있다. 이러한 과정을 거쳐 나온 쌀은 표면에 묻어 있는 미강과 이물질이 완전히 제거되지 못한 상태이다. 이에 계속되는 清潔米 생산 공정은 도정된 백미를 研米機 또는 清潔米 製造機에 투입하여 백미 표면의 미강, 미분립 혹은 다른 이물질을 제거하는 공정이다. 이때 사용되는 研米機에는 건식과 습식이 있는데 건식은 부러쉬 등을 사용하여 쌀 표면의 미강과 이물질을 털어 주는 形態이나 닦아주는 재료가 많이 소모되어 불편한 점이 있는 반면, 습식은 투입구에서 안개와 같은 소량의 물 입자를 분무하여 백미의 표면을 가수(加水)시켜 준다. 표면이 흡습된 백미는 研米機 내부에서 쌀 입자 간의 마찰과 강한 흡입 공기의 와류로 표면의 이물질의 완전한 제거는 물론 광택을 내는 기능을 가져야 하는데, 아직까지 국내 기계들은 많은 양을 가수하고 쉐미를 발생시키는 등 여러가지 문제점을 야기하고 있다. 자동으로 물이 분무되어 미강과 이물질을 제거하고 냉각된 공기가 적정 속도로 흡입되어 분진, 미강, 마찰열 등을 제거하고 수분은 증가되지 않도록 되어야 함에도 불구하고 이에 대한 연구 개발이 전혀 없어서 쉐미와 동할이 적은 고품질의 清潔米를 생산하지 못하고 있는 실정이다.

## 2. 국외 기술 현황

일본은 오래전부터 깨끗하고 윤기 있는 쌀 즉, 清潔米를 생산하기 위해서 건식 및 습식 研米機를 개발하여 생산하고 있다. 근래에는 기존의 研米機를 보완하고 습식 研米機 또는 연식 洗米器 등을 개발하여 종래의 研米機에 비해 미강과 미분립이 잘 제거되고 광택효과도 높아 清潔米 생산에 많이 이용하고 있다. 또한 생산된 清潔米에 부족한 영양소를 가미하여 清潔營養米를 생산하고 있다. 일본에서 생산되는 清潔營養米는 씻지 않고 막바로 물을 부어 炊飯할 수 있는 깨끗한 쌀로서 소포장되어 점차로 그 소비가 증대되고 있으며, 미국에서도 이러한 清潔營養米가 개발되어 널리 보급되고 있는 실정이다.

일본식 습식 研米機는 보통 시간당 3~4톤이며 소요 동력은 40마력이고, 축 회전수는 850~900 RPM 정도이고, 길이는 가공실만 약 120 cm 정도이다. 습식 研米機의 상부에 있는 호퍼에서 백미가 투입되고 관으로 된 축 속에 물을 분사하는 노즐과 압축 공기를 넣어 줄 수 있는 노즐이 함께 장착되어 있다. 외부에는 콤퓨레샤, 물 필터, 공기 필터 및 수량계가 설치되어 있다. 또한 습식 研米機 안에는 강한 흡입용 송풍기를 설치하여 이물질 제거할 수 있도록 되어 있다. 일제 기계에 비해 국산 습식 研米機는 투입구가 가수식이 있어 2개의 가수용 특수 물러가 장착되어 있으며 일정량의 물을 공급할 수 있도록 되어 있으나 물러축의 회전수, 분무방법, 물의 분무량, 분무입자 크기, 물의 온도, 연미기 내부의 압력, 금망의 각도 등의 研米機 성능에 대한 연구가 전혀 안된 상태이다.

## 제 3 절 재 료 및 방 법

### 1. 소형 연미기의 성능평가 및 성능개선

#### 가. 국산 소형 연미기의 구조분석

본 연구기관에 설치된 국산 소형 연미기(사진 2-1)를 분해하여 구조적 특성을 분석하였다. 롤러의 직경, 롤러와 금망과의 간격, 금망의 슬롯 크기, 방향 및 각도, 롤러의 돌기 수, 미강 흡입용 팬의 성능, 노즐의 종류, 분무펌프, 물 분사장치 형태, 물탱크의 여과장치 종류, 모터동력, 처리능력 등을 분석하였다.

#### 나. 국산 소형 연미기의 성능평가

본 연구기관에 설치된 국산 연미기(시간당 1.6 톤 처리능력)의 성능평가를 위해서 처리능력, 생산된 쌀의 백도, 완전립율, 동할율, 쌀의 수분변화도, 노즐의 시간당 물 분무량, 물 분무 입자의 크기 및 균일성, 정백실내의 내부압력, 롤러축 회전수 등을 실험을 통하여 분석하였다.

쌀의 백도는 Kett C-300의 백도계를 사용해 측정하였으며, 쌀의 함수율은 Kett 전기저항식 수분계를 사용해 측정하였다. 완전립율과 동할율은 수작업을 통해 조사하였으며 완전립율은 총 백미중 온전한 정상립의 3/4 이상이 되는 미립의 비율로 정의하여 조사하였다. 특히 연미기의 노즐에서 분사되는 물 미립자의 특성을 구명하기 위해서 컴퓨터를 이용한 영상처리 시스템을 개발하였다(사진 2-2). 개발된 영상처리 시스템으로 감수지에 채취된 노즐 분무입자의 크기, 수 및 균일도를 조사하였다(사진 2-3). 연미기의 성능개선을 위해서 연미기에 원료가 들어올 때만 물이 자동으로 분사되도록 하였다.

국산 연미기의 내부압력을 측정하기 위해서 압력센서(50AB/HP, 50PSIA; 약 3.45기압) 1개를 금망의 중앙부에 설치해 분동의 위치(4가지 수준)에 따라 내부압력을 조사하였다. 그리고 센서를 금망 중앙부의 상부에 그 다음엔

하부에 설치하여 금망 상단부와 하단부에서의 압력차이를 조사하였다. 그리고 나서 연미기 축 방향의 위치에 따라 압력차를 조사하기 위해 축 방향에 따라 3개의 압력센서를 설치하였다(사진 2-4). 이때 압력센서의 정확도(accuracy)는  $\pm 0.5\%$  이었고, 작동 온도범위는  $-1\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 71\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로서 온도 보정이 자동으로 되도록 되어 있어서 곡은 상승에 의한 오차는 염려할 필요가 없었다. 또한 정백실내의 순간적인 압력변화를 정확히 측정하기 위해서 증폭기(Thorn EMI Datatech LTD, SE 1054)와 빛 감각용 오실로그래프를 사용해 내부압력 측정실험을 실시했다(사진 2-5).

연미기 롤러축의 회전수는 타코미터(G Cussoms, p4743)로 정확하게 측정하였다. 그리고 씻가루 등이 제거된 청결미를 생산하기 위해서 연미공정 후에 자력선별기를 설치하였고, 자외선 형광등의 살균장치를 설치하였다. 또한 미곡종합처리장에 설치된 국산 연미기의 성능을 조사하고자 이들 기계로부터 생산된 청결미의 완전립율, 동할율, 백도, 배아미의 비율 등을 조사하였다.

#### 다. 외제 연미기의 성능평가

미곡종합처리장의 도정공장에 설치된 일제 사다케 연미기의 성능을 평가하고자 구조 및 특징을 분석하였고 이 연미기를 통해 생산된 쌀의 특성을 구명하였다. 사다케 연미기의 주된 특징은 금망의 슬롯 방향이 국산 슬롯과 달리 쌀의 배출방향이 진행방향의 역방향으로 되어 있어 쌀이 연미기내에서 국산보다 더 오래 머물러 있도록 설계되어 있으며 노즐의 물 분무입자가 매우 미세하였다. 그리고 일제 연미기에서 생산된 쌀의 백도, 쇄미율, 동할율, 배아미 비율 등을 분석하였다.

#### 라. 국산 연미기의 성능 개선 및 성능평가

##### (1) 국산 연미기의 롤러회전수가 성능에 미치는 영향 분석

(가) B사 연미기의 롤러축 회전수를 950 rpm과 850 rpm에서 연마실의 내부압력과 품질을 분석하였다. 내부압력은 스트레인게이지형 압력센서(50AB/HP,  $3.5\text{ kg/cm}^2$ ) 사용하였다.

- (나) 센서신호는 증폭기(Thorn EMI Datatech LTD, SE1054)로 증폭하였다.
  - (다) 센서신호는 오실로스코프로 사용하여 모니터링하고 저장하였다.
  - (라) 롤러축의 회전수는 타코미터(G Cussoms, p4743)를 사용해 측정하였다.
- (2) 연미기의 출구저항이 내부압력과 쇄미율, 백도에 미치는 영향을 분석함.
- (가) 출구저항은 추의 위치 변화에 따른 추의 회전모멘트로 표시하였다.
  - (나) 쇄미: 정상립의 3/4이상(완전립)이 되지 않는 미립으로 정의하였다.
  - (다) 백도는 kett C-300의 백도계를 사용하여 측정하였다.
- (3) 연미기에서 가수 여부가 연마실의 내부압력, 쇄미율, 동할율, 백도에 어떤 영향을 미치는 가를 실험을 통해 분석하였다.

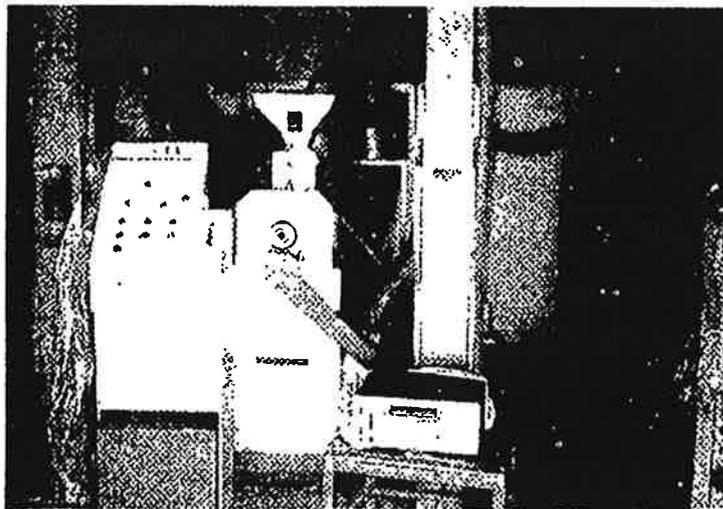


사진 2-1. 전남대학교 농과대학 도정공장에 설치된 연미기

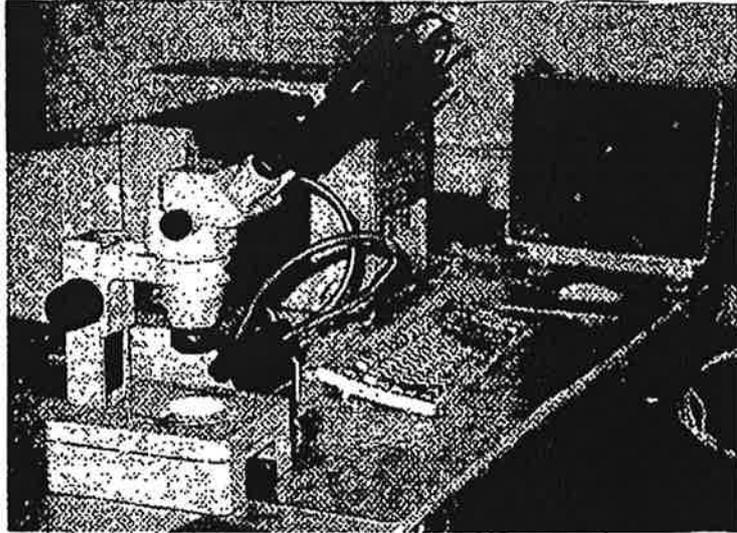


사진 2-2. 연미기 노즐의 분무입자를 분석하기 위해 사용한 컴퓨터 영상처리 시스템

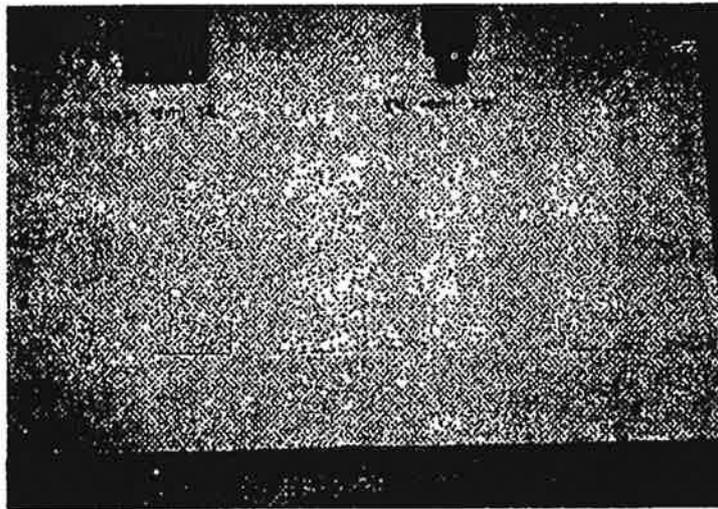


사진 2-3. 국산연미기와 외제 연미기의 노즐 분무입자 분석

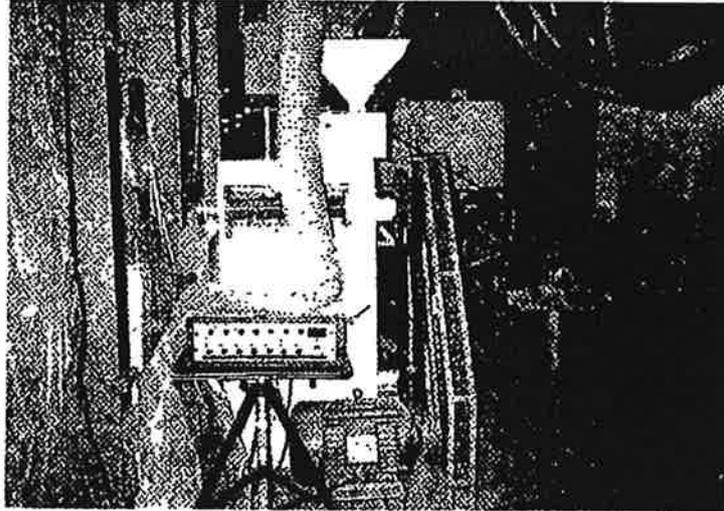


사진 2-4. 연미기의 내부압력을 측정하기 위해 압력센서를 설치함

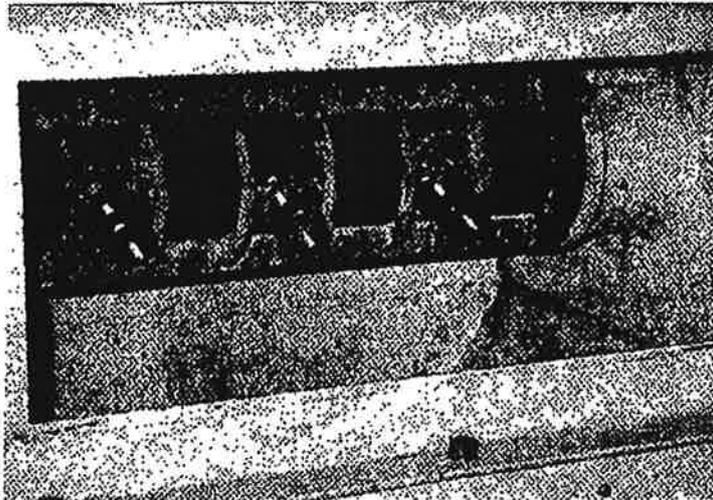


사진 2-5. 연미기의 내부압력 측정을 위한 계측장치

## 2. 중형연미기의 성능평가 및 성능개선

### 가. 중형 연미기의 성능평가

기존 중형 국산 연미기(2.4톤/시간)의 성능에 대한 자료가 없고 문제점을 파악하고자 성능평가 실험을 실시하였다. 이에 롤러축 회전수가 950 rpm인 중형 국산연미기에서, 가수량과 연마실 출구저항 그리고 시료의 함수율이 쇄미율, 백도, 연마실 내부압력에 미치는 영향을 분석하였다. 쇄미율, 백도, 그리고 연마실의 내부압력 측정은 앞에서 사용한 방법을 그대로 사용하였다. 시료의 함수율은 17.5%와 15%의 두 수준에서 실험을 하였고, 가수량은 출구부분에서 0, 70, 150, 220 cc/min 수준에서, 그리고 입구에서 150 cc/min 출구부에서 0 또는 200 cc/min의 수준에서 실험을 실시하였다. 출구저항은 각각의 가수량 처리에서 4.5와 7.4 kg.cm의 두 수준에서 실험을 실시하였다.

### 나. 중형 연미기의 성능개선

중형 연미기의 성능을 개선하고자 롤러축의 회전수 950rpm을 800rpm과 650rpm에서 변화시키면서 가수량과 출구저항이 연미기의 성능에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 각각의 롤러축 회전수에서 가수량 0, 150, 220 cc/min의 세수준과 각각의 가수량에서 출구저항 4.5, 7.4, 12.0 kg.cm의 세수준에서 성능실험을 실시하였다.

## 제 4 절 결과 및 고찰

### 1. 소형 연미기의 성능평가 및 성능개선

#### 가. 소형 연미기의 구조분석

본 연구기관에 설치한 국내 A사의 처리능력이 1.6 톤/시간이고 소요동력이 20 마력인 연미기를 분해하여 구조적 특징을 살펴본 결과 다음과 같았다.

- (1) 연미기 롤러 축의 회전수를 측정한 결과 무부하시에는 950rpm, 부하시에는 약 940rpm으로 나타났다. 반면에 일제 연미기는 축 회전수가 약 850rpm에서 작동되도록 되어 있었다.
- (2) 연미기의 롤러에서 약 10mm의 돌기 2개가 설치되어 이 부분이 회전하면서 정백실내에 높은 압력을 야기하였다. 롤러의 돌기와 금망과의 간격이 약 10mm로 제작되어 있었다.
- (3) 연미기 금망(screen)의 슬롯(slot)방향은 쌀의 진행방향(순방향)으로 되어 있어서 쌀이 정백실내에 머무는 시간을 줄였으나, 일제 사다케 연미기의 금망은 이와 반대로 금망의 슬롯 방향들이 쌀의 진행방향과 역방향으로 되어 있어서 쌀이 정백실에 오래 머무르도록 제작되어 있었다.
- (4) 연미기의 롤러 축 길이는 103cm, 금망의 길이 50cm, 슬롯 하나의 길이는 14.8mm이고 폭은 1.25mm이었으며, 슬롯간의 간격은 5.45mm, 그리고 슬롯의 각도는 순방향(\) 23.5° 를 나타내었다. 금망의 형태는 8각형으로 되어 있었다.
- (5) 본 연미기에는 2.25gal/h의 노즐이 설치되어 있으며, 물분무량이 약 140cc/min 에서 사용하도록 되어 있었다. 단지 노즐에서 물을 분사시켜 주기 때문에 골고루 섞이지 않아 쌀이 멍치는 현상이 있었다. 또한 물 자동 분사장치가 설치되어 있어서 연미기 투입부에 쌀이 없는 경우에는 자동으로 물이 분사되지 않도록 되어 있었다.

- (6) 본 연미기의 물탱크에는 동파를 막는 열처리 장치가 없었으며, 위생 살균장치도 없었다. 물 여과장치로는 25 $\mu$ m의 여과필터가 물탱크에 설치되어 있다.
- (7) 연미기의 롤러 축이 수작업으로 제작되어 있어서 롤러 축 표면의 다듬기 정도가 좋지 않았다. 즉, 롤러 축의 가공이 제대로 되어 있지 않았다.

#### 나. 소형연미기의 성능평가

본 연구기관에 설치된 소형연미기의 성능을 분석하고자 성능실험을 통해 얻은 결과는 다음과 같았다.

- (1) 소형연미기에 설치된 노즐의 성능을 분석하고자 노즐분무실험을 한 결과, 분무용량이 2.25gal/h이고 수압이 9기압인 상태에 노즐에서 분무된 시간당 실제 최대 분무량은 124cc/min이었다. 그리고 개발된 컴퓨터 영상처리 시스템을 사용하여 노즐의 분무 입자크기를 조사하였는 바, 국내 A사의 물 분무입자 크기는 86~97 $\mu$ m이었고, 일제 사다케 연미기의 공기혼합(air mix) 노즐에서는 그 입자크기가 30 $\mu$ m 이하로 균일하게 아주 미세하였다. 이때, 물 분무입자는 감수지를 사용하여 노즐끝 20cm 위치에서 일정한 조건으로 채취하도록 하였다.
- (2) 소형연미기는 분무용량이 2.25gal/h인 노즐을 사용하였으나 본 실험에서는 분무용량이 2.0, 2.25, 2.5, 3.0, 5.0gal/h인 5개의 노즐에서 실 분무량과 분무입자의 크기를 조사한 결과 표 2-1과 같았다. 이때 실험시 물의 분무압력은 노즐 끝 10cm전에서 측정하여 수압을 9기압으로 하였고, 노즐 끝 20cm에서 분무입자들을 일정 조건에서 감수지로 채취하였다.

표 2-1. 노즐 종류별 분무량 및 분무입자 크기

구분 노즐용량(gal/h)	실 분무량 (cc/min)	분무입자 크기 ( $\mu\text{m}$ )	지시계 눈금 (cc/min)
2.0	103	77 ~ 92	105
2.25	124	86 ~ 97	125
2.5	143	82 ~ 112	150
3.0	191	109 ~ 126	190
5.0	284	131 ~ 144	300 이상

표 2-1에서와 같이 노즐 용량이 커질수록 실분무량과 분무입자의 크기가 커짐을 알 수 있었다. 그리고 본 연미기에 적합한 분무량은 150 cc/min(회사 추천사항)이므로 노즐 용량을 2.5 gal/h로 높이거나 물 분사펌프의 용량을 크게하여 수압을 조금 높이는 것이 필요하였다. 일반적으로 쌀이 국산 연미기를 통과한 후 약 0.2 % 이상의 수분이 증가하므로 수분증가를 줄이면서 최대의 연미의 효과를 올리기 위해서는 가능한 분무용량이 적고 입자의 크기도 작으면서 연무 형태로 분사되어야 함을 알 수 있었다.

- (3) 사진 2-6은 오실로그래프에서 얻어진 결과로서 정백실내의 압력변화의 한 예를 보여주고 있다.

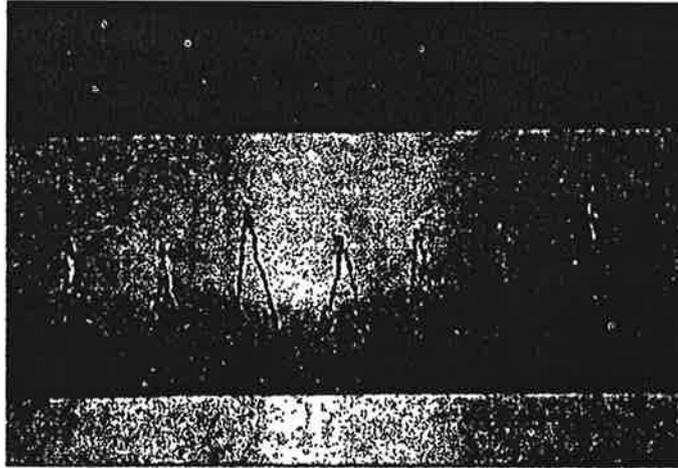


사진 2-6. 오실로그래프에 나타난 소형연미기 내부압력의 변화도

표 2-2. 소형연미기 중앙부의 상층과 하층에서의 분동위치에 따른 정백실 내부압력

단위 :kPa (kg/cm<sup>2</sup>)

분동 위치	센서 위치	최대 내부압력	평균 내부압력	비 고
0	상 단	157 (1.6)	52 (0.5)	회전수: 950 rpm 함수율 : 15 %
	하 단	79 (0.8)	42 (0.4)	
2	상 단	210 (2.1)	79 (0.8)	분동위치 0 : 배출저항 小 6 : 배출저항 大
	하 단	105 (1.0)	52 (0.5)	
4	상 단	262 (2.6)	105 (1.0)	
	하 단	131 (1.3)	63 (0.6)	
6	상 단	314 (3.1)	131 (1.3)	
	하 단	157 (1.6)	79 (0.8)	

표 2-2에서와 같이 분동위치에 따라 연미기 정백실내의 내부압력 변화가 2배까지 증가하였다. 분동위치를 ' 0 '으로 하여 연미기 출구 부분에서 쌀의 배출을 용이하게 할 때, 연미기 정백실 중앙의 상

층부에서의 최대 압력은 157 kPa (1.6 kg/cm<sup>2</sup>) 이었고 하단부에서는 최대 압력이 79 kPa (0.8 kg/cm<sup>2</sup>)으로 나타났고 분동위치가 '6' 즉 연미기에서 배출구의 저항을 최대한 높게 함으로써 쌀이 가장 많이 가공되게 할 때에는 정백실 중앙 상층부에서는 최대 압력이 314 kPa (3.1 kg/cm<sup>2</sup>) 이었고, 하층부에서는 최대압력이 157 kPa (1.6 kg/cm<sup>2</sup>)로 나타났다.

이처럼 정백실의 중앙 상층부 최대 압력이 각 출구저항에서 똑같이 하층부 최대 압력의 약 1.5 - 2배를 나타내었다. 이 이유는 정백실 하층부에서는 미강 흡입용 팬에 의해 흡입력이 강해 쌀들이 금망쪽으로 붙게끔 하여 내부압력을 줄여주는 반면, 정백실 상층부에서는 미강 흡입팬의 흡입력이 거의 작용하지 않기 때문에 상층부에서는 압력이 상당히 높게 나타났다. 따라서 정백실 상층부에도 하층부에 상응한 흡입력이 작용하도록 흡입장치가 설치되어야 하겠다. 그리고 가능한 한 분동위치 '0'으로 하여 즉, 배출저항을 적게 하여 연미작업을 하는 것이 내부압력을 줄임으로써 쇄미 및 동할미를 줄일 수 있다고 사료된다. 그리고 사진 2-4와 같이 정백실 축 방향에 따라 정백실 하층부에 압력센서를 3개 설치하여 실험을 한 결과 연미기의 쌀 투입구쪽의 압력이 출구쪽 압력보다 약 0.1 - 0.2 kg/cm<sup>2</sup> 높게 나타났으나 큰 압력차이는 없었다. 그러나 압력센서를 하나만 설치했던 경우와 마찬가지로 정백실내의 상층부와 하층부의 압력을 조사한 결과, 정백실의 입구, 중앙, 출구쪽의 각 상층부의 내부압력이 각 하층부의 내부압력보다 약 1.5배 이상 높게 나타났다. 이밖에, 분동위치 '0' 상태(출구저항이 제일 적은 상태)에서도 쌀의 수분과 공급을 그리고 가수상태에 따라 정백실의 윗쪽(상층부)의 내부압력이 2.1 - 2.4 kg/cm<sup>2</sup> 까지 높게 올라가기도 하였으며, 이때 역시 정백실의 아랫쪽(하층부)의 압력보다도 약 1.5 배 높게 나타났다.

표 2-3. 연미기 정백실 하층부의 입구, 중앙, 출구에서의 내부압력

단 위 : kg/cm<sup>2</sup>

항 목	내 부 압 력			비 고
	입 구	중 앙	출 구	
1차 실험	1.7	1.6	1.5	함수율 : 15% 분동위치 : ' 0 '
2차 실험	1.8	1.6	1.5	
평 균	1.75	1.60	1.50	

- (4) 소형연미기를 통과하기 전의 쌀 상태와 통과한 후의 쌀 상태를 비교한 결과, 미강은 약 1.5% 정도 더 깎이면서 췌미율은 약 8% 수준에서 약 10% 수준으로 약 2% 이상 증가하였다. 동할미의 비율도 15% 수준에서 25% 수준으로 증가하였으며 쌀눈이 붙어 있는 배아미의 비율도 약 6% 수준에서 약 1% 수준으로 거의 쌀눈이 다 떨어지는 것으로 나타났다. 이같이 췌미율, 동할율, 그리고 배아미의 비율 측면에서 현재의 국산 소형연미기의 성능은 매우 떨어지는 것으로 나타났으며, 미강 흡인용 팬의 용량이 적어 미강이 제대로 제거되지 못하였다.
- (5) 미곡종합처리장의 도정공장에 설치된 다른 국산 연미기에서도 약 1~2%의 췌미가 발생하였고, 완전미 중에서도 금이 간 동할미의 비율도 55% 이상에 달했으며 배아미의 비율도 8% 수준으로 낮게 나타났다. 그러나 다른 미곡종합처리장에 설치된 사다께 연미기에서는 췌미가 약 1%내에서 낮게 발생하였으며, 연미후의 배아미의 비율은 연미전과 비슷하게 약 6~8% 수준으로 나타났다.
- (6) 연미기의 연미공정을 향상시키기 위해서 연미기 다음에 판자석의 자력선별기를 설치하여 찳가루를 선별하도록 하였으며, 깨끗한 청결미를 위생적으로 안전하게 보존하기 위해서 쌀 탱크에 자외선 살균장치를 설치해 비닐 포장 속에 쌀벌레의 알들이 번식하지 못하도록 하였다.

다. 소형 연미기의 성능개선

- (1) 연미기 롤러축의 회전수가 950rpm일 때, 백미에 수분을 가수할 경우(150cc/min)와 안할 경우, 그리고 추위치에 따른 출구저항을 세 수준(소:1.38 kg.cm, 중:2.87 kg.cm, 대:5.38 kg.cm, 추무게:0.393 kg)으로 하였을 경우 연마실의 내부압력, 백도 및 쇄미율에 미치는 영향들을 분석하였다. (표 2-4).
- (2) 쌀에 가수하지 않았을 경우가 가수한 경우에 비해 연마실내의 내부압력이 약 0.5~1.0 kg/cm<sup>2</sup> 높게 나타났으나, 쇄미율은 상대적으로 적게 나타났으며, 백도는 거의 비슷하게 나타났다.
- (3) 쇄미증가율은 출구저항이 커짐에 따라 비례해서 높게 나타났으며, 가수의 경우 쇄미증가율이 0.7~4.4%, 비가수의 경우 쇄미증가율이 0.3-1.6%로 나타났다.

표 2-4. 소형연미기의 롤러축 회전수가 950 rpm일 때, 가수의 유무 및 출구저항이 내부압력, 백도 및 쇄미율에 미치는 효과

구분	출구저항 kg.cm	최대내부압력 kg/cm <sup>2</sup>	평균 백도	평균 쇄미율	평균 쇄미 증가율
가 수	1.4(소)	1.5~1.9 (1.3~2.0)	38.7	6.6	0.7%
	2.9(중)	2.3~2.7 (2.3~2.9)	37.7	7.7	1.8%
	5.4(대)	3.1~3.4 (3.8~4.0)	40.3	10.3	4.4%
비가수	1.4(소)	2.7~3.1 (2.3~2.7)	38.8	6.4	0.3%
	2.9(중)	3.1~3.4 (2.7~3.1)	38.2	6.5	0.6%
	5.4(대)	3.4~3.8 (3.8~4.0)	39.5	7.5	1.6%

- (참고) 1) 실험전 시료 함수율은 15.7%, 백도 36.4, 쇄미율 5.9% (표준편차 : 0.095%)  
 2) 내부압력 항목에서 ( )안의 숫자는 롤러축의 회전수가 850rpm 일 때 내부압력을 나타냄  
 3) 가수량은 150 cc/min 이었음.

- (4) 따라서 가수하는 물의 양과 분무방법이 미질에 크게 영향을 미치는 것을 알 수 있었고 이에 대해 적정 가수량에 대한 연구가 더 요구되었다.
- (5) 국산 소형연미기의 롤러축의 회전수를 950rpm에서 850rpm으로 낮추고 롤러축 회전수 변화가 백도 및 쇠미율 등의 미질과 연마실 내부압력에 미치는 영향을 분석하였다. 소형연미기 롤러축의 회전수가 850rpm이고 연미기 출구저항추의 위치가 "0"일 때 즉 출구저항이 적을 때, 연미기 연마실내의 내부압력은 1.3~2.0 kg/cm<sup>2</sup>를 나타내었고, Kett C-300의 백도계에 의해 측정된 백도는 약 2.4 (950 rpm: 2.3)가 증가하였으며, 쇠미율은 0.4%(950 rpm: 0.7%) 증가하였다. 이때 압력센서를 연마실 중앙상단부에 설치하여 연마실내의 최고압력을 측정하였다. (표 2-5 및 표 2-6).
- (6) 소형연미기의 롤러축의 회전수가 950 rpm일 때와 850 rpm일 때, 롤러축 회전수변화가 백도 및 쇠미율 등의 미질과 연마실 내부압력을 비교 분석하였다. 이 분석 결과 롤러축의 회전수가 감소함에 따라 원료공급 스크루우에서 백미의 공급량이 감소하여 시간당 처리량이 감소하였으나 청결미의 백도에는 차이가 없었다. 연미기 롤러축의 상용 회전수 950 rpm에서 연미기 통과전 백미의 백도를 측정했을 때 36.4, 연미기 통과후 백도는 38.7이었고, 반면에 롤러축의 회전수가 850 rpm일 때 연미기 통과전에 34.0, 통과후에 36.4의 백도를 나타내 두조건에서 비슷하게 약 2.3~2.4의 백도가 증가함으로써 롤러축의 회전속도를 감소하여도 백도에는 차이가 없음을 보였다. 연마실의 내부압력은 출구저항이 같고 가수하는 동일조건에서 롤러축 회전수가 950 rpm 일 때 연마실의 평균 최대내부압력이 1.5~1.9 kg/cm<sup>2</sup>이었고, 롤러축 회전수가 850 rpm일 때에는 연마실의 평균 최대내부압력이 1.3~2.0 kg/cm<sup>2</sup>을 나타내 최대내부압력에도 차이가 없었다. 또한 동일조건에서 평균 쇠미율 증가율을 비교분석했을 때에도 롤러축 회전수가 950 rpm의 경우에 쇠미증가율이 0.7%이었고, 롤러축 회전수가 850 rpm이었을 때에는 쇠미증가율이

0.4%를 나타내 롤러축의 회전수를 줄임으로써 원주속도를 감소시켜 쉐미발생율을 줄일 수가 있었다. 그러나 롤러축의 회전수가 감소함에 따라 처리량이 줄어들므로 스크루우의 피치 및 홈깊이의 증가 그리고 롤러축의 직경을 증가시킴으로써 감소된 처리량을 증가시킬 수 있다. 따라서 연미기 롤러축의 회전수를 줄이고 스크루우의 처리량과 롤러축의 직경을 크게하여 절대적으로 연미기의 원주속도를 감소시키는 것이 미질을 향상시킬 수 있다고 사료되었다.

- (7) 결론적으로 연마실 내부압력은 롤러회전수보다는 출구저항에 의해 절대적인 영향을 받았다. 따라서 롤러축의 회전수를 감소시킴에 따라 연미기의 처리량이 줄어들으나 백미를 깎는 정도도 줄일 수 있었고, 롤러의 원주 속도를 낮춤으로써 쉐미를 줄일 수 있었다. 이에, 기존 소형연미기의 롤러축의 직경을 약간 크게 하고 백미 공급 스크루우의 직경을 크게하여 공급량을 조절하면서 증가시키면 연미기의 처리량도 훨씬 증가시킬 수 있고 쉐미도 줄일 수 있으리라 사료되었다. 특히, 소형연미기 연마실내의 높은 내부압력이 쉐미 발생에 절대적으로 영향을 주므로 연마실의 내부압력이  $2 \text{ kg/cm}^2$  이하가 되도록 출구저항을 줄이고, 롤러의 적정 원주속도를 위해 롤러축의 적정 회전수와 직경, 롤러 교반돌기와 금망간의 적정 간격(8~10 mm) 그리고 가능한 미세한 소량의 적정 가수량 등이 요구되었다.

표 2-5. 가수시 소형연미기의 롤러축 회전수가 850 rpm 일 때 쇄미율  
과 내부압력 그리고 백도의 변화

시 료	반 복	합 수 율(%)		백 도(Kett C-300)		평균 쇄미율(%)		최대내부 압력 kg/cm <sup>2</sup>
		실험전	실험후	실험전	실험후	실험전	실험후	
시료 1	1	14.9	14.9	34.2	35.7	5.0	5.5	1.3~2.0
	2	14.8	14.8	33.2	36.3			
	3	14.8	15.1	34.4	36.0			
	평균	14.8	14.9	33.9	36.0			
시료 2	1	15.0	14.9	34.6	36.5	5.1	5.5	
	2	15.1	14.7	35.0	37.2			
	3	15.4	15.1	34.8	36.4			
	평균	15.1	14.9	34.8	36.7			
시료 3	1	15.6	15.7	33.8	36.9	4.5	4.9	
	2	15.5	15.4	33.1	36.5			
	3	15.7	15.4	33.3	36.7			
	평균	15.6	15.5	33.4	36.7			
평 균		15.6	15.5	34.0	36.4	4.9	5.3	최대 2.0

- 참고 : 1) 출구의 추가 "0"위치에 있을 때, 연마실내의 평균 최대내부압력은 1.3~2.0 kg/cm<sup>2</sup> 임.  
2) 압력센서는 금망의 중앙,상단부에 설치함

표 2-6. 소형연미기 롤러축 회전수 차이에 따른 성능비교

구 분	소형 연미기 롤러 회전수	
	950 RPM	850 RPM
백 도	2.3 증가	2.4 증가
최대 내부압력	1.5 - 1.9 kg/cm <sup>2</sup>	1.3 - 2.0 kg/cm <sup>2</sup>
쇄미 증가율	0.7 %	0.4 %
원료 처리량	많음 (약 10%)	적 음
원주 속도	높음 (약 10%)	낮 음

## 2. 중형연미기의 성능평가 및 성능개선

기존 국산 중형 연미기(2.4톤/시간)의 성능에 대한 자료가 전혀 없어서 이에 대한 성능평가 실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

- 1) 롤러축의 회전수가 950 rpm 인 중형 연미기에서, 가수량과 연마실 출구저항 그리고 시료의 함수율이 쇄미율, 백도, 연마실 내부압력에 미치는 영향을 분석하였다. 시료 함수율이 약 17.5%일 때 그 실험 결과는 표 2-7에 나타나 있다. 출구저항이 커질수록 내부압력이 증가하였고 쇄미율도 증가하였다. 그림 2-1(a)과 같이 출구저항 4.5 kg.cm에서 가수량이 150 cc/min 일 때 백도도 가장 높게 나타났고 연마실의 내부압력도 약 1.4 kg/cm<sup>2</sup>으로 나타나 쇄미발생율도 가장 낮게 나타났다. 그림 2-1(b)과 같이 출구저항이 7.4 kg.cm 일 때는 가수량 70 cc/min에서 백도가 가장 높았고 쇄미율과 내부압력이 낮게 나타났다.그 다음으로 가수량 150 cc/min에서 백도가 높게 나타났다. 이때 가수는 원료투입구에서 분사노즐로 가수하였다.
- 2) 중형연미기의 롤러축 회전속도 950 rpm과 시료의 함수율이 약 15%인 상태에서 가수량과 출구저항이 쇄미율, 백도 및 내부압력에 미치는 영향을 분석한 결과 표 2-8과 같았다. 표 2-8에서 처리번호 2-1에서 2-8까지는 투입구에서 가수를 하였고, 처리 2-9와 2-11에서는 투입구뿐만아니라 출구의 롤러축을 통해서도 가수하였다. 시료의 함수율이 약 15%일때에도 출구저항이 증가함에 따라 내부압력이 증가하였으나, 시료함수율 17%때에 비해 내부압력은 낮게 나타났다고 백도는 더 높게 나타났다. 그림 2-2와 같이 축회전속도 950 rpm, 출구저항 4.5 kg.cm, 시료함수율 약 15%에서 투입구에서의 가수량이 150과 220 cc/min 일때 백도가 가장 높게 나타났고 쇄미율은 가장 낮게 나타났으며, 투입구와 출구에서 동시에 가수하였을 경우에는 백도가 떨어지는 경향을 보였다. 그리고 출구저항이

7.4 kg.cm로 높을 때에는 쇄미율은 가수량에 관계없이 거의 비슷했고 백도는 가수량 150과 220 cc/min 수준에서 높게 나타났다. 그리고 동일조건에서 시료함수율이 15%일 때 약 17%때에 비해 절대적으로 쇄미율이 높게 나타났다.

