

GOVP1200110260

633 18

62938

GA0141-0001

최 종
연구보고서

벼의 수확후 처리 · 가공기술 개발

Studies on the development of post-harvest
technique for paddy

연구기관

한국식품개발연구원

농 립 부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “벼의 수확후 처리·가공기술 개발”과제의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 8. .

주관 연구 기관 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 김 동 철(한식연 선임본부장)

세부연구책임자 : 이 세 은(한식연, 제 1세부과제)

김 동 철(한식연, 제 2세부과제)

김 의 웅(한식연, 제 3세부과제)

이 상 효(한식연, 제 4세부과제)

김 상 숙(한식연, 제 5세부과제)

위탁연구책임자 : 박 호 석(농협대, 제 1세부과제)

금 동 혁(성균관대, 제 2세부과제)

장 동 일(충남대, 제 4세부과제)

전 재 근(서울대, 제 5세부과제)

김 광 옥(이화여대, 제 5세부과제)

(세부과제명 참여연구원)

과 제	주관연구기관		위탁연구기관		참여기업	
	기관명	연구원	기관명	연구원	기업명	연구원
제 1세부과제 (물벼의 재현 을 측정기술 개발)	한식연 (농협 중앙회**)	김의웅 조용진 김재민* 정진이* 원은숙* 김현수**	농협대	오문근 박홍제* 김종순*	한성공업	한종규 정수용
제 2세부과제 (중형 산물 건조저장 시설개발)	한식연	이세은 금준석 김의웅 이창호 김재민* 원은숙*	성균관대	최창현 이대원 박춘우* 홍상진*	한성공업	한종규 조성우
제 3세부과제 (현미품온 조정을 통한 가공기술 개발)	한식연 (충북대**)	김동철 이세은 김상숙 김성령* 김민경* 한충수**	-	-	모아기연	이희철 오세철 박영광 박광호
제 4세부과제 (“씻지않는 쌀”제조설비 의 국산화 및 실용화 기술개발)	한식연	하태열 금준석 이창호 이민영* 이상협*	충남대	장홍희*	운성기계	배근수 오현중 김봉중
제 5세부과제 (쌀의 식미 기준 수식화 및 한국형 식미판정 시스템개발)	한식연	김동철 이상호 이창호 하태열 권자령* 이형주*	서울대 이화여대	노재문* 임석원* 이소연*	한성공업	김기환 정희택

요 약 문

I. 제 목

벼의 수확후 처리·가공기술 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

중형 산물 건조저장시설, 저온도정시스템의 개발을 통하여 미곡의 수확 후 건조, 저장, 가공과정의 손실량을 감소시키고, 산물수매한 물 벼의 신속한 등급판별 기술개발 및 객관적인 한국인 식미수식과 판정시스템을 개발하여 미곡의 유통을 품질위주 체계로 확립하며, 환경친화형 “씻지않는 쌀” 제조공정을 확립하고 설비를 국산화하여 쌀상품의 다양화를 통한 쌀의 부가가치를 증대함에 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 물벼의 제현율 측정기술 개발
2. 생산자 단위의 중형 산물 건조, 저장시설 개발
3. 현미의 품온조정을 통한 가공기술 개발
4. “씻지않는 쌀” 제조 설비의 국산화 및 실용화 기술 개발
5. 쌀의 식미기준 수식화 및 한국형 식미판정시스템 개발

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 물벼의 제현율 측정기술 개발

가. 물벼의 탈부에 적합한 탈부시스템을 결정하기 위하여 롤러 및 임펠러형의 탈부장치를 대상으로 물벼의 탈부율을 측정한 결과, 함수율 22%수준에서 롤러형의 탈부율은 75%를 나타낸 반면 임펠러형은 98.5%를 나타내어 임펠러형이 물벼 수매시 탈부시스템으로 적합한 것으로 나타났다.

나. 물벼 상태에서 측정한 제현율 값을 함수율 15%에서 측정한 표준제현율로 환산하기 위하여 벼의 평균함수율, 표준편차, 최고·최저함수율 값 등 물벼의 함수율과 관련된 특성을 이용하여 환산식을 개발하였다. 이 때 중·만생종 벼의 경우 결정계수(r^2)는 0.976, RMSE는 0.29%로 나타났으며, 조생종을 포함한 통합 환산식의 결정계수(r^2)는 0.885, RMSE는 0.7658%로 나타났다.

다. 물벼의 탈부에 적합한 임펠러형의 탈부장치 및 수분특성을 측정할 단립 수분측정기를 내장한 물벼 제현율 측정장치와, 표준제현율로의 환산식을 포함한 물벼 제현프로그램을 이용하여 물벼 제현율 측정시스템을 개발하였으며, 운영실험을 통해 정도를 확인하였다. 동 기술은 참여기업에 기술이전할 예정이다.

2. 중형 산물 건조, 저장시설 개발

가. 우리 나라의 벼 총 생산량 및 농가의 경작규모를 고려할 때 중형 산물건조저장시설은 10~30톤 규모가 적정할 것으로 판단되었으며, 건조 저장 시설별 보급 현황 및 향후 처리능력을 감안할 때 26,000개소의 중형 산물건조저장시설의 보급이 필요할 것으로 예측되었다.

나. 지금까지 연구개발된 개량곳간, 개량평창고 및 미곡종합처리장 관련기술을 검토하여 10톤 및 30톤 규모의 중형 산물건조저장시설을 개발하고 현장 운영실험을 실시한 결과, 건감율은 각각 0.07%/hr, 0.06%/hr로 설계기준을 만족하였다. 또한, 현장 운영실험 결과를 토대로 입, 출고 및 순환시스템 등의 시설을 개선하였으며, 운영지침을 작성하여 보급할 수 있는 체계를 구축하였다. 10톤형에 대해 참여기업에 기술이전할 예정이다.

다. 가격이 저렴하고 단기저장시 공간활용이 용이한 공기 밀폐저장고를 이용하여 상온통풍건조 후 저장실험을 실시한 결과, 시간당 건감율은 0.02%/hr수준을 나타내었으나 추가로 향상이 가능하였고, 건조 전후에 측정된 동할율 및 지방산도 등을 감안할 때 우수한 건조특성을 나타내었다. 또한, 약 5개월 저장후 CO₂ 농도는 1.6%수준으로 높아짐에 따라 해충 생육 및 호흡의 억제 등에서 양호한 저장특성을 나타내었다. 따라서 이러한 건조 및 저장특성을 감안할 때 우리 나라의 기후조건에서 건조 및 저장시설로서도 충분히 활용 가능할 것으로 판단되었다.

3. 현미의 품온조정을 통한 가공기술 개발

가. 현미의 품온(0~40℃)과 함수율(11~19%)에 따른 가공특성과 도정효율 및 가공한 쌀의 품질특성을 측정하였다. 현미의 품온이 낮을수록 정백수율과 싸래기발생을 등이 우수한 반면 도정효율은 감소하였으며, 현미의 함수율이 15~17%일 때 우수한 식미특성을 나타내었다. 따라서, 가공특성 및 식미특성, 도정효율 등을 감안할 때 가공시 현미의 품온은 약 10℃, 함수율은 15~17% 수준이 적절한 것으로 판단되었다.

나. Heat pump식으로 개발한 저온도정시스템 시작품은 외기 온·습도조건에 무관하게 우수한 품온 조정능력을 나타내었으나 가격이 고가로서 대량 보급은 어려울 것으로 판단되었다. 따라서, 비교적 저렴한 가격으로 보급할 수 있는 단단 냉동사이클식 저온도정시스템을 개발하였으며, 냉각, 가열능력 등에 대한 성능 평가결과 설계조건을 만족하였다.

다. 단단 냉동사이클식 저온도정시스템을 이용하여 현장적용실험을 실시한 결과, 저온도정시스템을 적용할 때 정백수율은 0.4%가 증가하였으며, 백미에 혼입된 싸래기율은 2.1%감소하였다. 또한, 가공된 쌀을 이용한 관능검사결과 높은 식미를 나타내었다. 따라서, 저온도정시스템의 적용성은 대단히 높을 것으로 판단되었다. 본 시스템의 보급을 위한 현장적용실험을 참여기업과 함께 추가로 실시한 후 기술이전할 계획이다.

4. “씻지않는 쌀”제조설비의 국산화 및 실용화 기술 개발

가. 일반 백미와 실험실적으로 제조한 “씻지않는쌀”의 품질 및 품위특성과 저장중 품질변화를 측정하였다. “씻지않는 쌀”이 일반 쌀에 비해 품질이 우수할 뿐 아니라 취반이 간편하고, 저장중 품질변화가 적은 것으로 나타났다.

다. “씻지않는쌀”을 제조하는 외국 시스템에 대해 정밀분석하고, 국내 쌀의 품종별 특성 등을 감안하여 “씻지않는쌀” 제조설비를 제작하였다. 제작된 설비는 상업용 규모로서 처리용량은 시간당 1톤이었다. 충분한 운영실험을 통해 제조설비를 보완하였으며, 2000년 8월 1일에 실험실 벤체기업에 기술을 이전하였다.

5. 쌀의 식미기준 수식화 및 한국형 식미판정시스템 개발

가. 본 실험결과 확립된 근적외선분광분석방법을 이용한 식미측정시스템의 식미값과 패널에 의한 식미값간 회귀식의 R^2 값은 0.795로서 현재 상용화되고 있는 식미기(R^2 값 0.25이하) 보다 더 정확하게 식미를 측정할 수 있었다. 근적외선분광을 이용한 식미시스템에 쌀의 색도(b값)를 추가시킴으로써 식미측정시스템의 정확도를 10%이상 향상시킬 수 있었다.

나. 패널들이 간단하게 쌀의 전반적인 품질을 밥의 색, 삶은계란흰자향미, 표면의 촉촉함과 같갈한 정도를 평가함으로써 측정할 수 있는 지침서

를 작성하였으며, 실험장소에 따른 지침서의 사용결과에 차이가 없었다.