- 3) 연미기의 롤러축의 회전수를 800 rpm으로 하고 시료함수율 15%수준에서, 가수량과 출구저항이 성능에 미치는 영향을 분석한 결과 표 2-9와 같았다. 동일 조건에서 회전수가 800 rpm일 때 내부압력이 950 rpm일 때보다 낮게 나타났으며, 비교적 쇄미율도 역시 낮게 나타났다. 특히 출구저항이 7.4 kg.cm일 때 가수량에 관계없이 쇄미율이 낮게 나타났다. 축회전수가 800 rpm 일 때 가수량이 성능에 미치는 영향을 보면, 가수량 150 cc/min 수준에서 비교적 백도가 높게 나타났고 쇄미율은 낮게 나타났다. (그림 2-3(a) 및 2-3(b))
- 4) 연미기의 롤러축 회전수를 650 rpm으로 하고 시료함수율이 15%일 때, 가수량과 출구저항이 성능에 미치는 영향을 분석한 결과 표 2-10과 같았다. 출구저항이 4.5 kg.cm 일 때 (그림 2-4(a)), 쇄미율과 내부압력은 가수량에 관계없이 출구저항에 따라 증가하였고, 백도는 가수하지 않았을 때 가장 높았고 가수함에 따라 백도는 급격히 감소하였다. 이에 회전수가 낮을 때에는 가수의 효과가 거의 없었다. 출구저항이 7.4 kg.cm 일 때 (그림 2-4(b)), 쇄미율과 내부압력 그리고 백도는 가수량에 관계없이 거의 비슷하여 가수의 효과가 별로 없었다. 출구저항이 12 kg.cm 으로 높을 때 (그림 2-4(c)), 쇄미율은 원시료에 비해 높게 나타났고, 가수량이 증가함에 따라 백도와 내부압력도 증가하는 경향을 보였다. 그리고 각 출구저항에서 공통적으로 회전수 650 rpm에서의 연마실의 내부압력은 회전수 950 및 800 rpm 에서의 내부압력에 비해 낮게 나타났다.

- 5) 중형연미기의 축회전수 950 rpm과 출구저항 4.5와 7.4 kg.cm에서 시료함수율과 가수량이 내부압력과 쇄미율에 미치는 영향을 분석하였다.(그림 2-5(a)와 2-5(b)) 시료함수율이 내부압력과 쇄미율에 미치는 영향은 각 가수량 수준에서 공통적인 경향을 보였다. 내부압력은 함수율 17%일 때가 15%일 때 보다 높게 나타났으나, 쇄미율은 함수율 17% 수준에서 절대적으로 낮게 나타났다. 그리고 출구저항이 4.5와 7.4 kg.cm일 때 공통적으로, 쇄미율은 가수량 150 cc/min에서 70과 220 cc/min 수준에서의 쇄미율보다도 낮게 나타났다. 이같은 결과로 중형연미기의 연마과정에서는 약 150 cc/min의 가수량이 적당하다고 사료되었다.
- 6) 출구저항이 4.5 kg.cm이고 축 회전속도가 950 rpm인 중형연미기에서 시료함수율과 가수량이 백도에 미치는 영향을 분석한 결과(그림 2-6(a)), 가수가 백도의 증가를 많이 가져왔다. 시료의 함수율이 17%일 때에는 가수량 150 cc/min에서 백도가 가장 많이 증가하였고 가수량 220 cc/min 수준에서는 오히려 백도가 감소하였다. 그러나 시료함수율이 15% 일 때는 가수함에 따라 백도가 증가하여 가수량 220 cc/min에서 백도가 가장 높았다. 그리고 가수의 백도 상승효과는 시료함수율이 15%일 때 보다 17%일 때 더 높게 나타났다.
- 7) 출구저항이 7.4 kg.cm이고 축 회전속도가 950 rpm인 중형연미기에서는 가수효과가 별로 없어 백도의 증가는 없었으나, 시료함수율이 15%일 때 가수량 70 cc/min 수준에서 가수의 효과가 좀 있어 백도가 상승하였다. (그림 2-6(b))
- 8) 연미기의 출구저항이 4.5 kg.cm이고 시료함수율이 15%일 때, 롤러 축 회전수가 쇄미율에 미치는 영향을 분석한 결과, 가수를 하지 않았을 때에는 축회전수가 950 rpm일 때 쇄미율이 800 rpm과 650 rpm 에서의 쇄미율보다 훨씬 높게 나타났으나, 특히 가수량이 150 cc/min에서는 축회전수에 관계없이 쇄미율이 가장 많이 감소하였다. (그림 2-7(a)) 이같은 결과로 볼 때 축 회전수 800 rpm, 가수량

150 cc/min에서 쇄미율이 가장 낮게 나타났다.

- 9) 연미기의 출구저항이 7.4 kg.cm이고 시료함수율이 15%일 때에는, 가수량에 관계없이 950 rpm에서는 원시료에 비해 쇄미율의 변화가 없었다. 그러나 800 rpm과 650 rpm에서의 실험한 시료의 쇄미율은 가수량에 비례하여 쇄미율이 감소하였으며, 특히 가수량 220 cc/min 수준에서 쇄미율이 가장 낮게 나타났다.(그림 2-7(b))
- 10) 연미기의 출구저항이 4.5 kg.cm이고 시료함수율이 15%일 때, 축 회전속도와 가수량이 백도에 미치는 영향을 분석한 결과, 축 회전수 950 rpm과 800 rpm에서는 가수함에 따라 백도가 원시료에 비해 약간 증가하나 가수효과는 별로 없었다. 그러나 650 rpm의 저속에서는 원시료에 비해 백도는 증가하나 가수량이 증가함에 따라 백도는 오히려 감소하는 경향을 보였다. (그림 2-8(a))
- 11) 연미기의 출구저항이 7.4 kg.cm이고 시료함수율이 15%일 때, 축 회전수에 관계없이 연미기를 통과함으로써 백도가 증가하나 가수의 효과는 별로 없었다. 그러나 축 회전수 800 rpm에서 가수량이 150 cc/min수준에서 가수의 효과 있어 백도가 증가하였다 (그림 2-8(b)). 이같은 결과로 볼 때 800 rpm, 가수량 150 cc/min에서 백도가 가장 높게 나타났다.
- 12) 연미기의 축 회전수가 내부압력에 미치는 영향을 분석한 결과, 가수를 하지 않을 때에는 축 회전수가 낮을수록 내부압력이 감소하였으나, 가수함에 따라 내부압력은 가수하지 않은 경우에 비해 약간 증가하였다. (그림 2-9(a), 2-9(b))

표 2-7. 중형연미기에서 가수량과 출구저항이 썬미율, 백도 및 내부압력에 미치는 영향 (회전속도 950RPM, 시료함수율 약 17.5%)

처리번호	가수량 (cc/min)	출구저항 (kg·cm)	함수율 (%)	썬미율 (%)	백도	내부압력 (kg/cm <sup>2</sup> )
1-0	-	•	17.2	1.4	36.4	•
1-1	0	4.5	17.4	1.4	38.3	1.5
1-2	0	7.4	17.5	1.5	38.8	2.3
1-3	70	7.4	16.9	1.5	37.5	2.0
1-4	150	4.5	17.7	1.4	40.2	1.4
1-5	150	7.4	17.9	1.7	38.6	1.5
1-6	220	4.5	17.9	1.5	37.8	1.4
1-7	220	7.4	18.0	1.5	39.4	2.2

표 2-8. 중형연미기에서 가수량과 출구저항이 성능에 미치는 영향 (회전속도 950RPM, 시료 함수율 약 15%)

처리번호	가수량 (cc/min)	출구저항 (추)	백도	썬미율 (%)					내부압력 (kg/cm <sup>2</sup> )
				반복1	반복2	반복3	반복4	평균	
2-0	-	-	34.4	4.34	4.55	4.35	4.03	4.32	-
2-1	0	4.5	36.0	4.60	4.32	4.65	4.43	4.50	1.15
2-2	0	7.4	38.1	3.88	4.25	4.42	4.05	4.15	1.38
2-3	70	4.5	35.8	3.82	4.24	4.72	3.73	4.13	0.92
2-4	70	7.4	38.8	4.88	4.02	4.27	-	4.39	1.53
2-5	150	4.5	36.5	3.23	3.28	3.37	-	3.29	0.99
2-6	150	7.4	37.5	4.03	4.15	4.20	-	4.13	1.53
2-7	220	4.5	36.9	3.87	3.40	3.38	4.25	3.72	1.15
2-8	220	7.4	38.2	3.72	4.06	3.86	4.90	4.14	1.53
2-9	150+200	4.5	35.8	3.36	3.59	-	-	3.48	1.00
2-10	150+0	7.4	39.6	4.32	4.01	-	-	4.13	1.92
2-11	150+200	7.4	38.2	3.91	4.49	-	-	4.20	1.92

표 2-9. 중형연미기에서 가수량과 출구저항이 성능에 미치는 영향  
(회전속도 800 RPM, 시료 함수율 약 15%)

처리번호	가수량 (cc/min)	출구저항 (kg · cm)	쇄 미 율(%)						백도	내부압력 (kg/cm <sup>2</sup> )
			반복1	반복2	반복3	반복4	반복5	평균		
3-0	-	-	4.43	3.71	2.50	4.35	3.67	3.73	39.4	-
3-1	0	4.5	3.42	3.71	3.62	2.60	3.24	3.32	40.2	1.0
3-2	0	7.4	3.96	4.04	2.59	3.62	3.70	3.58	40.4	1.5
3-3	0	12	2.44	3.14	2.70	2.66	2.60	2.71	40.2	1.0
3-4	150	4.5	3.23	2.24	3.52	3.24	3.45	3.14	39.9	1.1
3-5	150	7.4	3.67	2.00	2.71	4.40	3.38	3.23	41.0	1.5
3-6	150	12	4.07	4.01	2.51	4.07	3.77	3.69	40.5	1.8
3-7	220	4.5	3.91	4.56	3.47	3.76	3.22	3.78	39.8	1.1
3-8	220	7.4	2.64	2.56	2.50	3.02	2.83	2.71	37.8	1.7
3-9	220	12	3.65	3.24	2.99	3.40	3.60	3.38	38.9	1.8

표 2-10. 중형연미기에서 가수량과 출구저항이 성능에 미치는 영향  
(회전속도 650RPM, 시료 함수율 약 15%)

처리번호	가수량 (cc/min)	출구저항 (kg · cm)	쇄 미 율(%)						백도	내부압력 (kg/cm <sup>2</sup> )
			반복1	반복2	반복3	반복4	반복5	평균		
4-0	-	-						3.02	38.9	-
4-1	0	4.5	3.20	3.52	3.64	3.68	2.10	3.23	40.3	0.92
4-2	0	7.4	3.89	3.61	3.77	3.91	3.71	3.78	39.7	1.23
4-3	0	12	3.68	3.85	3.80	3.93	3.72	3.80	39.7	1.53
4-4	150	4.5	3.34	3.05	2.96	3.07	3.69	3.13	39.0	1.07
4-5	150	7.4	3.32	3.85	3.46	3.69	2.62	3.39	39.5	1.07
4-6	150	12	3.77	3.15	3.62	3.68	2.94	3.43	40.0	1.61
4-7	220	4.5	3.46	3.08	3.38	3.06	3.42	3.28	38.4	0.77
4-8	220	7.4	3.56	3.52	3.46	3.66	3.02	3.44	39.8	1.15
4-9	220	12	4.10	3.53	3.60	3.89	3.66	3.76	40.7	2.15

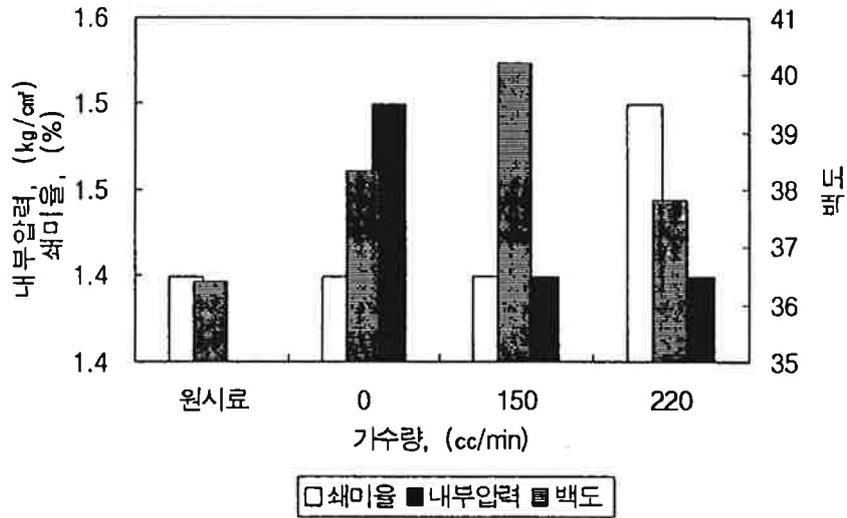


그림 2-1(a). 중형연미기에서 가수량이 성능에 미치는 영향  
(출구저항 4.5kg·cm, 축회전속도 950rpm, 시료함수율 약 17%)

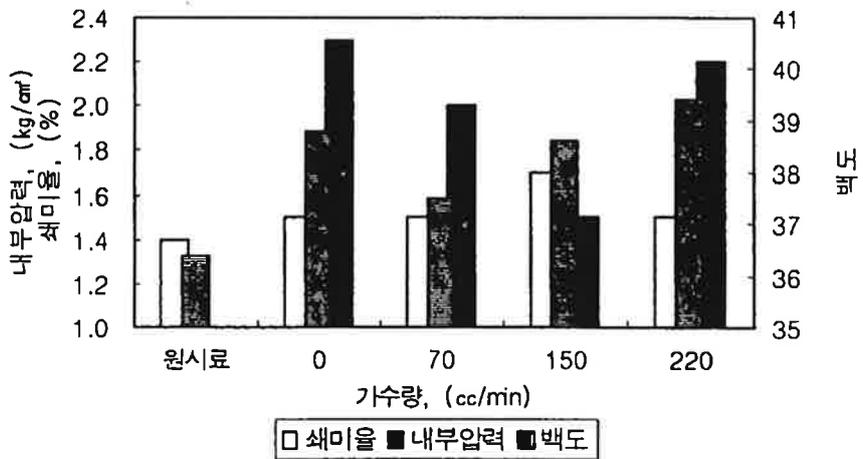


그림 2-1(b). 중형연미기에서 가수량이 성능에 미치는 영향  
(출구저항 7.4kg·cm, 축회전속도 950rpm, 시료함수율 약 17%)

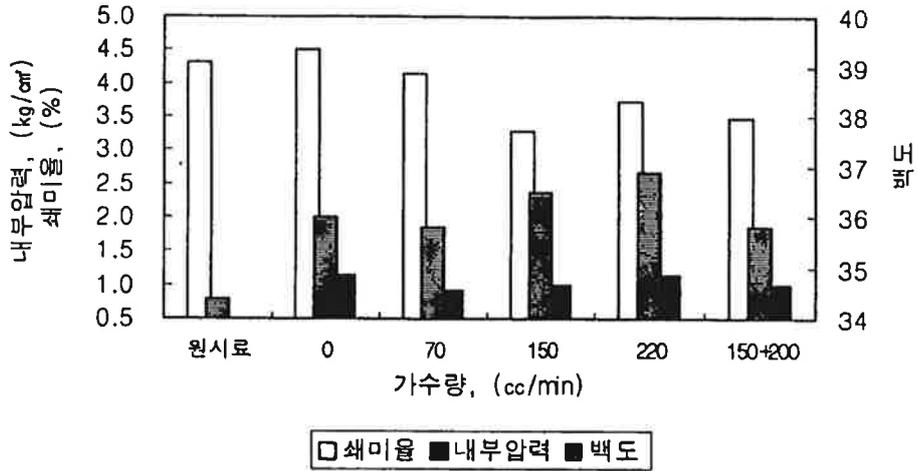


그림 2-2(a). 중형연미기에서 가수량이 성능에 미치는 영향  
(출구저항 4.5kg·cm, 축회전속도 950rpm, 시료함수율 약 15%)

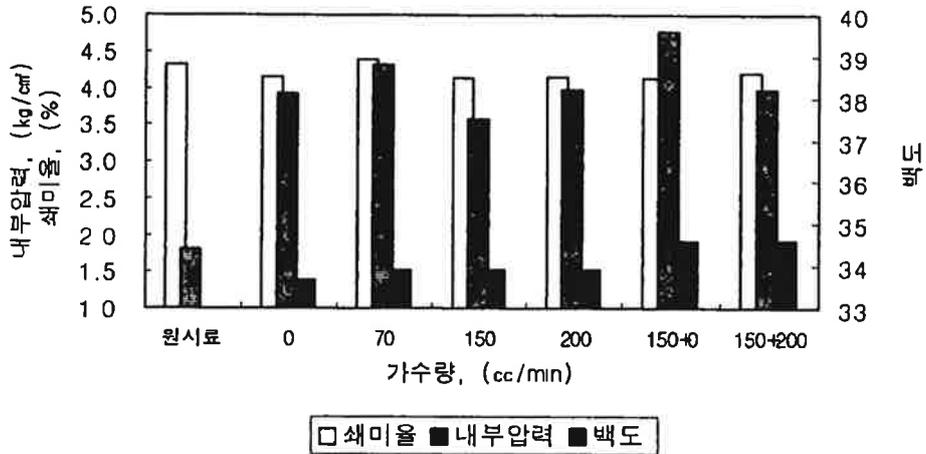


그림 2-2(b). 중형연미기에서 가수량이 성능에 미치는 영향  
(출구저항 7.4kg·cm, 축회전속도 950rpm, 시료함수율 약 15%)

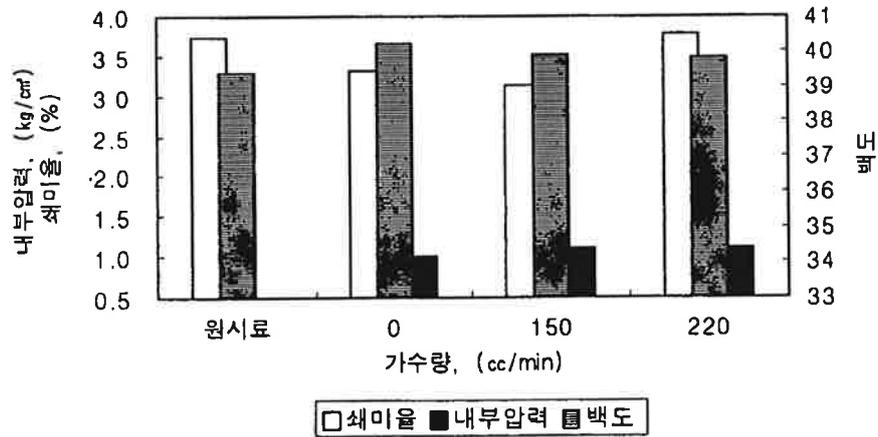


그림 2-3(a). 중형연미기에서 가수량이 성능에 미치는 영향  
(출구저항 4.5kg·cm, 축회전속도 800rpm, 시료함수율 약 15%)

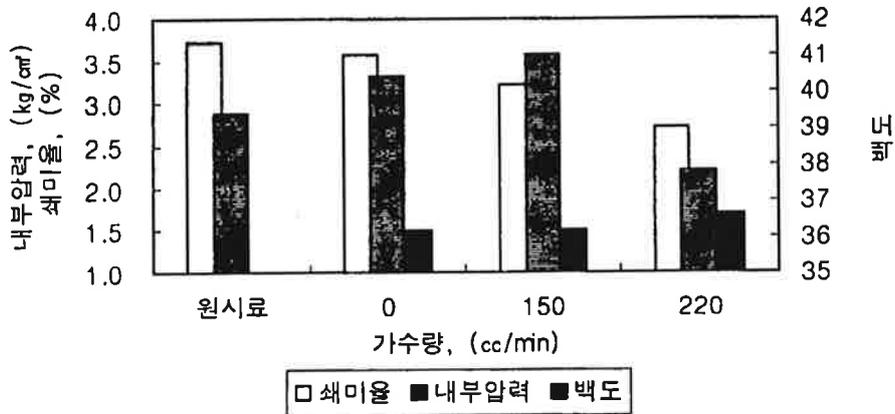


그림 2-3(b). 중형연미기에서 가수량이 성능에 미치는 영향  
(출구저항 7.4kg·cm, 축회전속도 800rpm, 시료함수율 약 15%)

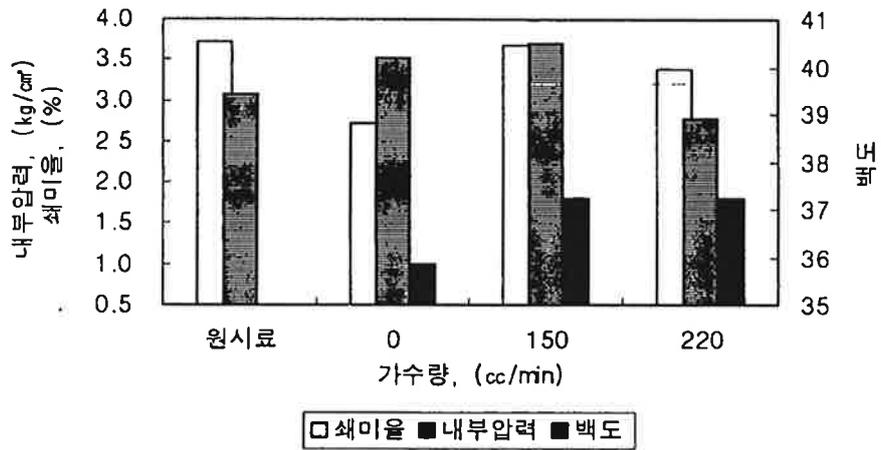


그림 2-3(c). 중형연미기에서 가수량이 성능에 미치는 영향  
(출구저항 12kg·cm, 축회전속도 800rpm, 시료함수율 약 15%)

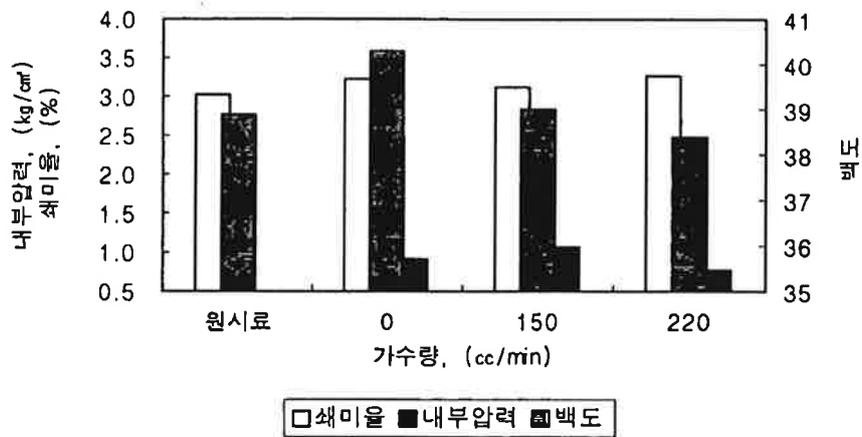


그림 2-4(a) 중형연미기에서 가수량이 성능에 미치는 영향  
(출구저항 4.5kg·cm, 축회전속도 650rpm, 시료함수율 약 15%)

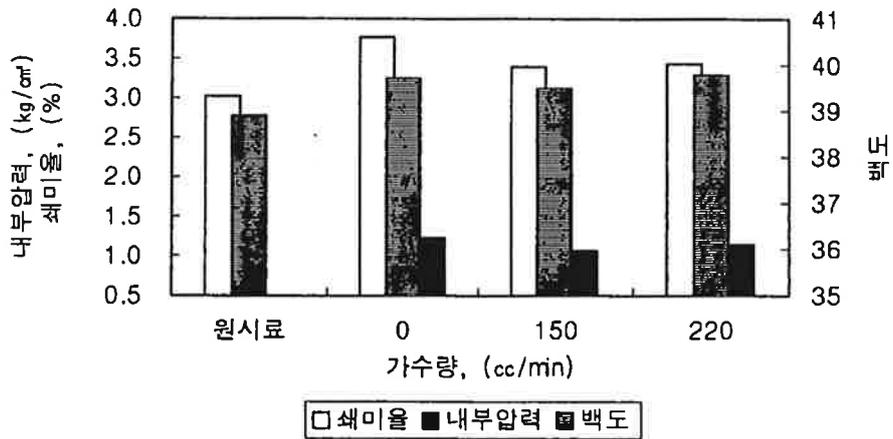


그림 2-4(b). 중형연미기에서 가수량이 성능에 미치는 영향  
(출구저항 7.4kg·cm, 축회전속도 650rpm, 시료함수율 약 15%)

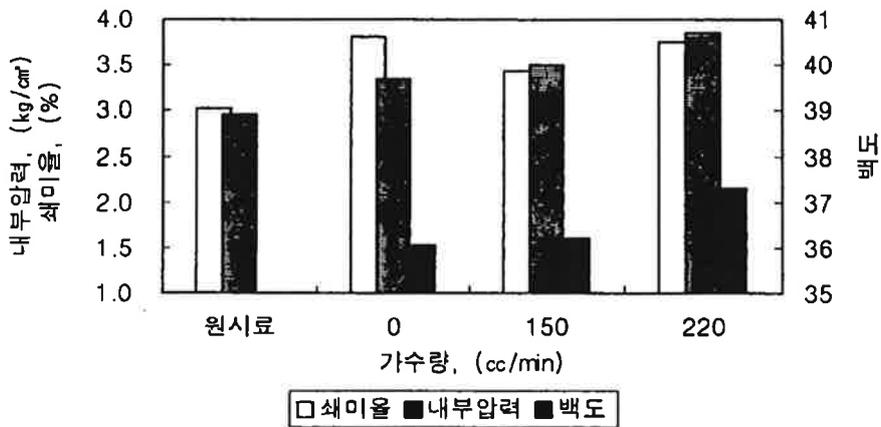


그림 2-4(c). 중형연미기에서 가수량이 성능에 미치는 영향  
(출구저항 12kg cm, 축회전속도 650rpm, 시료함수율 약 15%)

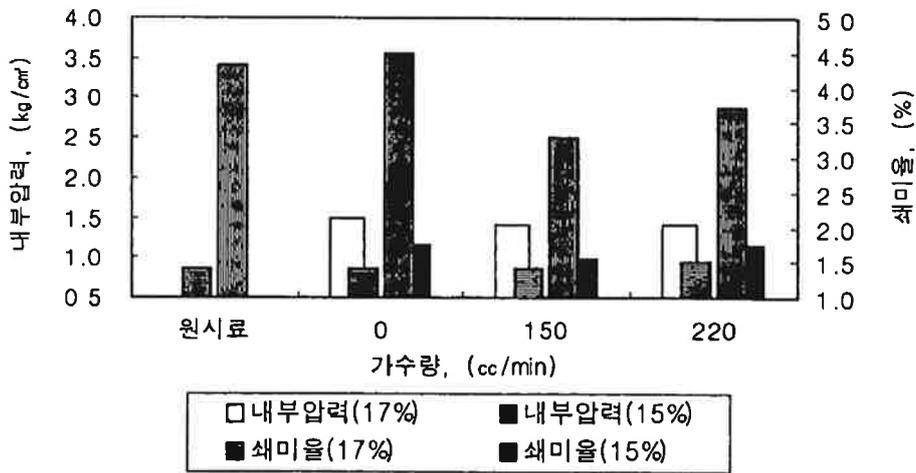


그림 2-5(a). 중형연미기에서 시료함수율과 가수량이 성능에 미치는 영향 (출구저항  $4.5\text{kg}\cdot\text{cm}$ , 축회전속도  $950\text{rpm}$ .)

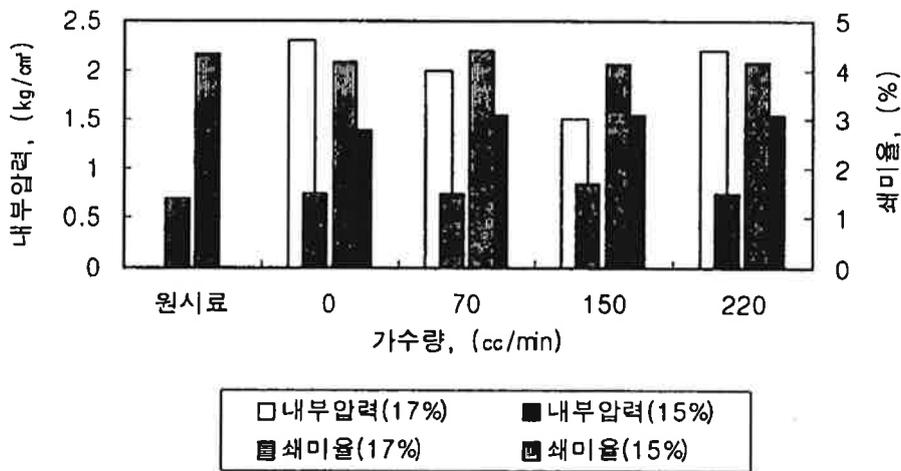


그림 2-5(b). 중형연미기에서 시료함수율과 가수량이 성능에 미치는 영향 (출구저항  $7.4\text{kg}\cdot\text{cm}$ , 축회전속도  $950\text{rpm}$ .)

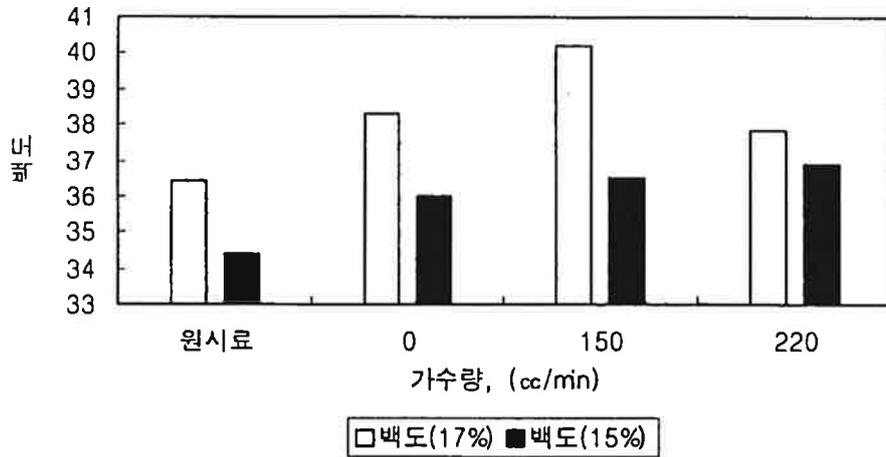


그림 2-6(a). 중형연미기에서 시료함수율과 가수량이 백도에 미치는 영향  
(출구저항 4.5kg·cm, 축회전속도 950rpm,)

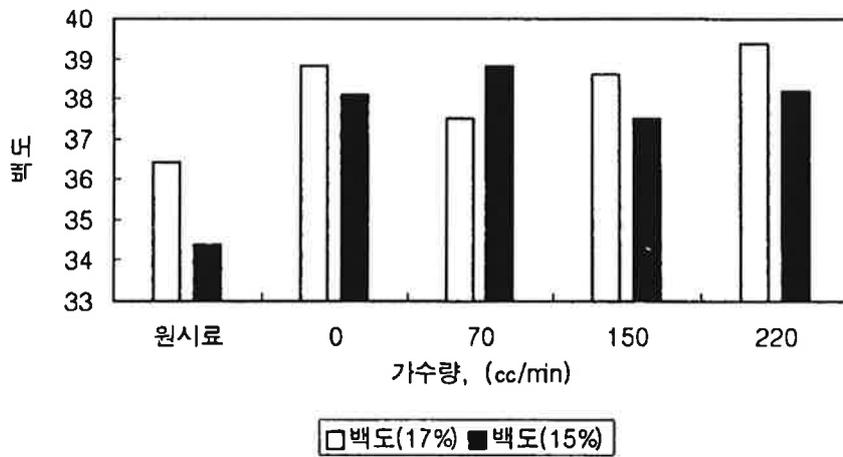


그림 2-6(b). 중형연미기에서 시료함수율과 가수량이 백도에 미치는 영향  
(출구저항 7.4kg·cm, 축회전속도 950rpm,)

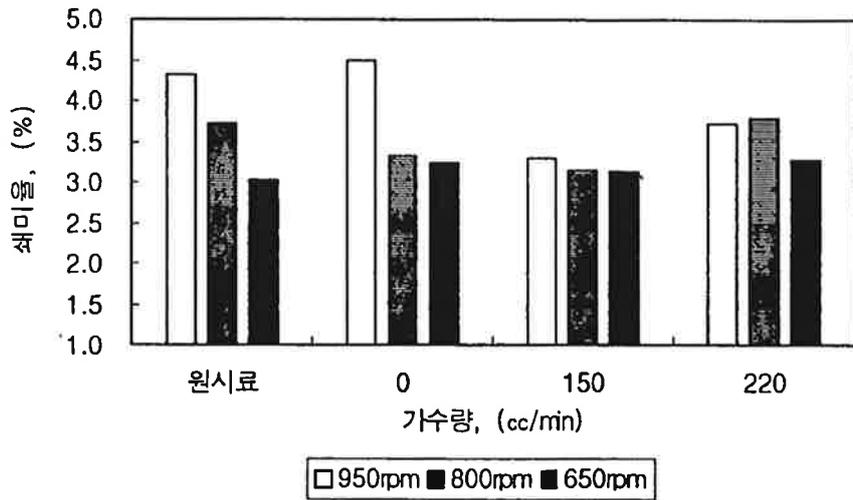


그림 2-7(a). 중형연미기에서 축 회전속도와 가수량이 썩미율에 미치는 영향 (출구저항 4.5kg·cm, 시료함수율 약 15%)

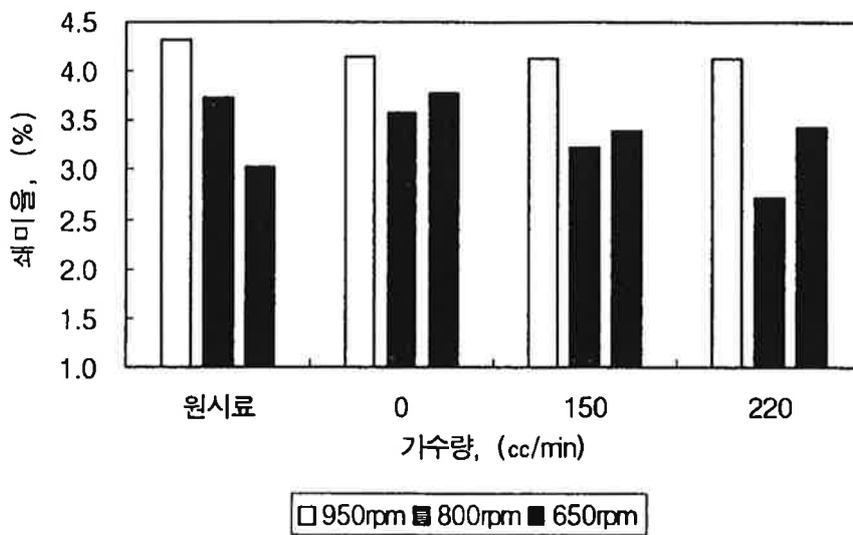


그림 2-7(b). 중형연미기에서 축 회전속도와 가수량이 썩미율에 미치는 영향 (출구저항 7.4kg·cm, 시료함수율 약 15%)

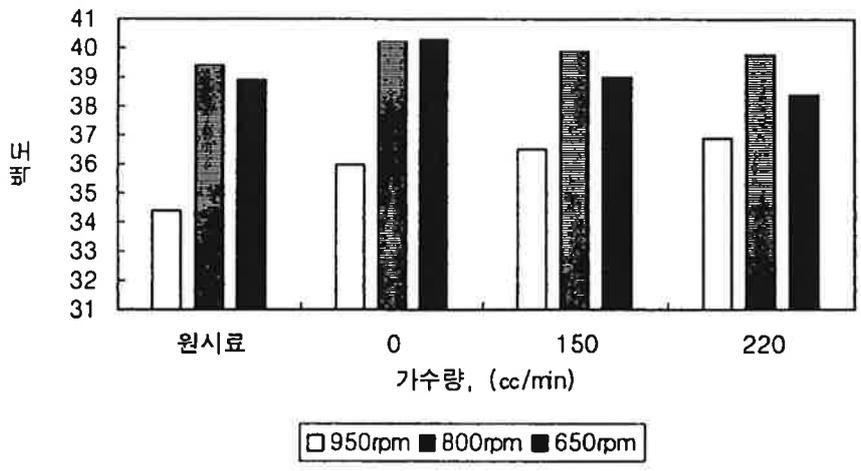


그림 2-8(a). 중형연미기에서 축 회전속도와 가수량이 백도에 미치는 영향 (출구저항 4.5kg·cm, 시료함수율 약 15%)

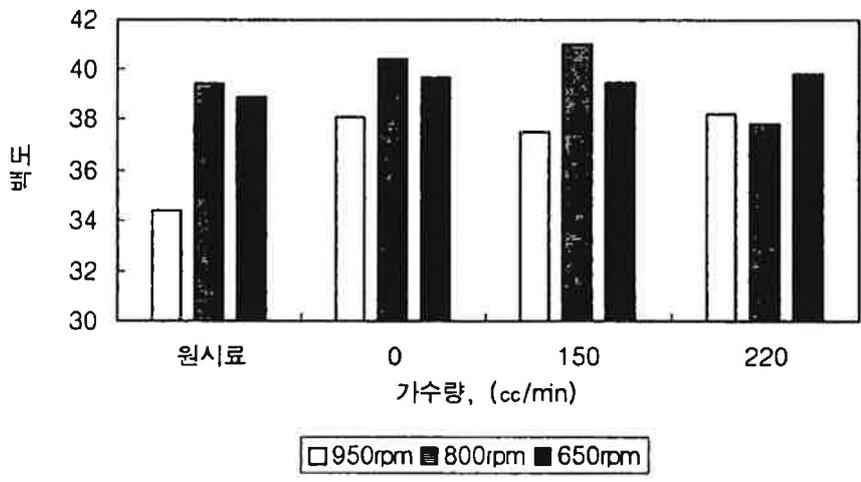


그림 2-8(b). 중형연미기에서 축 회전속도와 가수량이 백도에 미치는 영향 (출구저항 7.4kg·cm, 시료함수율 약 15%)

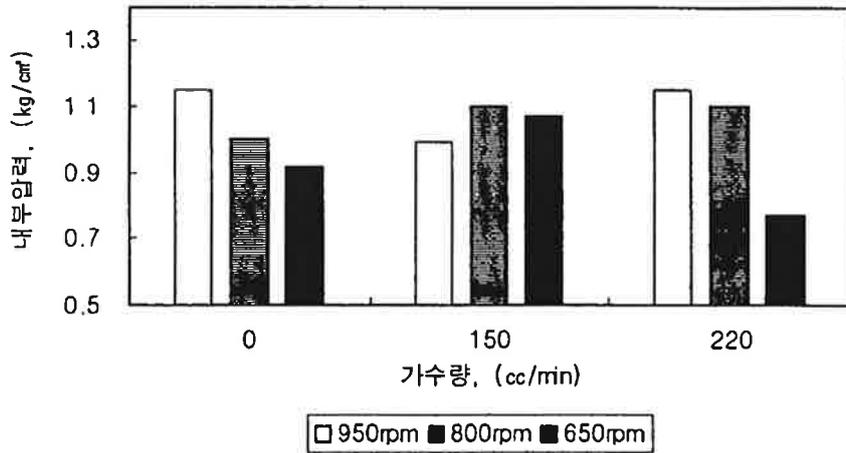


그림 2-9(a). 중형연미기에서 축 회전속도와 가수량이 내부압력에 미치는 영향  
(출구저항 4.5kg·cm, 시료함수율 약 15%)

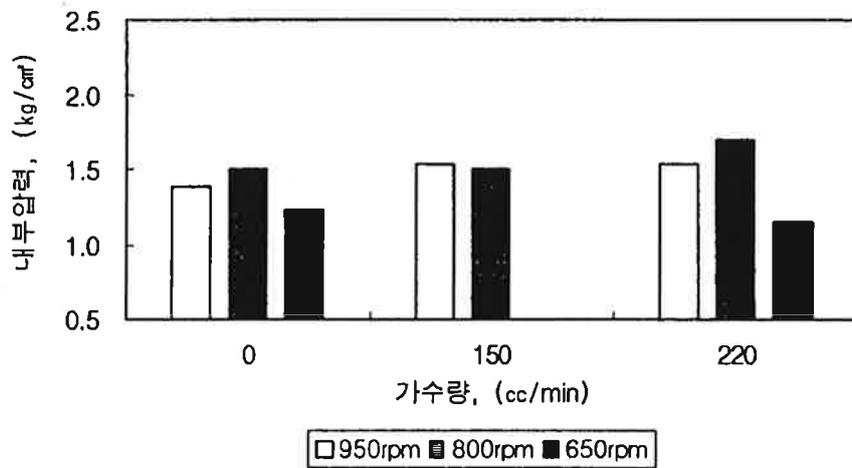


그림 2-9(b). 중형연미기에서 축 회전속도와 가수량이 내부압력에 미치는 영향  
(출구저항 7.4kg·cm, 시료함수율 약 15%)

## 제 5 절 결론

### 1. 소형 연미기의 성능평가 및 성능개선

본 기관의 도정공장 설치된 국산 연미기의 구조 및 성능 특성을 구명한 결과와 국내외 연미기의 성능을 분석한 결과는 다음과 같았다.

#### 가. 소형 연미기의 구조분석

- (1) 연미기 롤러 축의 회전수를 측정한 결과 무부하시에는 950rpm, 부하시에는 약 940rpm으로 나타났다. 반면에 일제 연미기는 축 회전수가 약 850rpm에서 작동되도록 되어 있었다. 또한 연미기의 롤러에서 약 10mm의 돌기 2개가 설치되어 이 부분이 회전하면서 정백실내에 높은 압력을 야기하였으며, 이때 롤러의 돌기와 금망과의 간격이 약 10mm로 제작되어 있었다.
- (2) 연미기 금망(screen)의 슬롯(slot)방향은 쌀의 진행방향(순방향)으로 되어 있어서 쌀이 정백실내에 머무는 시간을 줄였으나, 일제 사다케 연미기의 금망은 이와 반대로 금망의 슬롯 방향들이 쌀의 진행방향과 역방향으로 되어 있어서 쌀이 정백실에 오래 머무르도록 제작되어 있었다.
- (3) 개발된 컴퓨터 영상처리 시스템을 사용하여 연미기 가수부 노즐의 분무 입자크기를 조사하였는 바, 국내 A사의 물 분무입자 크기는 86~97 $\mu$ m이었고, 일제 사다케 연미기의 공기혼합(air mix) 노즐에서는 그 입자 크기가 30 $\mu$ m 이하로로 균일하게 아주 미세하였다.

#### 나. 소형 연미기의 성능분석

- (1) 일반적으로 쌀이 국산 연미기를 통과한 후 약 0.2% 이상의 수분이 증가하므로 쌀에 발생하는 수분용력을 줄여 쉐미와 동할미의 발생을 최소화하기 위해서는 가능한 물 분무용량이 적고 입자의 크기도

작으면서 연무 형태로 분사하여야 함을 알 수 있었다.

- (2) 분동위치 즉 출구저항에 따라 연미기 정백실내의 내부압력 변화가 2배까지 증가하였다. 분동위치를 '0'으로 하여 연미기 출구 부분에서 쌀의 배출을 용이하게 할 때, 연미기 정백실 중앙의 상층부에서의 최대 압력은 157kPa(1.6kg/cm<sup>2</sup>) 이었고 정백실 중앙의 하층부에서는 최대 압력이 79kPa(0.8kg/cm<sup>2</sup>)으로 나타났으며, 분동위치가 '6' 즉 연미기에서 배출구의 저항을 최대로 높게 함으로써 쌀이 가장 많이 가공되게 할 때에는 정백실 중앙의 상층부에서는 최대 압력이 314kPa(3.1 kg/cm<sup>2</sup>) 이었고, 정백실 중앙의 하층부에서는 최대압력이 157kPa (1.6kg/cm<sup>2</sup>)로 나타났다. 따라서 가능한 한 분동위치 '0'으로 하여 즉, 배출저항을 적게 하여 연미작업을 하는 것이 내부압력을 줄임으로써 쉐미 및 동할미를 줄일 수 있을 것으로 사료되었다.
- (3) 정백실의 축 방향에 따라 정백실 하층부에 압력센서를 입구, 중앙, 출구에 3개 설치하여 실험을 한 결과 연미기의 쌀 투입구쪽의 압력이 출구쪽 압력보다 약 0.1~0.2kg/cm<sup>2</sup> 높게 나타났으나 큰 압력차이는 없었다.
- (4) 정백실내의 상층부와 하층부의 압력을 조사한 결과 정백실 상층부의 내부압력이 하층부의 내부압력보다 약 1.5배 이상 높게 나타났다. 그리고 분동위치 '0' 상태에서도 쌀의 수분과 공급율에 따라 정백실의 윗쪽(상층부)의 내부압력이 2.1~2.4kg/cm<sup>2</sup> 까지 높게 나타났으며, 이때 역시 정백실의 아랫쪽(하층부)의 압력보다도 약 1.5배 높게 나타났다.
- (5) 연미기를 통과하기 전의 쌀 상태와 통과한 후의 쌀 상태를 비교한 결과, 미강은 약 1.5% 정도 더 깎이면서 쉐미율은 약 8% 수준에서 약 10% 수준으로 약 1.5~2% 이상 증가하였다. 동할미의 비율도 15% 수준에서 25% 수준으로 증가하였으며 쌀눈이 붙어 있는 배아미의 비율도 약 6% 수준에서 약 1% 수준으로 거의 쌀눈이 다 떨어지는 것으로 나타났다. 이같이 쉐미율 약 1.5~2%, 동할을 약

10%, 그리고 낮은 배아미의 비율 측면에서 현재의 국산 연미기의 성능은 매우 떨어지는 것으로 나타났으며, 미강 흡인용 팬의 용량이 적어 미강이 제대로 제거되지 못하였다.

- (6) 미곡종합처리장의 도정공장에 설치된 다른 국산 연미기에서도 약 1.5~2%의 쉐미가 발생하였고, 완전미 중에서도 금이 간 동할미의 비율도 55% 이상에 달했으며 배아미의 비율도 8% 수준으로 낮게 나타났다. 그러나 다른 미곡종합처리장에 설치된 외제 연미기에서는 쉐미가 약 1% 내로 낮게 발생하였으며, 연미후의 배아미의 비율은 연미 전과 비슷하게 약 6~8% 수준으로 나타났다.

#### 다. 소형 연미기의 성능개선

- (1) 소형연미기의 연마실 내부압력이 높아  $1.5\text{kg}/\text{cm}^2$  이하로 감소하는 것이 필요하였다.
- (2) 연미기의 원주속도를 줄임으로써 쉐미율 감소, 백도는 약 2.4 증가하였다.
- (3) 연미기에서 가수량을 줄이고 미립화함으로써 쉐미율을 감소시킬 수 있었다.

## 2. 중형 연미기의 성능평가 및 성능개선

- (1) 롤러축의 회전수가 950 rpm 인 중형 연미기에서, 가수량과 연마실 출구저항 그리고 시료의 함수율이 쉐미율, 백도, 연마실 내부압력에 미치는 영향을 분석한 결과, 시료 함수율이 약 17.5%일 때 출구저항이 커질수록 내부압력이 증가하였고 쉐미율도 증가하였다. 출구저항 4.5 kg.cm에서 가수량이 150 cc/min 일 때 백도도 가장 높게 나타났고 연마실의 내부압력도 약  $1.4\text{ kg}/\text{cm}^2$ 으로 나타나 쉐미발생율도 가장 낮게 나타났다. 출구저항이 7.4 kg.cm 일 때는 가수량

70 cc/min에서 백도가 가장 높았고 쇠미율과 내부압력이 낮게 나타났다. 그 다음으로 가수량 150 cc/min에서 백도가 높게 나타났다. 이때 가수는 원료투입구에서 분사노즐로 가수하였다.

- (2) 중형연미기의 롤러축 회전속도 950 rpm과 시료의 함수율이 약 15%인 상태에서 가수량과 출구저항이 쇠미율, 백도 및 내부압력에 미치는 영향을 분석한 결과, 시료의 함수율이 약 15%일때에도 출구저항이 증가함에 따라 내부압력이 증가하였으나, 시료함수율 17%때에 비해 내부압력은 낮게 나타났고 백도는 더 높게 나타났다. 축회전속도 950 rpm, 출구저항 4.5 kg.cm, 시료함수율 약 15%에서 투입구에서의 가수량이 150과 220 cc/min 일때 백도가 가장 높게 나타났고 쇠미율은 가장 낮게 나타났으며, 투입구와 출구에서 동시에 가수하였을 경우에는 백도가 떨어지는 경향을 보였다. 그리고 출구저항이 7.4 kg.cm로 높을 때에는 쇠미율은 가수량에 관계없이 거의 비슷했고 백도는 가수량 150과 220 cc/min 수준에서 높게 나타났다. 그리고 동일조건에서 시료함수율이 15%일 때 약 17%때에 비해 절대적으로 쇠미율이 높게 나타났다.
- (3) 중형연미기의 롤러축의 회전수를 800 rpm으로 낮추고 시료함수율 15%수준에서, 가수량과 출구저항이 성능에 미치는 영향을 분석한 결과, 동일 조건에서 회전수가 800 rpm일 때 내부압력이 950 rpm일 때보다 낮게 나타났으며, 비교적 쇠미율도 역시 낮게 나타났다. 특히 출구저항이 7.4 kg.cm일 때 가수량에 관계없이 쇠미율이 낮게 나타났다. 축회전수가 800 rpm 일 때 가수량이 성능에 미치는 영향을 보면, 가수량 150 cc/min 수준에서 비교적 백도가 높게 나타났고 쇠미율은 낮게 나타났다.
- (4) 중형연미기의 롤러축 회전수를 650 rpm으로 하고 시료함수율이 15% 일때, 가수량과 출구저항이 성능에 미치는 영향을 분석한 결과, 출구저항이 4.5 kg.cm 일 때 쇠미율과 내부압력은 가수량에 관계없이 출구저항에 따라 증가하였고, 백도는 가수하지 않았을 때 가장 높았고 가수함에 따라 백도는 급격히 감소하였다. 이에 회전

수가 낮을 때에는 가수의 효과가 거의 없었다. 출구저항이 7.4 kg.cm 일 때 쇄미율과 내부압력 그리고 백도는 가수량에 관계없이 거의 비슷하여 가수의 효과가 별로 없었다. 출구저항이 12 kg.cm 으로 높을 때 쇄미율은 원시료에 비해 높게 나타났고, 가수량이 증가함에 따라 백도와 내부압력도 증가하는 경향을 보였다. 그리고 각 출구저항에서 공통적으로 회전수 650 rpm에서의 연마실의 내부압력은 회전수 950 및 800 rpm 에서의 내부압력에 비해 낮게 나타났다.

- (5) 중형연미기의 축회전수 950 rpm과 출구저항 4.5와 7.4 kg.cm에서 시료함수율과 가수량이 내부압력과 쇄미율에 미치는 영향을 분석한 결과, 시료함수율이 내부압력과 쇄미율에 미치는 영향은 각 가수량 수준에서 공통적인 경향을 보였다. 내부압력은 함수율 17%일 때가 15%일 때 보다 높게 나타났으나, 쇄미율은 함수율 17% 수준에서 절대적으로 낮게 나타났다. 그리고 출구저항이 4.5와 7.4 kg.cm일 때 공통적으로, 쇄미율은 가수량 150 cc/min에서 70과 220 cc/min 수준에서의 쇄미율보다도 낮게 나타났다. 이같은 결과로 중형연미기의 연마과정에서는 약 150 cc/min의 가수량이 적당하다고 사료되었다.
- (6) 출구저항이 4.5 kg.cm이고 축 회전속도가 950 rpm인 중형연미기에서 시료함수율과 가수량이 백도에 미치는 영향을 분석한 결과, 가수가 백도의 증가를 많이 가져왔다. 시료의 함수율이 17%일 때에는 가수량 150 cc/min에서 백도가 가장 많이 증가하였고 가수량 220 cc/min 수준에서는 오히려 백도가 감소하였다. 그러나 시료함수율이 15% 일 때는 가수함에 따라 백도가 증가하여 가수량 220 cc/min에서 백도가 가장 높았다. 그리고 가수의 백도 상승효과는 시료함수율이 15%일 때 보다 17%일 때 더 높게 나타났다.
- (7) 출구저항이 7.4 kg.cm이고 축 회전속도가 950 rpm인 중형연미기에서는 가수효과가 별로 없어 백도의 증가는 없었으나, 시료함수율이 15%일 때 가수량 70 cc/min 수준에서 가수의 효과가 좀 있어 백도

가 상승하였다.

- (8) 연미기의 출구저항이 4.5 kg.cm이고 시료함수율이 15%일 때, 롤러 축 회전수가 쇄미율에 미치는 영향을 분석한 결과, 가수를 하지 않았을 때에는 축회전수가 950 rpm일 때 쇄미율이 800 rpm과 650 rpm에서의 쇄미율보다 훨씬 높게 나타났으나, 특히 가수량이 150 cc/min에서는 축회전수에 관계없이 쇄미율이 가장 많이 감소하였다. 이같은 결과로 볼 때 축 회전수 800 rpm, 가수량 150 cc/min에서 쇄미율이 가장 낮게 나타났다.
- (9) 연미기의 출구저항이 7.4 kg.cm이고 시료함수율이 15%일 때에는, 가수량에 관계없이 950 rpm에서는 원시료에 비해 쇄미율의 변화가 없었다. 그러나 800 rpm과 650 rpm에서의 실험한 시료의 쇄미율은 가수량에 비례하여 쇄미율이 감소하였으며, 특히 가수량 220 cc/min 수준에서 쇄미율이 가장 낮게 나타났다.
- (10) 연미기의 출구저항이 4.5 kg.cm이고 시료함수율이 15%일 때, 축 회전속도와 가수량이 백도에 미치는 영향을 분석한 결과, 축 회전수 950 rpm과 800 rpm에서는 가수함에 따라 백도가 원시료에 비해 약간 증가하나 가수효과는 별로 없었다. 그러나 650 rpm의 저속에서는 원시료에 비해 백도는 증가하나 가수량이 증가함에 따라 백도는 오히려 감소하는 경향을 보였다.
- (11) 중현연미기의 출구저항이 7.4 kg.cm이고 시료함수율이 15%일 때, 축 회전수에 관계없이 연미기를 통과함으로써 백도가 증가하나 가수의 효과는 별로 없었다. 그러나 축 회전수 800 rpm에서 가수량이 150 cc/min수준에서 가수의 효과 있어 백도가 증가하였다. 이같은 결과로 볼 때 800 rpm, 가수량 150 cc/min에서 백도가 가장 높게 나타났다.
- (12) 중형연미기의 축 회전수가 내부압력에 미치는 영향을 분석한 결과, 가수를 하지 않을 때에는 축 회전수가 낮을수록 내부압력이 감소하였으나, 가수함에 따라 내부압력은 가수하지 않은 경우에 비해 약간 증가하였다.

## 제 3 장 대형 연미기의 개발 및 성능평가

### 제 1 절 서 언

우리 나라의 정미 작업은 미곡의 가공에 있어 도정수율과 완전미 수율 그리고 쌀의 품질에 영향을 주는 중요한 공정으로 도정 공장에 따라 다소 차이는 있으나 일반적으로 연삭식 정미기 1-2대와 마찰식 정미기 1-3대로 구성되어 있다. 이러한 과정을 거쳐 나온 쌀은 표면에 묻어 있는 미강과 이물질이 완전히 제거되지 못한 상태이다. 이에 계속되는 清潔米 생산 공정은 도정된 백미를 碾米機에 투입하여 백미 표면의 미강, 미분립 혹은 다른 이물질을 제거하는 공정이다. 이때 사용되는 碾米機에는 건식과 습식이 있는데 건식은 부러쉬 등을 사용하여 쌀 표면의 미강과 이물질을 털어 주는 形態이나 닦아주는 재료가 많이 소모되어 불편한 점이 있는 반면, 습식은 투입구에서 안개와 같은 소량의 물 입자를 분무하여 백미의 표면을 가수(加水)시켜 준다. 표면이 흡습된 백미는 碾米機 내부에서 쌀 입자간의 마찰과 강한 흡입 공기의 와류로 표면의 이물질의 완전한 제거는 물론 광택을 내는 기능을 가져야 하는데 아직까지 국내 기계들은 문제점이 많다. 자동으로 물이 분무되어 미강과 이물질을 제거하고 냉각된 공기가 적정 속도로 흡입되어 분진, 미강, 마찰열 등을 제거하고 수분은 증가되지 않도록 되어야 함에도 불구하고 이에 대한 연구 개발이 전혀 없어서 미질이 우수한 清潔米를 생산하지 못하고 있는 실정이다.

일본은 오래전부터 깨끗하고 윤기 있는 쌀 즉, 清潔米를 생산하기 위해서 碾米機를 개발하여 생산하고 있다. 근래에는 기존의 碾米機를 보완하고 습식 碾米機 또는 연식 洗米器 등을 개발하여 종래의 碾米機에 비해 미강과

미분립이 잘 제거하여 광택이 높은 清潔米를 생산하고 있다. 또한 생산된 清潔米에 부족한 영양소를 가미하여 清潔營養米를 생산하고 있다. 일본에서 생산되는 清潔營養米는 씻지 않고 막바로 물을 부어 炊飯할 수 있는 깨끗한 쌀로서 소포장되어 점차로 그 소비가 증대되고 있으며, 미국에서도 이러한 清潔營養米가 개발되어 널리 보급되고 있는 실정이다.

일본식 습식 研米機는 보통 시간당 3~4톤이며 소요 동력은 40마력이고, 축 회전수는 약 850~900 RPM 정도이고, 길이는 가공실만 약 120 cm 정도이다. 습식 研米機의 상부에 있는 호퍼에서 백미가 투입되고 관으로 된 축속에 물을 분사하는 노즐과 압축 공기를 넣어 줄 수 있는 노즐이 함께 장착되어 있다. 외부에는 콤퓨레샤, 물 필터, 공기 필터 및 수량계가 설치되어 있다. 또한 습식 研米機 안에는 강한 흡입용 송풍기를 설치하여 이물질 제거할 수 있도록 되어 있다. 일제 기계에 비해 국산 습식 研米機는 투입구에 가수식이 있어 2개의 가수용 특수 롤러가 장착되어 있으며 일정량의 물을 공급할 수 있도록 되어 있으나 적정 물의 양, 분무입자 크기, 물의 온도, 研米機 내부의 압력 등의 研米機 性能에 대한 연구가 전혀 안된 상태이다.

이에 본 연구에서는 기존 국산 중소형 연미기의 성능평가 자료를 기초로 시간당 3톤 이상을 가공할 수 있는 청결미제조기로 대형 연미기를 개발하고자 하였다.

## 제 2 절 재료 및 방법

### 1. 대형 연미기(청결미제조기)의 설계 및 제작

- 1) 기존 연미기의 성능을 평가한 자료를 기초로 시간당 4톤 이상의 청결미를 생산할 수 있는 2단계 연마형태의 대형 청결미제조기를 설계하였다.
- 2) 청결미제조기는 원료투입구, 원료공급 스크루우, 제 1 연마부, 제 2 연마부, 제 1 가수부, 제 2 가수부, 출구저항부, 제어부, 동력부, 흡입부, 제 1연마부 분풍부, 배출스크루우 등으로 구성하였다. 청결미제조기의 동력은 50마력으로 하였으며 소모동력은 전력계를 사용해 측정하였다. 가수부에는 유량계와 압력계를 설치함. 미강 흡입부에는 연마실의 미강이 잘 제거되도록 7.5마력의 흡입팬을 설치하였으며 진공압력이 200mmAq 이상이 되도록 하였다.

표 3-1. 청결미제조기의 표준사양

구 분	사 양
처리용량	4톤/시간 이상
치수 L×W×H	2200×750×1600 (투입구 미포함)
주 동 력	50HP, 220V, 3Ø
송 풍 기	흡입팬 : 7.5HP, 220V, 3Ø, 제 1연마부 분풍팬 : 1HP, 220V, 3Ø
양 수 기	0.5HP, 220V, 3Ø
컴프레서	2HP, 220V, 3Ø
표준회전수	750 RPM
원료투입부	공기실린더로 자동개폐, 기어모터로 투입량 조절
원료공급스 크루우	최대용량 10톤/시간, 피치 30mm, 외경 330 mm, 내경 280 mm
제1 가수부	노즐 최대용량 630 cc/min (10 gal/h), 혼합 믹서 설치함.
제1 연마부	마찰롤러 특수제작, 롤러표면 크롬 도금 부식방지, 마찰롤러 길이 L=333 mm, 마찰롤러 외경 Ø=330 mm, 원주속도 777 m/min, 마찰롤러 교반돌기수 3개, 마찰롤러 교반돌기 기울기, 높이, 폭 : 5도, 10 mm, 12 mm 돌기와 금망과의 간격 : 13.5 mm, 롤러표면 분풍구 크기: 230 × 7, 금망형태 : 스테인레스 원형금망에 저항철판 3개 부착함, 금망슬롯 방향 및 각도 : 순방향 45도 (표준) 또는 65도 원형금망직경 : Ø=357 mm, 저항철판 크기: 285 × 30 × 3 t 제 1 연마부 기능: 저압력 상태에서 회전하면서 미립표면 미강제거
제2 연마부	마찰롤러 주물제작, 롤러표면의 마찰성 때문에 열처리 불필요 마찰롤러 길이 L=600mm, 외경 Ø=164mm, 원주속도 386 m/min, 교반돌기수 : 2개, 교반돌기 기울기 : 5도, 교반돌기와 금망과의 간격 : 8mm, 금망형태 : 8각형, 스테인레스, 금망슬롯방향 : 순방향 45도 ( \ )
제2 가수부	제 2 연마부 배출부 중공축에 공기혼합노즐 설치, 분두에 구멍 6개, 물 미립자 30µm 이하, 공기압 4 kg/cm <sup>2</sup> , 수압 10 kg/cm <sup>2</sup>
배 출 부	브러쉬가 부착된 배출오거를 설치
제 어 부	기계의 주동력, 흡입팬, 배출오거, 원료투입구 개폐장치, 가수펌프 등의 장치를 제어하는 제어반 설치
계 측 부	압력센서, 증폭기, 오실로그래프, 오실로스코프, 유량계, 전력계, 압력계, 타코미타, 전류계, 전압계 등 설치



가. 청결미제조기의 설계 및 제작

기존 연미기의 성능을 평가한 자료를 기초로 시간당 4톤 이상의 백미를 처리할 수 있는 대형 청결미제조기를 개발하고자 다음과 같이 설계하였고 그림 3-1과 같이 제작하였다.

- 1) 청결미제조기 처리용량 : 4톤/시간 이상
- 2) 기계주동력 : 50마력, 보조동력 : 약 10마력
- 3) 기계경사도 및 회전수 : 3~5° 및 750 rpm
- 4) 원료공급 스크루 사양 :
  - ① 스크루 길이 : 235mm
  - ② 스크루 피치 : 40mm
  - ③ 스크루 외경 : 185mm
  - ④ 스크루 홈 길이 : 20mm
- 5) 제 1 연마부 사양
  - ① 마찰롤러길이  $L = 333\text{mm}$
  - ② 마찰롤러 직경(외경)  $DI = 330\text{mm}$  (마찰부 돌기 10mm포함)
  - ③ 마찰롤러 교반돌기수: 3개
  - ④ 마찰롤러 교반돌기 기울기 및 높이: 5도, 10mm
  - ⑤ 마찰롤러와 금망과의 간격: 13.5 mm
  - ⑥ 금망형태 및 재질: 스테인레스 원형금망으로 저항철판 3개를 부착함(사진 3-3)
  - ⑦ 금망슬롯: 순방향 45도(\) 또는 65도 (\)
  - ⑧ 원형금망 직경: 357 mm
  - ⑨ 기능: 저압력 상태에서 가수된 미립표면의 미세 미진을 제거함
- 6) 제 2 연마부 사양
  - ① 마찰롤러 길이: 600 mm
  - ② 마찰롤러 직경: 164 mm
  - ③ 마찰롤러 교반돌기수: 2
  - ④ 마찰롤러 교반돌기 기울기: 5도

- ⑤ 마찰롤러 교반돌기와 금망과의 간격: 8 mm
- ⑥ 금망형태 및 재질: 8각형, 스테인레스
- ⑦ 금망 직경: 180 mm,
- ⑧ 금망슬롯 방향: 순방향 23도 및 45도(\)

7) 제 1 가수부

- ① 원료투입구에 10 gal/h 분무노즐 1개 설치
- ② 노즐아래에 믹서(mixer) 설치
- ③ 제 1 및 제 2 가수부를 위해 펌프 설치

8) 제 2 가수부

- ① 제 2 연마부의 배출부 끝인 중공축에 공기혼합노즐을 설치함.
- ② 물 미립자를 30 μm이하로 하여 제 2 연마부에 분사함.

9) 배출부

배출부에 브로쉬가 달린 배출오거를 설치해 최종적으로 미세미강을 털어내도록 설계함.

10) 스크루 원료처리량의 예측 :

$$Q_{\max} = 60 \cdot n \cdot \phi \cdot p \cdot \frac{r \cdot \pi}{4} (D_s^2 - d^2)$$

n : 회전수,    ϕ : 스크루 충만율(0.45),    p : 스크루 피치(m), 순피치

r : 산물밀도,    D<sub>s</sub> : 스크루 외경(m),    d : 스크루 내경(m)

$$Q_{\max} = (60) \cdot (700) \cdot (0.45) \cdot (0.03) \cdot (0.8) \cdot \left(\frac{3.14}{4}\right) \cdot (0.33^2 - 0.28^2) = 10.7 \text{ ton/h}$$

\* 참고 : 회전수가 750rpm이면  $Q_{\max} = 10.7 \text{ ton/h}$ ,

11) 제어부

- ① 기계의 주동력, 흡입팬, 배출오거, 투입부, 가수펌프부, 등의 제어 장치를 설치함.
- ② 가수량을 조절하고 유량속도를 측정하기 위해서 유량계를 설치하였고 전력소모량을 측정하기 위해 전력계를 설치함.
- ③ 원료 투입량에 따른 부하정도를 알기 위해 전류계 설치함.

2. 청결미제조기의 성능평가

- 1) 개발된 청결미제조기의 성능을 평가하기 위해 가수정도, 금망형태, 출구저항 등의 주요인 들을 고려하여 성능실험을 실시함으로써 제1 연마부의 내부압력, 제 2 연마부의 내부압력, 함수율, 백도, 쇄미율, 동할율 등의 미질을 분석하였다. 연마실내의 내부압력은 사진 3-1과 3-2와 같이 금망에 압력센서를 설치하고 그 신호를 증폭하여 오실로스코프로 그 압력을 측정하였다.
- 2) 개발된 청결미제조기를 성능평가하고 기존 국산 연미기 및 외제 연미기와 성능, 기능 측면에서 비교하였다.

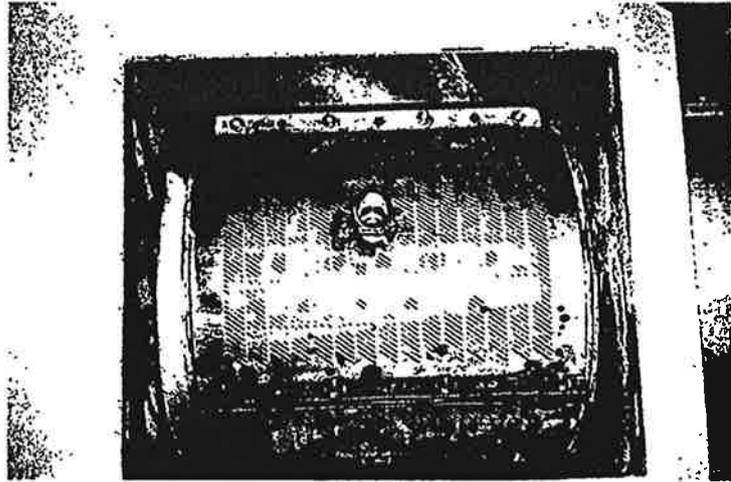


사진 3-1. 청결미제조기 제 1 연마부의 금망에 압력센서 설치를 위한 구멍

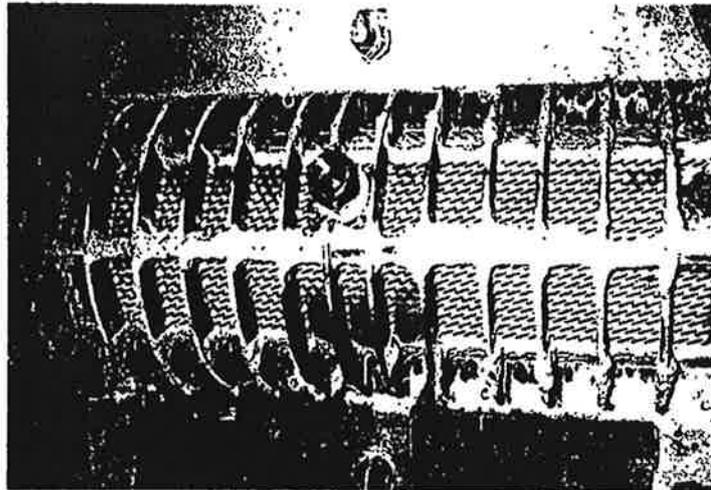


사진 3-2. 청결미제조기의 제 2 연마부에 압력센서를 설치하기 위한 구멍

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 청결미제조기의 제작 및 특징

청결미제조기로서 대형 연미기를 설계하여 제작한 시작기의 주요 특징은 다음과 같았으며 세부사양은 표 3-1과 같았다.

- 1) 청결미제조기로서 개발한 대형 연미기는 사진 3-3과 같이 본체, 투입부, 가수부, 혼합부, 제 1 연마부, 제 2 연마부, 배출부, 동력부, 제어반 등으로 구성되었다. 즉 쌀의 연마는 2단계를 거치면서 이루어지도록 하였다.
- 2) 청결미제조기(연미기)의 제 1 연마부(사진 3-4)에서는 가수된 백미의 표면에 붙어있는 미세 미강들이 저압상태에서 팬의 흡입과 금망에 붙어 있는 저항철판의 마찰에 의해 털어지도록 하였다.
- 3) 제 2 연마부에서는 아주 미세한 물미립자를 공기혼합노즐로 분사시키면서 제 1 연마부에서 제거되지 않은 미세미강을 마찰로 제거하도록 하였다.
- 4) 예비실험에서 제 1 연마부의 금망각도를 65도로 한 금망을 설치하여 실험을 하였으나 제 1 연마부에서 제대로 연마가 되지 않아 제 1 연마부의 금망의 각도가 45도인 금망으로 교체하였으며, 또한 이 금망에 마찰효과를 높이기 위해서 저항철판 3개를 설치하여 제작하였다.
- 5) 제 2 연마부에는 금망각도가 순방향(\\) 23도인 금망을 고정 설치하여 시료가 어느 정도 저항을 받으면서 연마실에서 잘 배출되도록 제작하였다. 기존 연미기에서도 보통 금망의 각도가 23.5도로 되어 있다.
- 6) 사진 3-5에서 아래 금망은 개발된 청결미제조기의 제 1 연마부의 금망으로서 저항철판이 부착되어 있고 금망의 슬롯각도는 45도로 되어 있다. 사진 3-6은 청결미제조기의 제 2 연마부의 마찰롤러를 나타내며, 사진 3-7은 청결미제조기의 제 2 가수부에 부착된 압축공기 및 물 분사노즐들을 나타내고 있다.

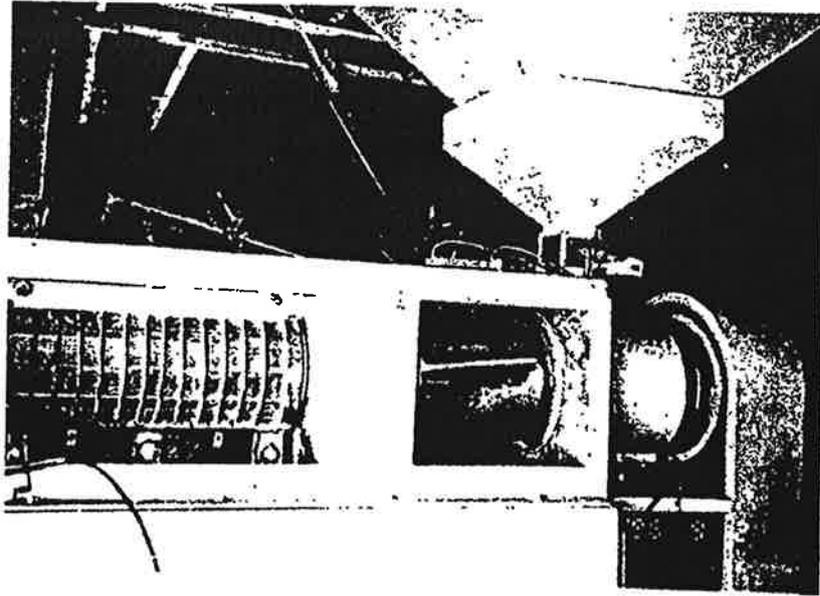


사진 3-3. 청결미제조기(연미기)의 제 1 및 제 2 연마부, 투입부, 동력부

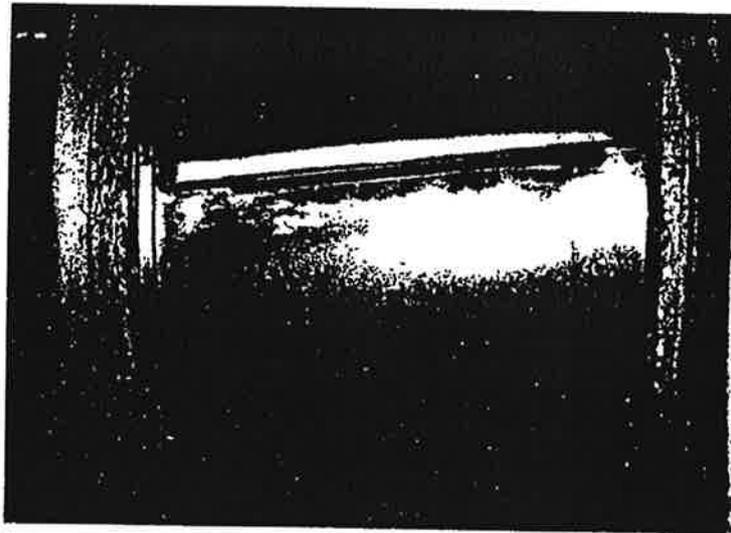


사진 3-4. 청결미제조기의 제 1 연마부의 마찰롤러 구조

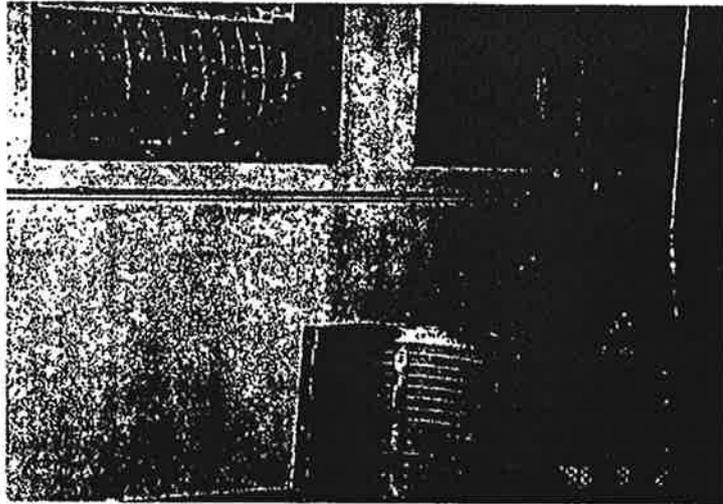


사진 3-5. 청결미제조기 제1연마부의 금망  
(저항철편이 부착됨, 슬롯각도 45도).