다. 매년 산지별 품종별 쌀 시료의 식미에 대한 자료에 대한 지속적인 실험을 전제로, '99년산 국내산지별 쌀을 식미에 의해 5등급으로 분류함으로써 식미지도 구축을 시도하였다.

SUMMARY

I . Title

Studies on the development of post-harvest technique for paddy

II. Object and Importance

Decrease of loss after due to drying, storage and processing after harvesting of paddy was attempted through the development of medium sized (10~30 ton) drying and storage facility and development of low temperature (0~15 °C) milling system. Development of rapid grading system for paddy purchased by government before drying and development of equation for eating quality of rice and rice taster were carried out to establish the marketing structure based on quality of rice. The increase of values for rice product was attempted through the production of diverse rice products and development/commercialization of equipment for manufacturing wash free rice, which is environmentally friendly.

III. Contents and Scope

1. Development of techniques for measuring brown rice recovery of paddy
2. Development of drying and storage facility for rough rice in

farmhouse

3. Development of processing techniques for temperature controlled brown rice
4. Studies on the development and commercialization of wash free rice equipment
5. Development system for rice taster

IV. Results and Suggestion

1. Development of techniques for measuring brown rice recovery of paddy

- a. De-hulling of paddy before drying is essential for rapid and precise grading of paddy, when the paddy before drying was purchased by government. To determine the desirable de-hulling system for paddy before drying, de-hulling system with roller was compared with that with impeller. The brown rice recovery (BRR, %) of paddy at 22% moisture content was 75% when de-hulling equipment with roller was used while BRR was 98.5% when de-hulling equipment with roller impeller was used, implying that de-huller with impeller was better than that with roller.
- b. The equation was developed to convert BRR measured with paddy before drying into BRR of paddy at 15% moisture content, using characteristics related to moisture content of paddy such as mean,

standard deviation, minimum and maximum moisture content of paddy. The R^2 and RMSE of the equation for a variety of medium or late ripening were 0.976 and 0.29% respectively, while those for a variety of early ripening were 0.885 and 0.7658% respectively.

- c. The techniques for measuring brown rice recovery of paddy before drying was developed using de-hulling equipment with impeller, BRR measuring device using moisture related characteristics and single kernel moisture meter, and de-hulling program with converting equation for standard BRR.

2. Development of drying and storage facility for rough rice in farmhouse

- a. The optimum size of the drying and storage facility was determined to be 10~30 ton considering the total production and farming size of paddy in Korea. The need for distribution of approximately 26,000 medium sized (10~30 ton) drying and storage facility was predicted at the stand point of current distribution conditions and expected capacity for drying and storage facility.
- b. Medium sized(10 ton and 30 ton) drying and storage facilities were developed based on the techniques related to modified storage

facility and rice processing complex, which have been studied and established. The result of the field test for 10 and 30 ton sized drying and storage facility showed that drying rate(%/hr) were 0.07 and 0.06 respectively satisfying the design specification. The input/output and circulating system was improved based on the result of field test, and preparation of manual and establishment of structure were done for distribution of medium sized drying and storage facility developed in this study.

- c. The result of storage study using fixed-bed drying with vacuum storage, which is inexpensive and easy to use for short term storage. showed that drying rate(%/hr) was 0.02, which is expected to be improved. The resulting drying performance was found to be efficient considering difference in cracked rice(%) and fatty acid(%) between those before and after drying. The concentration of CO₂ was increased up to 1.6% after 5 month of storage resulting in inhibition of growth and respiration of parasites or insects on rice. Therefore fixed-bed drying with vacuum storage was determined to be applicable and suitable for weather in Korea, considering the drying and storage characteristics mentioned above.

3. Development of processing techniques for temperature controlled brown rice

- a. The effects of temperature(0~40℃) of brown rice and moisture content(11~19%) on the milling characteristics and quality of milled rice were investigated. The lower temperature of brown rice resulted in the lower broken kernels(%) and, milling efficiency and the higher milling yield(%). The optimum moisture content of brown rice was found to be 15~17% considering the eating quality of milled rice. Considering the processing characteristics and eating quality and milling efficiency, optimum temperature and moisture content of brown rice were determined to be 10℃ and 15~17%, respectively.

- b. While the prototype low temperature milling system using heat pump was found to be efficient for controlling the temperature of brown rice regardless of temperature and humidity condition, the distribution of the system in large quantities was determined to be difficult due to high price. Therefore low temperature milling system with single-stage refrigeration cycle type, which is relatively inexpensive, was developed and the results of the performance test on freezing and heating capacity satisfied the planned specification.

- c. The result of the field test using low temperature milling system showed increase of 0.4% of milling yield , decrease of 2.1% of broken kernel, and enhanced eating quality of milled rice.

Therefore, application of low temperature milling system was determined to be quite high.

4. Studies on the development and commercialization of wash free rice equipment

- a. When the quality and cooking characteristics of wash free rice was compared with those of control milled rice during storage, smaller quality change during storage and more easy to cook was found in wash free rice than control.

- b. The wash free rice equipment manufactured foreign country was carefully investigated and commercial wash free rice equipment with 1 ton/hr capacity was made considering the characteristics of domestic rice cultivar. Modification of the equipment was made through the repeated field test, and the technique on wash free rice equipment was transferred to lab. venture company on Aug. 1 of 2000.

5. Development system for rice taster

- a. The R^2 value of the equation between eating quality by panel and that by rice taster system using NIR spectrum was 0.795, which

was far more precise than those ($R^2 < 0.25$) for commercially available rice taster. Additionally, more than 10% of the eating quality of rice can be explained by b values of rice.

- b. Simple method and manual for measuring overall quality of cooked rice was established using the intensity for color of cooked rice, boiled egg white flavor, moisture on the surface of cooked rice and roughness of cooked rice. No difference was found depending on the place in using manual.

- c. The establishment of eating quality map for rice harvested in 1999 was attempted by the classification of rice with various cultivating site and cultivar into five group based on overall quality of rice.

여 백

Contents

Chapter 1. Introduction	29
Chapter 2. Development of techniques for measuring brown rice recovery of paddy	35
1. Preface	37
2. Survey on processing of paddy before drying	38
1) Methods	38
2) Results	39
3) Problems on purchasing paddy before drying by government	47
3. Quality characteristics of paddy	49
1) Physical characteristics of paddy before drying	49
2) Hardness of paddy depending on moisture content	51
3) Optical characteristics of paddy before drying	53
4. De-hulling system suitable for paddy before drying	57
1) Determination of De-hulling equipment	57
2) Modification and evaluation of de-hulling equipment selected	65
5. De-hulling characteristics of paddy before drying.	70
1) Relationship between moisture content of paddy and de-hulling ratio and determination of optimum moisture content for de-hulling	70
2) The relationship between physical characteristics of paddy before drying and de-hulling ratio	74

6. Development of system for measuring brown rice recovery with paddy before drying	76
1) Development of prediction model for measuring brown rice recovery with paddy before drying	76
2) Development of system for measuring brown rice recovery with paddy before drying	89
3) Field test and establishment of operation scheme	97
Chapter 3. Development of drying and storage facility for rough rice in farm house	99
1. Preface	101
2. Determination of scale for drying and storage facility	103
1) Survey on post-harvest techniques for paddy	103
2) Demand and determination of scale for drying and storage facility	106
3. Basic specification for unit equipment and design	108
1) Basic specification for unit equipment	108
2) Design for unit equipment	113
4. Plan and manufacture of medium sized drying and storage facility	114
1) Plan for medium sized drying and storage facility	114
2) Performance evaluation of input, output and circulation system	126
5. Operation of 10 ton sized drying and storage facility	128
1) Materials and methods	128
2) Results and discussion	131

6. Operation of 10 ton sized drying and storage facility	134
1) Materials and methods	134
2) Results and discussion	139
7. Revision and improvement of drying and storage facility	145
1) Improvement of 10 ton sized drying and storage facility	145
2) Improvement of 30 ton sized drying and storage facility	148
3) Common items for improvement of drying and storage facility	148
8. Experiment on operation of vacuum drying and storage facility	149
1) Characteristics of paddy during vacuum storage	149
2) Characteristics of paddy during vacuum storage with fixed bed drying	156
3) Storage experiment with flexible container(0.5 ton) and establishment of operation scheme	162
9. Manual for operation of drying and storage facility	168
1) Remarks before using facility	168
2) Characteristics, specification, installation and inspection	168
3) Operation methods	169
4) Guide for repairing and preservation and after service	169
10. Industrialization of drying and storage facility	170
1) Establishment of the structure for mass manufacturing facility	170
2) Scheme for wide distribution of facility	171

**Chapter 4. Development of processing techniques for temperature
controlled brown rice**

1. Preface	175
------------------	-----

2. Establishment of basic processing condition for controlling temperature of brown rice	177
1) Test on current milling system	177
2) The effect of brown rice temperature on controlling moisture content	186
3) Milling characteristics depending on temperature of brown rice	192
3. Plan, manufacture, performance evaluation for temperature controlling system for brown rice	201
1) Quality change depending on low temperature processing of brown rice	201
2) Development of processing techniques using temperature controlling for brown rice	212
3) Plan, manufacture, performance evaluation of the system and revision of system through operation	220
4. Establishment of operating scheme for controlling temperature of brown rice	236
1) Field test of low temperature milling system for mass distribution	236
2) Establishment of operation scheme for low temperature milling system	242
Chapter 5. Studies on the development and commercialization of wash free rice equipment	245
1. Preface	247
2. Survey on current situation in Japan	249
1) Consumer need and corresponding strategy	249

2) Marketing of "wash free rice" and it's meaning	251
3) Processing techniques for "wash free rice"	252
4) Subject for future and a prospect	253
3. Establishment of manufacturing process for production of facility for "wash free rice"	256
1) Establishment of processing procedure for "wash free rice"	256
2) Manufacturing procedure for "wash free rice"	256
4. Preparation of basic plan and design drawing	260
1) Materials and methods	260
2) Results and discussion	264
5. Manufacture of facility for "wash free rice"	277
6. Quality characteristics of "wash free rice"	279
1) Materials and methods	279
2) Results and discussion	283
7. Operation of model plant for distribution of facility for "wash free rice"	306
1) Field test	306
2) Consumer acceptability as one of the feasibility tests	307
3) Operation of facility for "wash free rice"	307
Chapter 6. Development of system for rice taster	309
1. Preface	311
2. Investigation on techniques for measuring eating quality of rice	313
1) Literature search on techniques for measuring eating quality	313

2) Correlation coefficient (R^2) between eating quality of rice by panel and that by imported rice taster	315
3) Preparation of rice samples and establishment of experimental methods	316
3. Establishment of database for development of rice taster	326
1) Physico-chemical characteristics of rice and texture analysis of cooked rice.	326
2) Image and NIR analysis of rice and cooked rice	330
3) Sensory quality of cooked rice	333
4) Analysis of surface characteristics of cooked rice	333
4. Establishment of references for descriptive attributes of cooked rice	336
1) Establishment of references for descriptive attributes of cooked rice	336
2) Descriptive analysis of cooked rice prepared with rice with various degree of milling	336
5. Factors affecting eating quality of rice	340
1) Correlation analysis between sensory quality of cooked rice and physico-chemical characteristics of coked rice	340
2) Correlation analysis between sensory quality of cooked rice and image and NIR characteristics of rice	347
6. Differences in characteristics of rice depending cultivating year	350
1) Difference in sensory and physico-chemical characteristics of rice depending on cultivating year	350
2) Descriptive analysis of rice with different cultivar and cultivating year	352

7. Development of methods for measuring physical characteristics of rice	354
1) Development of methods measuring factors affecting physical characteristics of rice	354
8. Development of simplified methods for measuring sensory quality of cooked rice and preparation of manual for simplified method	360
1) Development of methods for measuring sensory quality of cooked rice using descriptive analysis	360
2) Preparation of manual on simplified method for measuring sensory quality of cooked rice	362
3) Validation of consistency of results in using manual in difference places	366
9. Development of equation of sensory quality of cooked rice and system for rice taster	368
1) Colligative equation for eating quality of rice	368
2) Establishment of map for eating quality of rice in Korea	369
3) Comparison of precision of the rice tasters imported and developed in the study	371
4) Validation and correction of colligative equation for eating quality of rice	373
5) Establishment of subjective system for measuring eating quality of rice	375
Reference	377

여 백

목 차

제 1 장 서 론	29
제 2 장 물벼의 제현율 측정기술 개발	35
제 1 절 서 설	37
제 2 절 벼의 산물처리 실태조사	38
1. 조사 및 분석방법	38
2. 조사결과	39
3. 산물수매에 따른 문제점	47
제 3 절 물벼의 품질 특성	49
1. 물벼의 기초물성	49
2. 물벼의 함수율별 경도 분석	51
3. 물벼의 광학적 특성 분석	53
제 4 절 물벼에 적합한 제현 시스템	57
1. 제현장치의 선정	57
2. 선정된 물벼 제현장치의 보완 및 평가	65
제 5 절 물벼의 제현특성	70
1. 벼의 함수율과 제현율과의 상관관계 및 적정탈부함수율 규명	70
2. 물벼의 물리적 특성과 제현율과의 상관관계	74
제 6 절 물벼 제현율 측정 시스템의 개발	76
1. 물벼 제현율 예측 모델의 개발	76

2. 물벼 제현율 측정 시스템 개발	89
3. 현장적응실험 및 운영방안 확립	97
제 3 장 중형 산물 건조, 저장시설 개발	99
제 1 절 서 설	101
제 2 절 중형 산물 건조저장시설 규모설정	103
1. 벼의 수확후 관리기술 현황조사	103
2. 산물 저장시설의 수요 및 규모 설정	106
제 3 절 단위장치의 기본지침 및 설계	108
1. 단위장치의 기본지침	108
2. 단위장치의 기본설계	113
제 4 절 중형 산물건조저장시설의 설계 및 제작	114
1. 중형 산물건조저장시설의 설계	114
2. 입·출고 및 순환시스템의 성능분석	126
제 5 절 10톤형 산물건조저장시설의 운영	128
1. 재료 및 방법	128
2. 결과 및 고찰	131
제 6 절 30톤형 건조저장시설의 운영	134
1. 재료 및 방법	134
2. 결과 및 고찰	139
제 7 절 건조저장시설의 보완 및 개선	145
1. 10톤형 건조저장시설의 개선	145

2. 30톤형 건조저장시설의 개선	148
3. 건조저장시설의 공통개선 사항	148
제 8 절 밀폐형 건조저장시설의 운영실험	149
1. 벼의 공기 밀폐저장 특성	149
2. 벼의 공기 밀폐저장시설을 이용한 상온통풍건조 및 저장특성	156
3. 0.5톤 포대저장실험 및 운영방법정립	162
제 9 절 건조저장시설의 운영지침	168
1. 사용전 주의사항	168
2. 제품의 특징, 사양, 설치 및 점검	168
3. 건조저장시설의 운전방법	169
4. 보수와 보관요령 및 사후봉사	169
제 10 절 건조저장시설의 산업화 방안	170
1. 시설의 양산체제 확립	170
2. 시설의 확대보급방안	171
제 4 장 현미의 품온조정을 통한 가공기술 개발	173
제 1 절 서 설	175
제 2 절 현미의 품온조정을 통한 가공 기본조건 확립	177
1. 도정공장에서의 도정시스템 검토	177
2. 현미의 품온별 수분조정효과	186
3. 현미의 품온조정에 따른 가공특성	192
제 3 절 현미의 품온조정 시스템의 설계, 제작 및 성능 평가	201
1. 현미의 저온가공에 따른 품질 변화	201

2. 현미의 품온조정을 통한 가공기술 개발	212
3. 시스템의 설계,제작,성능평가 및 운영실험을 통한 시스템보완	220
제 4 절 현미의 품온조정 시스템의 운영기법 확립	236
1. 저온도정시스템(보급형)의 현장 적응실험	236
2. 저온도정시스템의 운영기법 확립	242
제 5 장 “씻지않는 쌀” 제조 설비의 국산화 및 실용화 기술 개발	245
제 1 절 서 설	247
제 2 절 일본의 현황 조사	249
1. 소비자의 need와 대응전략	249
2. “씻지않는 쌀”의 유통과 그의 의의	251
3. “씻지않는 쌀”의 가공기술	252
4. 향후과제 및 전망	253
제 3 절 “씻지않는 쌀” 제조설비 국산화를 위한 가공공정 확립	256
1. “씻지않는 쌀” 가공공정 확립	256
2. “씻지않는 쌀” 제조공정	256
제 4 절 국산화를 위한 기본 설계 및 제작도면 작성	260
1. 재료 및 방법	260
2. 결과 및 고찰	264
제 5 절 “씻지않는 쌀” 제조 설비의 시작품 제작	277
제 6 절 “씻지않는 쌀”의 품위 및 품질 특성	279
1. 재료 및 방법	279
2. 결과 및 고찰	283

제 7 절 “씻지않는 쌀” 제조설비의 보급을 위한 시범공장 운영	306
1. 현장운영시험	306
2. 경제적 타당성 검토를 위한 소비자 기호도 검사	307
3. “씻지않는 쌀” 설비의 운영	307
제 6 장 쌀의 식미기분 수식화 및 한국형 식미판정시스템 개발	309
제 1 절 서 설	311
제 2 절 식미측정기술현황조사	313
1. 국내외 쌀의 식미와 관련된 미확보 문헌 및 측정기술의 조사	313
2. 외국산 식미측정기와 관능검사결과와의 결정계수의 분석	315
3. 쌀시료의 수집 및 실험방법의 확립	316
제 3 절 식미판정기개발을 위한 database구축	326
1. 쌀의 이화학적 특성 및 밥의 조직감 분석	326
2. 쌀 및 밥의 화상분석 및 근적외선 분광분석특성	330
3. 쌀밥의 관능적 품질 분석	333
4. 쌀밥의 보수막특성 분석	333
제 4 절 관능검사를 위한 특성별 표준물질의 확립	336
1. 쌀밥의 특성별 표준물질의 확립	336
2. 도정도별 밥의 묘사분석	336
제 5 절 식미판정기 개발을 위한 식미영향인자의 확립	340
1. 관능적 품질특성과 이화학적 특성, 조직감 및 보수막특성과의 상관분석	340
2. 관능적 품질특성과 화상분석, 근적외선분광분석특성과의 상관 관계	347

제 6 절 쌀의 재배년도에 따른 특성차이 검증	350
1. 동일 품종, 산지의 재배년도에 따른 관능적, 이화학적, 광학적 특성과 조직감의 차이 비교	350
2. 표준물질과 전문패널을 이용한 품종및 저장년도별 밥의 묘사분석..	352
제 7 절 물성 측정법 개발	354
1. 물성에 영향을 주는 인자의 측정법 개발	354
제 8 절 객관적이고 간편한 식미평가방법의 개발 및 관능검사 지침서 마련	360
1. 묘사기법을 이용한 신뢰성있는 식미평가방법의 개발	360
2. 쌀밥의 품질 평가를 위한 관능검사 지침서	362
3. 검사 기관에 따른 지침서 사용에 의한 결과의 일관성 검증	366
제 9 절 쌀의 식미기준 수식화 및 식미판정 시스템 개발	368
1. 종합적인 식미측정식	368
2. 우리나라 식미지도의 구축	369
3. 개발된 식미측정 함수와 외국의 식미측정기에 의한 결과 비교 분석	371
4. 종합적인 식미측정 함수의 검증 및 보완	373
5. 객관적인 한국형 식미측정 시스템의 확립	375
참 고 문 헌	377

제 1 장 서 론

여 백

제 1 장 서 론

우리 나라 벼의 수확후 관리기술은 1980년 초반에 농가단위의 산물 건조·저장시설인 개량곳간이 개발·보급되면서 급진적인 향상이 이루어 졌다. 그 후 1988년 산물 건조저장이 가능한 한국형 미곡종합처리장(RPC)이 개발되었고, 1991년 농어촌 구조개선사업으로 보급되면서 RPC는 우리 나라 산지 쌀 유통의 중추적인 역할을 수행하는 중요한 위치를 확보하게 되었다.