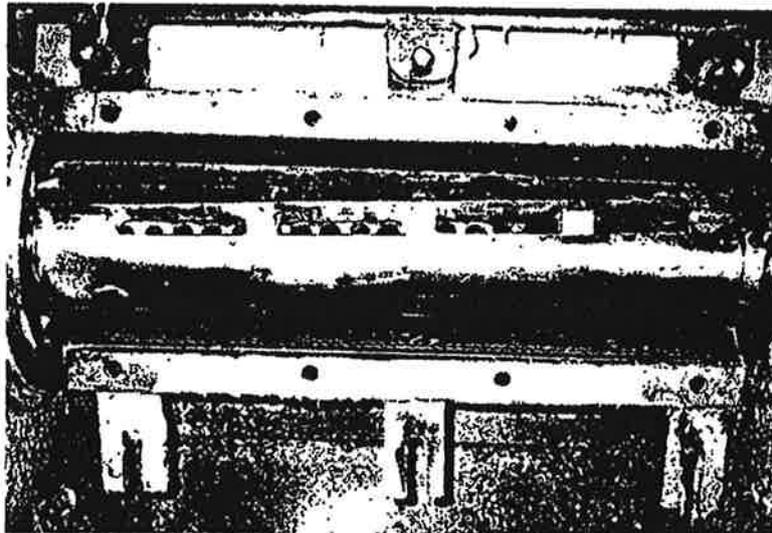


사진 3-6. 청결미제조기의 제 2 연마부의 마찰롤러

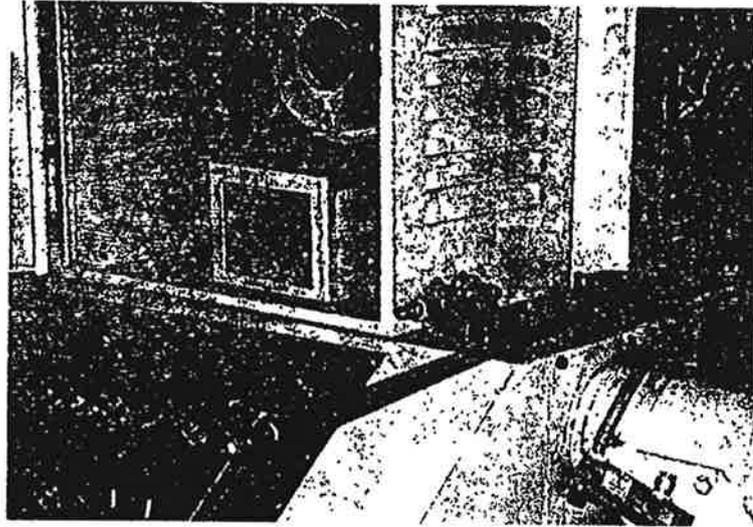


사진 3-7. 청결미제조기의 제2가수부에 부착된 노즐들  
(가수노즐과 혼합공기노즐).

## 2. 청결미제조기의 성능평가

96년산 동진벼의 백미를 시료로하여 청결미제조기의 성능을 평가하고 개선하고자 여러 처리조건에서 성능실험을 실시한 결과, 현재 표 3-2와 다음과 같은 결과들을 얻었다.

- 1) 표 3-2와 같이 먼저 시료인 백미의 함수율, 백도, 쉼미율, 동할율, 그리고 천립중을 조사하였다. 시료인 백미의 함수율은 15.7%, 백도는 36.7, 쉼미율(정상립 길이의 3/4 이하되는 쉼미의 비율)이 약 4%, 동할율이 21.2%, 천립중이 19.8그램이었다. 처리 #1과 같이 출구저항을 작게 하고(두개의 추위치 0상태), 제 1 연마부의 투입구쪽의 가수부

에서 약 150 cc/min, 제 2 연마부의 배출구쪽에서 가수량을 약 130 cc/min로하여 실험을 한 결과, 백도는 36.7에서 38.8로 증가하였으며, 쇄미율은 4.0%에서 4.1%로, 동할율은 21.2%에서 21.8%로 각각 증가하였으며, 천립중의 무게는 19.81그램에서 19.15그램으로 감소하였고, 제 1 연마부의 내부압력은 0.1 kg/cm<sup>2</sup>, 제 2 연마부의 내부압력은 1.2 kg/cm<sup>2</sup>를 나타내었다. 이처럼 처리 #1에서 원시료에 비해 쇄미율과 동할율은 약간 증가하였으며, 천립중의 변화는 시료에 비해 약 3% 감소하였으나 천립중의 표준편차 때문에 정확하게 얼마만큼 강층이 더 제거되었다고 말할 순 없지만 대략적으로 제거되는 정도를 알 수 있었다. 이같은 결과는 국산 기존 연미기를 통과하면 쇄미율이 약 2% 증가하고 동할율이 약 10% 증가하는 결과에 비해 상대적으로 우수한 결과를 보였다.

- 2) 처리 #2에서는 투입량만 처리 #1에 비해 약간 증가시켜 실험을 한 결과, 백도는 비슷하였고 쇄미율과 동할율은 증가하였으며 천립중은 약 2% 감소하였다.
- 3) 처리 #3은 다른 조건은 처리 #2와 같이하고 출구저항의 추 2개의 위치를 중간으로하여 출구저항을 높인 후 실험하였는데, 그 결과 백도는 39.6으로 증가하였으나 쇄미율과 동할율이 매우 증가하였으며 제 2 연마부의 내부압력도 정미기의 마찰실 압력처럼 높게 나타나 처리 #3은 좋은 조건이 못되었다.
- 4) 처리 #4와 처리 #5에서는 처리#2와 같은 조건에서 원료 투입량만 증가시켜 제 2 연마부의 연마실 내부압력을 증가시켰으나, 쇄미율이 내부압력에 비례하여 증가하였다. 따라서 성능향상을 위해 앞으로 출구저항을 줄이고 투입량을 적절히 조절하여 제 2 연마부의 내부압력을 줄이고, 가수량 또한 줄이고 미립화한 상태에서 가수하는 것이 필요하였다.
- 5) 처리 #6 에서는 처리 #5에 비해 원료 투입량을 줄여 2 연마부의 내부압력을 감소시킴에 따라 쇄미율도 줄일 수 있었다.
- 6) 처리 #7에서는 출구저항을 2 kg.cm로 매우 줄여 제 2 연마부의 내

부압력을 1.3 kg/cm<sup>2</sup> 감소시킴으로써 쉐미증가율이 0.1%내외로 감소하였다.

- 7) 처리 #1에서 처리#7까지는 시료의 함수율이 약 15% 수준이었으나, 처리 #8과 처리 #9에서는 함수율이 약 18% 인 시료를 사용하였고, 출구저항도 2 kg.cm로 낮게한 결과 내부압력은 0.8 - 0.9 kg/cm<sup>2</sup> 에 분포하였고 쉐미율 증가율도 0.1% 내외로 낮게 나타났다.
- 8) 표 3-3은 국내외 청결미제조기의 사양 및 성능을 비교한 것이다. 본 연구에서 개발된 청결미제조기는 시간당 4톤까지 가공할 수 있는 대형 연미기로서 2단계의 연마과정을 갖는 것이 특징이다. 본 연미기는 타 연미기의 1%-2%의 쉐미발생율에 비해 쉐미발생율이 0.5% 이하로 낮게 나타났으며, 백도의 증가율도 약 2.6%-3.0%로 나타나 다른 연미기의 백도증가율 2.3%-2.5%에 비해 높게 나타났다. 특히 본 연미기는 가수시 미립화하여 적정량을 가수하고 저압력에서 2단계로 연마하기 때문에 쉐미율도 줄이고 백도도 높일 수 있어서 깨끗한 고품질의 청결미를 생산할 수 있었다.

표 3-2. 개발된 청결미제조기(연미기)의 처리별 성능시험 비교 분석

구분	합수율 (%)	백도 (%)	쇄미율 (%)	동할율 (%)	천립중 (gr)	내부압력(kg/cm <sup>2</sup> )		비 고
						1연마부	2연마부	
시료 1 (백미)	15.7 (0.2)	36.7 (0.2)	4.0 (0.5)	21.2 (3.9)	19.8 (0.3)	.	.	96년산 햅쌀(동진벼)
처리 1	15.4 (0.2)	38.8 (0.4)	4.1 (0.2)	21.8 (7.5)	19.2 (0.2)	0.1	1.2	출구 추저항 모멘트 3.2g.cm (소), 투입구 및 출구중공축에서 가수함, 투입량 소
처리 2	15.9 (0.1)	38.7 (0.2)	4.3 (0.6)	22.5 (6.2)	19.4 (0.2)	0.2	1.2	출구 추저항 3.2 kg.cm (소), 투입구 및 출구중공축에서 가수함
처리 3	15.8 (0.1)	39.6 (0.2)	5.5 (0.3)	28.0 (8.5)	19.9 (0.2)	0.4	2.0	출구 추저항 5.0 kg.cm (중), 출구중공축에서만 가수함
처리 4	15.4 (0.2)	39.6 (0.3)	4.3 (0.7)	26.3 (8.2)	19.5 (0.1)	0.4	1.8	출구 추저항 3.2 kg.cm (소), 2곳에서 가수함
처리 5	15.5 (0.2)	39.8 (0.2)	6.1 (0.9)	21.4 (0.7)	19.7 (0.2)	0.4	2.2	출구 추저항 3.2 kg.cm (소), 처리 4에 비해 투입량 30% 증가
처리 6	14.5 (0.2)	40.0 (0.2)	4.4	.	19.4	0.4	1.5	출구 추저항 3.2 kg.cm (소), 출구중공축에서만 가수함. 투입량 감소
처리 7	14.5	39.3	4.0	.	19.5	0.4	1.3	출구 추저항 2.0 kg.cm (최소) 투입구 및 출구중공축에서 가수함.
시료 2 (백미)	18.1	36.8	1.3 (0.1)	4.7 (0.4)	.	.	.	96년산 18% 동진벼품종
처리 8	18.2	40.0	1.3 (0.1)	7.3 (0.5)	.	0.2	0.8	출구 추저항 2.0 kg.cm (최소) 투입구에서만 가수함.
처리 9	18.1	39.8	1.4 (0.1)	6.6 (0.5)	.	0.2	0.9	출구 추저항 2.0 kg.cm (최소) 투입구 및 출구중공축에서 가수함.

참고 : 1) ( ) 숫자는 표준 편차임  
 2) 위의 값들은 3-5회 반복에 대한 평균치임

표 3-3. 국내외 청결미 제조기의 사양 및 성능 비교

구 분	국산 연미기	외제 연미기	청결미 제조기(시작기)
처 리 용 량	1.6 / 3 ton/h	3 ton/h	4 ton/h
설 치 동 력(HP)	20 / 50 HP	40 HP	50 HP
실 소모동력 (HP)	•	•	0.5 kWh/100kg(27HP/ 4 ton)
롤러 회전수(RPM)	950 / 650 RPM	850 RPM	750 RPM
연마실 길이 (mm)	600 mm	1200 mm	1000 mm
금망슬롯 방향	순방향 23도( / )	역방향 23 도( \ )	순방향 45도 ( 제 1 연마부 ) 순방향 23도 ( 제 2 연마부)
교반돌기와 금망과의 간격	10 mm	•	13.5 mm (제 1 연마부) 8 mm ( 제 2 연마부)
최대 내부압력 추천 적정내부압력	0.8~3.1 kg/cm <sup>2</sup> 1.5 kg/cm <sup>2</sup> 이하	•	0.8~2.5 kg/cm <sup>2</sup> 1.5 kg/cm <sup>2</sup> 이하
가수입자 크기(μm)	90 μm 이상	30 μm 이하	80 μm (제 1 가수부) 30 μm 이하 (제 2 가수부)
수분증가율	0.1 ~ 0.2 %	0.1 % 이하	0.1 % 이하
백 도	2.3 ~ 2.4 % 증 가	약 2.5 % 증가	약 2.6 ~ 3.0 % 증가
쇄미 발생율 동할을 발생율	1.5 ~ 2.0 % 약 10 % 이상	1 % 이하 •	0.5 % 이하 약 5 % 이하
특 징	내부압력 높음 가수량 많음 쇄미율 높음 동할을 높음 강충제거량 많음	롤러축가공도 높음 가수미립자 작음 강충제거량 많음 가공시간이 길음	2단계 연마방식 저압력 연마 적정 가수량 분사 대용량 처리 백도가 높음

### 3. 청결미제조기의 성능개선

시간당 4톤을 처리할 수 있는 대형 청결미제조기(연미기)를 개발한 후 기초 성능실험을 마쳤다. 개발된 청결미제조기인 대형 연미기의 성능개선을 위해서 제 1 연마실의 금망의 슬롯각도를 순방향 45도(\\)에서 역방향 45(/)도 변화시켰으며, 연마시 가수량과 출구저항을 적절히 조절하면서 적정조건을 찾고자 하였다. 이같이 금망의 슬롯각도를 순방향에서 역방향으로 바꾼 이유는 제 1 연마실에서 금망의 저항을 높여 연마효과를 높이고 체제시간을 늘려줌으로써 제 2 연마실에서의 부하를 줄여 내부압력을 감소시키고 연마의 효과를 높이기 위해서 시도하였다. 본 청결미제조기의 성능을 개선시키기 위해 실험한 결과는 다음과 같다.

- 1) 표 3-4는 개발된 청결미제조기에서 금망을 교체한 후 가수량 및 출구저항에 따라 백도와 쇄미율의 변화를 실험한 결과이다. 그 결과 제 1 연마실의 내부압력은 약  $0.2 \text{ kg/cm}^2$  정도 증가하였으나, 제 2 연마실의 내부압력을 약  $0.4 \text{ kg/cm}^2$  정도 낮추면서 고압이 형성되는 제 2 연마실에서 주로 발생하는 쇄미 발생율을 약 0.5%이하에서 0.2%이하로 감소시킬 수 있었다. 이때 백도도 38-39 이상을 나타내며 광택이 낮으나 가수량이 300 cc/min 이상이 되면 백도는 감소하는 경향을 보였다. 또한 출구저항을 1.5 kg.cm에서 2.3 kg.cm로 증가하더라도 쇄미율과 백도에는 별 영향을 미치지 않았다.
- 2) 출구저항 1.5 kg.cm에서 가수량 300 cc/min일 때 백도의 상승효과가 컸고(그림 3-2(a)), 또한 쇄미율의 감소효과도 컸다(그림 3-2(b)). 그리고 출구저항 2.3 kg.cm에서도 300 cc/min에서 백도의 상승효과가 컸고(그림 3-3(a)), 쇄미율은 가수량 250 cc/min에서 상대적으로 낮게 나타났다(그림 3-3(b)).

표 3-4. 개발된 청결미 제조기의 성능개선 실험결과

(제 1연마실의 금망의 슬롯각도가 역방향 45° ( / )일 경우)

처리	처리여부	가수량 (cc/min)	백도	함수율 (%)	쇄 미 율 (%)						
					1차	2차	3차	4차	5차	평균	편차
처리1	처리전	0	39.3	14.1	2.40	3.10	2.52	2.59	2.76	2.67	0.27
	처리(A)	200	39.9	14.7	2.96	2.98	2.97	2.89	2.72	2.90	0.11
처리2	처리전	0	38.5	14.5	2.79	2.26	2.43	2.85	2.62	2.59	0.25
	처리(A)	250	39.1	14.7	2.44	2.20	2.39	2.90	2.55	2.50	0.26
처리3	처리전	0	32.5	14.9	2.62	3.02	2.55	2.50	2.82	2.70	0.22
	처리(A)	300	38.2	15.1	2.53	2.48	2.74	2.49	2.52	2.55	0.11
	처리(A)	350	36.9	15.3	3.15	2.55	2.23	2.48	2.66	2.61	0.34
처리4	처리전	0	34.6	15.0	2.63	2.55	2.42	2.50	2.86	2.60	0.17
	처리(B)	200	37.3	15.3	2.37	2.77	2.44	2.85	2.66	2.62	0.21
	처리(B)	250	36.8	15.1	2.46	2.25	2.80	2.70	2.39	2.52	0.23
처리5	처리전	0	34.7	15.0	2.61	2.22	2.55	2.40	2.71	2.50	0.19
	처리(B)	300	37.7	15.0	2.35	2.32	2.44	2.89	3.25	2.65	0.41
	처리(B)	350	37.4	14.9	2.68	2.58	2.67	2.81	2.98	2.74	0.16

(참고) A: 출구저항이 1.5 kg·cm, B: 출구저항이 2.3 kg·cm임

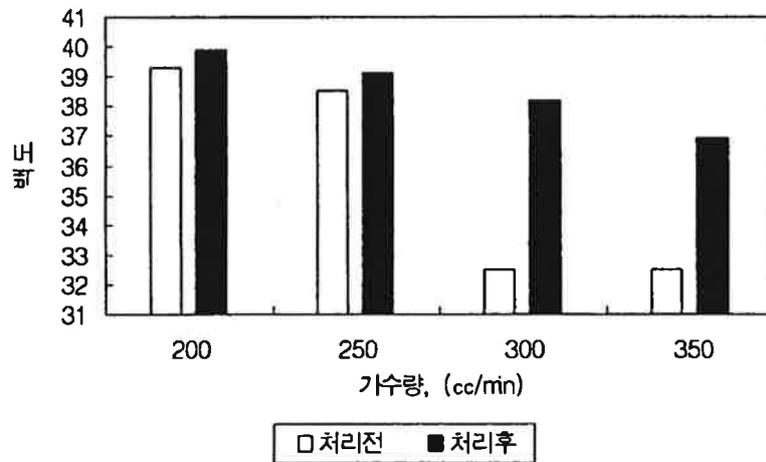


그림 3-2(a). 개발된 연미기에서 가수량에 따른 처리전과 처리후의 백도변화 (출구저항 1.5kg·cm)

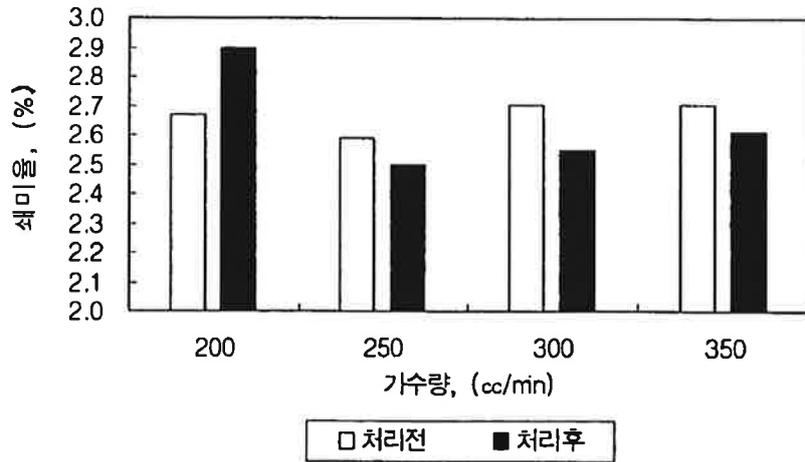


그림 3-2(b). 개발된 연미기에서 가수량에 따른 처리전과 처리후의 설패율변화 (출구저항 1.5kg·cm)

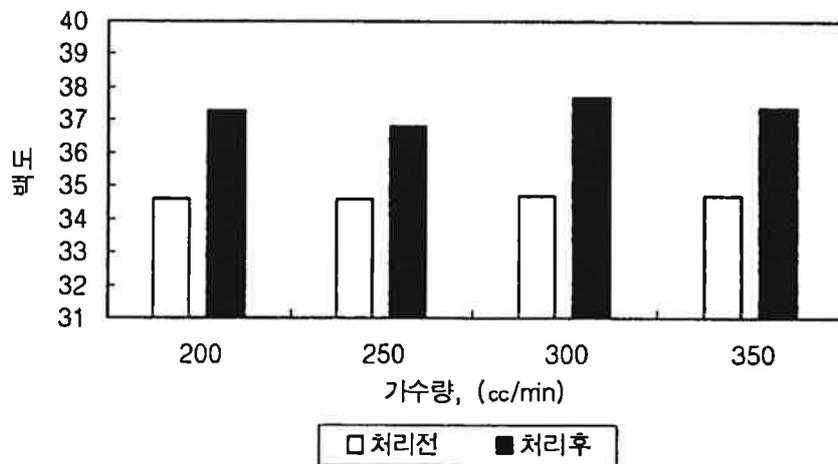


그림 3-3(a). 개발된 연미기에서 가수량에 따른 처리전과 처리후의 백도변화 (출구저항 2.3kg·cm)

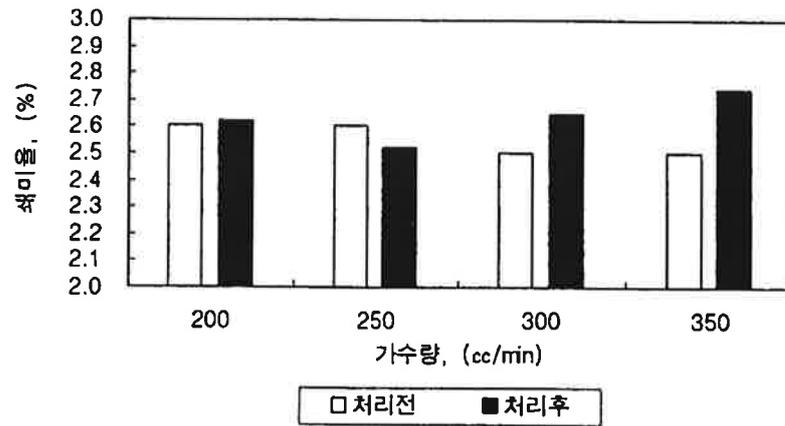


그림 3-3(b). 개발된 연미기에서 가수량에 따른 처리전과 처리후의 썩미율변화 (출구저항 2.3kg·cm)

## 제 4 절 결 론

미곡종합처리장 및 대형 도정공장에 설치할 대형 청결미제조기의 개발 필요성에 따라 대형 연미기를 개발한 후, 이 시작기에 대한 성능평가 및 성능개선 실험을 실시하였다. 이에 본 연구에서 얻은 결과는 다음과 같았다.

- 1) 2단계 연마식 청결미제조기를 (4톤/시간) 설계 및 제작하여 개발하였다. 청결미제조기는 투입부, 제 1 가수부, 제 1 연마부, 제 2 연마부, 출구부, 제 2가수부, 동력부, 제어부, 흡입부 등으로 구성되었다. 청결미제조기의 주동력은 50 HP이었고, 흡입팬은 7.5 HP, 물리축의

표준회전수는 750 rpm이었다. 제 1 연마부에서는 거친 입자들을 털어내고 가수된 원료들을 끌고루 잘 섞도록 하였으며, 롤러는 표면의 부식방지를 위해 크롬으로 도금하였다. 제 2 연마부는 미세 입자들을 제거하는 기능을 하면서 최대한의 광택을 내도록 하였고, 마찰롤러는 주물로 제작하였다. 제1가수부는 원료 투입구에 최대용량 630 cc/min의 분사노즐과 시료 혼합기를 설치하였고, 제 2가수부는 제 2 연마부 배출부 중공축에 압축공기와 물의 혼합노즐을 설치하였다. 특히 제 2 가수부에서는 공기압을 약 4기압, 수압을 약 10기압으로 하여 분무된 물 입자를 30 um이하로 미립화하였다. 금망은 제 1연마부는 원형으로, 제 2 연마부는 8각형으로 제작하였다.

- 2) 개발된 청결미제조기는 시간당 4톤까지 가공할 수 있는 대형 연미기로서 2단계의 연마과정을 갖는 것이 특징이다. 본 연미기의 성능으로 타 연미기의 1%-2%의 쇄미발생율에 비해 쇄미발생율이 0.5% 이하로 매우 낮게 나타났으며, 백도의 증가율도 약 2.6%-3.0%로 나타나 다른 연미기의 백도증가율 2.3%-2.5%에 비해 높게 나타났다. 특히 본 연미기는 가수시 미립화하여 적정량을 가수하고 저압력에서 2단계로 연마하기 때문에 쇄미율도 줄이고 백도도 높일 수 있어서 깨끗한 고품질의 청결미를 생산할 수 있었고, 소모동력도 0.5 kWh/100kg으로 낮게 나타나 개발된 대형 청결미제조기의 성능이 매우 우수함을 알 수 있었다.
- 3) 개발된 청결미제조기에서 금망을 교체한 후 가수량 및 출구저항에 따라 백도와 쇄미율의 변화를 실험한 결과, 제 1 연마실의 내부압력은 약 0.2 kg/cm<sup>2</sup> 정도 증가하였으나, 제 2 연마실의 내부압력을 약 0.4 kg/cm<sup>2</sup> 정도 낮추면서 고압이 형성되는 제 2 연마실에서 주로 발생하는 쇄미 발생율을 약 0.5%이하에서 0.2%이하로 감소시킬 수 있었다. 이때 백도도 38-39 이상을 나타내며 광택이 낮으나 가수량이 300 cc/min 이상이 되면 백도는 감소하는 경향을 보였다. 또한 출구저항을 1.5 kg.cm에서 2.3 kg.cm로 증가하더라도 쇄미율과 백도에는 별 영향을 미치지 않았다. 그리고, 출구저항 1.5 kg.cm에서 가

수량 300 cc/min일 때 백도의 상승효과가 컸고, 쇠미울의 감소효과도 컸다. 그리고 출구저항 2.3 kg.cm에서도 300 cc/min에서 백도의 상승효과가 컸고, 쇠미울은 가수량 250 cc/min에서 상대적으로 낮게 나타났다.

## 제 4 장 초경완패스정미기의 개발 및 성능평가

### 제 1 절 서 언

정백과정은 미곡 도정과정 중에서 에너지를 가장 많이 소요할 뿐만 아니라 도정과정 중에 발생하는 미곡손실의 대부분이 이 과정에서 발생하므로 현백효율(정백수율), 완전미 수율(완전립율) 및 정백효율(단위 시간당 생산된 백미의 무게/단위 시간당 에너지 소요량)을 극대화시키기 위하여 정미기 각 기종의 특징을 고려하여 여러 가지 형태로 구성하여 사용하고 있다. 국내에서는 연삭식 정미기와 마찰식 정미기를 동시에 연좌식으로 사용하는 복합식 시스템을 주로 채택하여 사용하고 있으나, 최근에는 외국의 영향을 받아 연삭식과 마찰식 정미기가 하나로 되어 있는 일체식의 완패스정미기를 설치하고 있다.

기존의 국산 완패스 정미기들은 금강사로 구성된 연삭부와 틀러로 구성된 마찰부로 구성되어 있으나, 특히 연삭부에서는 금강사의 목(目)이 일정치 않아 균일한 연삭이 이루어지지 않고 얼룩이 지며 썩미가 발생하고 일정시간이 경과하면 목(目)사이에 미강이 끼어 제대로 연삭이 되지 않는 문제점이 야기되고 있으며, 연삭부에는 가수할 수가 없어서 그 소모동력이 높다. 그리고 최근에는 16-17% 이상의 함수율 수준에서 벼를 도정하기 때문에 수분이 많은 미강이 금강사의 목에 붙게되어 그 연삭기능이 현저히 떨어져 사용을 기피하고 있다.

이에 국산 정미기와 외제 정미기의 구조와 성능을 비교분석하고 기존의 정미기들의 문제점을 구명한 후, 청결미 제조기의 일환으로 최신 완패스 정미기를 개발이 요구되고 있다. 특히 정미과정에서 많이 발생하는 썩미를 줄이면서 미강을 잘 제거하고 윤택하게 하며 저온과 낮은 압력에서 가공할 수

있는 고성능 완패스 정미기의 개발이 절실히 필요하게 되었다.

따라서 기존 정미기의 문제점들을 해소하기 위해서 초경의 재료로 칼날을 만들어 저압력에서 현미의 미강을 깎는 절삭식 초경 완패스 정미기를 개발하고자 하였다. 그리고 개발된 완패스 정미기의 성능개선 실험을 통해 정미기의 성능과 효율을 향상시킨 다음 최종적으로 산업화하고자 하였다.

## 제 2 절 연구사

### 1. 연삭식 정미기

연삭식 정미기는 금강사를 사용해 현미의 표면을 연삭시킴으로써 강층을 제거하는데 이때 필요한 접촉압력은  $50\text{g/cm}^2$  이하로서 마찰식 정미기의 찰리작용에 필요한  $200\text{g/cm}^2$  의 압력보다 훨씬 작다고 보고되고 있다. 수평 연삭식 정미기는 원료공급스크루, 금강사로 된 롤러, 금망(screen), 출구저항장치, 미강 흡입장치로 구성되는데 주요 성능인자로는 금강사 표면 입도, 롤러와 금망사이의 간격, 롤러의 원주속도, 금망의 구멍방향 및 각도, 금망내벽에 설치되는 작은 철판의 방향 그리고 출구저항장치 등으로 알려지고 있다. 이때 소형 수평 연삭식 정미기의 금강사의 적정 목수는 30-40목, 롤러의 적정 원주속도는  $600\text{m/min}$  그리고 롤러돌기와 금망사이의 적정 간격은 10mm 등이라고 보고된 바 있다.

연삭식 정미기는 정백식 내부압력이 낮기 때문에 깨지기 쉬운 장립종 벼를 도정하기에 적합하여 사용되어 왔었으나, 근래에는 단립종을 주로 생산하여 가공하므로 그 사용도가 떨어지고 있다. 그러나 여전히 완패스 정미기의

1차 정백공정에 사용되고 있으나, 함수율이 16~17%인 벼를 도정하면 미강이 금강사에 끼어 점차로 연삭기능이 떨어지므로 부적합하다, 또한 금강사의 연삭부에 물을 가수 할 수 없어서 동력소모가 크고 사용시간 증가에 따라 미강이 금강사에 끼어 점차로 연삭효과가 떨어지는 단점이 있다. 이에 외국에서는 연삭식 대신에 세라믹 칼날을 이용해 절삭하는 정미기를 개발한 바 있다.

## 2. 마찰식 정미기

분품 또는 흡입 마찰식 정미기는 원료공급스크루, 철재롤러, 금망, 분동을 이용한 출구저항장치, 미강제거를 위한 송풍장치 등으로 구성된다. 이 마찰식 정미기의 주요 성능인자로는 롤러의 원주속도, 롤러의 길이, 롤러와 금망과의 간격, 롤러의 저항돌기 형태 및 수, 금망의 형태, 구멍방향 및 각도, 금망내벽에 붙이는 철판의 형태 및 수, 공급스크루의 피치와 길이, 그리고 출구저항압력 등이 있다. 정백식내의 압력형성은 원료의 공급률, 롤러와 금망간의 간격, 롤러의 회전속도, 금망의 단면모양 및 슬롯의 각도, 출구저항 등에 의해 결정된다고 보고된 바 있다. 그리고 정백실에 머무는 시간은 곡물의 축방향 속도, 정백식의 길이 및 금망간의 슬롯방향 등에 의해 결정되어진다. 단편적인 연구결과에 따르면, 일정한 롤러의 회전속도에서 공급스크루의 피치가 클수록, 그리고 출구저항압력을 증가시킬수록 정백실내의 압력은 증가하며, 슬롯이 수평면과 이루는 각도가 증가할 수록 압력은 감소하는 것으로 보고되고 있다. 금망의 단면모양 및 표면상태는 정백실내의 압력형성에는 큰 영향을 끼치지 않지만 현백효율과 관계가 깊은 것으로 나타나고 있다. 롤러의 회전속도와 압력과의 관계는 공급스크루의 피치가 클 때 (4.8cm)에는 증가하는 것으로 보고되고 있다. 또한 품종, 함수율, 원료의 표면상태 등이 정백실내의 압력에 영향을 미친다고 보고된 바 있다. 특히 흡입마찰식 정미기에서 원료가 1회 순환시 추청벼는 약 2kg/cm<sup>2</sup>, 동산벼는 1.9kg/cm<sup>2</sup>의 압력을 형성한다고 보고된 바 있다. 온도상승은 정백미가 정백실내에 머무는 시간 및 정백실내의 압력에 비례하는데 급격한 온도상승은

미질의 변화를 초래한다고 보고되고 있다.

### 3. 완패스 정미기

최근에 도정시설의 간편화, 미질 향상 및 시설비용의 절감을 위해서 연삭식 정미기와 마찰식 정미기의 기능이 함께 있는 일체식의 완패스 정미기가 개발되어 보급되고 있으며 대부분의 미곡종합처리장에서는 이를 선호하고 있다. 이에 일본의 S사 및 T사, 멕시코의 R사, 그리고 국내 K사 및 Y사 등에서는 완패스 정미기를 개발하여 도정공장에 설치하고 있다. 대부분의 국내의 완패스 정미기는 금강사로 구성된 연삭부와 롤러식의 마찰부로 구성되어 있으나 일본의 T사 제품은 세라믹 날을 사용해 미강을 깎는 절삭식 세라믹 완패스 정미기를 생산하고 있다.

그러나 이들 수입기계의 가격은 국내 기계의 4배 이상하는 고가 제품들이면서도 수입 정미기들의 성능에 대한 연구 보고가 거의 없는 실정에서 무조건 수입에 의존하고 있는 상태이다. 이에 이들 수입기계에 대한 성능 구명과 수입기계들을 대체할 수 있는 고성능의 국산 완패스 정미기의 개발이 절실히 요구된다.

## 제 3 절 재 료 및 방 법

### 1. 초경 절삭식 완패스정미기의 개발

#### 가. 완패스정미기의 구성

초경 절삭식 완패스 정미기는(폭 750mm, 길이 2200mm) 초경식 칼날로 제작된 절삭부와 마찰롤러로 구성된 마찰부, 미강이 잘 빠지도록 구멍(slot)들이 뚫어진 금망부, 정미기 출구의 저항장치부, 정미기 출구에서 미강을 브러쉬로 털어주며 정미를 배출시키는 이송부, 현미에 물을 분무해 주며 섞어주는 가수 및 혼합부, 완패스 정미기를 제어하는 제어반, 미강을 제거하는 흡입 팬, 동력부 등으로 구성되도록 설계하였다 (그림 4-1).

#### 나. 완패스정미기의 초경 절삭부 및 마찰부

완패스정미기의 초경 절삭부는 고강도의 초경 소재를 사용해 제작한 칼날을 직경이 330 mm이고 길이가 약 300 mm인 금속원통에 일정 간격으로 부착시켜 절삭기능을 갖도록 한 것으로서 그 세부도는 그림 4-2와 같다. 그림에서와 같이 총 25개의 초경 칼날들을 14.4° 간격으로 원통밖으로 1 mm 씩 돌출되도록 볼트들을 사용해 고정하였으며, 칼날들이 마모될 경우에는 이들 볼트를 조절해 칼날의 돌출높이를 조절하도록 하였다. 이들 칼날과 금망과의 간격은 약 13.5 mm가 되도록 하였다. 또한 초경 칼날들의 끝부분은 일정방향으로 경사도를 갖게하여 절미가 생기지 않도록 하였으며, 또한 칼날들이 부착된 금속원통에 일정 간격으로 공기구멍들을 만들어서 미립의 온도상승을 막고 미강이 미립으로부터 잘 분리되도록 하였다. 정미기의 마찰부의 롤러는 직경이 164 mm, 길이가 604 mm이 되도록 제작하였다. 마찰롤러에는 2개의 돌기(높이 10 mm)를 설치하여서 마찰돌기와 금망간의 간격을 8 mm로 하여 정백실내에 압축압력이 형성되도록 하였다. 그리고 돌기 뒷부분에는 공기구멍들을 뚫어서 미립의 온도 상승을 막고 미강이 미립으로부터 잘 분리되도록 하였다. 또한 출구쪽의 롤러끝에는 노즐을 설치하여 마찰부의

시작부에 가수함으로써 미립의 온도 상승을 막도록 하였다.

#### 다. 완패스정미기의 금망부

완패스 정미기의 금망 형태는 초경 절삭부는 직경이 357 mm인 원통형으로 하였고, 마찰부의 금망은 직경이 180 mm 인 8각형으로 제작하도록 하였다. 정백실 내부에서 미강이 빠져 나오는 금망의 슬롯(slot)방향을 순방향 45° (\)와 역방향 45° (/)로 2종류를 제작하여 금망이 도정시간, 미립의 품질, 및 기타 성능에 미치는 효과를 분석하고자 하였다. 즉 슬롯의 순방향 45° (\)는 미립이 잘 배출되도록 추진력이 최대가 되게 하며, 슬롯의 역방향 45° (/)는 미립이 배출의 반대방향으로 추진력을 받도록 하여 정백실내에 오래 머무도록 하기 때문에 이들 금망의 형태가 미질, 내부압력 및 기타 성능에 미치는 효과를 분석하고자 하였다. 또한 정백실내의 저항을 크게 하기 위해 철판띠(사진 4-1)를 일정간격으로 금망내벽에 부착시켜서 금망의 철판이 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

#### 라. 완패스정미기의 가수부

정미기에 현미를 투입하기 전에 현미에 물을 분사시켜 소모동력을 줄이기 위해서 최대 용량이 10 gal/h인 노즐을 가수부에 설치하였으며, 현미의 함수율에 따라 물 분무량을 조절하도록 유량계를 설치하였다. 본 연구에서는 예비실험을 통해 물 분무량이 5 gal/h가 적당하다고 사료되어 초경부에 투입되는 현미에의 물 분무량을 5 gal/h로 고정하였다. 그리고 분사노즐밑에는 쌀을 고루 섞어주는 혼합기를 설치하였다. 또한 마찰부의 물러 끝부분에 공기혼합 노즐을 설치해 30 um의 아주 미세한 물 미립자를 분사할 수 있도록 제작하였다(사진 4-2). 이때 공기압은 약 4 기압으로 하였으며 수압은 약 12 기압이 되도록 하였다.

#### 마. 완패스정미기의 동력부

정미기의 동력부에는 효율이 92%이고 RPM이 1170인 45kW(60마력)의 삼상 유도전동기를 설치하였으며, 기동전류를 줄이기 위해서 전원과 부하는

성형-델타결선 방식을 채택하였다. 그리고 정미기에서 나오는 미강을 집진하기 위해서 5.5kW(7.5마력)의 원심식 흡입팬을 설치하였으며, 절삭부의 롤러축에 분풍하기 위해서 0.5kW(1마력)의 분풍팬을 설치하였다. 또한 정미기 롤러 축의 회전수가 정미기의 성능에 미치는 영향을 분석하고자, 롤러축의 분당 회전수가 850과 750이 되도록 구동폴리를 2종류로 제작하였다.

## 2. 완패스 정미기의 성능개선실험

개발된 완패스 정미기를 분당 회전수 850과 750의 2수준과 금망의 슬롯방향 및 각도(순방향 45° 와 역방향 45° ), 마찰부에 설치된 노즐의 물 분사 여부, 금망에 붙여진 저항철편의 유무, 기계의 경사도 등을 주변수로 조합하여 각 실험 결과를 기초로 12가지의 선별된 처리에서 성능실험을 실시하였다.

## 3. 완패스 정미기의 성능분석

초경식 완패스 정미기의 성능평가를 위해서 쌀의 백도, 현백율, 완전미수율(완전립율), 동할율, 마찰부의 내부압력, 절삭부의 내부압력, 쌀의 함수율 변화, 소모동력, 소모전류, 시간당 처리능력, 쌀눈이 붙어 있는 배아미의 비율 등을 12가지의 처리조건에서 각각 분석하였다. 이같은 결과를 기초로 성능이 개선된 초경식 완패스 정미기를 재개발하여 한 도정공장(전남 무안)에 설치하였다. 쌀의 백도는 Kett C-300의 백도계를 사용해 측정하였으며, 현백율은 정백수율로서 현미 및 정미의 무게를 전자저울(북성기업 FS-2303, chleo 100kg)로 측정해 산출하였다. 완전립률과 동할율 그리고 배아미 비율은 100gr의 시료를 채취해 5반복의 시각적 검사를 통해 추정하였다. 이때 백미(현미)의 완전립율은 생산된 총 백미(현미)에 대해 완전한 백미(현미)의 3/4 이상이 되는 정상정립의 비율을 완전립율이라 정의하여 산출하였다. 동할율은 미립에 금이 1개 있는 경우, 금이 2개 있는 경우, 금이 3개 이상인

있는 경우로 분류하여 추정하였다. 또한 마찰부와 절삭부의 내부압력은 각각의 금망의 중앙상층부에 압력센서(50AB/HP, 50 psia)를 설치해 측정하였다. 이때 압력센서의 신호는 Thorn-EMI사의 증폭기(SE 1054)와 오실로그래프를 사용해 감광지에 나타내도록 하였다. 쌀의 함수율은 Kett사의 수분측정기(K 305)로 측정하였다. 정미기의 총소모동력은 적산전력계를 사용해 측정하였으며 소모전류는 전류계를 사용해 측정하였다. 정미기의 부하는 정미기에 투입되는 쌀의 시간당 공급량에 따라 달라지는데 본 실험에서 부하전류가 약 110 A가 유지되도록 원료 공급량을 일정하게 유지하면서 정미기 성능개선 실험을 실시하였다. 또한 정미기 롤러축의 회전수는 G. Cussoms사의 타코미터(모델 p 4743)를 사용해 측정하였다.