정부에서는 1995년부터 RPC를 중심으로 물 벼의 산물수매를 시작하였고, 이에 따라 물벼의 수매 검사 및 등급판정에 관심이 집중되게 되었으며, 부족한 산물 건조저장시설에 대한 확충의 필요성을 절감하게 되었다. 정부는 현재 보급되어 있는 312개소의 RPC와 220개소의 건조저장시설(DSC)을 2004년까지 RPC를 360개소, DSC를 1,200개소로 확충하여 우리 나라 벼 생산량의 약 40%을 건조하고 약 23%를 산물로 저장한다는 목표를 세우고 있다. 그러나, 약 60%는 농가에서 건조, 저장해야되므로 경작규모가 적은 농가 뿐만 아니라 쌀전업농 및 작목반 등 중·대농가에서 산물 상태로 벼를 건조 저장할 수 있는 산물건조저장시설에 대한 수요가 높아지고 있다.

또한, 정부의 산물수매 이후 RPC 및 DSC 등을 위주로 벼의 수매방법이 물벼 산물수매 체계로 급속하게 전환되고 있으며, 쌀의 유통은 품질위주로 변화되고 있으나, 여기에 부응하는 등급 및 품질의 객관적인 차등화가 이루어지지 못하여 생산농가는 물론 소비자로부터 유통의 신뢰성이 결여된 상태이다. 산물로 반입되는 물 벼의 등급판정에 필요한 제현율을 측정하기 위하여 롤러 및 임펠러 타입의 탈부장치를 사용한 제현율 측정장치가 보급되고 있으나, 롤러형의 경우 고수분에서 탈부할 경우 탈부율이 낮아 함수율을 15%수준까지 건조한 후 측정할 경우 장시간이 소요되며, 임펠러형의 경우

고수분에서 탈부가 가능하여 신속하게 제현율을 측정할 수 있지만 함수율 15%에서의 표준제현율로의 환산식이 개발되지 않은 실정으로, 환산식의 개발과 이를 활용한 물 벼의 제현율 측정시스템의 개발이 필요한 실정이다.

한편, 쌀 품질의 객관적인 차등화를 위하여 일본에서는 '90년부터 쌀의 식미판정기를 생산하기 시작하여 현재는 7개회사에서 생산된 약 1,000여대가 보급되어 있다. 또한, 미국에서도 한국과 일본시장을 목표로 쌀 수출을 위하여 식미수식을 개발하고 있다. 우리 나라에서는 일본에서 개발된 식미판정기를 고가(1억원내외)로 수입하려는 움직임이 있으나 내장된 식미 방정식이 일본인의 식미기준으로 우리 나라 실정에는 부적합하다. 식미판정기는 일반화된 분석장치를 하드웨어로 사용하며, 그 기기의 핵심은 식미방정식이라고 할 수 있다. 현재, 한국인의 식미기준으로 개발된 식미방정식은 없는 실정이다. 따라서, 국내산 쌀의 산지별, 품종별 식미에 대한 식미지도의 작성과 식미를 정확하고 간단하게 측정할 수 있는 식미측정시스템의 구축은 우리 나라 쌀의 경쟁력 강화에 필수적이다.

식미가 우수한 쌀의 함수율은 15.5~16.5%수준이며, 가공전 현미의 품은이 낮을수록 싸래기 발생율이 적고, 정백수율은 높으며, 식미가 우수한 쌀을 얻을 수 있다는 것은 잘 알려진 사실이다. 또한, 정백수율은 판매량과 직결되므로 RPC 및 임도정공장에서 경영에 직접적으로 영향을 미치게 된다. 이러한 수율향상을 위하여 현미의 품은 및 가공중인 쌀의 품은을 가능한 낮게 유지할 수 있는 새로운 저온도정시스템의 개발이 절실히 요구된다.

또한, 우리 나라는 다양한 쌀상품이 개발·보급되지 못한 상태에서 우리 쌀의 부가가치를 보다 증진하는데는 한계가 있으며, 소비자들은 향미와 물성이 새롭고 취반이 간편한 제품을 요구하는 실정이다. 따라서, 이러한 소비자의 요구를 충족하면서 우리 쌀의 부가가치 증대하여 생산농가의 간접적인 소득향상에 이바지할 수 있는 새로운 쌀상품 개발이 요구되며, 이를 위해

환경친화형 공정에 의한 “씻지않는 쌀”을 개발 보급이 필요한 실정이다.

본 연구는 벼의 수확후 처리·가공기술 중 위에서 언급한 바와 같이 가장 시급하게 해결하여야 할 분야만을 발굴하여 기획하였으며, 연구내용은 물벼의 제현율 측정기술의 개발(제 1세부과제), 중형 산물건조저장시설의 개발(제 2세부과제), 현미의 품온조정을 통한 가공기술개발(제 3세부과제), “씻지않는 쌀” 제조 설비의 국산화 및 실용화 기술 개발(제 4세부과제) 및 쌀의 식미기준 수식화 및 한국형 식미판정시스템 개발(제 5세부과제) 등 5개의 세부과제로 이루어져 있다. 따라서, 본 연구는 우리 나라 벼의 수확후 건조, 저장, 가공 및 유통과정의 손실량을 감소시키며, 쌀의 유통을 품질위주 체계로 전환시켜 우리 나라 쌀의 국제 경쟁력을 향상시키는 기여하고자 하였다.

여 백

제 2 장 물벼의 제현울 측정기술 개발

여 백

제 2 장 물벼의 제현을 측정기술 개발

제 1 절 서 설

1995년부터 정부가 미곡종합처리장을 중심으로 물벼의 산물수매를 시작한 이후, 물벼 수매 검사 및 등급판정에 대한 관심이 집중되었으며, 이에 따라 벼의 품질을 분류하는 기준인 제현율에 대한 관심도 높아졌다. 농산물 검사규격에 의하면 벼의 등급은 제현율 등에 따라 1, 2등급과 등외의 3등급으로 구분되어 있으며, 함수율 기준은 15%로 되어 있다.

현재 RPC에 반입되는 물벼의 제현율 판정은 15%수준까지 열풍 건조한 다음 제현율을 측정하는 방법이 주로 사용되어 왔다. 그러나, 수확기에 RPC에 반입되는 벼중에는 물벼가 많은 부분을 차지하고 있고, 일시에 많은 농가의 벼가 집중 반입되고 있어 물벼를 15%수준까지 건조하는데 장시간이 소요되었다. 따라서, 다수농가의 수매 벼를 신속하게 판정할 수 없게되자 반입 당일 등급을 판정받지 못한 농민들의 불만이 증대되어 왔다.

이와 같은 불만을 해소하고 신뢰를 구축하기 위하여 물벼의 탈부가 가능한 제현장치를 이용한 제현율 측정장치가 개발·보급되어 반입된 물벼의 등급을 당일 판정할 수 있게 되었다.

그러나, 물벼의 제현 특성과 함수율 15%인 벼의 제현 특성은 많은 차이가 있어 고수분 상태에서 측정한 제현율을 15%로 환산할 때 정확한 환산계수가 필요하였다.

따라서, 본 연구는 물벼의 제현율을 함수율 15%기준의 표준제현율로 환산할 수 있는 환산식을 개발하고, 환산에 필요한 물벼의 함수율 특성을 측정할 수 있는 측정장치 및 운영 프로그램을 개발하여 반입된 물벼의 제현율을 신속하고 정확하게 판정할 수 있도록 하기 위하여 수행되었다.

제 2 절 벼의 산물처리 실태조사

1. 조사 및 분석방법

고수분 물 벼의 제현율 측정장치 개발에 앞서 RPC에서 실시되고 있는 벼의 산물수매와 관련한 반입, 품질검사 등의 실태 조사를 통해 그 현황과 문제점을 파악하고, 수매 등급판정에 대한 여론을 수집하기 위해 설문 조사를 실시하였다. 그 대상으로 시, 군당 1개소의 농협 미곡종합처리장을 무작위 선정하였다. 1차 설문조사는 1997년10월~1998년 3월까지 84개 농협 미곡종합처리장을 대상으로하여 50개소의 응답수를 구했으며, 2차 설문조사는 1998년 10월~1999년 3월까지 36개소의 응답수를 얻어 총 86개소를 대상으로 조사하였다.

설문내용은 미곡종합처리장의 산물실태를 파악하기 위한 기본적인 사항인 관내 현황, 미곡종합처리장 시설 현황, 산물수매 실적, 반입실태, 건조실태, 저장실태, 가공실태 등으로 구분하여 구성하였다. 설문의 문항은 대부분이 실적과 현황을 기입하는 방식으로 구성하고 일부는 예상되는 답항을 주어 선택토록 하였으며, 답항에 누락된 예외적인 대답이나 답항에 대한 응답 사유를 알아보기 위해 별도의 의견을 서술할 수 있도록 하였다.

조사 결과에서 응답 문항에 대한 빈도는 백분율로, 실적은 산술평균으로 분석하였고 조사결과의 지역에 따른 차이를 알아보기 위해 4개 권역(경기강원, 충청남북, 전남북, 경남북)으로 나누어 분석하였다.

2. 조사결과

가. 산물수매 실태조사

1) 농가의 미곡종합처리장 이용 현황

조사 대상 미곡종합처리장 관내의 농가호수, 벼 재배면적, 작목반, 계약 재배, 미곡종합처리장 이용 현황등을 살펴보면, 평균 농가 호수는 3,076호이었고 벼 재배면적은 2,395호였으며, 벼 작목반이 20개가 조직되어 있는 것으로 나타났다. 그리고 미곡종합처리장과 계약 재배를 하고 있는 농가는 평균 338.3호로 전체 농가의 11.0%가 참여하고 있는 것으로 나타났으며, 미곡종합처리장에서 벼를 위탁 건조한 농가는 3.8%, 미곡종합처리장에 벼로 출하한 농가는 35.9%로 미곡종합처리장이 산지의 미곡 유통의 핵심적인 역할을 수행하고 있음을 알 수 있었다. 지역별로 살펴볼 때, 충남북 지역에서 농가의 미곡종합처리장 이용율이 비교적 높게 나타난 대신, 경남북 지역에서 매우 저조한 것은, 인근의 농협과 연합해 설치한 미곡종합처리장이 여럿이 포함되어 있어 농가호수나 재배면적이 컸기 때문으로 판단되었다.

2) 산물 벼 반입실태

가) 산물 수매 실적

1997년 가을에 산물로 수매한 벼는 평균 2,977 t이었으며, 이 가운데 1,125 t이 정부 양곡(차액수매분)이고, 나머지 1,852 t이 자체수매분이었다. 또한, 자체 수매분 중 계약 재배를 통해 매입한 경우가 평균 33.7%이었으며, 계약재배 물량은 경기강원 전남북 지역에서 높게 나타났고, 경남북 지역에서 가장 적었다.

나) 산물처리 시설 확보 현황

현재 미곡종합처리장과 관내 지역에서 확보하고 있는 산물처리 시설은 표 2-3에서 보는 바와 같이 산물 수집차량이 일부지역을 제외하고는 비교적 높은 확보율을 보이고 있으나, 산물 콤바인은 평균 0.3대에 불과한 낮은 보급율을 보이고 있어 앞으로 미곡종합처리장 운영 활성화를 위해서는 이의 해결이 시급한 것으로 나타났다. 또한, 산물벼의 집중 반입시 신속적으로 활용이 가능한 간이 저장컨테이너가 평균 8.3대에 불과하다는 것은 집중반입에 대처할 태세가 전혀 갖추어 있지 않다고 볼 수 있었다.

표 2-3. 산물처리 시설 확보 현황(%)

구 분	경기강원	충남북	전남북	경남북	평균
산물 벼 수집차량					
○ 1대 이상 보유(%)	77.7	38.5	75.0	50.0	60.0
○ 평균 보유 대수(대/개소)	1.2	0.6	1.1	0.8	0.9
산물 콤바인 보급 대수 (대/개소)	0.3	0.2	0.5	0.1	0.3
지게차 보유 대수(대/개소)	1.5	1.5	1.2	1.2	1.3
간이 저장 컨테이너(대/개소)	8.5	8.8	8.1	8.0	8.3

다) 산물 벼 반입 실태

미곡종합처리장에 벼가 반입되는 기간은 평균 27.0일이었으며, 반입기간이 38일이나 되는 곳이 있었는데 하면 불과 14일이었던 미곡종합처리장도 있었다.

수확 기간중 일별 반입량과 반입 벼의 평균함수율은 반입을 시작한 4일째부터 반입량이 급증하여, 이후 약 20여일 간 어느 정도의 반입이 계속되다가 그 이후부터는 급격하게 감소하는 추세를 보였다. 또한 반입 벼의 평

균함수율은 수확기간이 경과됨에 따라 직선적으로 감소하는 추세로 나타났으며, 반입 초기에는 함수율이 23% 수준을 보이다가 한달 정도 경과한 반입 말기에는 16%대로 감소하였다.

미곡종합처리장에 도착한 벼가 반입을 위해 기다리는 시간은 표 2-4에서 보는 바와 같이 기다리지 않고 즉시 투입하는 경우가 33.9%이고, 무통풍 보관시 품질에 손상을 주지 않을 것으로 추정되는 1일 이내 투입이 전체의 85.5%를 차지하는 것으로 나타났다. 그러나 품질에 영향을 줄 수 있는 1일 이상을 대기하는 경우가 14.5%인데다 심지어 대기일수가 3일 이상인 경우도 3.2%나 되어 이에 대한 대책마련이 시급하다.

표 2-4. 미곡종합처리장의 벼 반입 대기시간 분포(%)

대 기 시 간	경기강원	충남북	전남북	경남북	평균
즉 시 투 입	35.0	24.3	34.8	41.4	33.9
~ 6 시	20.2	20.2	32.6	23.2	24.1
06 ~ 12 시	15.7	10.8	13.96	13.4	13.4
12 ~ 24 시	13.5	18.5	9.6	15.5	14.3
1 ~ 2 일	10.1	11.8	5.6	2.5	7.5
2 ~ 3 일	4.5	5.5	2.4	2.7	3.8
3일 이상	1.0	8.8	1.6	1.4	3.2
계	100	100	100	100	100

이처럼 장시간 대기되는 것을 방지하기 위해서는 반입량을 분산시키는 것이 매우 중요한데, 이에 대한 미곡종합처리장과 이용 농민의 이해가 매우 부족한 것으로 나타났다. 농가별 반입일자를 조정하는 것이 필수적인데, 이를 이행하고 있는 미곡종합처리장이 42.9%에 불과한 반면, 이러한 불편을 덜기 위해 오히려 반입시설을 늘릴 계획으로 있는 경우가 26.5%나 되어 앞으로 미곡종합처리장의 불필요한 시설투자가 늘어나지 않을까 우려되었다.

나. 산물수매시 등급판정과 실제 수율관계

1) 품질검사 현황

산물 벼의 품질이 검사되는 현황을 보면, 정부 수매벼는 정부양곡 검사 기준에 따라 품질검사가 이루어지고 있지만, 미곡종합처리장이 자체로 수매하는 벼는 전체의 67%가 제현을 측정을 하며, 나머지는 품질검사를 제대로 하고있지 않는 것으로 나타났다.

산물 벼의 품질검사에 소요되는 검사장비의 확보 현황을 살펴보면, 표 2-5에서 보는 바와 같이 자동품위판정기를 보유한 미곡종합처리장이 56.0%로 비교적 높게 나타났으며, 시험용 건조기의 확보율로 추정할 때, 86%의 미곡종합처리장이 자동 또는 수동방식으로 제현율 정도의 품질검사는 가능한 장비를 확보하고 있는 것으로 판단되었다.

시험장비중 사용빈도는 자동품위 판정기, 단립수분계, 제현기, 동할머투 시기순으로 나타났으며, 벼 자동품위 판정기의 필요성에 대한 인식이 높아지고 있다. 물 벼 반입시 제현율, 착색미, 동할미, 미숙립 등을 분류하여 실시하고 있으며, 등급기준은 5~3등급으로 구분하여 실시하고 있다. 이러한 등급기준은 정부 수매기준보다 높고, 세분화되어 있어, 이해 부족으로 인한 불만이 야기되고 있으며, 물 벼 반입시 신속한 품질등급이 이루어지지 않아 농민의 신뢰가 떨어지고 있는 것이 현실이다.

따라서, 벼 자동품위 판정기 시스템의 신속한 판정을 위한 제현기술 개발 및 반입 벼의 함수율에 따른 판정 시스템의 개발이 필요한 것으로 판단되었다.

표 2-5. 품질 검사장비 보유현황(%)

장 비 명	경기강원	충남북	전남북	경남북	평균
자동 품위 판정기	66.7	61.5	43.8	58.3	56.0
시료 균밀기	77.7	92.3	81.3	91.7	86.0
단립 수분계	44.4	69.2	81.3	83.3	72.0
시험용 현미기	200.0	225.0	88.8	180.0	145.5
시험용 건조기	88.9	84.6	81.3	83.3	86.0
시험용 정미기	44.4	53.8	31.3	33.3	40.0
등급 판정기	133.3	50.0	33.3	80.0	72.7
시험용 입선별기	100.0	150.0	33.3	80.0	63.6
동할미 투시기	22.2	15.4	31.3	41.7	28.0

※ 자동 품위 판정기 보유시는 시험용 현미기, 등급 판정기, 시험용 입선별기를 보유하지 않아도 되는 것으로 함

2) 수매 등급판정에 대한 여론

현재 문제시되고 있는 수매 벼의 등급판정에 대한 미곡종합처리장 책임자와 농민들의 여론을 조사한 결과 표 2-6에서 보는 바와 같이 미곡종합처리장 책임자들은 품질판정이 어려워 검사에 소요되는 시간이 길다는 의견을

가장 많이 제기하였고, 품질검사의 인적 공정성이 부족하다는 의견과 판정 결과에 대한 농민의 불신에 대한 의견이 다수 있었다. 농민들의 입장에서는 역시 품질검사 결과가 나오기까지 많은 시간이 소요되는 것을 가장 큰 불만으로 꼽고 있으며, 품질등급을 보다 세분화할 것과 자체수매 검사를 정부와 동일한 방법으로 해야 한다는 의견도 있었다.

표 2-6. 미곡종합처리장의 등급판정에 대한 여론

제기된 의견	미곡종합처리장 책임자		농민	
	정부수매	자체수매	정부수매	자체수매
품질판정시간 과다 소요	7	2	3	3
품질검사의 인적 공정성 의문	4	1	-	-
정부수매 검사방식과의 차이	3	-	2	-
판정결과에 대한 농민들의 불신	3	-	-	-
검사방식(결과)의 물적 객관성 결여	1	3	-	-
시료 채취의 신빙성(대표성)의 문제	1	2	1	1
등급에 따른 가격 차등화의 현실적 어려움	1	-	-	-
수매등급간의 차이가 큼	-	1	1	2

이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로, 미곡종합처리장 책임자들은 검사 기준을 강화하고 정부수매 기준과 통일해야하며, 검사원의 지역별 교체와 품질등급의 세분화 등이 필요하다는 의견이 비교적 많았으며, 농민들은 검사기준의 강화와 검사의 신속화가 필요하다는 의견이 많았다.