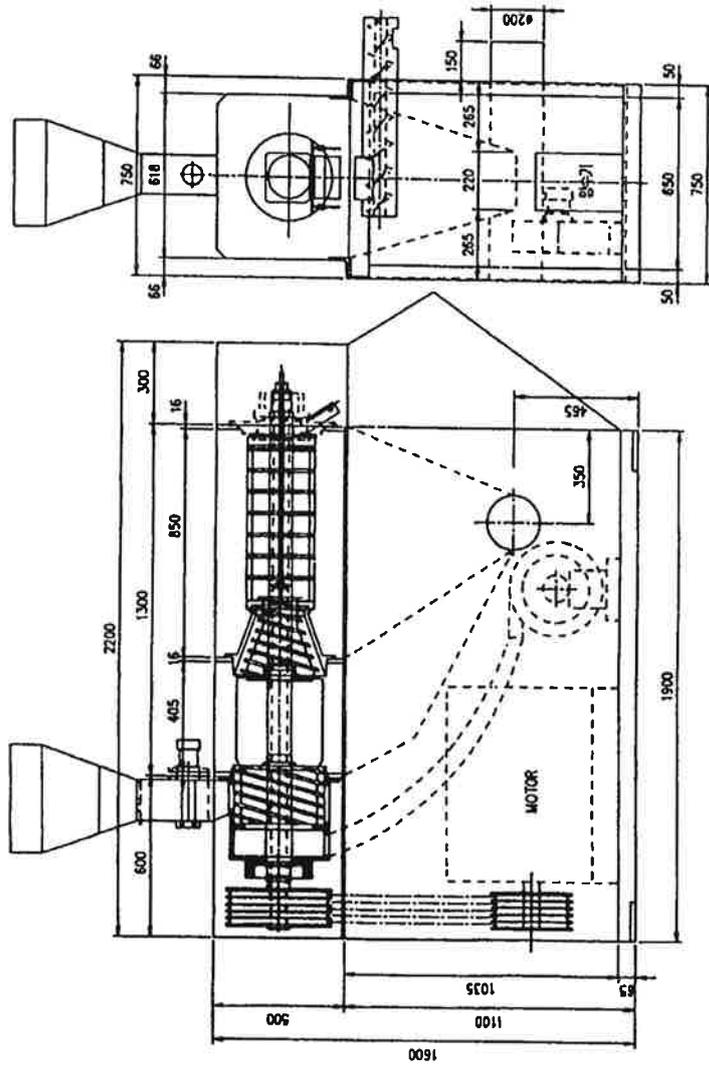


그림 4-1. 초경절삭식 완패스 정미기의 구조도



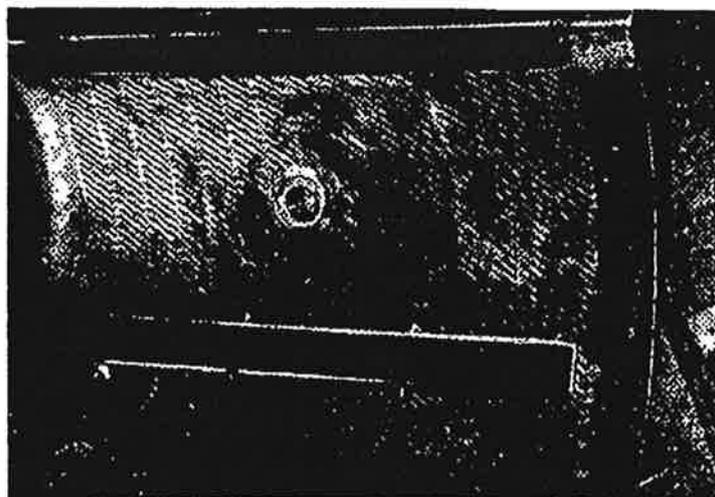


사진 4-1. 정미기의 금망에 붙여진 저항 철판띠



사진 4-2. 정미기의 마찰부끝에 설치된 공기혼합노즐의 분사장면

## 제 4 절 결과 및 고찰

### 1. 초경 절삭식 완패스정미기의 개발

연미기의 구조분석과 성능실험을 실시한 결과 연미기의 개발에 앞서 청결미 제조기로서 최신 초경 절삭식 완패스 정미기를 개발하였다. 새로이 고성능의 연미기가 개발될 지라도 정미 단계에서 제대로 가공되지 않는다면 청결미를 생산하는데 별다른 효과를 얻을 수 없다. 이에 기존 완패스 정미기의 연삭부의 문제점을 없애기 위해서 초경날을 사용한 절삭식 완패스 정미기(처리용량 3 톤/시간 이상)를 사진 4-3과 같이 개발하였다. 초경 완패스 정미기는 절삭부, 마찰부, 동력부, 물 분사장치부, 미강 흡입부, 제어부 등으로 구성되었다. 사진 4-4는 개발된 초경 완패스 정미기의 마찰부와 초경 칼날로 이루어진 절삭부를 보여주고 있다.

#### 가. 정미기의 초경 절삭부

기존의 완패스 정미기는 연삭부와 마찰부로 구성되었는데, 연삭부에서는 연삭돌의 목(目) 크기가 일정하지 않아 균일한 연삭을 하지 않고, 연삭돌이 거칠기 때문에 쇄미를 발생시킨다. 또한 일정 시간이상 사용하면 연삭돌에 미강이 많이 끼어 연삭기능이 제대로 이루어지지 않는다. 따라서 고강도의 합금인 초경을 사용해 만든 칼날들을 그림 4-2와 같이 연삭부의 돌 대신에 원통에 일정간격으로 부착시켜서 절삭부를 사진 4-5와 같이 제작하였다. 총 25개의 초경 칼날들이 14.4° 간격으로 원통으로부터 1mm씩 돌출 되게 설치되어 있다. 이들 초경날이 회전하면서 현미의 미강을 깎아 박리시키기 때문에 정백실내의 압력도 전혀 높지 않고 쌀 온도 상승도 없어서 고품질의 백미를 생산할 수 있었다.

#### 나. 정미기의 가수부

연삭돌 대신에 절삭부에 초경날들이 설치되어 있어서 물을 분사할 수 있

기 때문에 연삭식에 비해 초경의 절삭식이 동력 소모량을 줄일 수 있었다. 또한 마찰부에 사진 4-2와 같은 공기 혼합 노즐을 설치해 30  $\mu\text{m}$  이하의 물 미립자를 분사시킴으로써 백미에 묻어있는 미강을 제거할 수 있었고 미립들의 온도 상승을 줄여 주었다. 이처럼 마찰부에서의 압축공기에 의한 가수기능은 쌀의 온도 상승을 막고 미세 미강을 털어주는 연미기능을 수행하였다.

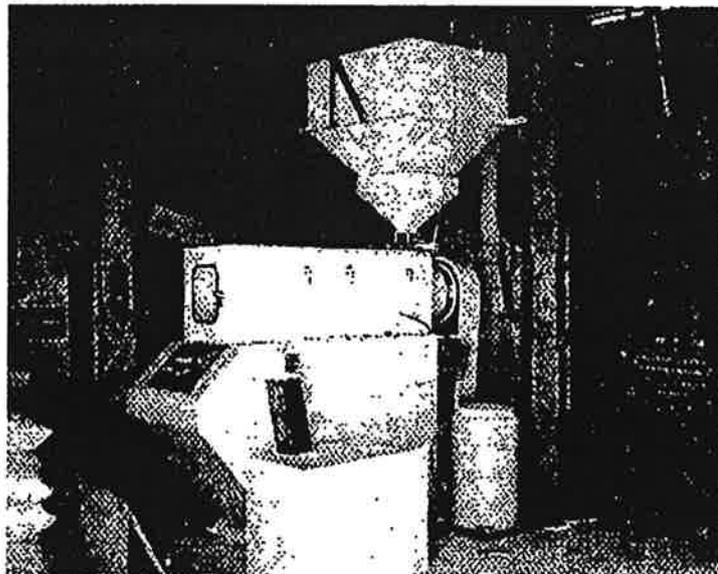


사진 4-3. 국내 최초로 개발된 초경 완패스 정미기의 외형

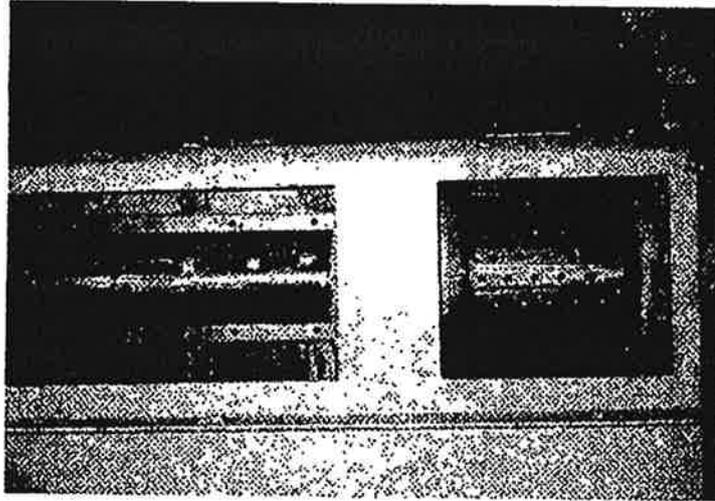


사진 4-4. 초경 절삭식 완패스 정미기의 초경 절삭부 및 마찰부의 내부구조

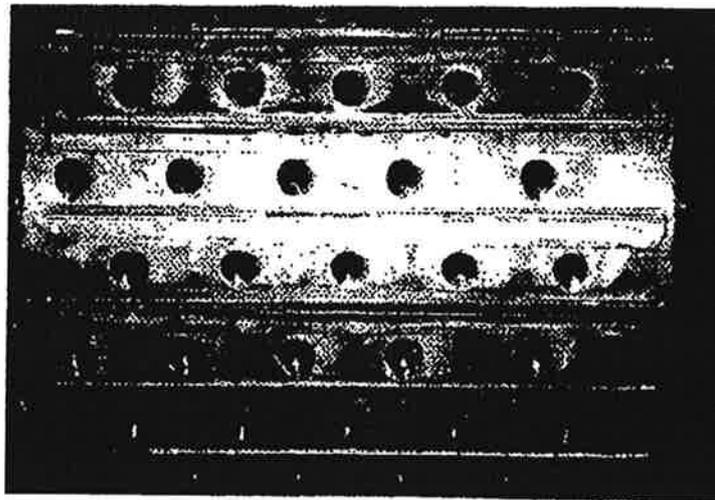


사진 4-5. 초경 칼날로 구성된 완패스 정미기의 절삭부

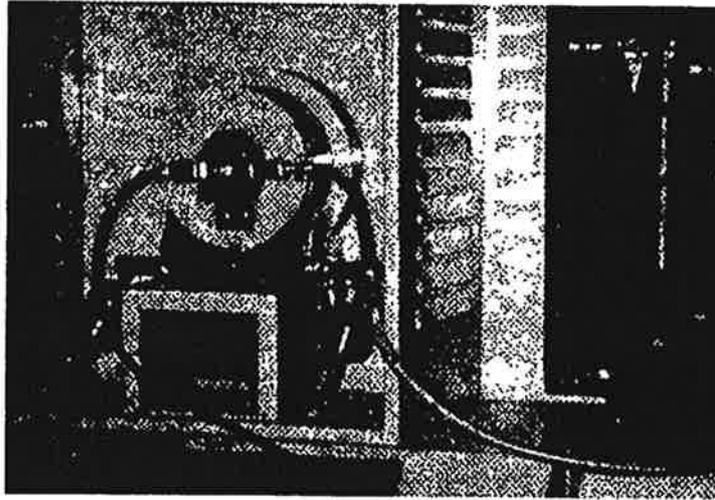


사진 4-6. 초경 완패스 정미기의 마찰부에 설치된 공기혼합 노즐

## 2. 정미기의 성능실험 결과 및 고찰

개발된 초경 완패스 정미기를 850rpm과 750rpm에서, 초경 절삭부의 금망 각도를 순방향 45° 와 역방향 45° 의 2 수준에서, 초경 절삭부의 금망에 부착시킨 저항 돌기의 유무, 마찰부에서 공기혼합 노즐에 의한 물 분사 유무, 그리고 정미기의 부하를 줄이기 위해 기계의 3° 경사도 (처리 #12에서 만) 유무 등의 처리조건에서 정백실험을 실시하여 초경 완패스 정미기의 성능을 분석한 결과 표 4-1과 같았다.

#### 가. 정미기 회전수의 차이효과

개발된 초경 완패스정미기에서 롤러축 회전수가 850rpm이고 투입되는 현미의 쉐미율이 약 3%, 동할율이 약 8% 일 때, 정미기를 거친 후 백미중에 쉐미가 8~10 %, 완전미의 동할율이 약 10~18%, 배아미의 비율이 4% 수준에 이르렀고, 회전수가 750rpm인 경우에는 쉐미가 5~7 %, 완전미의 동할율이 약 8~13%, 배아미의 비율이 약 8% 수준으로 나타났다. 따라서 회전수 750rpm에서 본 정미기에서 발생하는 순쉐미율이 약 2%, 순동할율이 약 2%로 나타났고 850rpm에서는 순쉐미율이 약 5%, 순동할율이 약 7%로 나타났다. 즉 회전수가 낮춤으로써 쉐미와 동할율을 줄이고 배아미의 비율을 높일 수 있었다. 그러나 백도는 회전수 850rpm에서 37~38, 회전수 750rpm에서 34~36로 나타나 회전수가 높을 때 약간 백도가 높게 나타났다. 그리고 정미기 초경 절삭부와 마찰부의 원주속도는 롤러축의 회전수가 750rpm일 때 각각 약 770m/min와 약 380m/min로 나타났다.

#### 나. 정미기 금망의 처리효과

정미기의 초경 절삭부의 금망에 저항 철판띠를 붙였을 때(사진 4-1)에는 안 붙였을 때에 비해 처리능력이 떨어지고 소모전력이 증가하여 4차 실험(처리 #4)이후 부터는 금망으로부터 저항 철판띠를 떼어 미립 손상 특히 동할율을 줄이도록 하였다.

초경 절삭부의 금망 각도가 정미기의 성능에 축 회전수만큼이나 큰 영향을 미쳤다. 금망의 각도가 쌀의 배출에 용이한 순방향 45° (\\)일 때는 역방향 45° 에 비해 처리능력이 시간당 3톤 이상으로 증가하였고 소모전력도 약 1.0kWh/100kg으로 낮게 나타났으며 초경부의 내부 압력도 약 0.12kg/cm<sup>2</sup>로 낮게 나타났다. 그러나 마찰부에서는 초경부의 저항 감소로 인하여 내부압력이 약 2.4kg/cm<sup>2</sup>로 역방향 45° 에 비해서 약 25% 이상 증가하였다. 그러나 종합적으로 볼 때 초경 절삭부의 금망 각도가 순방향 45° 일 때가 처리능력도 좋고 쉐미 발생과 소모전력이 줄어들며 배아미의 비율도 증가하므로 더욱 더 고품질의 쌀을 생산할 수 있었다. 개발된 초경 완패스 정미기의 소모전력은 초경 절삭부의 금망 각도가 역방향 45° 이고, 정

미기 기계 자체에 경사 3° 를 주어(처리 #11과 12) 쌀 투입구 쪽이 배출구 보다 높을 때에는 비슷한 부하에서 소비전력이 가장 낮게 나타났으며 처리 능력도 시간당 3.5톤으로 높게 나타났다. 그러나 기계의 3° 의 경사도가 정미기의 성능에는 큰 영향을 미치지 않았다.

#### 다. 정미기 내부압력

정미기 마찰부의 최대 내부압력은 그림 4-3과 같이 처리조건에 따라 0.74~3.45kg/cm<sup>2</sup>까지 분포하였다. 회전수가 850rpm 일때는 0.74~2.47 kg/cm<sup>2</sup>, 750 rpm 일때는 1.48~3.45kg/cm<sup>2</sup> 에서 분포하였다. 즉 회전수가 높을 때 마찰부의 최대내부압력은 회전수가 낮을 때에 비해 상대적으로 낮게 나타났다. 마찰부의 최대내부압력이 3.45 kg/cm<sup>2</sup>일때는 쇄미율 7.2%, 최대내부압력 2.4kg/cm<sup>2</sup>의 경우 쇄미율 4.7%에 비해 약 2% 정도 높게 나타나 최대 내부압력이 높을 때 쇄미율이 높게 나타났다.

또한 축 회전수에 관계없이 초경 절삭부의 금망의 슬롯각도가 역방향 45도(///) 일때의 마찰부의 최대 내부압력은 처리조건에 따라 0.74~1.97kg/cm<sup>2</sup>에서 분포하였고, 금망의 슬롯각도가 순방향 45° (\\\) 일때는 처리조건에 따라 1.24~3.45kg/cm<sup>2</sup> 로 분포하여 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 이유는 초경 절삭부의 금망 슬롯각도가 순방향 45° 일때 초경절삭부의 정백실에서 쌀이 머무는 시간이 짧아 쌀의 배출이 잘 되면서 오히려 마찰부 정백실의 압력을 높게 형성하였기 때문이었다. 그러나 금망의 슬롯각도가 역방향 45° 일 때는 마찰부의 최대 내부압력은 줄일 수 있었으나 초경 절삭부에서 쌀이 머무는 시간이 길게 되어 오히려 쌀이 많이 깎이고 쇄미 등의 손상이 더욱 많았다. 이에 초경 절삭부의 금망 슬롯각도를 순방향 60도 등으로 하여 절삭부에서 머무는 시간을 적정 수준으로 하거나, 정미기의 출구저항을 줄임으로써 마찰부의 내부압력을 감소시켜 마찰부의 최대 내부압력을 줄이는 것이 필요하였다.

반면에 초경 절삭부의 정백실 최대 내부압력은 0.12~0.3kg/cm<sup>2</sup>으로서 마찰부에 비해 매우 낮게 나타나 내부압력에 의한 손상은 없는 것으로 나타났다.

표 4-1. 개발된 초경 완페스 정미기에서의 처리조건에 따른 성능결과 및 성능비교

처리	속도 rpm	초경부 금방각도/ 기계경사도	초경부 저항돌편 유무	마찰부 물분사 유무	원미 함수 %	배미 함수 %	처리능력 t/h	소모전력 kW/100kg	원백률 %	마찰부 내부압력 kg/cm <sup>2</sup>	초경부 내부압력 kg/cm <sup>2</sup>	완전 함률 %	동질률 %	배아미 비율 %	별도 비고
# 1	850	순방합45°	유	무	15.2	14.7	2.0	•	89.9	1.24	0.18	90.6	9.8	3.6	C원미의 완 전함률:37%
# 2	•	•	•	•	•	14.9	2.7	•	90.3	1.48	0.18	90.5	17.8	5.3	•
# 3	•	역방합45°	•	•	•	14.2	2.3	1.60	90.3	0.74	0.30	92.5	17.1	3.6	C원미의 동 질률 : 8.4%
# 4	•	•	무	•	•	14.9	2.8	1.45	89.0	0.99	0.30	91.5	11.7	3.5	•
# 5	•	순방합45°	•	•	•	15.0	3.6	1.10	91.1	1.97	0.12	91.4	12.1	4.4	•
# 6	•	•	•	물분사	•	15.2	3.7	1.10	90.6	2.47	0.12	92.5	16.0	5.4	O원미의 배 아율 : 96%
# 7	750	•	•	•	•	14.9	3.0	1.00	90.1	3.45	0.12	92.8	13.4	7.5	C원미의 배 아율 : 20
# 8	•	순방합45° 분동1계계거	•	•	15.1	15.1	3.7	0.95	91.5	2.95	0.12	94.3	10.4	9.2	•
# 9	•	역방합45°	•	•	•	14.9	3.0	1.25	90.0	1.97	0.18	93.6	8.4	9.1	•
#10	•	기계경사도 3°	•	•	•	14.9	3.5	0.74	93.0	1.48	0.20	92.4	9.9	9.2	•
#11	•	역방합45° 분동1계계거 기계경사도 3°	•	•	15.5	15.5	3.0	1.25	89.4	1.48	0.20	94.4	13.1	4.1	•
#12	•	순방합45° 기계경사도 3°	•	•	15.5	15.5	3.5	1.00	91.6	2.37	0.12	94.6	7.9	5.9	•
#13	•	•	•	•	15.2	14.9	3.5	1.00	91.5	2.35	0.12	94.6	10.3	7.6	•

주: 처리 # 13은 처리 # 12까지의 결과를 기초로 초경 완페스 정미기를 제작하여 실험한 것임. 이 정미기는 전남 무안 도경공장에 설치됨.

라. 현백율

초경 완패스 정미기의 현백율은 그림 4-4와 같이 89.9%에서 91.6%까지 분포하였으며, 축 회전수 750rpm, 순방향 45°의 금망 각도 (처리 #12와 #13)에서 현백율이 91.6%로 가장 높게 나타났다. 이것은 이들 처리에서 상대적으로 쌀이 덜 깎이는 것을 의미하며 백도도 다른 처리보다 상대적으로 조금 낮게 나타났으나, 색미 및 동할율은 감소하였고, 배아미 비율은 증가하였다.

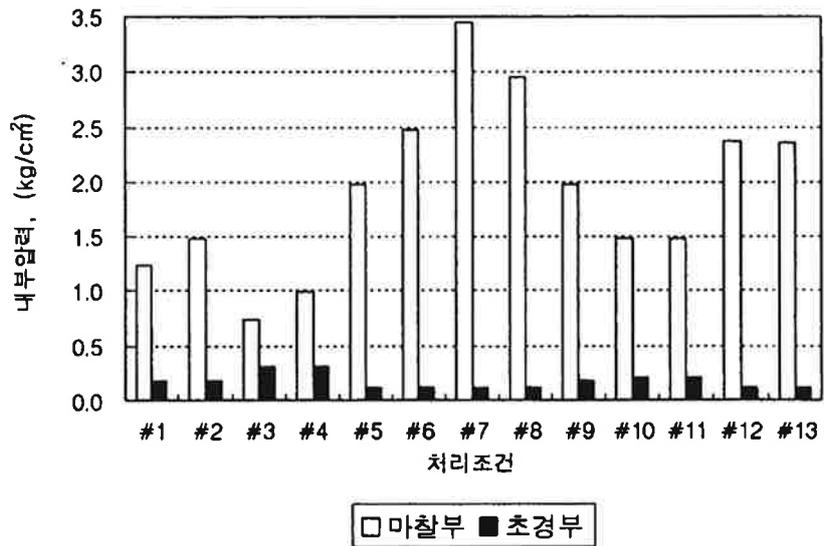


그림 4-3. 개발된 초경완패스 정미기에서 각처리조건에 따른 내부압력

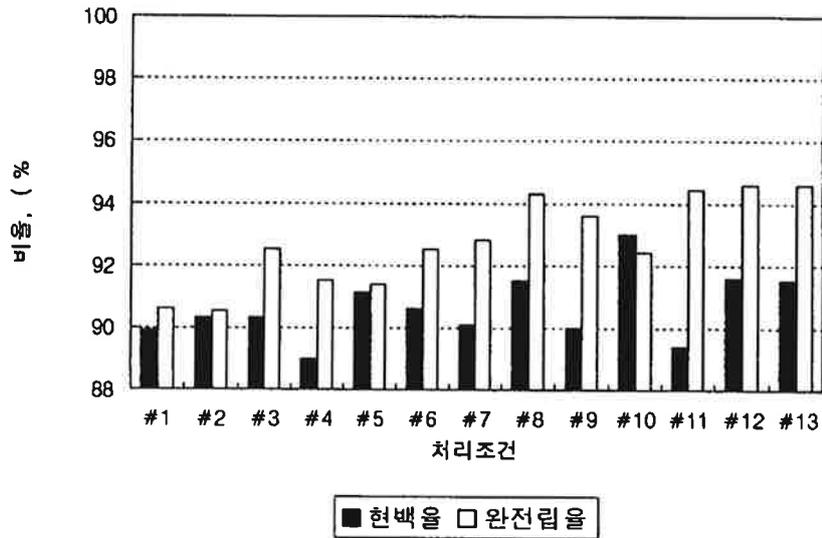


그림 4-4. 개발된 초경완패스 정미기에서 각 처리조건에 따른 현백율 및 완전립율

마. 백미의 완전립율

초경 완패스 정미기의 처리조건에 따른 백미의 완전립율이 표 4-2와 그림 4-4에 자세히 나타나 있는데 축 회전수가 750rpm일 때와 초경부의 금망이 순방향 45° 일 때 즉 처리 #12에서 백미의 완전립율이 가장 높게 나타났으며 동할율도 낮게 나타났다. 그러나 색미와 동할미를 줄이고 완전립율을 높이기 위해서는 금망과 마찰롤러 및 롤러돌기와의 간격 그리고 초경 절삭부의 원주속도와 금망의 슬롯각도 등의 적정 수준의 구명에 대한 연구가 추가로 요구된다.

바. 정상 백미의 동할율

완패스 정미기의 처리조건과 반복에 따른 백미의 동할율이 표 4-3에 나타나 있다. 현미의 완전립율이 97%이고, 축 회전수가 750rpm, 초경부 금망 각도가 순방향 45° 일 때(처리 #12) 백미의 완전립율이 약 94.6%로 가장 높게 나타났으며 동할율 역시 5%로서 가장 낮게 나타났다. 이때 동할율을 분석한 결과 완전미중에서도 동할이 전혀 없는 쌀이 약 95%, 금(동할)이 1개 있는 경우 약 4%, 금(동할)이 2개 있는 경우 약 1%, 금이 3개 이상 있는 경우는 거의 없었다.

그림 4-5는 처리조건 #6에서의(축회전수 850rpm, 초경부 금망각도 순방향 45도, 초경부 금망 저항철편 없음) 동할율을 나타내고, 그림 4-6는 처리조건 # 11에서의(축회전수 750rpm, 초경부 금망각도 역방향 45도, 출구저항 분동 1개 제거, 기계 경사도 3도:투입구가 출구보다 3도 높음, 초경부 저항돌기 없음, 마찰부 물분사) 동할율을 나타내고 있는데, 두 경우 다 동할율이 약 12~13%로서 높게 나타났다. 또한 그림 4-7은 처리조건 # 13에서의 (개발된 완패스 정미기를 재제작하여 실제로 전남 무안 도정공장에 설치한 경우) 동할율을 나타내고 있는데 다른 처리조건에 비해 낮은 9.8%의 동할율을 보였다.

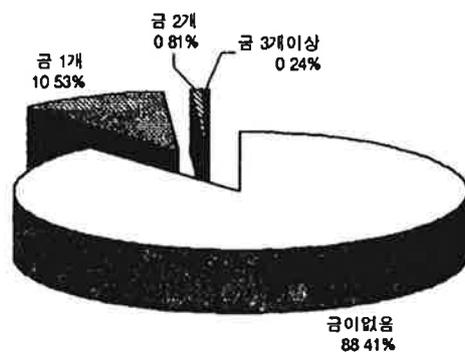


그림 4-5. 처리조건 6 (축회전수 850rpm, 초경부 금망각도 순방향 45° , 초경부 저항돌기 없음)일때 동할율

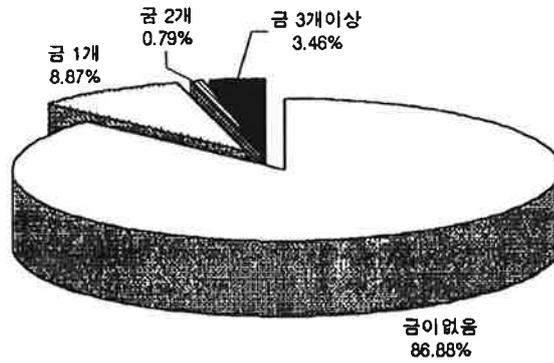


그림 4-6. 처리조건 11 (축회전수 750rpm, 초경부 금망각도 역방향 45° , 분동 1개제거, 기계경사도 3도, 초경부 저항돌기 없음, 마찰부 물분사)일때 동할율

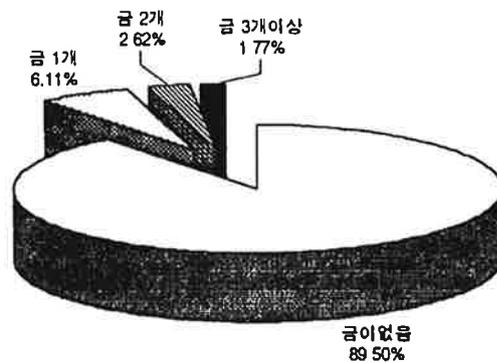


그림 4-7. 처리조건 13(축회전수 750rpm, 초경부 금망각도 순방향 45° , 초경부 저항돌기 없음, 마찰부 물분사)일때 전남 무안도정공장에 설치한 초경완패스정미기에서의 동할비교

#### 사. 배아미의 비율

초경 완패스 정미기에서 처리조건에 따른 배아미 (쌀눈이 붙어 있는 쌀)의 비율이 표 4-4와 그림 4-8에 나타나 있는데 모든 처리조건에서 10% 이하로 매우 낮게 나타났으며 축 회전수가 750rpm인 경우에는 약 6~9%로 약간 높게 나타났다. 그러나 현미의 배아미 비율이 96%인 것을 감안할 때 정미기에서 거의 모든 쌀눈이 떨어지고 있기 때문에 배아미 만을 생산하기 위해서는 회전수를 약 600rpm 이하로 감소시키고, 롤러의 돌기와 금망과의 간격도 지금보다 줄여야 하겠다.

#### 아. 백미의 백도

완패스 정미기의 처리조건에 따른 백미의 백도가 표 4-5과 그림 4-8에 나타나 있다. 축 회전수가 850rpm일 때는 약 38을 나타내었고, 축 회전수가 750rpm일 때는 약 34로 약간 떨어졌으나 이 쌀들을 본 도정공장에 있는 연미기에서 연미를 시킨 결과 백도는 약 40으로 증가하여 광택이 있고 깨끗한 쌀을 얻을 수 있었다.

#### 자. 초경 완패스정미기의 현장설치

초경 완패스 정미기의 성능실험 결과를 기초로 제강기가 부착된 초경 완패스 정미기를 재개발하여 전남 무안의 한 정미소에 설치하였다(사진 4-7). 제강기는 출구쪽에 설치되어 있으며 부러쉬로 미세 미강을 털도록 하였다.

#### 차. 국내외 완패스정미기의 성능비교

개발된 초경 완패스 정미기를 국내에서 성능이 좋다고 알려진 완패스정미기와 고가의 일제 완패스 정미기와 성능, 기능, 및 가격 측면에서 비교한 결과 표 4-6과 같이 개발된 정미기가 우수한 것으로 나타났다. 개발된 정미기의 처리능력도 3.5톤/시간으로 높고, 소모동력도 일제 정미기와 같이 1.0kWh/100kg으로서 낮게 나타났다. 그리고 그림 4-9와 그림 4-10과 같이 개발된 정미기의 현백율이 91.6%, 쇄미율은 2.2%, 동할율 1.9%으로서 일제 정미기 및 기존의 국산 정미기보다 미질 상태가 우수한 것으로 나타났다. 이

때 백도는 그림 4-11과 같이 일제 A사의 정미기가 39(Kett C-300으로 측정), 일본의 B사 정미기가 37, 국산 A사 정미기가 36 그리고 개발된 정미기가 36으로 나타나 별차이는 없었다. 배아미의 비율은 그림 4-10과 같이 모든 정미기가 공통적으로 10%이하로 매우 낮게 나타났다. 또한 정미기의 가격 측면에서도 그림 4-12와 같이 개발된 정미기의 가격이 외제 정미기의 약 25% 이하 수준이어서 경제성이 매우 높고 정미기 수입대체의 효과를 올릴 수 있으리라 사료된다.

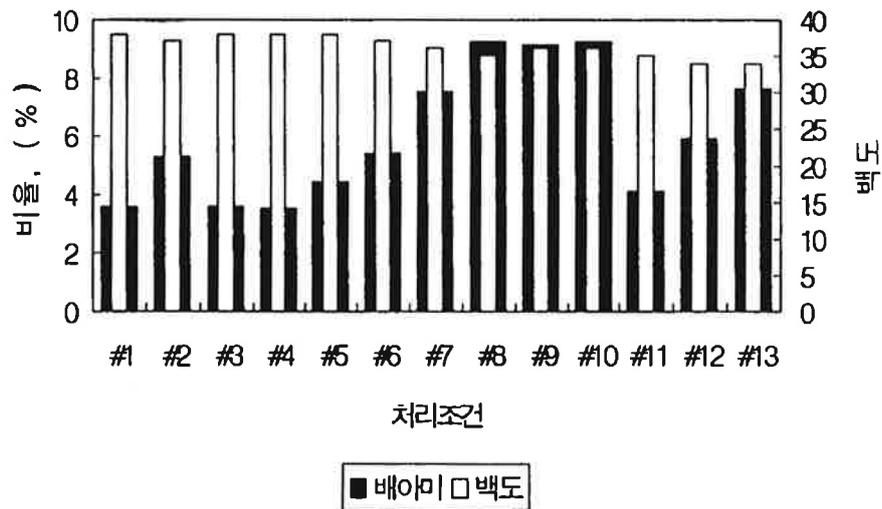


그림 4-8. 개발된 초경 완패스정미기에서 처리조건에 따른 배아율 및 백도

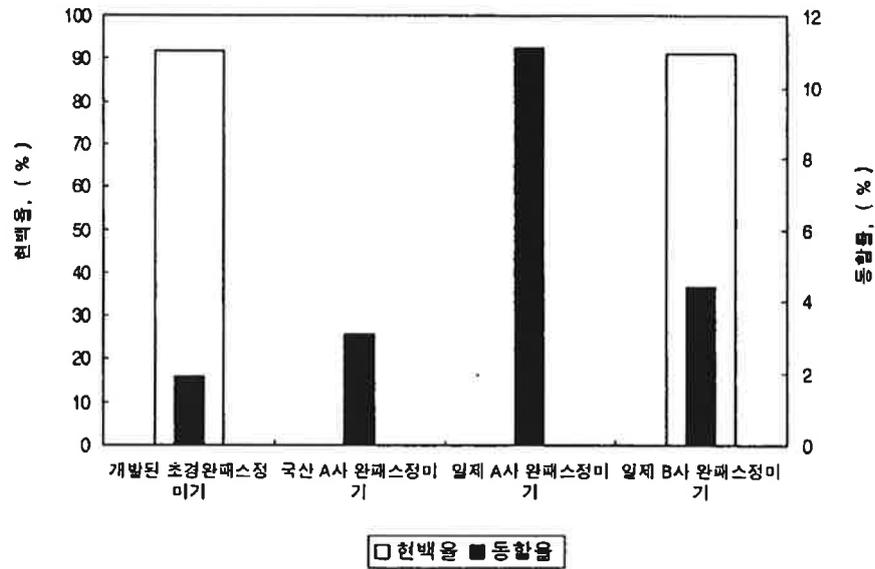


그림 4-9. 개발된 초경 완패스정미기와 국내·외 정미기에서의 현백율과 동합율 비교

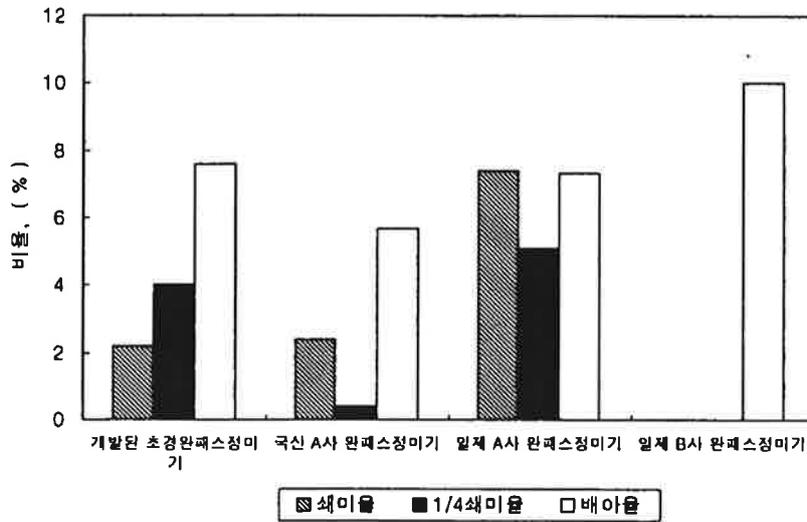


그림 4-10. 개발된 초경 완패스정미기와 국내·외 정미기에서의 쇄미율과 배아율 비교

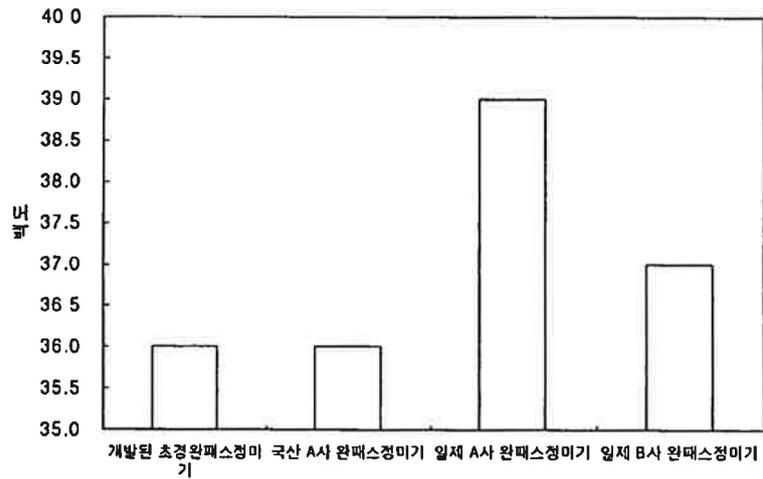


그림 4-11. 개발된 초경 완패스정미기와 국내·외 정미기들을 통과한 정미의 백도

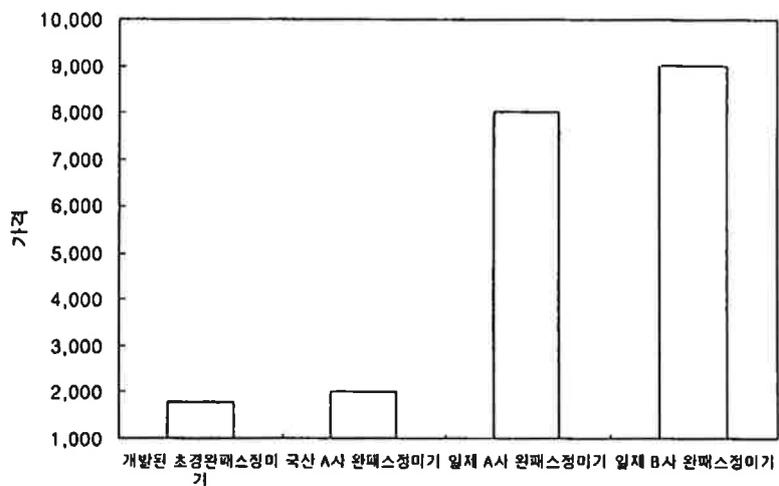


그림 4-12. 개발된 초경 완패스정미기와 국내·외 정미기에서의 가격 비교



표 4-2. 초경 완패스 경미기의 처리조건에 따른 백미의 안전립율

처리 반복	현미의 안전립율, %	백미의 안전립율, %												
		처리 #1	처리 #2	처리 #3	처리 #4	처리 #5	처리 #6	처리 #7	처리 #8	처리 #9	처리 #10	처리 #11	처리 #12	처리 #13
반복 1	97.1	89.0	89.6	94.1	92.6	91.6	94.3	92.7	94.7	95.1	94.0	94.6	94.7	94.4
반복 2	95.6	90.5	90.2	92.8	91.4	91.5	91.9	90.6	93.8	93.5	91.9	94.3	93.7	95.3
반복 3	97.5	90.4	92.1	91.8	89.7	90.5	91.8	94.0	94.1	91.3	92.1	95.1	94.6	93.9
반복 4	97.8	92.6	90.0	91.4	92.3	92.05	91.9	93.7	94.76	94.2	91.6	93.6	95.3	94.8
평 균	97.0	90.6	90.5	92.5	91.5	91.4	92.5	92.8	94.3	93.6	92.4	94.4	94.6	94.6

주: 안전미(head rice)는 백미 경상립의 3/4이상의 쌀을 안전미로 간주함. 안전립율은 100g의 백미 시료중 안전미의 비율을 뜻함.