다. 반입시기에 따른 물 벼의 품종과 함수율 조사

미곡종합처리장 관내에서 재배되고 있는 벼 품종을 살펴보면 표 2-7에서 보는 바와 같이 동진벼와 추청벼가 각각 34.0%, 22.7%로 가장 많았고, 그 다음으로 화성벼, 화영벼, 일품벼, 오대벼 순서로 나타났다.

표 2-7. 품종별 재배 면적 비율(%)

품종	경기강원	충남북	전남북	경남북	평균
동진	3	22	68	47	35.0
추청	57	28	-	6	22.7
화성	16	1	1	14	8.0
일품	3	4	-	7	3.0
화영	5	-	-	9	3.5
오대	5	-	7	-	3.5
만금	-	9	1	-	2.5
계화	-	2	7	-	2.3
기타	11	34	16	17	19.5
계	100	100	100	100	100

특히 경기강원과 충남북지역에서는 추청벼가 가장 많은 57%, 28%를 차지하였으며, 전남북과 경남북 지역에서는 동진벼가 월등히 많은 68%, 47%를 차지하였다. 또한, 재배 품종수가 가장 다양한 지역은 충남북 지역이었으며, 특히 이들 지역에서는 안중벼, 서안벼 등의 재배가 상당한 것으로 집계되었다.

한편, 수매 벼의 품종별 분포를 살펴보면 표 2-8에서 보는 바와 같이 경

기강원과 충남북에서는 추청벼가 각각 56.4%, 34.6%로 가장 많았으며, 전남북과 경남북에서는 동진벼가 압도적인 우위를 차지하였다. 전국적으로 볼 때, 동진벼가 33.2%로 가장 많고 그 다음으로 추청벼가 27.5%였으며, 화성벼, 일품벼, 오대벼, 화영벼, 만금벼 등의 순으로 9%에서 2% 수준의 적은 수매 분포를 보였다.

표 2-8. 품종별 수매 비율(%)

품종	경기강원	충남북	전남북	경남북	평균
동진	2.6	21.7	70.4	58.1	33.2
추청	56.4	34.6	-	1.6	27.5
화성	14.3	5.4	0.6	14.3	8.8
일품	4.5	-	6.8	-	2.8
화영	4.5	6.4	1.1	3.7	4.2
오대	3.8	-	0.1	6.4	2.4
만금	-	5.7	0.8	1.2	2.1
계화	-	2.9	4.7	-	1.9
기타	13.8	23.3	15.5	14.7	17.2
계	100	100	100	100	100
총수매량 (t)	3,226	3,132	2,156	2,019	2,633

3. 산물수매에 따른 문제점

미국종합처리장이 겪고 있는 산물수매에 따른 문제점들을 조사한 결과는 표 2-9와 같았다. 산물수매를 수행함에 있어 부딪히는 가장 큰 어려움은 일시적으로 집중되는 반입량을 해소하기 어려워, 건조·저장시설의 확충이 시급하다는 의견이 전체 의견의 약 60%를 차지하였으며, 산물수집 장비의 부족과 종사원의 부족, 업무량 과다가 각각 6.7%의 의견으로, 그리고 함수율에 따른 중량 변화에 대한 농민의 이해부족과 시설의 잦은 고장이 각각 5.6%, 등급판정에 대한 인적 공정성 시비와 반입 품종수가 너무 많다는 의견이 각각 4.5%로 나타났다.

표 2-9. 산물수매의 문제점

문 제 점	응답수	비율(%)
반입 집중과 건조저장 시설의 부족	53	59.6
산물 수확 및 수집 장비 부족	6	6.7
종사원의 부족과 업무량 과다	6	6.7
함수율과 무게 변화에 대한 농민의 이해 부족	5	5.6
시설의 잦은 고장	5	5.6
등급판정에 대한 인적 공정성 의문	4	4.5
반입 품종이 너무 많음	4	4.5
수매 자금의 부족	3	3.4
불량 원료의 반입(도복, 미숙립 벼)	2	2.2
등급 판정의 물적 객관성 부족	1	1.1

또한 구매자금의 부족과 미숙립이나 도복된 벼와 같은 불량 원료의 반입, 그리고 등급판정 방식이나 결과의 물적인 객관성확보 등이 소수의 의견으로 제시되었다.

따라서 산물 구매에 있어 가장 시급한 문제는 건조·저장시설의 확충과 산물 수확 및 수집체계의 확보로 볼 수 있으며, 특히 등급판정과 관련된 의견이 전체의 10.4%를 차지하고 있다는 점에서 결코 소홀히 다룰 수 없는 사안으로 판단된다. 이에 따라 본 연구에서는 물 벼의 제현이 가능한 제현 방법과 함수율15%인 벼의 표준 제현율로 정확히 환산하는 제현율 측정장치를 개발하여 신속하고 객관적인 등급판정을 기대하게 되었다.

제 3 절 물벼의 품질 특성

1. 물벼의 기초물성

농산물의 물리적 특성은 기학적 특성, 기계적 특성, 열적 특성, 전기적 특성, 광학적 특성 등이 있는데, 이들 물리적 특성은 농산가공기계의 설계 및 개발에 중요한 변수로 작용하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 물벼의 제현특성과 함수율을 조사·분석하기 위하여 벼의 물리적 특성에 관하여 조사하였다. 물벼의 물리적 특성은 기학적 특성(길이, 폭, 두께, 표면적, 체적, 공극율, 산물밀도), 공기역학적 특성(종말속도), 열적 특성(열전도계수, 비열)으로 문헌을 통해 조사 실시하였으며, 각각의 성질은 벼의 함수율에 관한 식으로 표현하였다.

가. 기학적 특성

물벼의 기하학적 특성은 길이, 폭, 두께, 표면적, 체적, 공극율, 진밀도, 산물밀도 등으로 나타낼수 있으며, 이들과 함수율과의 관계식은 다음 식 (2-1)~(2-8)과 같았다.

곡립의 길이와 함수율과의 관계

$$L(10^{-3}m) = 6.1988 + 0.0432M(\%) \quad (R^2=0.7) \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

곡립의 폭과 함수율의 관계

$$W(10^{-3}m) = 3.0119 + 0.0177M(\%) \quad (R^2=0.642) \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

곡립의 두께와 함수율과의 관계

$$T(10^{-3}m) = 2.0076 + 0.0147M(\%) \quad (R^2=0.5212) \quad \dots\dots\dots (2-3)$$

벼의 표면적과 함수율의 관계

$$S(10^{-6}m^2) = 38.1335 + 0.4363M(\%) (R^2=0.7829) \dots\dots\dots (2-4)$$

벼의 체적과 함수율의 관계

$$V(10^{-9}m^3) = 14.4338 + 0.3769M(\%) (R^2=0.7611) \dots\dots\dots (2-5)$$

벼의 공극율과 함수율의 관계

$$p(\%) = 49.67 - 0.227M(\%) \dots\dots\dots (2-6)$$

벼의 진밀도와 함수율의 관계

$$D_T = 1,066.0 - 2.0510M(\%) (R^2=0.9710) \dots\dots\dots (2-7)$$

벼의 산물밀도와 함수율의 관계

$$B = 528.95 + 1.7353M(\%) (R^2=0.9894) \dots\dots\dots (2-8)$$

나. 공기역학적 특성

벼의 공기 역학적 특성인 종말속도는 식(2-9)과 같다.

$$V(m/s) = 4.04 + 0.0318M(\%) \dots\dots\dots (2-9)$$

다. 열적 특성

벼의 열적 특성인 열전도계수와 비열은 각각 식 (2-10), 식 (2-11)와 같다.

벼의 열전도계수

$$k(kcal/h \cdot K) = 0.0860 + 0.0095M(\%) \dots\dots\dots (2-10)$$

벼의 비열

$$c_r(kcal/kg \text{ } ^\circ C) = 0.2650 + 0.0107M(\%) \dots\dots\dots (2-11)$$

2. 물벼의 함수율별 경도 분석

가. 재료 및 방법

벼의 함수율별 경도를 분석하기 위하여 함수율 14%~26%의 추청벼와 14%~23%의 오대벼, 14%~24%의 서안벼를 각각 1%간격으로 자연건조하여 채취한 후 50립의 경도를 측정하였다.

이 때, 함수율은 단립수분계(CS-TM1, 한성공업주식회사)로 측정하였고, 경도는 Rheometer(CR-200D, SUN SCIENTIFIC, Japan ; 하강속도 : 60m/min)를 사용하였으며, 이에 따른 함수율과 경도의 상관관계를 분석하였다.

나. 결과 및 고찰

추청, 오대, 서안벼를 이용하여 함수율과 경도의 관계를 분석한 결과, 다음 식 (2-12)~(2-14)와 같이 경도를 함수율에 관한 1차식으로 나타낼 수 있었으며, 결정계수는 0.97이상으로 높은 상관관계를 보여주었다.

추청

$$\text{Hardness} = 5.406 - 0.157 \times \text{Moisture} (r^2 = 0.975) \dots\dots\dots (2-12)$$

오대

$$\text{Hardness} = 4.940 - 0.132 \times \text{Moisture} (r^2 = 0.976) \dots\dots\dots (2-13)$$

서안

$$\text{Hardness} = 5.500 - 0.162 \times \text{Moisture} (r^2 = 0.970) \dots\dots\dots (2-14)$$

세 품종간의 경도는 전체적으로 유사한 값을 나타내었으나, 전체적으로 오대가 높게 나타났으며, 서안과 추청은 차이가 없는 것으로 나타났다. 또

한, 세 품종을 혼합하여 함수율과 경도의 관계를 분석한 결과, 식 (2-15)와 같이 경도는 함수율에 관한 1차식으로 나타낼 수 있었으며, 결정계수는 0.97로 높은 상관관계를 보여주었다(그림 2-1).

$$\text{Hardness} = 5.324 - 0.153 \times \text{Moisture} (r^2=0.970) \dots\dots\dots (2-15)$$

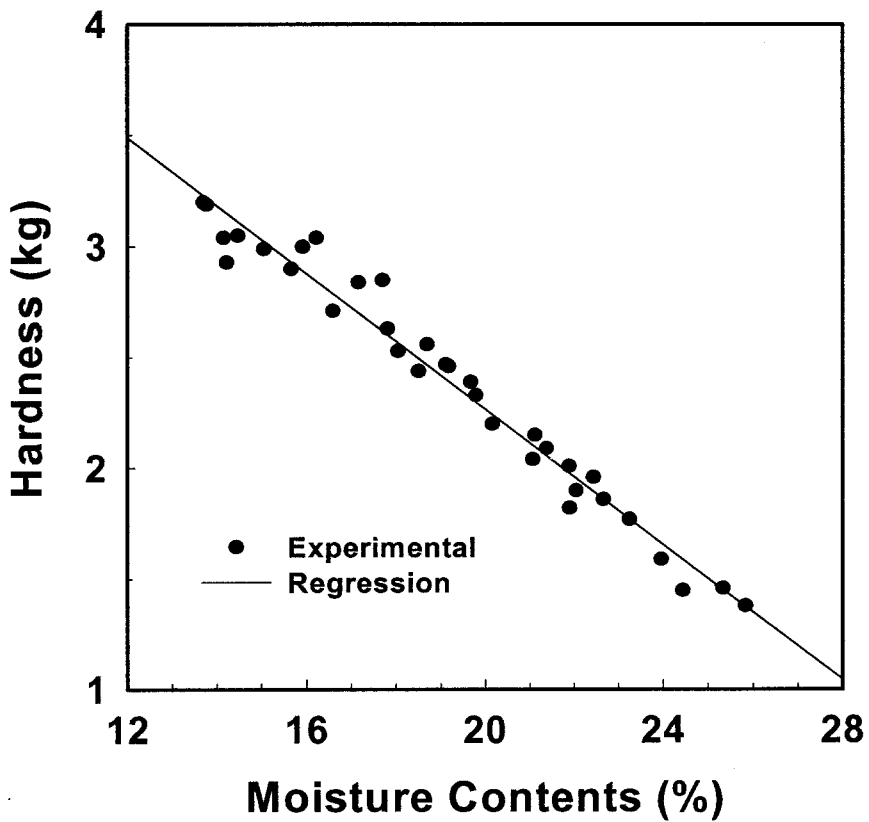


그림 2-1. 벼의 함수율과 경도의 관계

3. 물벼의 광학적 특성 분석

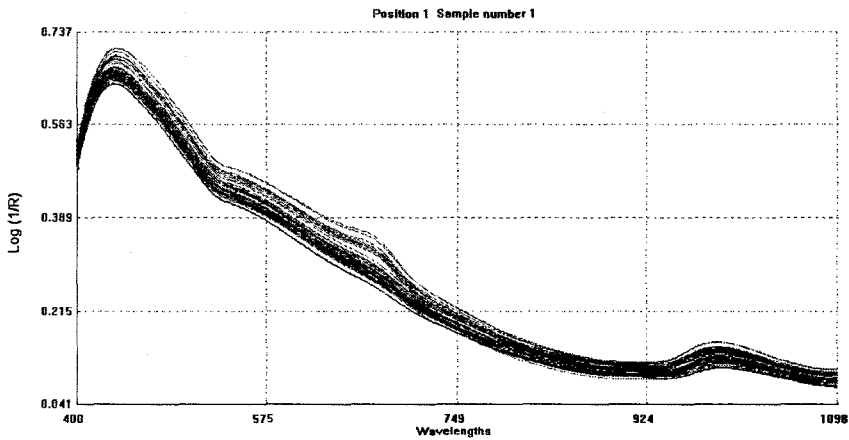
가. 물벼의 근적외 분광분석에 의한 품질평가

1) 재료 및 방법

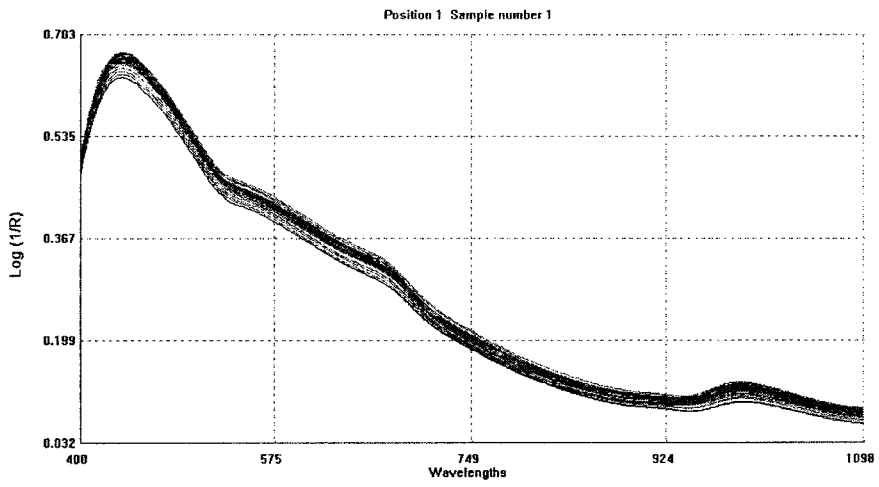
벼의 품종별, 함수율별 분광반사 특성을 분석하기 위하여 반사 스펙트럼을 측정하였다. 이 때, 시료는 함수율 15~24%의 추청, 오대, 서안벼를 사용하였으며, 근적외선 분광분석기(NIRSystems, Model 6500, Silver Spring, USA)로 400~1100nm의 파장대에서 분석하였다.

2) 결과 및 고찰

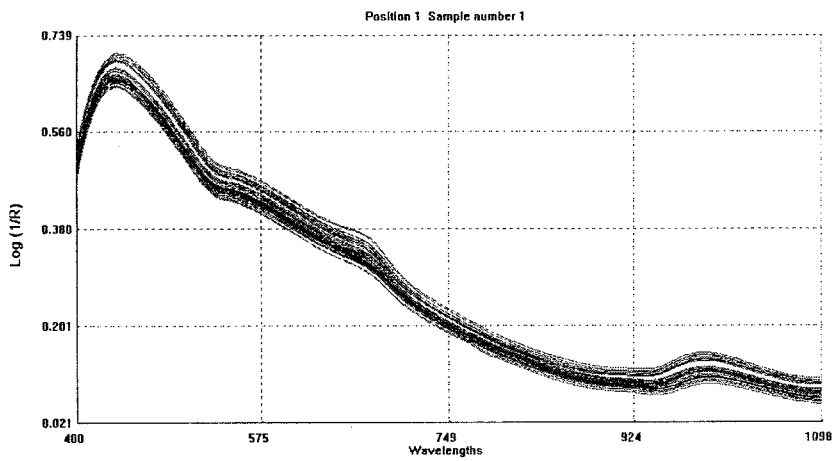
추청, 오대, 서안벼의 품종별, 함수율별 분광반사 특성을 분석한 결과 그림 2-2와 같았다. 그림에서와 같이 원시스펙트럼은 450nm에서 가장 높은 피크를 나타내었고, 450nm 이상에서는 흡광도가 서서히 감소하는 특성을 보여 주었다.



(a) 추청벼



(b) 오대벼



(c) 서안벼

그림 2-2. 품종별 분광반사 특성

나. 물벼의 화상에 의한 품질 평가

1) 재료 및 방법

함수율별 시료를 이용하여 벼의 횡단면에 대한 미세구조를 주사형 전자현미경(Scanning Electron Microscope, Hitachi, Ltd., S-2380N, Japan)으로 측정하였다. 측정배율은 300배로 고정하였으며, 함수율별 시료는 추청벼를 이용하였다.

2) 결과 및 고찰

벼의 함수율별 미세구조를 측정한 결과는 그림 2-3~2-6과 같다. 그림에서와 같이 함수율의 변화에 따라 왕겨층과 현미의 간격이 변하였으며, 함수율이 증가할수록 현미부가 팽창하여 겨층과 밀착됨을 알 수 있었다.