표 4-3. 완폐스 정미기의 처리조건과 반복에 따른 백미의 농할을

처리 반복	원 미 g (%)	백미의 농할율과 완전립율, g(%)														
		처리. #1	처리. #2	처리. #3	처리. #4	처리. #5	처리. #6	처리. #7	처리. #8	처리. #9	처리. #10	처리. #11	처리. #12	처리. #13		
0	88.5(92.2)	84.2(91.1)	71.2(76.6)	73.2(81.3)	75.2(85.8)	78.2(88.3)	80.0(90.8)	71.6(77.8)	79.0(89.5)	84.0(95.0)	82.6(92.6)	80.8(91.5)	83.8(95.9)	84.4(95.9)		
C1	6.8(7.1)	7.2(8.2)	18.4(19.8)	15.6(17.3)	11.6(13.2)	10.8(11.9)	11.2(12.1)	16.0(17.4)	12.2(13.2)	4.2(4.8)	9.2(9.2)	8.8(9.1)	7.8(8.4)	3.2(3.4)		
C2	0.6(0.6)	0.6(0.7)	3.0(3.2)	1.2(1.3)	0.8(0.9)	1.4(1.6)	0.6(0.7)	3.0(3.3)	1.2(1.3)	0.2(0.3)	0.1(0.1)	0.8(0.8)	0.6(0.7)	4.2(4.4)		
C3	0.1(0.1)	0.0(0.0)	0.4(0.4)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.2(0.2)	0.4(0.4)	1.4(1.5)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	6.6(6.8)	0.0(0.0)	3.1(3.2)		
완전미	96.0(100)	92.4(100)	93.0(100)	90.0(100)	87.6(100)	90.6(100)	92.2(100)	92.0(100)	92.4(100)	88.4(100)	91.9(100)	95.8(100)	92.6(100)	94.9(100)		
C0	87.6(90.3)	82.7(89.3)	79.0(87.8)	77.8(85.3)	83.9(90.9)	82.6(88.7)	82.9(90.2)	89.5(95.5)	88.7(93.6)	83.5(88.6)	82.0(89.5)	84.8(90.6)	90.6(95.1)	84.7(90.2)		
C1	8.1(8.4)	8.5(9.2)	10.1(11.2)	12.5(13.7)	7.8(8.5)	8.7(9.5)	8.2(8.9)	3.7(4.0)	5.6(5.9)	9.6(10.2)	9.0(9.8)	8.1(8.7)	5.9(6.2)	8.3(8.8)		
C2	0.6(0.6)	1.4(1.5)	0.9(1.0)	1.0(1.1)	0.6(0.7)	0.6(0.7)	0.9(0.8)	0.45(0.5)	0.5(0.5)	1.0(1.1)	0.62(0.7)	0.7(0.8)	0.4(0.4)	0.7(0.7)		
C3	0.7(0.7)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.05(0.6)	0.0(0.0)	0.2(0.2)	0.05(0.1)	0.1(0.1)	0.0(0.0)	0.15(0.2)	0.0(0.0)	0.0(0.0)	0.05(0.1)	0.2(0.2)		
완전미	97.0(100)	92.6(100)	90.0(100)	91.4(100)	92.3(100)	92.1(100)	91.9(100)	93.7(100)	94.8(100)	94.2(100)	91.6(100)	93.6(100)	95.3(100)	93.9(100)		

주 : 1) C0 는 완전미 중에 동할미가 없음을 뜻함.  
 2) C1 은 완전미 중에 금(crack)이 1개 있는 동할미를 뜻함.  
 3) C2 는 완전미 중에 금(crack)이 2개 있는 동할미를 뜻함.  
 4) C3 은 완전미 중에 금(crack)이 3개 있는 동할미를 뜻함.  
 5) 완전미는 온전한 백미의 3/4 이상의 미립을 완전미로 간주함.  
 6) 각 시료의 무게는 100 g 이었으며, 그중 완전미의 비율을 완전립율이라 함.

표 4-4. 초경 완폐스 정미기에서 처리조건에 따른 백미중의 배아미(milled rice with germs) 비율 (%)

처리 반복	현미의 배아미 비율, %	백미의 배아미 비율, %												
		처리. #1	처리. #2	처리. #3	처리. #4	처리. #5	처리. #6	처리. #7	처리. #8	처리. #9	처리. #10	처리. #11	처리. #12	처리. #13
반복 1	94.8	3.3	6.1	4.4	3.3	4.7	5.3	8.1	9.3	8.9	8.4	4.1	6.2	8.7
반복 2	96.5	2.6	4.6	2.6	2.3	4.3	5.4	5.9	8.3	9.0	9.5	4.3	7.1	7.2
반복 3	96.6	4.9	5.2	3.9	4.8	4.1	5.6	8.4	10.1	9.4	9.8	3.9	4.5	6.9
평균	96.0	3.6	5.3	3.6	3.5	4.4	5.4	7.5	9.2	9.1	9.2	4.1	5.9	7.6

주 : 1) 각 시료의 무게는 100 g 이었음.

표 4-5. 완폐스 정미기의 처리조건에 따른 백미의 백도

처리 반복	현미의 백도	백미의 백도												처리 12의 백 도를 얻기 에 통과시킨 결과	
		처리. 1	처리. 2	처리. 3	처리. 4	처리. 5	처리. 6	처리. 7	처리. 8	처리. 9	처리. 10	처리. 11	처리. 12		처리. 13
반복 1	20.0	39.0	37.6	37.8	38.0	38.2	37.9	35.3	34.8	36.0	36.0	34.3	33.7	34.0	40.7
반복 2	20.3	37.5	37.3	38.3	38.3	38.0	37.1	36.2	34.7	36.0	35.3	35.1	33.7	33.9	40.0
반복 3	20.4	37.8	37.2	38.4	37.7	38.0	37.3	36.3	34.9	36.2	35.3	33.8	33.7	34.3	40.4
반복 4	20.4	38.2	37.3	38.0	37.8	38.0	37.5	35.8	34.3	35.8	35.3	34.7	33.8	34.1	40.4
평균	20.3	38.1	37.3	38.1	38.0	38.1	37.4	35.9	34.7	36.0	35.5	34.5	33.7	34.1	40.4

주 : 1) 백미의 백도(whiteness index)는 Kett C-300 을 사용하여 측정하였음.

표 4-6. 개발된 초경 완패스 정미기와 국내·외 정미기와의 성능비교

구분	정미방식	축회전수 rpm	원미 함유율 %	백미 함유율 %	처리 능력 t/h	소모전력 kW	현역용 %	깨미용 %	동작률 %	1/4깨미 % (건제)	깨아미 비율 %	가격 단산	비고
개발된 초경식 완패스 정미기	초경절삭식 • 마찰식	750	15.5	15.5	약3.5	1.0 kW/100kg 45 kW	91.6	2.2	1.9	4.0	7.6	36	○ 초경완패스 사용으로 저온, 저압에서 미장용 깎아 미질이 우수함. ○ 원미의 백도 : 19 (Kett C-300)
국내 A사 완패스 정미기	연삭식 (연삭식 • 마찰식)	900	15.1	14.9	약3.5	23 kW • 45 kW	•	2.4	3.2	0.4	5.7	약2,000	○ 연삭식 정미기 1대와 완패스 정미기 1대를 직렬로 설치한 경우임.
		850											○ 연삭물에 의한 마찰로 곡은상함 ○ 사용시간 경과에 따라 연삭기는 약 1회.
일제 완패스 정미기	연삭식 • 마찰식	•	16.8	16.2	약3.5	50 kW	•	7.4	11.1	5.1	7.3	약8,000	○ 원제 분리 설치되고있는 경우임 ○ 원미의 백도 : 20 (Kett C-300) ○ 깨미를 낫 중질률이 높음
		1555 • 702 • 마찰식 • 마찰식	15.5	15.5	약6.0	1.0 kW/100kg 82 kW	91.1	•	4.4	•	10	약9,000	○ 조절커리된 원미만을 사용한 경우임 ○ 성능에 비해 가격이 높음 ○ 원미의 백도 : 19 (Kett C-300)

주 : 1) 일제 완패스 정미기에서 B 사의 정미기 시험결과치는 일본 조식농업기술센터 자료임.

2) 위의 시험결과치는 시료 100g을 5번복 채취하여 분석한 평균값임.

3) 깨미율(%) =  $\frac{\text{출백미 무게} - \text{완전립의 무게}}{\text{출백미 무게}} \times 100$

## 제 5 절 결론

초경 절삭식 완패스정미기를 설계 제작한 후, 그 성능을 평가하고 여러가지의 처리조건에서 성능개선 실험을 통해 최종적으로 완패스정미기를 개발하였고 국내외 완패스정미기와 성능, 기능 및 가격을 비교하였다.

본 연구의 결론은 다음과 같았다.

- 1) 초경 칼날로 구성된 절삭부, 마찰부, 물 분사 장치부, 미강 흡입부, 동력부, 제어부 등으로 구성된 초경 절삭식 완패스 정미기를 개발하였다.
- 2) 정미기 절삭부에서 초경 칼날들이 회전하면서 현미의 미강을 깎아 박리시키기 때문에 정백실내의 압력은 약  $0.2\text{kg/cm}^2$ 으로서 매우 낮고 쌀은도 상승도 줄일 수 있었다.
- 3) 초경 완패스정미기의 톨러축 회전수 850rpm과 750rpm의 두 수준에서 성능시험한 결과, 회전수 750rpm에서 본 정미기에서 발생하는 쇄미율이 약 2%, 동할율이 약 2%로 나타났고 850rpm에서는 쇄미율이 약 5%, 동할율이 약 7%로 나타났다.
- 4) 정미기 초경 절삭부의 금망에 저항 철판띠를 붙였을 경우에는 안 붙였을 때에 비해 시간당 처리능력이 떨어지고 소모전력이 증가하며 쇄미율 및 동할율이 증가하므로 저항 철판띠를 금망에 붙이지 않는 것이 좋을 것으로 사료되었다.
- 5) 금망의 각도가 쌀의 배출에 용이한 순방향  $45^\circ$  (\\)일 때는 역방향  $45^\circ$ 에 비해 처리능력이 시간당 3톤 이상으로 증가하였고 소모전력도 약  $1.0\text{kWh}/100\text{kg}$ 으로 낮게 나타났으며 초경부의 내부 압력도 약  $0.12\text{kgf/cm}^2$ 로 낮게 나타났다. 그러나 마찰부에서는 초경부의 저항 감소로 인하여 내부압력이 약  $2.4\text{kgf/cm}^2$ 로 역방향  $45^\circ$ 에 비해서 약 25% 이상 증가하였다. 그러나 종합적으로 볼 때 초경 절삭부의 금망 각도가 순방향  $45^\circ$  일 때가 처리능력도 좋고 쇄미 발생과 소모전력이 줄어들며 배아미의 비율도 증가하므로 더욱 더 고품질의









증기처리를 한 후 물에 녹지 않는 Thiamine 혼합물의 용액에 2차 담금을 하는 것이다. 일본에서는 "Acid-Soaking" 공정방법을 사용해 "Shingen"이라는 상표로서 영양강화미를 생산하고 있다. Misaki와 Yasumatsu(1985)는 Shingen 영양강화미의 영양성분과 취사후 밥의 영양성분을 비교 분석하였는데, 밥을 한 경우에는 영양강화미의 쌀 영양성분의 85-90%를 함유하고 있다고 보고하였다. 또한 Misaki와 Yasumatsu(1985)는 백미와 현미 그리고 1:200의 비율로 영양강화미와 백미를 섞은 혼합미들의 영양성분을 분석하여 보고하였다. 그리고 이들은 저장중에 영양강화미의 Vitamine E의 파괴를 막고 안전하게 저장하기 위해서 알루미늄 포장지에 탄산가스를 넣어 포장하였다.

#### 나. 미국의 영양강화미 제조공정과 표준규정

미국에서는 영양강화미에 대한 표준규정(US Standard of Identity)이 1958년에 제정되었으며 1972년에 개정되었다. 영양강화미를 생산하는데 Thiamin, Riboflavin, Niacin 등을 필수성분으로 하였으며 Calcium과 Vitamin D는 선택적으로 사용하도록 하였다. 개정된 그 미국의 표준규정에 의하면 영양강화미의 영양성분은 Thiamine은 0.64 mg%, Riboflavin은 0.4 mg%, Niacin은 5.3 mg%, Iron은 8.8 mg%, Calcium은 212 mg% 이상이다.

그리고 사우스 캘리포니아주, 캘리포니아주, 아리조나주에서는 1972년에 백미의 영양강화를 미국의 표준규정에 의거해 법으로 제정하였다.

미국에 있어서의 영양강화 공정에는 Hoffmann-La Roche 공정방법, Merck 공정방법의 2가지 공정방법이 있는데 이들 공정은 다음과 같다.

##### (1) Hoffmann-La Roche 공정

- (가) 서서히 회전하는 원통형의 트럼볼(trumbol)속에 있는 백미에 Thiamine과 Niacin이 용해된 수용성 산성용액을 분무한다.
- (나) 백미에 묻혀진 수분을 공기흡입으로 제거한다.
- (다) Stearic acid, Zein, Abietic acid가 용해된 알코올 용액을 트럼볼에서 회전하는 백미에 분무시킨다.
- (라) 최종 코팅을 위해 Ferric pyrophosphate와 talc의 혼합액을 분무시킨다.

(2) Merck premix 공정

- (가) 회전하는 트럼볼속의 백미에 Thiamine, Niacin, Ferric ortho-  
opae, Ethyl cellulose 등이 포함된 아세톤과 물의 혼합 영양액을  
분무한다.
- (나) 유기질의 용매와 수분이 공기흡에 의해 제거된다.
- (다) 트럼볼속의 백미를 최종적으로 white shella과 미세한 pulverized  
talc의 알코올성 혼합액을 분무시켜 최종 코팅한다.

### 제 3 절 재료 및 방법

#### 1. 쌀의 영양성분 분석

(현미, 백미, 청결미, 미국의 영양강화미, 중국의 흑미 및 향미)

현미, 백미, 담양 미곡종합처리장의 청결미, 미국의 영양강화미, 중국의 흑미 및 향미 등의 수분, 조단백질, 조지방, 탄수화물, 회분, 미네랄 등의 성분을 다음과 같이 분석하였다. 사진 4-1은 사용된 시료로서 전남대학교에서 얻어진 청결미와 중국의 길림농업대학에서 가져온 흑미와 향미를 보여주고 있다.

##### 가. 수분측정 방법

적외선 수분 측정계(Infrared Moisture Balance, FD-600-2, Kett Electric Laboratory, Japan)를 사용할 경우에는 100℃에서 시료를 2g에서 3g사이에서 소수 둘째자리까지 정확히 무게를 잰후 측정하여 15분과 20분 사이에 5분간 일정량에 도달하면 그 값을 취하였다. 오븐 건조기(Labortech Scientific Co.)를 사용할 경우에는 100℃에서 5시간 가열한 후 데시케이터에 1시간 방냉한 후 측정하였다.

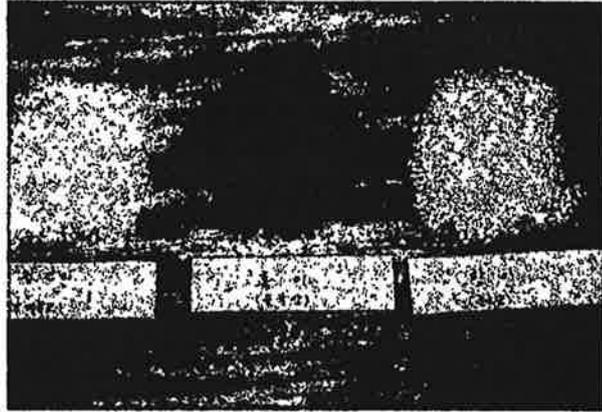


사진 5-1. 영양성분 분석을 위해 시료로 사용된 청결미, 흑미 및 향미

#### 나. 조단백질 분석

Kjeldahl정량법 (참고문헌 : 식품분석, 조덕제외 3인, 지구문화사)을 사용하여 분해 증류와 적정을 하였는데, 적정시약인 0.1 N NaOH의 적정부피를 구해서 조단백질의 함량을 결정하였다.

조단백질의 함량을 구하는 공식은 다음과 같았다.

$$\text{조단백질(\%)} = \frac{(b-a) \times F \times 0.0014 \times V \times 5.95}{S} \times 100$$

a : 분시험에 대한 0.1 N NaOH용액의 적정치(ml)

b : 공시험에 대한 0.1 N NaOH용액의 적정치(ml)

S : 시료 채취량 (g)

F : 0.1 N NaOH용액의 역가

V : 회석 배수

0.0014 : 0.1 N NaOH용액 1 ml에 상당하는 질소량 (g)

쌀의 질소 계수 : 5.95

#### 다. 조지방 분석

조지방의 측정에는 Soxhlet장치를 사용하였다. 원통여지(thimble)의 무게를 측정한 후 무게를 측정한 적당량의 쌀가루를 원통여지의 2/3이상 넘치지 않게 넣은 후, 그 위에 적당량의 탈지면을 넣어 시료가 원통여지 위로 나오는 것을 방지하였다. 그리고 시료가 들어있는 원통여지를 Soxhlet장치의 추출관 속으로 넣었다. 그런다음 냉각관으로 찬물을 통과시킨 후 전열기를 켜고 유기용매의 증발속도를 조절하였다. 이때 유기용매로 ethyl ether를 사용하여 20시간 동안 추출한 후 ether를 휘발시킨 후 조지방의 무게를 측정하였다.

$$\text{조지방 함량 (\%)} = \frac{\text{추출후 flask의 무게} - \text{flask의 무게}}{\text{시료인 쌀가루의 무게}} \times 100$$

#### 라. 회분 분석

Crucibles를 깨끗하게 세척한 후 전기도가니(Electric Muffle Furnace, Model 0613, DONG SCIENCE Co.)에 넣어 600℃에서 8시간 동안 가열한 후 전기도가니를 꺼서 100℃정도 온도가 내려가면 데시케이터에 넣어 상온으로 한후 그 무게를 측정하였다(A). 그리고 쌀가루를 Crucible에 반정도 차게 넣은 후 쌀가루만의 무게(B)를 측정하였다. 그런 후 시료가 들어있는 Crucible를 전기도가니에 넣어 600℃에서 8시간 동안 가열한 후 전기도가니를 꺼서 100℃ 정도 온도가 내려가면 데시케이터에 넣어 상온으로 한 후 질산을 첨가하는 습식회분법을 사용하여 최종 Crucible의 무게를 측정하였다(C).

$$\text{회분 함량 (\%)} = \frac{\text{회분후 Crucible의 무게(C)} - \text{Crucible만의 무게}}{\text{시료인 쌀가루의 무게}} \times 100$$

#### 마. 탄수화물 분석

식품의 주요 성분은 수분, 단백질, 지방, 탄수화물 그리고 회분이다. 그래서 탄수화물의 함량(%)은 100 - (수분+단백질+지방+회분)으로 구할 수 있었다. 그리고 쌀가루 분석의 경우는 증발접시의 경우가 도가니로 측정하는 것보다 값이 더 좋게 나오며, 또한 건식 회분법보다는 습식회분법이 탄산의 제거를 위해서는 더 좋은 방법으로 사

료되어 습식회분법을 사용하였다.

#### 바. 철 함량 분석

회분 정량후 철분석을 위해 15 ml 증류수와 질산 2~3방울에 회분을 녹여 2차 회분한 시료를 사용하였다. 검량선을 구하기 위해 황산 제 1철 암모늄((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O) 0.702 g을 0.2%의 황산으로 1 l로 만든 용액을 1 ml에 0.1 mg의 철을 함유한 표준용액으로 사용하였다. 흡광도는 제일철 이온(2가)와 Ortho-phenanthroline을 반응시켜 착색된 정도를 가시광선(visible) 560 nm에서 측정하여 철 함량을 산출하였다.

#### 사. 칼슘함량의 분석

회분을 한 시료를 철함량 분석을 위한 전 처리 과정과 같이하여 100 ml에서 10 ml를 사용하였다. 10 ml를 200 ml의 비이커에 정확히 취한 후 methyl red지시약을 몇 방울 가하고 수산암모늄 10 ml, 요소 2 g을 가하여 잘 흔들어 주었다. 비이커를 유리접시로 덮고 methyl red가 적색에서 등황색으로 변할 때까지 탕욕사에서 가열하였다. 가열한 후 상온에서 2시간 방치한 후 유리여과기로 흡입 여과하였다. 비이커에 남아 있는 것을 씻기 위해 증류수 5 ml로 비이커의 침전을 씻은 후에 유리여과기로 붓고 암모니아수 30 ml도 수회 나누어서 씻은 후에 유리여과기로 부었다. 다음에 여과기내의 수기를 침전물이 들어있는 비이커와 교환하여 천천히 여과하면서 가열한 황산 용액 5 ml를 유리여과기에 주입시켜서 침전물을 용해시켰다. 이 조작을 5회 정도 반복하면서 침전을 완전히 비이커에 용해시켜서 옮겼다. 마지막의 총 부피를 측정한 후 10 ml를 취하여 이것을 60 - 80 °C에서 가열하여 0.02 N KMnO<sub>4</sub> 용액으로 미홍색이 될 때까지 적정한 부피(ml)의 값(a)을 얻었다. 이에 칼슘 함량은 다음과 같이 얻었다.

$$\text{칼슘의 함량 (\%)} = \frac{a \times F \times 0.4008 \times D}{S} \times 100$$

여기서, a: 0.02 N KMnO 의 적정량, F: 0.02 N KMnO 의 역가

0.4008: 0.02 N KMnO<sub>4</sub> 용액 1 ml에 해당하는 칼슘의 양(mg)

D: 회석배수,

S: 시료의 양 (g)

## 2. 청결영양미 제조기의 기초설계

청결영양미를 생산하기 위해서 영양액 탱크, 영양액 분사장치, 쌀을 섞어주는 원통의 트럼볼(trumbol), 그리고 청결영양미 건조장치 등이 필요하다. 현재 영양강화미가 선진국에서 생산되고 있는데 대표적인 처리공정 방법으로는 필리핀에서 일찍이 사용되었던 Hoffmann-La Poche process의 영양미 제조공정과 미국의 Merck사의 제조공정을 들 수 있다. 이들 방법은 원통의 회전체에 백미를 넣고 여기에 수용성의 영양액을 분사시킨 후 영양액이 쉽게 씻어 내리지 않도록 shellac 과 talc 등의 알콜성 용액으로 쌀을 코팅하는 방법이다. 반면에 일본에서는 백미를 영양액에 담귀 백미에 부족한 영양소를 백미 표면에 코팅한 후 쌀을 건조시켜서 영양강화미를 생산하고 있다. 따라서 본 연구에서는 청결영양미를 손쉽고 짧은 시간동안 대량으로 생산할 수 있도록 미국에서 사용되는 트럼볼(trumbol)속에서 쌀에 영양액을 코팅시키는 방법을 채택하여 청결영양미 제조시스템을 개발하고자 하였다. 이에 트럼볼에 쌀이 투입되기 전에 분무장치부에서 일부 영양액을 분사시킨 후 혼합기로 쌀을 골고루 섞은 다음에 트럼볼에 투입하여 최종적으로 영양액을 분무시키는 제조장치를 개발하고자 하였다.

### 3. 청결영양미 제조기의 개발 및 성능평가

- 1) 청결영양미 제조기를 트럼볼(회전체), 영양액 제 1 분사장치부, 영양액 제 2 분사장치부, 혼합부, 공기흡입부, 제어부, 이송부, 구동부, 영양액 탱크부 등으로 제작하였다.
- 2) 제조기의 원통 회전체인 트럼볼은 스테인레스 금망으로 제작하였으며 시간당 3~5톤을 처리할 수 있도록 회전체의 직경을 500mm로 함. 제조기의 원통 회전체는 경사를 갖도록하여 쌀이 자체 하중으로 잘 이송되면서 섞이도록 제작하였다.
- 3) 영양액 노즐로 2 gal/h의 소형노즐 1개를 원료투입구에 설치하였고, 영양액이 잘 섞이도록 혼합기를 설치해 영양액 제 1 분사장치를 제작하였으며, 트럼볼 출구에 영양액을 분사할 수 있도록 공기혼합노즐을 설치하였다. 또한 회전체 밑에는 공기흡입팬을 설치하였다.
- 4) 쌀에 첨가할 영양소들의 용해도를 조사하여 그들 영양소들의 용해정도와 미국의 영양강화미 생산 표준기준을 고려하여 두종류의 영양액 (Premix)을 제조함. 제 1차 영양액은 thiamine, niacin, lysine, calcium lactate 등의 영양소를 적정 비율로 섞어 제조하였으며, 제 2차 영양액에는 Ferrous lactate 등을 추가로 첨가하여 제조하였다.
- 5) 개발된 청결영양미제조기의 성능을 평가하고 HPLC 등의 장치들을 사용해 청결영양미의 성분을 분석하였다.

표 5-1(a). 청결영양미 제조기의 표준사양

구 분	사 양
방식, 용량	방식: 회전체속에서 분사방식, 용량: 3톤/시간 이상
치 수 L×W×H	1625×750×1670
주 동 력 흡 입 팬 영양액펌프	1 HP Geared motor 0.5 HP 0.25 HP 펌프 2대, 최대수압 12 kg/cm <sup>2</sup> , 1750 RPM
원료투입부	기어식 개폐장치 설치 : 투입량 비례조절 공급스크루우 피치 : p = 100 mm, 축직경 : Ø = 58 mm 공급스크루우 외경 : Ø = 234 mm, 길이 : L = 717 mm
제1분사부	영양액 분사노즐 용량 : 2 gal/h ( 126 cc/min ) 혼합용 믹서 ( mixer , 60W, 1550 RPM )
회전체부 (Trumbol)	회전체 직경 Ø = 500 mm, 재질 : 스테인레스, 슬롯각도 : 37도, 슬롯간격 : 3 mm, 슬롯길이 : 18 mm , 슬롯 폭 : 1 mm
제2분사부	공기혼합노즐(Air mix nozzle, 1/4JBC type), 미립자크기20-60 μm, 영양액 펌프 설치, 콤프레서 공기압 4 kg/cm <sup>2</sup> , 최대수압 12 kg/cm <sup>2</sup>
제 어 부	Dwyer 유량계 2개 설치 : 분사량 조절 ON - OFF 제어장치: 투입구 개폐장치, 믹서, 회전체, 영양액 펌프

표 5-1(b). 연속식 원적외선 건조기의 제어정도에 따른 이송벨트의 이송속도

제어정도 벨트	제어기의 제어번호					비 고
	10	8	6	4	0	
상단 (4.17 m)	0.9 m/min	0.9 m/min	0.6 m/min	0.3 m/min	0.0 m/min	
중단 (3.86 m)	0.9 m/min	0.9 m/min	0.6 m/min	0.3 m/min	0.0 m/min	
하단 (3.86 m)	1.8 m/min	1.8 m/min	1.2 m/min	0.6 m/min	0.0 m/min	

#### 4. 영양액 개발

- 1) 영양액의 점도를 높여 영양액이 청결미에 잘 부착할 수 있도록 쌀전분을 영양액에 첨가하고자 하였다. 이에 추청 쌀로부터 쌀전분을 제조한 후 쌀전분의 적정 농도를 찾고자 쌀전분의 점도시험을 하였다. 쌀전분을 1%, 2%, 3% 농도로 하여 물에 용해를 시킨 후 섭씨 약 70도에서 약 2분동안 호화시켜 점도시험을 한 결과 농도 1%가 적정한 것으로 판명되었다.
- 2) 영양미제조기를 사용하여 영양미를 제조하여 영양성분을 분석한 결과, 일부 영양소의 농도가 낮아 이들의 농도를 높이고자 하였다. 이에 개발된 영양액을 분사하여 생산된 영양미를 본 연구에서 개발된 배치식 및 연속식 원적외선 건조시스템을 사용하여 건조시킨 후 영양성분 및 품질을 조사하였다.

#### 5. 연속식 원적외선 건조시스템의 개발

영양미제조기에서 제조된 청결영양미를 건조하고 활성화된 쌀을 생산하기 위해서 배치식 및 연속식의 원적외선 건조시스템을 개발하였다.

배치식 원적외선 건조기의 사양은 표 5-2와 같으며, 청결영양미 제조시스템에서 영양미를 연속적으로 건조하고 활성화시킬 수 있는 연속식 원적외선 건조기의 사양은 표 5-3와 같다. 그리고 연속식 원적외선 건조기의 구조도면은 그림 5-2와 같다. (사진 참조) 연속식 원적외선 건조기는 3단으로 되어 있으며 각단의 벨트속도 및 온도조정(최대90도)은 자유롭게 조정할 수 있도록 되어 있으며 균일한 원료 투입이 이루어지도록 되어 있다.

원적외선 건조기의 특징은 농산물이나 곡물내에 있는 수분이 약 5-10 nm의 파장 길이의 원적외선을 잘 흡수하여 조직내에서 공명현상이 일어나 조직을 활성화하는 것

이다. 이 원적외선은 열선 방사판에 세라믹 코팅을 하여 발생시키는데, 본 연구에서 사용된 이 원적외선 방사판에 대한 특징 및 효능은 1차적으로 에너지연구소에 연구 보고되어 그 성능이 입증된 바 있다. 이에 최근에 원적외선을 식품이나 고부가치의 농산물의 건조에 활용함으로써 품질의 향상을 극대화하고 있으며, 일부에서는 식품 및 어류(조기) 건조 그리고 산업측면에서는 차페인트 건조 등에 응용하고 있다. 이에 본 연구에서 생산되는 영양미의 청결 건조 및 조직의 활성화를 위해서 배치식 및 연속식 원적외선 건조시스템을 개발하였다.

표 5-2. 배치식 원적외선 건조기 사양

구 분	사 양			
기 능	배치식 원적외선 건조, 온·습도제어(Auto & Manual 전환가능) 각 히터 및 송풍기 용량, 속도제어 기능( user의 입력입의 선택)			
치 수	1000 × 800 × 1800H			
열 원	원적외선 방사판 18 sets장착, 표면온도 최고 120℃(제어가능)			
전기용량	220V 3상 결선시 6kW이하			
송풍기	전압	모터	풍량	풍압
	220V	1/8HP	6 m <sup>3</sup> /min	45mmAq
특징	히터 및 송풍기 모터 제어용 가변저항기 별도 장착			

표 5-3. 연속식 원적외선 건조기 및 반입장치 사양

구 분	원적외선 건조기			반입장치			
기 능	연속식 원적외선 건조기, 3단			반입 및 반출			
전 원	220V, 3상			220V			
재 질	AL-PROFILE			AL-PROFILE			
규 격	4530 × 640 × 1680H			1700 × 640 × 1470H			
BELT	속도	상단 및 중단(0-0.9m/min), 하단(0-1.8m/min):저항조절기					
	TYPE	CHEMGLASS			CHEMCLASS		
	폭	580 mm					
	길이	상단	4.17 M				
중,하단		3.86 M					
부 품 내 역		소비전력	수량 (개)	풍량 (m <sup>3</sup> /min)	소비전력	수량 (개)	풍량 (m <sup>3</sup> /min)
	급기FAN	23 W	9	1			
	배기FAN	0.4 kW	1	25			
	구동모터	180 W	3		120W (220V단상)	1	
	정량장치모터	40 W	1				
	방사판	1 kW	12				
	예열히터	0.8kW	9				
	총소비전력						

## 6. 청결영양미 제조시스템의 부속설비

본 도정공장에 청결영양미를 제조하기 위해서 시간당 3톤을 처리할 수 있는 40 채널의 색채선별기를 연미공정 이전에 설치하였고, 영양미의 품질보전을 위해서 진공포장기를 설치하였다 (사진 참조).



사진 5-2. 도정공장에 설치한 40채널 색채선별기의 외형



사진 5-3. 청결영양미를 포장할 진공포장기

## 제 4 절 결과 및 고찰

청결영양미 제조기에서 사용될 영양액을 제조하기 위해 백미에 부족한 영양소를 구명하고, 현미, 청결미, 미국의 영양강화미, 중국의 흑미 및 향미의 영양소 성분들을 분석하였다. 그리고 청결영양미 제조기의 개발방향을 설정하고 청결영양미 제조기를 개발하기 위해 노즐을 선정하고 기초설계를 실시하였다.

### 1. 쌀들의 영양성분 분석

현미, 백미, 담양 미곡종합처리장의 청결미, 미국의 영양강화미, 중국의 흑미 및 향미 등의 수분, 조단백질, 조지방, 탄수화물, 회분, 미네랄 등의 성분을 다음과 같이 분석하였다.

#### 가. 수분측정 결과

적외선 수분 측정계와 건조기를 사용하여 쌀들의 수분측정 결과는 다음 표 5-4와 같았다. 쌀 시료들의 함수율은 적외선 수분측정기로 측정했을 때에는 약 13% 수준이었으나, 오븐 건조기로 측정하였을 때에는 11% 수준이었다.

표 5-4. 쌀의 함수율

구 분	현 미, %	백 미, %	청결미, %	미국쌀, %	흑 미 %	향 미, %
적외선 수분 측정계 (%)	11.7	12.8	13.7	13.1	13.1	13.0
"	13.0	12.6	13.5	13.4	13.6	12.5
적외선 수분 측정계 평균	12.4	12.7	13.6	13.3	13.4	12.8
오븐 건조기 (%)	9.7	10.2	11.5	11.8	11.3	11.8

- 주 : 1) 청결미는 전남 수북 미곡종합처리장의 청결미임  
 2) 백미는 실험용 정미기로부터 얻어진 시료임  
 3) 미국쌀은 미국의 중립종 영양강화미를 뜻함

나. 조단백질 분석

Kjeldahl정량법을 사용하여 분해 증류와 적정을 하였는데, 적정시약인 0.1 N NaOH의 적정부피(ml) 표 5-5에 나타내었다.

표 5-5. 쌀들의 조단백질 적정에 따른 0.1 N NaOH의 적정부피 (ml)

단 위 : ml

구분	현 미	백 미	청결미	미국쌀	흑 미	향 미
반복 1	18.7	19.8	22.0	21.2	20.4	21.3
반복 2	18.8	19.9	21.9	21.1	21.5	20.8
반복 3	19.0	21.4	21.3	20.3	20.2	19.5
평 균	18.8	20.4	21.7	20.9	20.7	20.5

위의 적정 부피로부터 쌀들의 조단백질의 함량(%)의 결과는 표 5-6과 같았다. 그 결과 현미의 조단백질 함량이 6.9%로 가장 높았고 그리고 중국 흑미가 5.1%, 본 도정 공장에서 시료로 얻어진 백미가 4.9%, 미국의 영양강화미가 4.8%, 중국 향미가 4.4% 그리고 한 미곡종합처리장의 청결미가 3.9% 순으로 나타났다.

표 5-6. 쌀들의 조단백질 함량

구분	현 미, %	백 미, %	청결미, %	미국쌀, %	흑 미, %	향 미, %
반복 1	7.1	5.5	3.1	5.6	5.5	4.2
반복 2	7.0	5.3	3.3	4.4	3.9	4.9
반복 3	6.7	4.0	4.2	4.3	5.8	4.2
평 균	6.9	4.9	3.5	4.8	5.1	4.4

다. 조지방 분석

유기용매로 ethyl ether를 사용하여 20시간을 추출한 후 ether를 휘발시킨 후 조지방의 무게를 측정한 결과는 표 5-7과 같았다. 현미에 조지방이 4.8%로 가장 많았으며, 그 다음에 청결미, 미국의 영양강화미, 중국의 흑미, 백미, 중국의 향미의 순으로 나타났으며 1% 미만 이었다.

표 5-7. 쌀의 조지방의 함량

	현 미	백 미	청결미	미국쌀	흑 미	향 미
지방의 함량 (%)	4.8	0.3	0.9	0.6	0.4	0.2

라. 회분 분석

전기도가니를 사용하여 600℃에서 8시간을 넣은 후 100℃정도 온도가 내려간 후 데시케이터에 넣어 방냉한 후 그 무게를 측정하여 회분을 분석한 결과는 표 5-8과 같았다. 현미가 회분을 약 2.7%로 가장 많이 함유하고 있었으며, 그 다음에는 절대적으로 흑미가 회분을 1.9%로 많이 함유하고 있었고, 다음에는 미국쌀이 약 0.7%, 국산 청결미와 백미가 약 0.6%, 중국의 향미가 약 0.5%로 가장 적게 함유하였다.

표 5-8. 쌀 회분의 함량

반 복	구 분	현 미,	백 미,	청결미,	미국쌀,	흑 미,	향 미,
		%	%	%	%	%	%
반복 1		2.26	0.72	0.37	0.68		
반복 2		3.28	0.47	0.78	0.70	1.94	0.47
평 균		2.27	0.59	0.58	0.69	1.94	0.47

마. 탄수화물 분석

식품의 주요 성분은 수분, 단백질, 지방, 탄수화물 그리고 회분이다. 그래서 탄수화물의 함량(%)은 100 - (수분+단백질+지방+회분)으로 구할 수 있었다. 이때 수분은

적외선 수분계로 측정한 수분의 평균값을 사용하였다. 쌀들의 탄수화물 함량은 표 5-9와 같았다. 현미의 탄수화물의 함량비(성분비)가 약 72%로 다른 쌀들의 약 81%에 비해 낮게 나타났으며, 다른 쌀들의 탄수화물 함량비는 약 81%로서 비교적 비슷한 함량비를 보였다. 이러한 이유는 현미가 조단백질, 조지방 그리고 회분의 함량이 다른 쌀에 비해 높았기 때문이었다.

표 5-9. 탄수화물의 함량

구 분	현 미, %	백 미, %	청결미, %	미국쌀, %	흑 미, %	향 미, %
탄수화물의 함량 (%)	72.1	81.5	81.0	80.6	79.2	82.1

바. 철 함량 분석

회분 정량후 철분석을 위해 15 ml 증류수와 질산 2~3방울에 회분을 녹여 2차 회분한 시료를 사용하였다. 검량선을 구하기 위해 황산 제 1철 암모늄((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> Fe(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 6H<sub>2</sub>O) 0.702 g을 0.2%의 황산으로 1 l로 만든 용액을 1 ml에 0.1 mg의 철을 함유한 표준용액으로 사용하였다. 흡광도는 제일철 이온(2가)와 Ortho-phenanthroline을 반응시켜 착색된 정도를 가시광선(visible) 560 nm에서 측정한 값이 다음 표 5-10과 같았다.

표 5-10. 표준용액과 흡광도와의 관계

표준용액 농도	0 ml	1 ml 0.01 mg/ml	2 ml 0.02 mg/ml	5 ml 0.05mg/ml	10 ml 0.10 mg/ml	20 ml 0.20 mg/ml
흡 광 도	0.009	0.024	0.035	0.061	0.120	0.171

위의 표 5-10에서 착색된 철 표준용액과 흡광도 사이에 직선의 상관관계가 있다. 이 상관 관계식을 이용하여 쌀 시료의 철함량을 흡광도 측정 후 계산하였다. 표 5-11은 각 쌀들에서 나타나는 흡광도를 나타낸 것이다.

표 5-11. 쌀들의 흡광도

구 분	현 미	백 미	청결미	미국쌀	흑 미	향 미
흡 광 도	0.034	0.019	0.015	0.015	0.030	0.025

위의 검량선과 시료의 흡광도로 부터 쌀시료의 철함량은 표 5-12와 같았다. 현미에 철 성분이 1.9 mg%로 가장 많았으며, 흑미와 향미에도 각각 약 1.5 mg%과 약 1.1 mg%로 상당히 철이 많이 있었으나 백미, 청결미, 미국쌀에는 현미의 1/3 이하의 수준에서 철의 함량이 낮았다.

표 5-12. 쌀들의 철 함량

구 분	현 미	백 미	청결미	미국쌀	흑 미	향 미
철 함량 (mg%)	1.90	0.63	0.46	0.37	1.52	1.07

#### 사. 칼슘함량의 분석

회분을 분석한 시료를 철함량 분석을 위한 전처리 과정과 같이 하여 100 ml에서 10 ml를 사용하여 칼슘함량을 분석한 결과를 표 5-13에 나타내었다. 현미에는 칼슘 함량이 약 58 mg%로 가장 많았고, 그 다음에는 흑미가 51 mg%, 청결미가 49mg%, 백미가 46 mg%, 향미가 40 mg%, 미국 영양강화미가 37 mg%의 순으로 나타났다.

표 5-13. 쌀들의 칼슘함량

구 분	현 미	백 미	청결미	미국쌀	흑 미	향 미
시료량 (g)	10.0516	10.4234	8.9498	10.7472	10.2040	10.1552
적정량 (ml)	1.45	1.20	1.10	1.00	1.30	1.00
칼슘함량 (mg%)	57.8	46.1	49.3	37.3	51.1	39.5

아. 쌀 영양성분들의 종합적 비교

앞에서 실험적으로 분석한 쌀들의 영양성분의 종합적 결과는 표 5-14와 같다. 그리고 기 발표된 자료(1977년에 분석됨)에 의해 쌀들의 영양성분 함량을 비교한 결과는 표 5-15과 같다. 앞에서 실험적으로 분석한 쌀의 단백질, 조지방, 탄수화물, 회분, 칼슘, 철 등의 성분들의 함량비는 기 발표된 자료(표 5-15)와 비슷한 경향을 보였으나, 본 연구에서 분석된 현미의 조지방과 회분의 함량비는 기 발표된 자료에 비해 약 2배로 나타났다. 이는 현미 시료에 미강이 많이 묻어 조지방이 높게 나타난 것으로 사료되었다. 또한 표 5-15과 같이 백미에는 아미노산의 하나인 나이아신, 비타민 B1 과 B2들이 현미의 약 1/3 수준으로서 그들 함량이 매우 적었다.

따라서 현미에 비해 백미에 부족한 나이아신, 비타민 B1, 칼슘, 철 등의 영양소들을 첨가한 영양미를 생산하기 위해서 영양액을 제조하고자 하였다.

표 5-14. 여러종류의 쌀 영양성분 분석결과

항목	수분 %	탄수화물 %	조단백질 %	조지방 %	회분 %	철 mg%	칼슘 mg%	비고
현미	12.4	73.1	6.9	4.8	2.8	1.9	57.8	○ 수분은 적외선 측정계로 측정된 평균값임 ○ 현미, 백미, 청결미는 동진벼임
백미	12.7	81.5	4.9	0.3	0.6	0.6	46.1	
청결미	13.6	81.0	3.9	0.9	0.6	0.5	49.3	
미국영양강화미	13.3	80.6	4.8	0.6	0.7	0.4	37.3	
중국흑미	13.4	79.2	8.5	0.4	1.9	1.5	51.1	
중국향미	12.8	82.1	4.4	0.2	0.5	1.1	39.5	

표 5-15. 쌀의 종류에 따른 영양 성분량

쌀의 종류	열량 kcal	수분 %	단백질 g	지방 g	탄수화물		회분 g	칼슘 mg	인 mg	철 mg	비타민B <sub>1</sub> mg	비타민B <sub>2</sub> mg	나이아신 mg	비고
					당질 g	섬유 g								
쌀, 백미	340	14.1	6.5	0.4	77.5	0.4	0.5	24	147	0.4	0.10	0.05	1.5	
쌀, 아까바래	357	11.3	6.8	1.4	73.3	0.7	0.5	11	103	1.0	0.15	0.06	4.9	
쌀, 7종도미	352	12.3	6.9	1.1	78.7	0.3	0.6	24	175	0.9	0.19	0.05	2.7	
쌀, 현미	354	11.0	7.2	2.5	76.8	1.3	1.2	41	284	2.1	0.30	0.10	5.1	

주: 자료 - 한국인의 영양 건강량, 1991. 편자 - 한국보건사회연구원, 교문사

## 2. 청결영양미 제조기의 기초설계

청결영양미를 생산하기 위해서 영양액 탱크, 영양액 분사장치, 쌀을 섞어주는 원통의 트럼볼(trumbol), 그리고 청결영양미 건조장치 등이 필요하다. 현재 영양강화미가 선진국에서 생산되고 있는데 대표적인 처리공정 방법으로는 필리핀의 영양강화미 제조공정(Hoffmann-La Poche process)과 미국의 Merck사의 제조 공정이 사용되고 있다. 이들 방법은 원통의 회전체에 백미를 넣고 여기에 아세톤 및 수용성의 영양액을 분사시킨 후 영양액이 쉽게 씻어 내리지 않도록 shellac 과 talc 등의 알콜성 용액으로 쌀을 코팅하는 방법이다. 반면에 일본에서는 백미를 영양액에 담궈 백미에 부족한 영양소를 백미 표면에 코팅한 후 쌀을 건조시켜서 영양강화미를 생산하고 있다. 따라서 본 연구에서는 청결영양미를 손쉽게 짧은 시간동안 대량으로 생산할 수 있도록 미국에서 사용되는 트럼볼(trumbol)속에서 쌀에 영양액을 코팅시키는 방법을 채택하여 청결영양미 제조시스템을 개발하고자 다음과 같이 설계하였다.

- 1) 청결영양미 제조기를 2가지 형태로 그림 5-1, 5-2, 5-3, 5-4, 5-5과 같이 기초설계하였다. 청결영양미 제조기(그림 5-1과 그림 5-4)는 쌀 투입구, 영양액 분사장치부(그림 5-3), 공급 스크루부, 쌀을 섞어주는 회전체부(그림 5-2와 그림 5-4), 구동부, 영양액 미립자 흡입부 등으로 구성되어 있다.
- 2) 쌀 투입구는 투입량이 자동으로 조절될 수 있도록 문이 설치되어 있고, 그 밑에는 영양액 미립자를 분사해 주는 공기혼합 노즐(사진 5-4)이 설치되며 그리고 그 밑에는 쌀을 골고루 섞어주는 혼합기가 설치된다. 노즐의 용량은 2.5 gal/h로 하며 공기압은 약 5기압, 수압은 5~10 기압으로 하여 30  $\mu$ m 이하의 미립자를 만들도록 하였다.
- 3) 공급스크루부를 포함한 회전체는 전부 스테인레스 선재로 제작하며 총 길이는 1500 mm, 회전체 원통의 직경은 300 mm, 그리고 회전체의 경사각은 20° 로 하도록 하였다. 회전체의 스크린 망의 간격은 1 mm로 하며, 제조기 A형의 경우에는 회전축은 구멍이 뚫려 공기가 흡입되도록 하였다. 또한 회전체의 수동마력은 1마력으로 하며, 영양액의 미립자 들은 0.5 마력의 흡입팬으로 집진 하도록 한다.

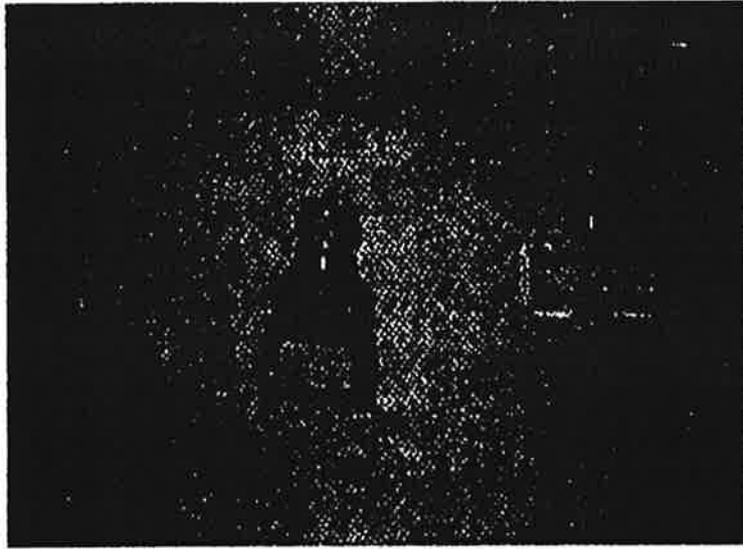


사진 5-4. 청결영양미 제조기에 설치될 공기혼합 노즐

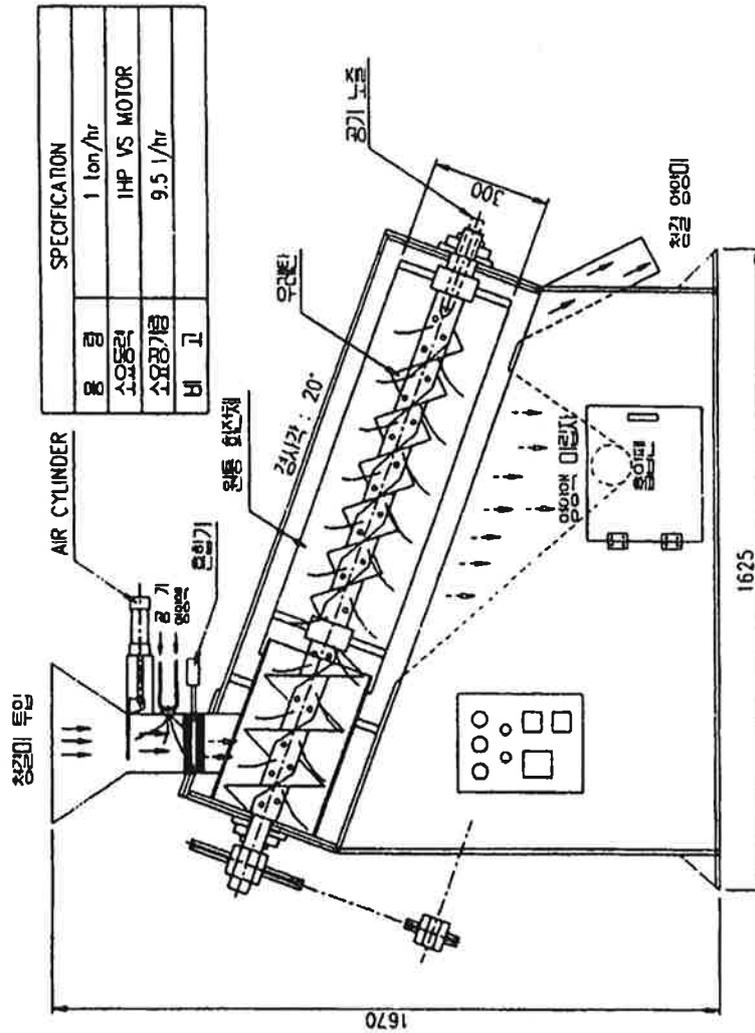


그림 5-1. 청결영양미 제조기의 A형의 구조도

원통 회전체 (트럼볼, TRUMBOL)  
TYPE "A"

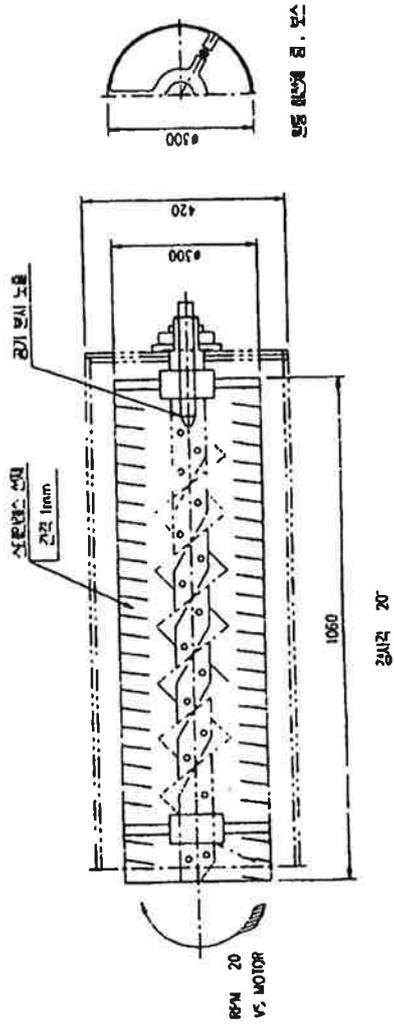


그림 5-2. 청결영양미 제조기의 A형의 원통 회전체(Trumbol)의 구조도

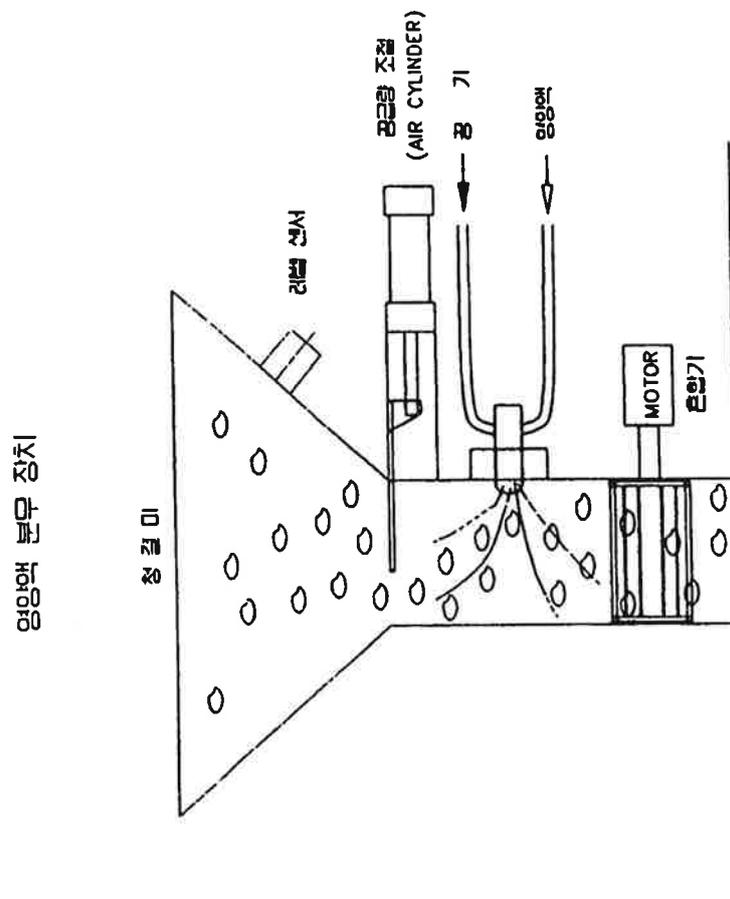


그림 5-3. 청결영양미 제조기의 영양액 분사장치

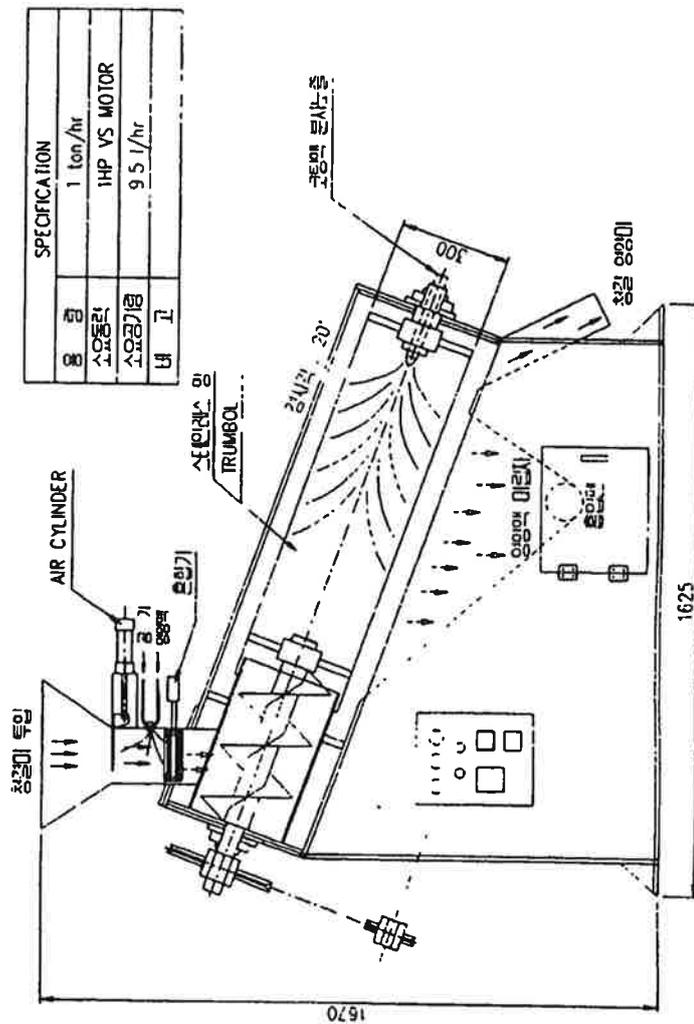


그림 5-4. 청결영양미 제조기 B형의 구조도

원통 회전체 (트럼볼, TRUMBOL)  
TYPE 'B'

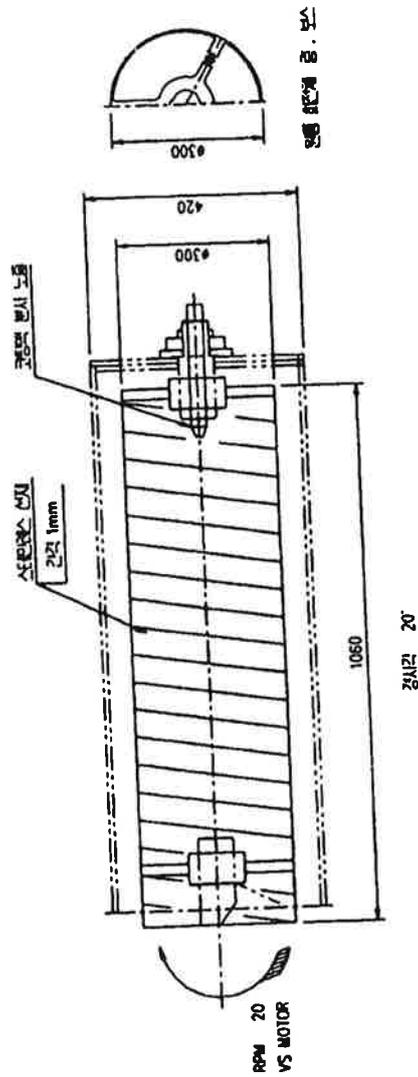


그림 5-5. 청결영양미 제조기 B형의 원통 회전체(Trumbol)의 구조도

### 3. 청결영양미 제조기의 개발 및 성능평가

#### 가. 청결영양미제조기의 개발

- 1) 청결영양미제조기의 본체, 트럼볼(회전체), 영양액 분사장치, 이송장치, 구동장치, 영양액탱크 등을 그림 5-6과 같이 제작하였다(사진 5-5 참조). 원료투입구에는 기어식 개폐장치를 설치하여 투입량을 조절하도록 하였다.
- 2) 청결영양미제조기 회전체를 스테인레스 스크린망으로 제작함. 스크린 금망안쪽에 작은 안내판을 설치하여 쌀들이 끌고루 잘 섞이도록 제작하였다. 또한 스테인레스 회전체가 약 10°의 경사를 갖도록 하여 쌀이 자체 무게로 잘 이송되면서 영양액이 끌고루 묻도록 제작하였다. 이때 회전체의 회전속도는 20 rpm과 40 rpm 2수준에서 작동하도록 플리를 제작하였다. 예비실험을 한 결과 20 rpm에서 시료에 영양액을 분사하도록 하였다.
- 3) 영양액 분사노즐을 원료 투입구에 1개 설치하고, 또 다른 1개는 회전체 출구쪽의 중앙부에 설치하여 2종류의 영양액이 끌고루 잘 섞이도록 하였다. 또한 투입구쪽에는 혼합기(mixer)를 설치해 잘 섞이도록 하였으며, 투입구쪽에 설치된 분사노즐의 용량은 126cc/min (2gal/h)이었다. 그리고 회전체 출구쪽에 설치된 노즐은 공기혼합노즐(air mix nozzle, 1/4JBC type)로서 영양액을 가능한 미립화하고자 하였으며 분무 미립자의 크기는 20~60um이었다.
- 4) 영양미제조기의 공기흡입부를 회전체 밀부분에 설치하여 분진, 유기용매 및 수분을 제거하도록 제작하였다.

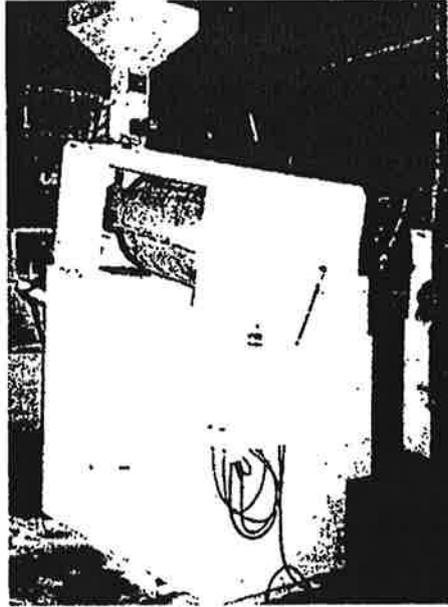


사진 5-5. 개발된 청결영양미제조기의 외형.



사진 5-6. 청결영양미제조기의 영양액 분사부 및 제어부

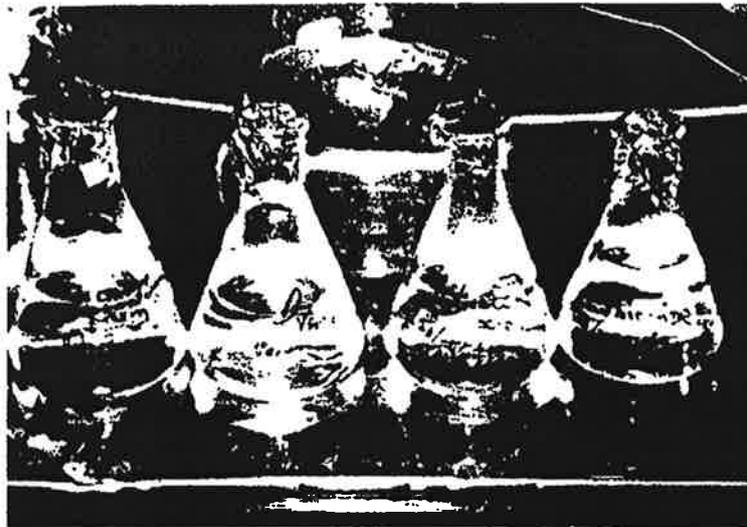


사진 5-7. 청결미에 첨가할 영양액의 용해도 및 색상 분석

SPECIFICATION	
용량	3 ton/hr
소요동력	1HP GEARED MOTOR
소요공기량	9.5 l/hr
비고	

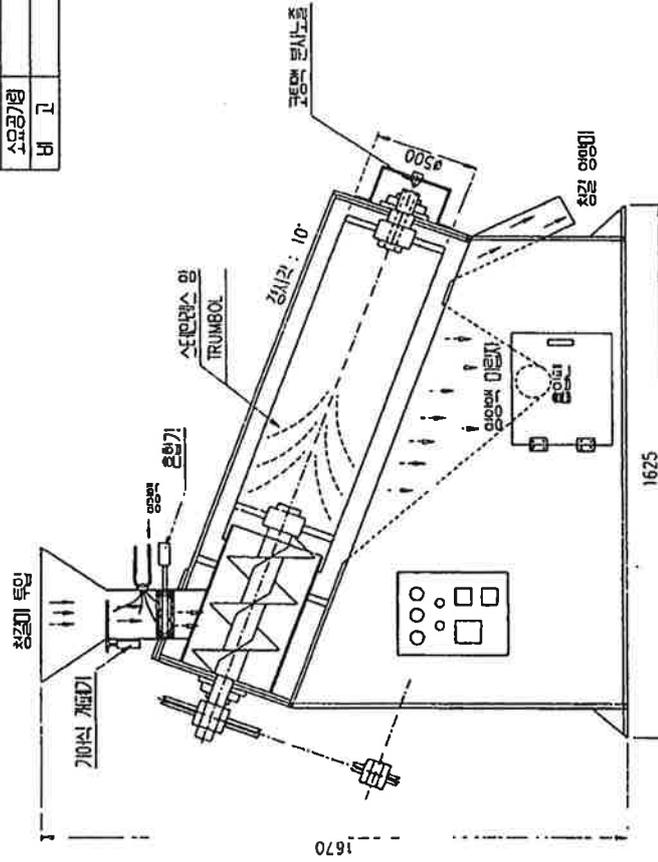


그림 5-6. 청결영양미 제조기의 구조도

#### 나. 영양액 제조개발

- 1) 영양미의 영양액(permix)을 제조하기 위해서 미국의 Sigma사로부터 순도가 매우높은 라이신(Lysine monohydrochloride), 니아신(Nicotinic acid), 치아민(Thiamine hydrochloride, Vit B1), 리보플라빈(Riboflavin, Vit B2), 알파-토코페롤( $\alpha$ -tocopherol), Ferric hyrophosphate, 젖산철(Ferrous lactate,  $\text{Fe}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2$ ), 젖산칼슘(Calcium lactate,  $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO})_2$ ), Calcium carbonate등을 구입하여 이들 성분들이 어떤 용액에서 잘 용해되는지를 조사하였다(사진 12 참조). 즉 수용성, 산성, 알칼리성, 알코올성 등을 조사 분석하였다. 라이신과 리보플라빈은 물에 잘 녹았고, 니아신은 1g/60ml의 비율로, 치아민은 1g/ml의 비율로 물에 녹았으며, 젖산철은 옅은 초록색을 띠며 비교적 물에 잘 녹았고, 젖산칼슘은 용해도 9% 수준에서 물에 녹았으나, Ferric hydrophosphate와 Calcium carbonate는 물에 잘 녹지 않았다.
- 2) 영양액을 제조하기 위해서 쌀에 첨가할 영양소를 1차적으로 라이신, 치아민, 니아신, 젖산칼슘으로 선정하였고, 그들 영양소간의 성분비율을 미국 중앙정부의 영양강화미 생산 규정에 기초하여 무게에 기초해서 결정하였다. 2차적으로 옅은 초록색을 띠는 젖산철을 가미하여 2차적인 영양액을 제조하였다. 이때 영양소들은 적정 비율과 농도로 섞어 영양액을 제조하였다.

#### 다. 영양미제조기의 성능평가

개발된 청결영양미제조기에서 제 1 영양액과 제 2 영양액으로 백미에 분무하여 영양미를 생산하는 실험을 실시하였다.

- 1) 처리 #1에서는 시료로 백도가 39인 백미를 사용했고 영양액은 Lysine, Thiamine, Ca을 포함한 영양액 #1을 가지고 제 1 분사부에서 150 cc/min 의 유량으로 분무하였다.
- 2) 처리 #2에서는 영양액 #1을 가지고 제 1 분사부에서는 150 cc/min, 공기 혼합노즐로 분사하는제 2 분사부에서는 100 cc/min 의 분무량으로 동시

- 에 2곳에서 백미에 영양액을 분사하였다.
- 3) 처리 #3에서는 영양액 #2를 가지고 처리 2와 같은 조건으로 백미에 영양액을 분사함. 영양액이 묻은 백미들은 백도가 약 1씩 감소하였다.
  - 4) 영양액을 분사하여 처리한 각 시료에 첨가된 아미노산성 질소, 라이신, 치아민, 칼슘, 철 등의 양들을 각각 분석한 결과 표 5-16과 같았다.
  - 5) 처리 #1에 비해 처리 #2와 처리#3에서 어느정도 원하는 수준의 영양소가 첨가되었음을 알 수 있었음. 이에 영양미 제조기의 투입구와 배출구의 2곳에서 동시에 영양액을 분사하는 것이 바람직 하였다.

표 5-16. 영양미제조기에 의해 생산된 청결영양미의 성분분석 결과

시료 성분	시료				미국 영양강화미 성분 기준	비고
	무처리 백미	처리 #1 영양액 #1	처리 #2 영양액 #2	처리#3 영양액 #2		
아미노산성질소 (mg%)	5.77	6.92	14.74	18.22	.	아미노산성 질소분석기 사용
* Lysine (mg%)	1.40	1.86	6.76	4.02	.	HPLC (UV Detector)
Thiamine (mg%)	0.42	0.48	0.58	0.67	0.64	HPLC (UV Detector)
Calcium (mg%)	59.8	64.9	105.8	87.0	212	건식분해, Atomic A.S. 측정
Iron (mg%)	0.32	3.44	13.21	8.48	8.8	습식분해, Atomic A.S. 측정

- 주) 1) Calcium은 미국 영양강화미 규정에서 선택 사항임.  
 2) 위의 Lysine만은 쌀을 분쇄하지 않고 세척한 검액에 포함된 함량임.  
 3) 첨가한 Niacine의 양은 Thiamine양으로 추정함.

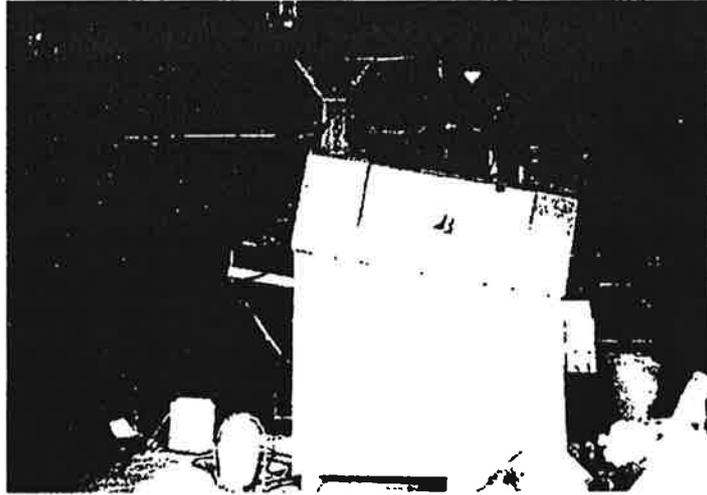


사진 5-8. 연속형 로터리식 영양미제조기의 외형

#### 4. 적정 영양액 제조

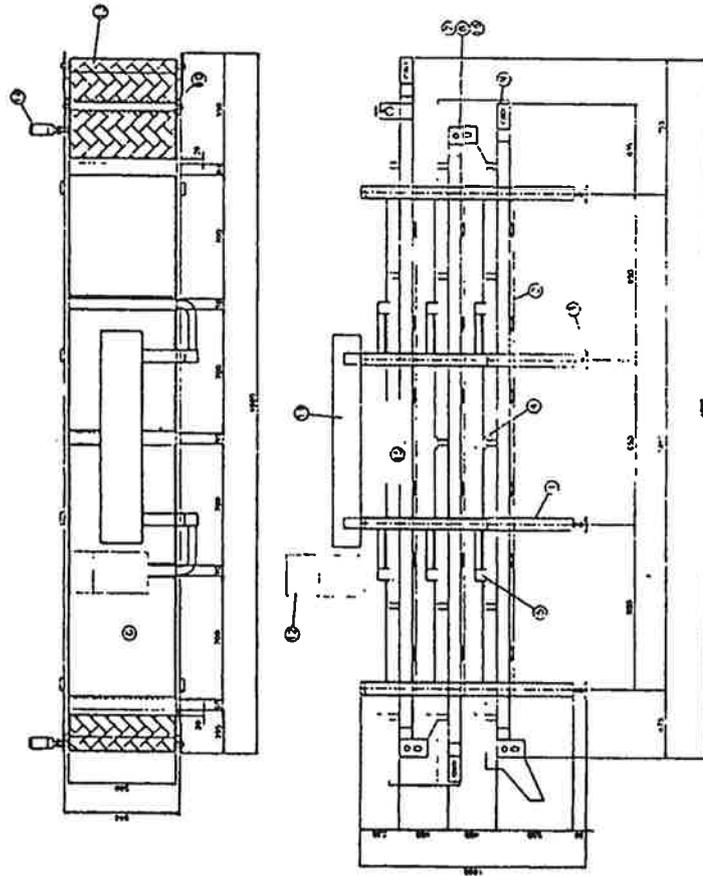
- 1) 영양액의 점도를 높여 영양액이 청결미에 잘 부착할 수 있도록 쌀전분을 영양액에 첨가하고자 하였다. 이에 추청 쌀로부터 쌀전분을 제조한 후 쌀전분의 적정 농도를 찾고자 쌀전분의 점도시험을 하였다. 쌀전분을 1%, 2%, 3% 농도로 하여 물에 용해를 시킨 후 섭씨 약 70도에서 약 2분동안 호화시켜 점도시험을 한 결과 농도 1%가 적정한 것으로 판명되었다 (표 5-17).
- 2) 영양미제조기를 사용하여 영양미를 제조하여 영양성분을 분석한 결과, 일부 영양소의 농도가 낮아 이들의 농도를 높이고자 하였다. 이에 개발된 영양액의 적정 농도는 표 5-18과 같았다. 이 영양액을 분사하여 생산된 영양미를 본 연구에서 개발된 배치식 및 연속식 원적외선 건조시스템을 사용하여 건조시킨 후 영양성분 및 품질을 조사하였다.



맛과 영양가가 떨어지므로 선호도 및 그 가치가 매우 떨어지고 있다. 이에 이러한 문제점들을 해결하고자 파아보일링(parboiling)과 원적외선을 이용한 복사건조를 통해 영양활성미 가공공정을 개발하였다. 이 공정의 주 내용은 건벼를 물에 약 4시간 동안 침지시켜 벼 함수율을 약 27%-30%로 한 후, auto-clave에서 약 120도의 증기로 약 3-5분 동안 쪄 다음 템퍼링시킨다. 그리고 이 벼를 연속식 원적외선 건조기를 사용하여 건조시키면서 조식을 활성화시킨다. 이같은 공정으로 생산된 파아보일 현미 및 백미는 영양가가 높고, 전분성분이 호화되어 구조가 바뀜으로써 압축강도가 매우 높아 도정시 도정수율과 완전미수율이 매우 높으며, 쌀에 있는 리파아제 효소를 불활성화함으로써 저장성을 매우 높일 수 있다. 그리고 쌀에 있는 수분이 원적외선을 흡수하여 쌀조식을 활성화시킴으로써 쿼반시에도 밥맛 향상을 가져 오도록 하였다.

표 5-19. 그림 5-7의 각 부분의 명칭

품번	품 명	규 격	수 량	재 질	비 고
1	Conveyor Frame		1	Al Profile	
2	Sludge Box	850×650×2.3t	12	G.I 0.8t	
3	조절좌	M16×150L	8	SS41	
4	금기Duct, 예열히터	1KW	9	SS41	도장 : 분체합마톤
5	배기Duct		2	SS41	도장 : 분체합마톤
6	원적외선 방사판	1.5KW	12	SS41	원적외선세라믹코팅
7	Head Roller	Ø100	3	SUS304	
8	Brush	Ø100	3	선인장 줄기	
9	Tail Roller	Ø80	3	SUS304	열 경화성 고무코팅
10	정량장치	Ø40	1	SUS304	
11	Main 배기Duct	155×120×1350	1	SS41	도장 : 분체합마톤
12	배기Fan	500W	1		
13	Belt	440×8.5M	3	Chemglass	
14	G.D Motor	220V, 120W	3		D.K.M
15	Side Cover	850×190	18	SS41	도장 : 분체합마톤
16	Guide	3950×135×0.8t	6	SUS304	



NOTE

1. S.C Motor : 120W, 3대, 220V, 단상
2. 배기FAN : 500W, 1대, 220V, 단상
3. 급기HETER & FAN  
    HETER : 1KW, 9개, 220V, 단상  
    FAN : 23W, 9개, 220V, 단상
4. 원적외선 방사판 : 1.5KW, 12대, 220V, 단상
5. 정량장치 모터 : 40W, 1대
6. 컨베이어 속도 및 온도 자동제어 가능
7. 전기 소요량 : 28.1 Kw/hr

그림 5-7. 연속식 원적외선 구조도

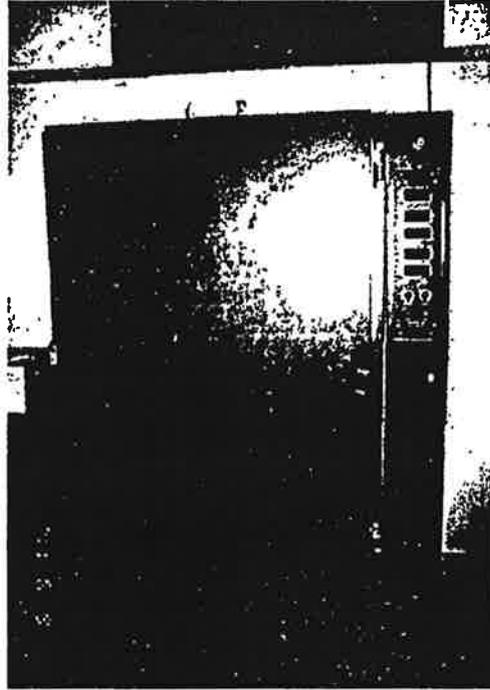


사진 5-9. 청결영양미 건조를 위한 배치식 원적외선 건조기의 외형

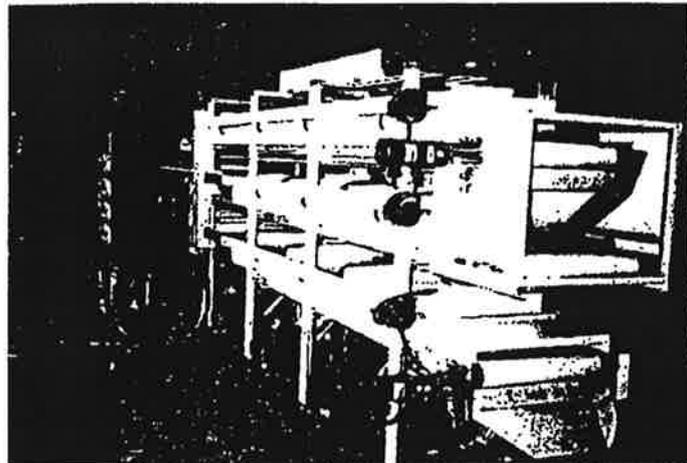


사진 5-10. 3단형의 연속식 원적외선 건조기의 외형

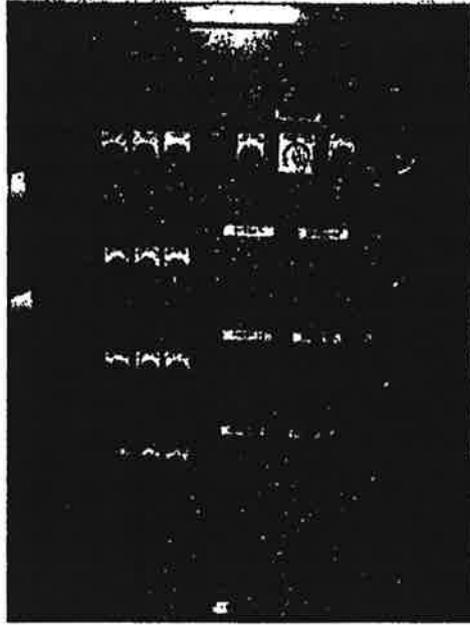


사진 5-11. 연속식 원적외선 건조기의 제어반

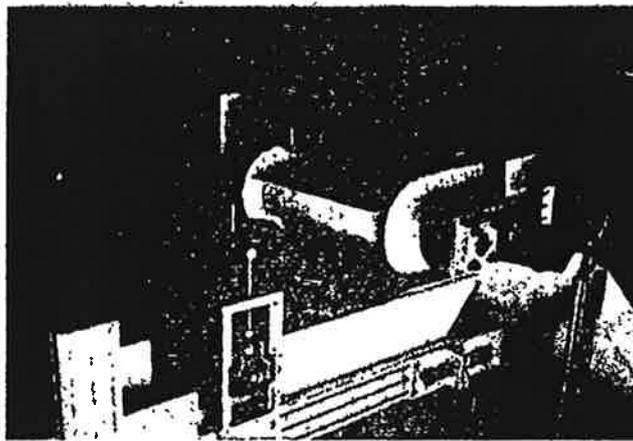


사진 5-12. 연속식 원적외선 건조기의 반입장치 및 원료균일 투입장치

## 6. 영양미의 품질분석

### 가. 쌀 Texture 분석

백미(A, 14.1%), 현미(AB, 17.1%), 배치식 건조기로 건조한 영양미(B, 14.0%), 연속식 건조기로 건조한 영양미(C, 14.2%), 파아보일링한 현미(D, 16.5%), 파아보일링한 백미(E, 14.9%) 등에 대해 압축시험기(texture analyzer, XA-XT2, Stable Micro Systems, England)를 사용하여 압축강도 등을 분석하였다. 압축시 플런저의 속도는 0.1 mm/s로 고정하여 압축시험을 실시하였으며 10회 반복하여 얻은 결과는 첨부된 그림5-8에서 그림5-13과 같았다. 그리고 극한값들을 제외한 5반복의 평균치는 다음 표5-20와 같았다.

표 5-20. 영양미와 파아보일 현미 및 백미의 압축강도 분석 결과

시료\항목	함수율(%)	압축강도(kg)	표준편차(kg)	Coef. Variance
백미 (A)	13.3	4.7	0.3	7.6
현미 (AB)	17.1	4.6	0.6	14.1
영양미(B)	14.0	4.9	0.7	14.1
영양미(C)	14.2	4.5	0.3	6.9
파아보일현미(D)	17.5	4.0	0.3	8.8
파아보일백미(E)	14.9	7.4	0.5	7.2

이상의 결과로 볼 때 영양미의 압축강도는 보통 백미와 차이가 없었으며, 파아보일링한 백미는 압축강도가 백미에 비해 약 1.6배 높게 나타났다. 그러나 파아보일현미는 함수율이 높아 압축강도가 낮게 나타났다. 이처럼 파아보일링한 백미는 압축강도가 높아 완전미수율과 도정수율을 높일 수 있으리라 사료되었다.

### 나. 쌀 영양성분 분석

백미(A)와 영양미(B와 C)의 치아민(thiamine), 아미노산성질소 그리고 칼슘 성분들을 분석하였다. 그리고 파아보일링 현미 및 백미의 조단백질과 조지방 그리고 회분의 성분을 분석하였다. 개발된 영양액을 사용하여 제조된 영양미는 영양액의 분사정

도에 따라 표 5-21과 같이 백미에 비해 약 2-3배의 치아민, 아미노산성질소, 칼슘 등을 함유하였다.

표 5-21. 백미와 영양미의 영양성분 분석결과

시료\항목	치아민(mg%)	아미노산성질소(mg%)	칼슘(mg%)
백미 (A)	0.14	5.06	5.33
영양미 (B)	0.35	21.74	17.29
영양미 (C)	0.24	9.13	9.16

또한 파아보일링 공정을 통해 생산한 벼를 연속식 원적외선 건조기를 사용하여 건조한 후 시료의 조단백질, 조지방 그리고 회분을 조사 분석한 결과 다음 표5-21과 같았다. 파아보일링 현미가 백미에 비해 조지방 및 회분은 약 2배 이상 높게 나타났으며 조단백질도 높게 나타났다. 또한 파아보일링 백미도 보통 백미에 비해 성분들이 상대적으로 높게 나타났으며, 도정 정도에 따라 영양가를 높일 수 있음을 알 수 있었다. 그리고 추후 연구로 원적외선을 이용한 쌀의 활성화 정도에 관한 개관적 분석이 요구되었다.

표 5-21. 파아보일링 현미와 백미의 영양성분 분석결과

시료\항목	조단백질(%)	조지방(%)	회분(%)
백미(A)	6.5	0.4	0.5
파아보일 현미(D)	7.7	1.3	1.2
파아보일 백미(E)	7.9	0.6	0.8

Stable Micro Systems - XT.RA Dimension V3.7L

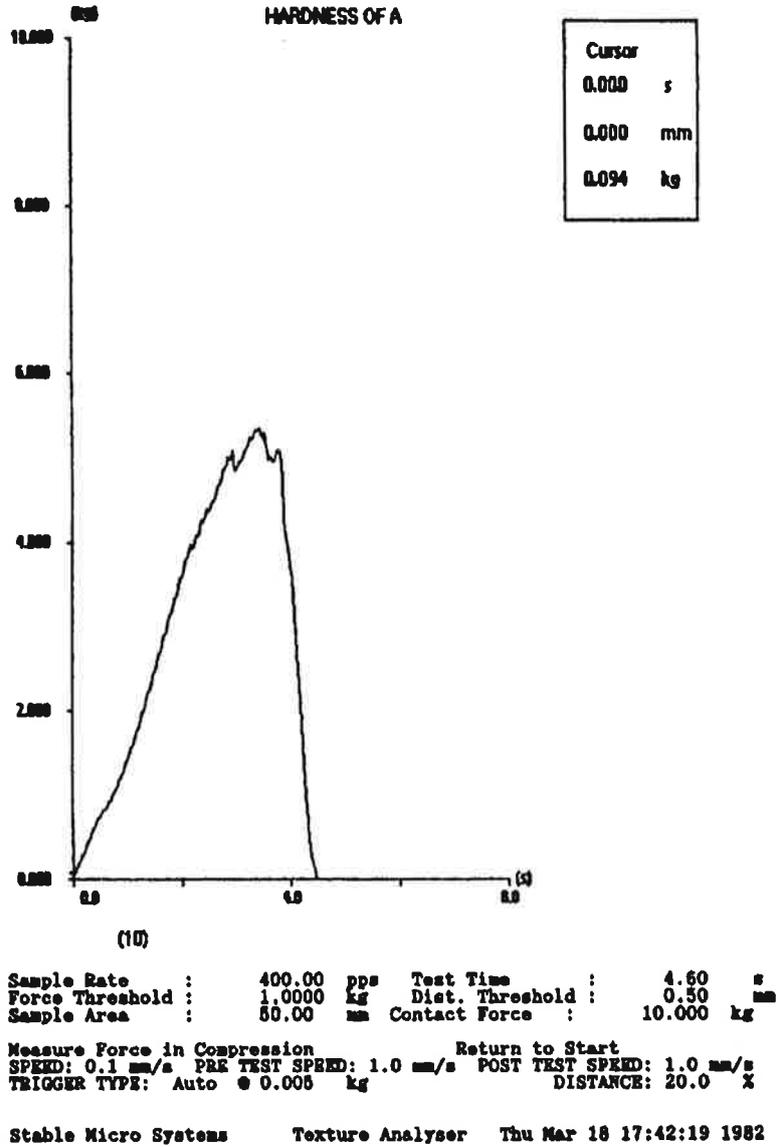


그림 5-8. 시료 A(백미)의 압축강도 시험결과

Stable Micro Systems - XT.RA Dimension V3.7L

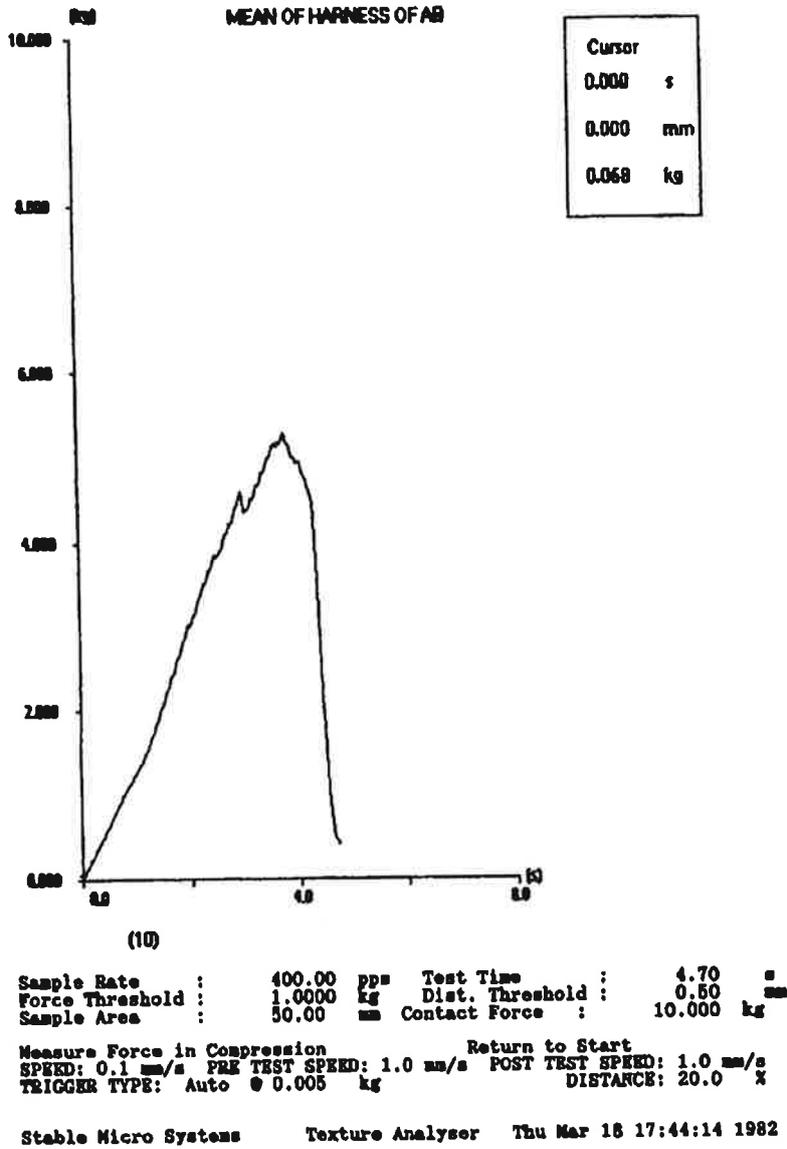
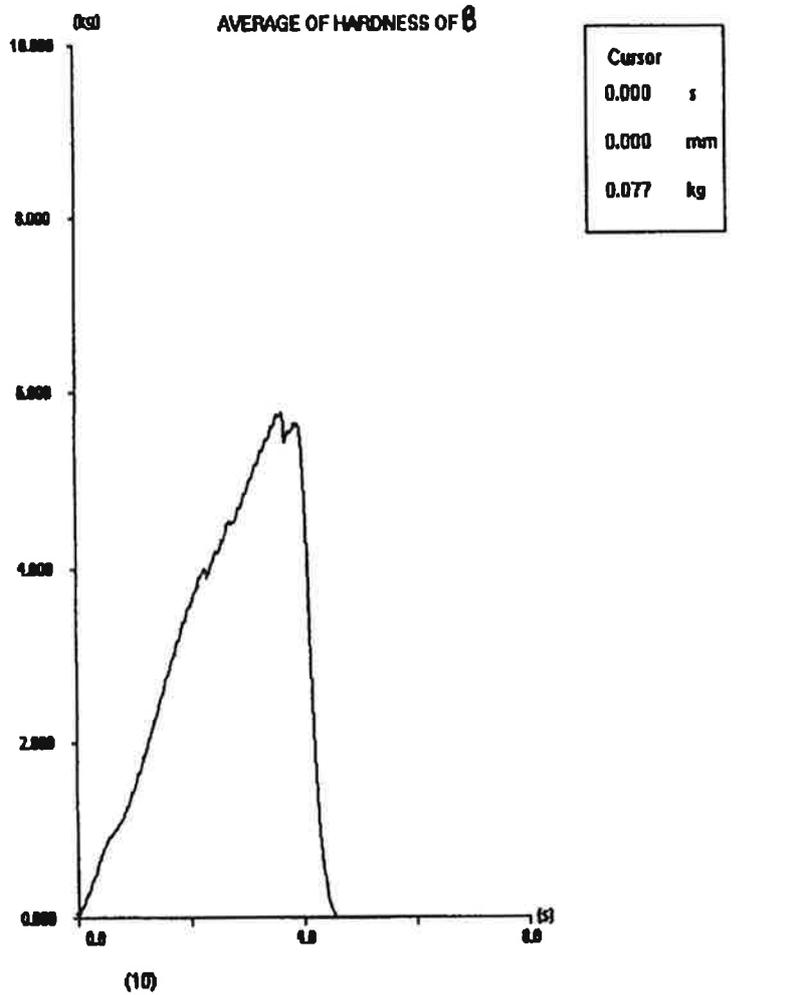


그림 5-9. 시료 AB(현미)의 압축강도 시험결과

Stable Micro Systems - XT.RA Dimension V3.7L

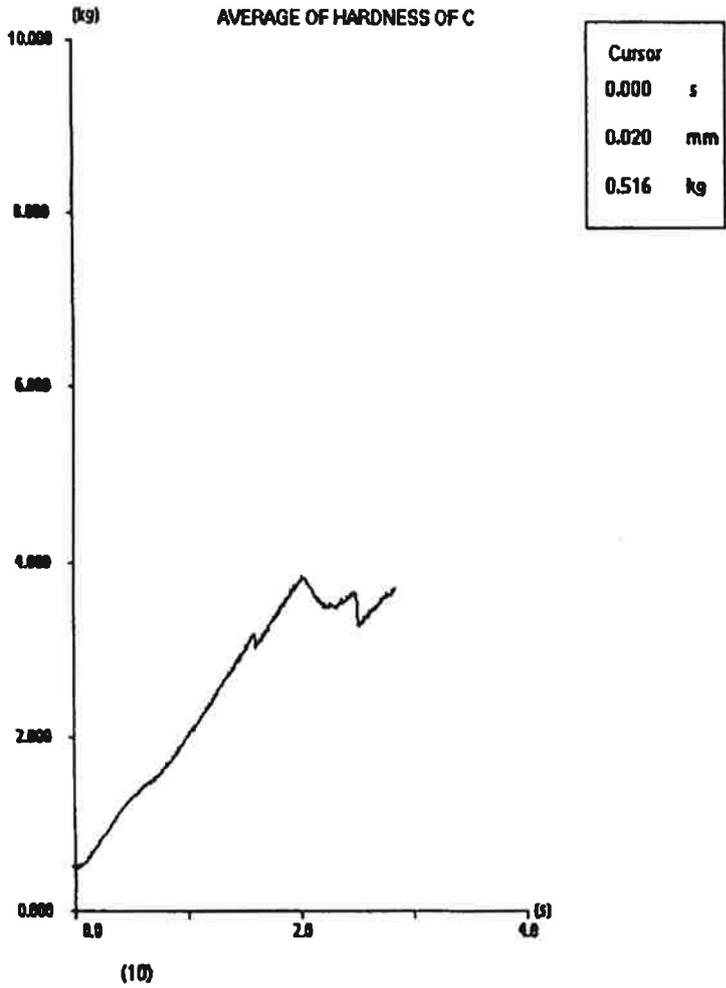


Sample Rate : 400.00 pps    Test Time : 4.80 s  
 Force Threshold : 1.0000 kg    Dist. Threshold : 0.50 mm  
 Sample Area : 50.00 mm    Contact Force : 10.000 kg  
 Measure Force in Compression    Return to Start  
 SPEED: 0.1 mm/s    PRE TEST SPEED: 1.0 mm/s    POST TEST SPEED: 1.0 mm/s  
 TRIGGER TYPE: Auto @ 0.005 kg    DISTANCE: 20.0 %

Stable Micro Systems    Texture Analyser    Thu Mar 18 17:46:01 1982

그림 5-10. 시료 B(영양미 B)의 압축시험강도

Stable Micro Systems - IT.RA Dimension V3.7L



Sample Rate : 400.00 pps    Test Time : 2.84 s  
 Force Threshold : 1.0000 kg    Dist. Threshold : 0.50 mm  
 Sample Area : 50.00 mm    Contact Force : 10.000 kg

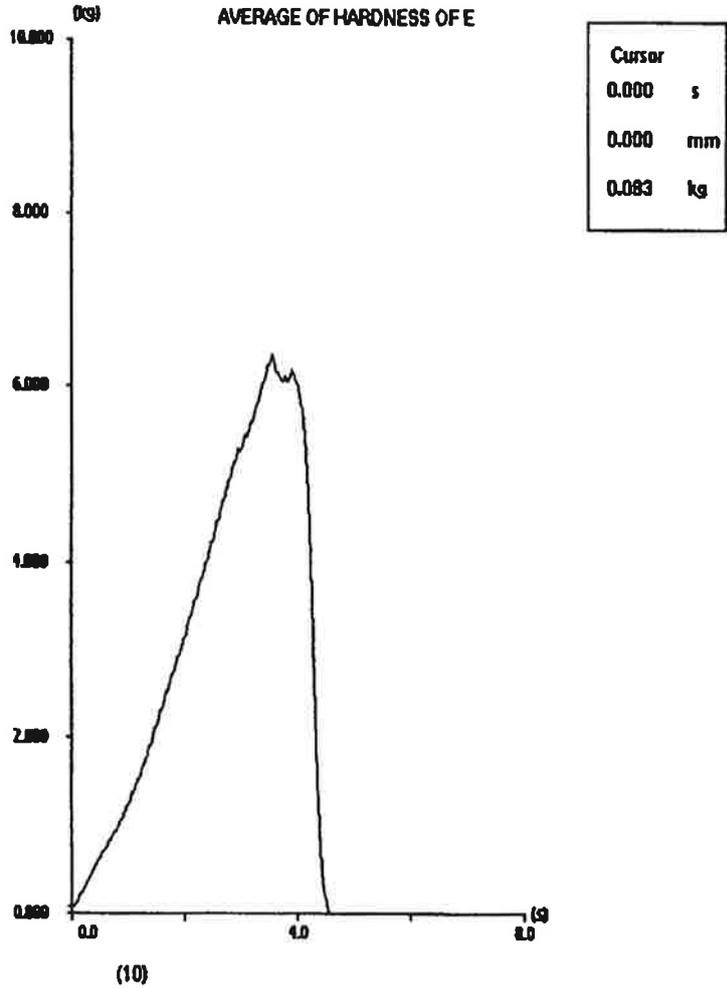
Measure Force in Compression    Return to Start  
 SPEED: 0.1 mm/s    PRE TEST SPEED: 1.0 mm/s    POST TEST SPEED: 1.0 mm/s  
 TRIGGER TYPE: Auto @ 0.005 kg    DISTANCE: 20.0 %

Stable Micro Systems    Texture Analyser    Thu Mar 18 17:48:21 1982

그림 5-11. 시료 C(영양미 C)의 압축시험강도



Stable Micro Systems - XT,RA Dimension V3.7L



Sample Rate : 400.00 pps Test Time : 4.54 s  
 Force Threshold : 1.0000 kg Dist. Threshold : 0.50 mm  
 Sample Area : 50.00 mm Contact Force : 10.000 kg

Measure Force in Compression Return to Start  
 SPEED: 0.1 mm/s PRE TEST SPEED: 1.0 mm/s POST TEST SPEED: 1.0 mm/s  
 TRIGGER TYPE: Auto @ 0.005 kg DISTANCE: 20.0 %

Stable Micro Systems Texture Analyser Thu Mar 18 17:50:50 1982

그림 5-13. 시료 E(파아보일 백미)의 압축시험강도

## 제 5 절 결 론

### 1. 쌀 종류별 영양성분 분석

앞에서 실험적으로 분석한 쌀의 단백질, 조지방, 탄수화물, 회분, 칼슘, 철 등의 성분들의 함량비는 기 발표된 자료와 비슷한 경향을 보였으나, 본 연구에서 분석된 현미의 조지방과 회분의 함량비는 기 발표된 자료에 비해 높게 나타났으나, 이는 현미 시료에 미강이 많이 묻어 조지방이 높게 나타난 것으로 사료되었다. 또한 백미에는 아미노산의 하나인 나이아신, 비타민 B1 과 B2들이 현미의 약 1/3 수준으로서 그들 함량이 매우 적었다.

따라서 현미에 비해 백미에 부족한 나이아신, 비타민 B1, 칼슘, 철 등의 영양소들을 첨가한 영양미를 생산하기 위해서 영양미 제조시스템을 개발하고자 하였다.

### 2. 청결영양미 제조시스템의 개발 및 성능평가

- 1) 청결영양미 제조기를 설계, 제작하고 개발하였다. 영양미제조기는 영양액 탱크, 영양액 제 1 분사부, 제 2 분사부, 혼합부, 스테인레스로 제작된 회전체부, 동력부 등으로 구성되었다.
- 2) 청결미에 첨가할 영양액(Premix)을 개발하여 시험하였다. 영양액은 라이신, 치아민, 나이아신, 칼슘, 쌀전분 등을 적정 비율로 섞어 제조하였다.
- 3) 영양미 성분분석 결과 Thiamine과 Fe는 미국 영양강화미 규정에 만족하였으나 기타 영양소는 조금 부족하므로, 추후 1%의 쌀전분을 포함한 적정 영양액을 개발하였다.
- 4) 영양미를 깨끗하고 위생적으로 건조하기 위해서 원적외선을 이용한 연속식 원적외선 건조기를 개발하였다.

- 5) 영양미제조의 일환으로 파아보일링의 적정 가공방법 사용과 원적외선 건조를 통해 활성화된 파아보일현미 및 파아보일백미를 생산하였고, 이들의 품질을 분석한 결과 영양가가 높았고 강도가 높아 도정시 수율을 향상시킬 수 있었다.

## 제 6 장 기대성과 및 활용방안

### 제 1 절 기대효과

#### 1. 기술적 측면

- 1) 고성능 완패스정미기를 개발하여 쉐미 및 동할미가 적은 고품질의 쌀을 생산할 수 있다. 또한 清潔米 製造機를 개선하여 개발함으로써 씻지 않고 炊飯할 수 있는 清潔米를 생산할 수 있고 나아가서 清潔米에 부족한 영양소를 가미하여 清潔營養米를 생산할 수 있다. 위생적인 清潔米가 생산되지 않고서 영양소를 첨가하는 것은 무의미한 일이다.
- 2) 清潔米 및 清潔營養米를 제조하는 도정기계들을 개발함으로 미국 도정산업의 전반적인 기술적 수준을 향상시킬 수 있다. 즉 清潔營養米를 생산하기 위해서는 근본적으로 도정기계 부품들의 신 소재를 개발하여 보급해야 하며, 개발된 신 소재를 사용하여 미곡을 저온 및 저 압력에서 가공하는 새로운 도정기술을 확립함으로써 높은 도정수율과 완전미수율을 얻을 수 있고, 생산성 높고 미질이 좋은 良質米를 생산할 수 있다.

#### 2. 경제적 측면

##### 가. 예상 수익

고품질의 清潔米를 생산할 수 있는 완패스정미기 및 연미기인 清潔米 製造機를 개발하여 이미 공급된 精米機 및 研米機를 대체함으로써 고품질의 清潔米를 도정공장에서 생산할 수 있다. 따라서 수년 내에 이미 공급된 각각 약 2,000여대의 精米機

및 研米機를 대체하기 위해서 생산, 판매된다면 약 600억원(대당 약 1,500만원)의 매출액을 올 수 있다. 대당 순수익률을 15%로 가정하면 약 90억원의 순이익을 올릴 수 있다. 또한 清潔營養米를 생산하는 清潔營養米 製造機를 연간 300대를 판매함으로써 약 60억원 이상의 매출액을 올릴 수 있다.

결론적으로 공급 초기에는 기존 精米機 및 研米機를 대체함으로써 약 600억원 이상의 매출을 올릴 수 있으며, 清潔米 製造機와 清潔營養米 製造機를 시판함으로써 평균 200억원의 매출을 올릴 수 있다. (참고 : 정부미 도정공장 : 약 400개소, 임도정공장 : 약 16,000개소, 米穀綜合處理場 : 약 500개소)

#### 나. 생산성 향상에 따른 비용 절감

우리 나라의 연간 쌀 소비량이 600만톤이라고 할 때 洗米에 사용되는 약 3,600만톤의 수돗물을 절감할 수 있다. 그리고 洗米과정에 손실되는 고형분량을 1-2%로 계산하면 뜬물로 나가는 고형분량은 약 6-12만톤 정도가 하천으로 유입되어 유기물 오염을 가중시키고 있어 清潔營養米가 유통되면 쌀의 고형분 손실 방지, 수돗물 절약과 하천오염 방지로 말미암아 상당액의 비용 절감을 가져올 수 있다. 또한 炊飯시에 노동력과 炊飯시간을 줄일 수 있으며 清潔營養米의 저장성을 높임으로써 저장 비용을 절감할 수 있다.

#### 다. 수입 대체 효과

완패스정미기 및 연미기의 清潔米 製造機와 清潔營養米 製造機를 국내에서 개발하여 보급함으로써 매년 약 200여대 이상의 수입 研米機를 국산으로 대체하여 매년 200억원 이상의 수입 대체 효과를 올릴 수 있다.

#### 라. 수출 기대

완패스정미기 및 연미기의 清潔米 製造機와 清潔營養米 製造機를 중국, 태국, 베트남, 버마 등의 아시아 국가에 수출할 수 있다. 특히 중국에서는 쌀 시장의 개방에 따라 길림성, 흑룡강성, 요녕성 등의 조선족 지역에 미곡도정시설을 설치하려고 있으며, 중국의 일부 지역에서는 이미 국내의 도정기계들을 현재 수출되어 설치하고 있다.

#### 마. 당해 기술의 시장성

清潔米와 清潔營養米를 생산하는 기술은 쌀의 국제 경쟁력을 높이고 쌀의 부가 가치를 향상시키는 데 있어서 절대적으로 필요한 기술들이다. 현재 일본을 비롯한 미국, 유럽 등의 선진 국가에서는 이러한 기술을 개발하여 洗米하지 않고 막바로 炊飯할 수 있는 영양가 높은 쌀을 소포장하여 시판하고 있는 실정이다. 국내에서도 쌀의 영양가와 위생적 상태를 중요시 여기므로 이들 기술개발의 시장성은 매우 밝다고 할 수 있다.

### 3. 파급효과

가. 清潔營養米 생산으로 쌀의 고 부가가치화 및 국제경쟁력 상승 효과  
쌀을 씻지 않고 炊飯할 수 있는 영양가 높은 쌀 즉, 清潔營養米를 생산함으로써 쌀의 부가가치 증대로 쌀의 소비량을 촉진하고 쌀을 주식으로 하는 우리 국민의 건강을 드높이고 쌀 수입 개방에 따른 국제경쟁력을 강화시킬 수 있다.

#### 나. 농민의 쌀 생산 증대 효과 및 휴경지 감소 효과

우리 쌀의 부가가치 증대와 국제경쟁력의 강화로 말미암아 우리 쌀의 소비량이 증가하여 우리 농민들은 안심하고 생산에 전념하며, 良質米를 생산함으로써 농민 소득 증대를 꾀할 수 있다. 이로 말미암아 현재 급속도로 증가하고 있는 논외 휴경지 증대를 막고 논외 용도 변환을 감소시킴으로써 쌀의 자급자족을 이룩할 수 있다.

#### 다. 도정기계의 수입대체 및 수출 효과

완패스정미기 및 연미기의 清潔米 製造機와 清潔營養米 製造機를 개발함으로써 연평균 200억원 이상의 수입 대체 효과를 올릴 수 있을 뿐 아니라 동남아시아 국가들에 개발된 미곡 도정기계들을 수출할 수 있다.

#### 라. 쌀의 고형분 손실 방지 효과

쌀은 炊飯전에 3-4회 洗米과정을 거치는 동안 많은 고형분의 손실을 초래하고 있다. 고형분의 손실 정도는 쌀의 품종이나 도정정도에 따라 다소 차이가 있으나 시중 유통미를 기준으로 할 때 1.83%내외의 총 고형분 손실을 보여주며 특히 1차 洗米시에 전체 손실 고형분의 60% 이상이 손실된다고 보고되고 있다. 물론 손실되는 1.83%의 고형분 중에 섭취가 곤란한 미강 혹은 이물질이 포함되어 있지만 실제 섭취가 가능한 고형분 손실이 약 1% 이상에 달하고 있어 清潔營養米는 고형분 손실을 어느 정도 방지하는 효과를 갖고 있다.

#### 마. 수돗물 절약과 도시 하천 오염 방지 효과

일반적으로 洗米방법과 회수는 취반자의 개성에 따라 다소 차이가 있으나 보통 炊飯하려는 쌀의 중량에 2-3배의 수돗물을 넣고 3-4회 정도 洗米하고 있다. 쌀 洗米에 소요되는 총 수돗물 양은 쌀의 중량에 6배 이상이 사용되고 있음을 알 수 있으며 이는 우리 나라의 연간 쌀 소비량이 약 600만톤이라 할 때 洗米에 이용되는 물의 양은 약 3,600만톤에 달하여 이같은 뜬물은 도시 하천을 오염시키나 清潔營養米가 유통되면 수돗물 절약과 하천 오염 방지 효과를 가져올 수 있다.

#### 바. 쌀의 저장성 향상 효과

정미과정을 거친 쌀의 표면에는 미세한 자유미강과 미분립이 존재하므로 清潔米와 清潔營養米 製造機를 거치지 않고 쌀도 清潔營養米에 비해 저장성이 훨씬 뒤떨어진다. 왜냐하면 미강은 산패하기 쉬운 자유지방산 성분을 많이 함유하고 있기 때문이다. 즉 清潔營養米는 일반 정미보다도 미생물(곰팡이)과 지방산과의 증가 폭이 낮아 清潔營養米의 저장성이 더욱 우수하리라 사료된다.

#### 사. 良質米 공급에 의한 소비자 기호도 증족 효과

清潔營養米는 쌀의 표면에 자유미강과 미분립 등이 깨끗이 제거되고 광택이 나며 백미에 부족한 영양소를 보강한 良質米로 炊飯이 간편하여 소비자의 기호도를 증족시킬 수 있는 쌀을 말한다. 그리고 쌀의 품질을 소비자 기호도에 부합시켜 준다는 의미는 쌀을 주식으로 하는 우리 나라의 경우 매우 중요하다. 이는 식생활의 서구화로

서서히 감소되는 쌀의 소비량을 적정선에서 유지하려면 소비자들이 선호하는 양질의 쌀을 공급할 수 있도록 해야 하는데 清潔營養米는 이같은 소비자의 기호를 충분히 만족시킬 수 있다.

#### 아. 炊飯의 간편화 효과

清潔米를 생산하는 완패스정미기와 연미기의 清潔米 製造機와 清潔米에 부족한 영양소를 첨가하여 清潔營養米를 생산하는 清潔營養米 製造機는 전국에 설치되어 있는 약 10,000여개의 입도정공장, 약 400여개의 정부미도정공장 그리고 최근에 설치하였거나 설치하려고 하는 400여개의 米穀綜合處理場의 도정공장에 설치되어 활용될 수 있다. 위생적이고 영양가 높은 清潔營養米를 생산하는 첨단 도정기술이 국내의 도정공장에 보급됨으로써 우리 쌀의 부가가치를 높이고 외국산 수입 쌀에 대해 국제 경쟁력을 갖게끔 할 것이다. 또한 이러한 첨단 도정기계들을 동남아 쌀 생산 국가, 중국, 태국, 버마, 인도 등지에 수출하고 수입기계들을 억제함으로써 국내 도정업체의 발전을 꾀하고 국제 경쟁력을 강화시킬 수 있으며 외화 획득에 큰 기여를 하리라 생각한다.

## 제 2 절 농가 및 소비자에게 미치는 영향

清潔米 製造機와 清潔營養米 製造機가 국내 도정공장에 전국적으로 보급되어 위생적이고 영양가 높은 良質米가 생산됨으로써 우리 쌀의 부가가치를 높이고 국제 경쟁력을 높여 우리 쌀의 소비를 촉진하게 될 것이다. 이로써 우리 농민들은 안심하고 지속적으로 농사를 지을 수 있을 뿐만 아니라 제값을 받고 쌀을 팔 수 있어서 농가 소득을 올릴 수 있다. 이에 농민들의 이농 현상을 방지할 수 있고 점차 늘고 있는 논의 휴경면적을 줄일 수 있을 것이다. 몇년 전만 해도 자급자족하던 쌀이 현재는 자급자

족을 못하고 자급자족 수준이 약 90-95% 수준을 유지하고 있는데 앞으로 점차 감소할 경향을 막아 적어도 자급자족을 유지하여야 한다. 한편, 소비자 측면에서도 쌀을 씻지 않고 炊飯함으로써 수돗물을 절약하고 炊飯시간을 단축시켜 경제적 효과를 얻을 수 있으며, 영양가 높은 쌀을 섭취함으로써 국민 건강의 보건 차원에서도 큰 효과를 얻을 수 있다. 특히 清潔營養米가 생산됨으로써 주식인 쌀인 우리 농민이나 소비자들은 물론 국가 경제적, 사회적, 기술적 그리고 국민 보건의 차원에서 매우 유익한 일이라 할 수 있다.

### 제 3 절 정부 농업정책에의 활용

국내 양곡 도정업체를 육성하고 미곡 도정기술 수준을 향상시키기 위해서는 정부에서는 가능한 도정기계의 수입을 억제하고 국산화를 장려하며 국내 도정업체들이 도정기계들을 개선하고 새로운 도정기계들을 개발하며 도정기술의 향상시켜 良質米를 생산하도록 연구 개발에 집중적으로 투자해야 할 것이다. 또한 정부에서는 쌀의 품질 검사를 엄격히 실시하여 쌀의 清潔度, 영양가, 함수율, 맛 등의 미질 검사에 따라 등급을 매김으로써 良質米를 생산하도록 유도하여 우리 쌀의 국제경쟁력을 높이고 소비를 촉진하도록 해야 할 것이다.

## 제 4 절 기술 이전을 통한 산업화

본 연구팀에서 개발한 清潔米 製造機와 清潔營養米 製造機의 제조 기술을 제조 업체에 이전하여 제품화함으로써 국내 도정기술의 향상을 꾀할 것이다. 이제까지는 외국에서 도정기계를 많이 수입하여 설치하여 왔으며, 국내에서 개발하였다해도 그저 모방하는 단계에 지나지 않았으나 앞으로는 清潔米 製造機와 清潔營養米 製造機의 개발을 기초로 계속해서 도정기계들을 국산화하고 性能을 향상시켜 산업화하고자 한다.

## 제 5 절 2단계 기술개발에 활용 가능성

다음과 같은 추후 기술개발을 위해서 본 연구의 결과를 활용할 예정이다.

- 1) 무세미 및 배아미 생산에 관한 연구
- 2) 清潔營養米의 저장성 향상에 관한 연구
- 3) 清潔營養米의 원적외선 건조에 관한 연구
- 4) 清潔營養米의 자동 진공소포장장치 개발에 관한 연구
- 5) 清潔營養米를 이용한 즉석 조리식품(Instant cooked rice food)개발에 관한 연구

## < 참고문헌 >

- 고학균외 12인, 1995. 미곡종합처리시설 - 이론과 실제 -, 문운당
- 고학균외 6인, 1990. 농산가공기계학, 향문사
- 김삼도, 1982. 연삭·마찰의 조합식 정백작용이 정백성능에 미치는 영향, 서울대학교 석사학위 논문
- 이종환, 1985. 분품 연삭식 정미기의 설계기준 설정에 관한 연구, 서울대학교 석사학위 논문
- 이병영외 4인, 1989. 미곡의 수분함량별 도정특성에 관한 연구. 농시논문집 31(4):1~4.
- 이병영외 3인, 1992. 습식연미 도정특성에 관한 연구. 한국농화학지 제 35 권 6호, p475~478.
- 이병영외 2인, 1984. 미곡의 현백율 향상을 연삭 및 마찰식 도정방법에 관한 연구. 농시보고 26-1, p39~45.
- 이병영외 5인, 1991. 대두유 첨가 도정 쌀의 특성 및 저장성에 관한 연구. 한국식품과학회지 제 23 권 제 2 호, p248~250.
- 정중훈외 1인, 1995. 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 미곡 도정공장의 적정설계 및 개발(I) - 미곡 도정시스템의 시뮬레이션 -, 한국농업기계학회지 20권 1호
- 정중훈외 2인, 1995. 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 미곡 도정공장의 적정설계 및 개발(II) - 미곡 도정시스템의 개발 및 성능평가 -, 한국농업기계학회지 20권 3호
- 조덕제 외 3인, 식품분석, 지구문화사
- 한국식품연구문헌 총람(2)(1969~1976), 한국식품과학회.
- Chung, C. J., 1983. Final Report of Post-Production Rice Systems, College of Agriculture, Seoul National University
- Houston, D. F., 1972. Rice Chemistry and Technology. American Association of Cereal Chemists, Inc, St. Paul. Minnesota

- Extension and Training Center, Satake Engineering Co., 1983.  
Group training courses in rice processing
- Ritsuya Yamashita, 1993. New Technology in Grain Postharvesting. LAE No. 93-02, KinKi University. Published by Farm Machinery Industrial Research Corporation.
- Sagara, Y., 1988. The Rice Surplus, and New Technology for Rice Processing in Japan. Extension Bulletin No. 273.  
Food & Fertilizer Technology Center.