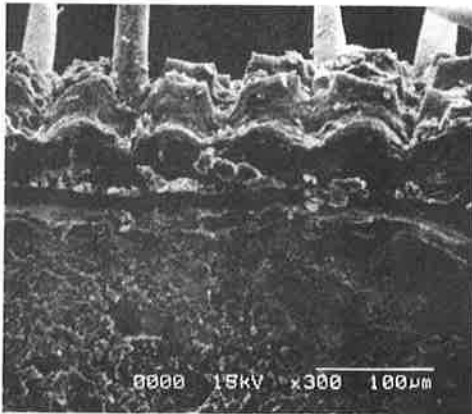


그림 2-3. 함수율 21% 영역에서
벼의 미세구조

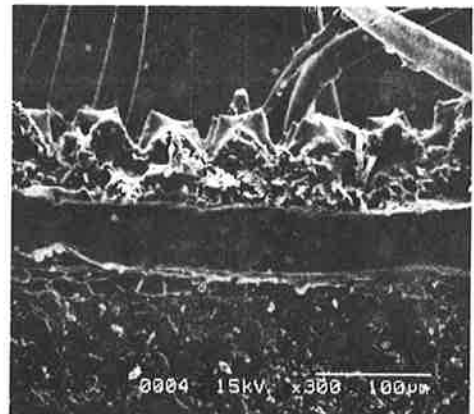


그림 2-4. 함수율 19% 영역에서
벼의 미세구조

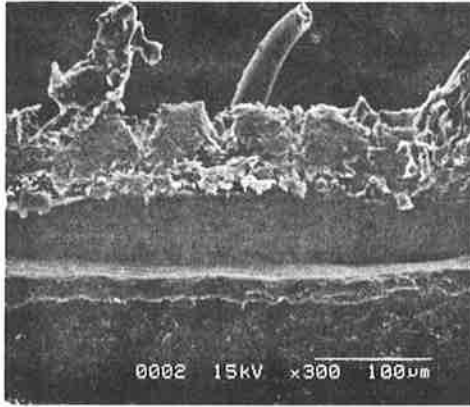


그림 2-5. 함수율 17% 영역에서
벽의 미세구조

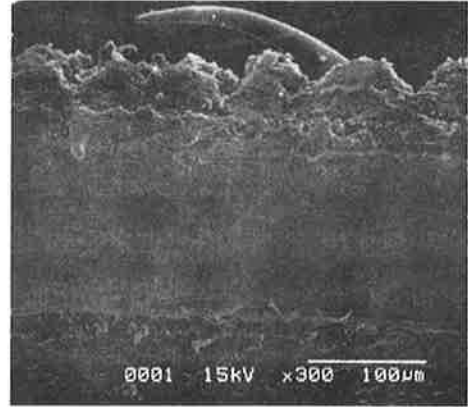


그림 2-6. 함수율 14% 영역에서
벽의 미세구조

제 4 절 물벼에 적합한 제현 시스템

1. 제현장치의 선정

현재 우리나라에서 제작되고 있는 실험용 제현장치에는 롤러형과 임펠러형의 두 종류가 있다. 수확기의 산물 수매시 반입되는 고수분의 물 벼를 제현하여 그 제현율을 예측하는 시스템을 개발하기에 앞서, 적당한 제현장치를 선정하는 작업이 필요하다. 이에 따라 각각 제현장치가 탈부시 함수율에 따른 제현특성을 규명하여 비교할 필요성이 요구된다.

가. 제현 후 현미의 손상도

1) 제현시 함수율이 동할율과 배아잔존율 및 완전미수율에 미치는 영향

가) 재료 및 방법

품종별, 함수율별, 제현장치별로 제현후 현미의 품질을 분석, 비교하기 위해 동할율과 배아잔존율을 측정하였다. 22%, 21%, 20%, 18%, 16% 5수준의 함수율별 추청, 오대, 화성벼를 롤러형 제현기(SYTH-88, 쌍용기계산업사)와 임펠러형 제현기(HSMC-4C, 한성공업주식회사)로 제현한 후 500립씩 동할미 검사기(胴割 Checker, DC-50, 静岡製機株式會社, Japan)를 이용하여 동할율을 측정하였다. 또한, 이들 각각의 시료에 대하여 1000립씩을 취하여 배아 잔존율을 육안으로 측정하였으며, 50g씩을 균분기를 이용하여 취한 후 육안으로 완전미수율을 측정하여 비교하였다.

나) 결과 및 고찰

품종별, 함수율별, 제현장치별로 제현한 현미의 동할을 비교는 그림 2-7과 같다. 그림에서 알 수 있듯이 화성벼는 함수율이 증가함에 따라 동할율이 약간 감소하였으며, 추청벼는 미세하게 증가하였다. 임펠러형이 고무 롤러형에 비하여 동할율이 약간 높게(최고 0.3%)나타났으나, 차이는 아주 미세하였으며, 동할율은 화성벼에서 2.2~3.6%, 추청에서 0.2~0.4% 범위로 나타났다. 이와 같은 품종간의 차이는 수확시의 초기동할과 물리적 특성의 차이에 기인한 것으로 판단된다.

함수율에 따른 동할율의 변화를 보면, 함수율이 증가함에 따라 동할율은 현저하게 감소하였다(그림 2-8).

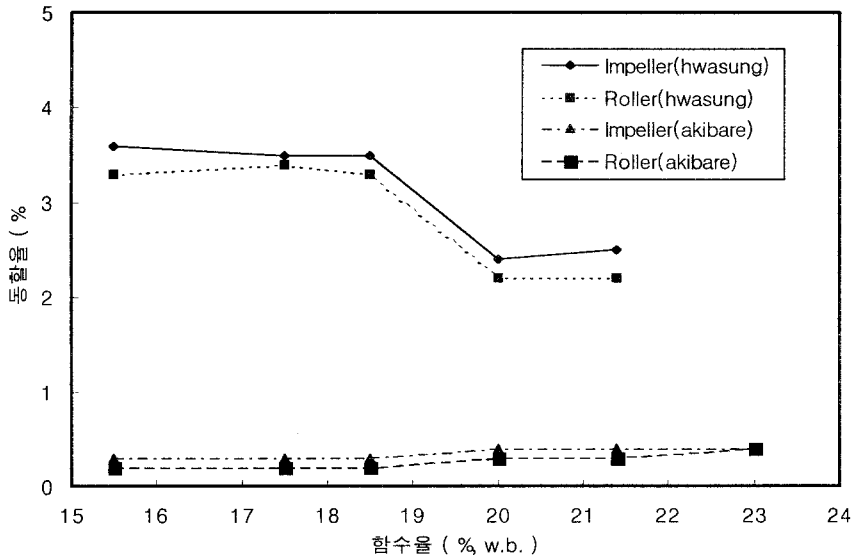


그림 2-7. 임펠러형 제현기와 롤러형 제현기의 동할율 비교

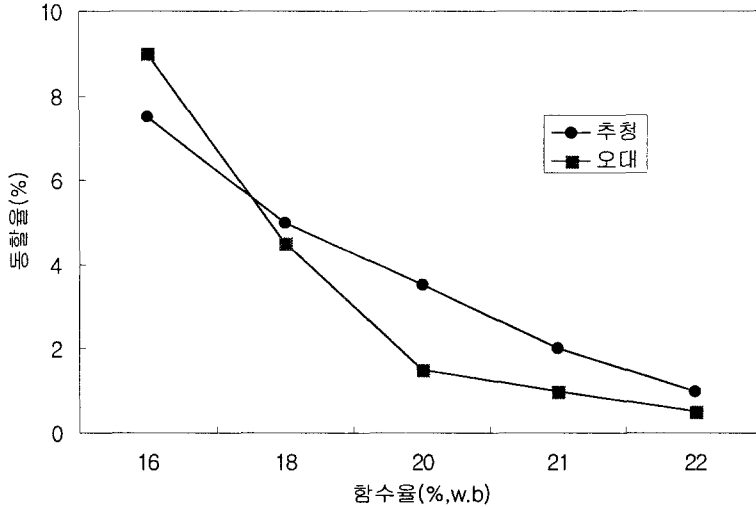


그림 2-8. 함수율별 추청과 오대의 동할율

제현후 배아잔존율을 측정 한 결과, 제현장치별로 거의 차이가 없었다. 제현된 현미의 완전미수율은 함수율이 증가함에 따라 감소하는 경향이 있으나 그 차이는 아주 미세하게 나타났다.

2) 현미의 손상도 측정 및 분석법의 개발

가) 재료 및 방법

제현방식별 현미의 손상정도를 비교하기 위하여 평균 18% 함수율의 오대벼를 롤러형 제현기와 임펠러형 제현기에 의해 제현한 후 현미 표면의 미세구조를 측정하였다. 이때, 화상분석기(Scanning Electron Microscope, Hitachi, Ltd., S-2380N, Japan)를 사용하여 현미표면의 손상정도를 측정하였다.

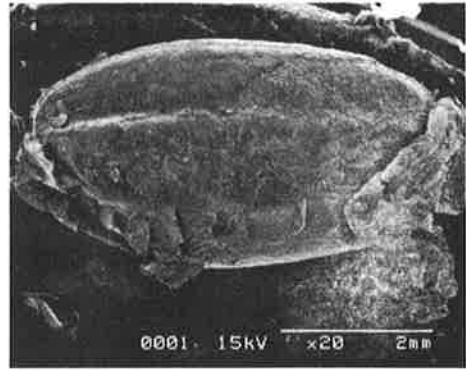
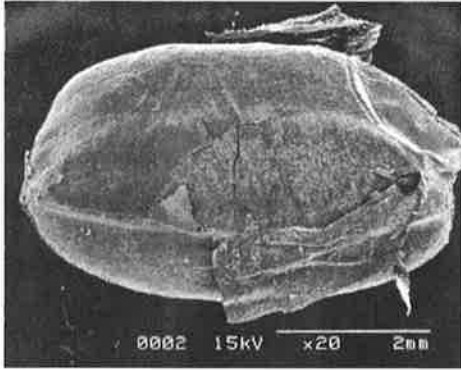
또한, 함수율별 현미의 손상정도를 비교하기 위하여 함수율 14%~23%범

위의 오대벼를 임펠라형 제현기로 제현한 후 같은 방법으로 현미 표면의 미세구조를 측정하였다.

2) 결과 및 고찰

제현방식별 현미의 손상정도를 측정한 결과, 롤러형 제현기의 경우 대부분의 시료가 표면의 미강층이 손상되어 있는 것을 발견할 수 있었으며, 특히 동할이 발생한 것을 확인할 수 있었다(그림 2-9). 이에 반해, 임펠러형 제현기의 경우는 일부 시료의 표면이 손상되었으나 전체적으로 깨끗한 상태를 유지하고 있었다(그림 2-10).

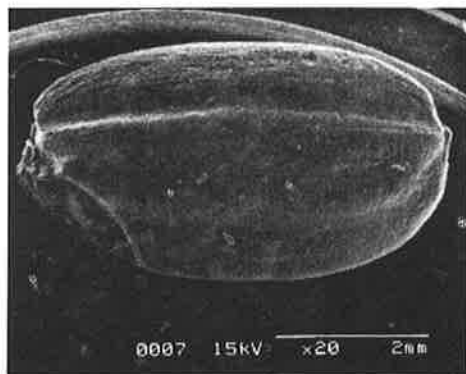
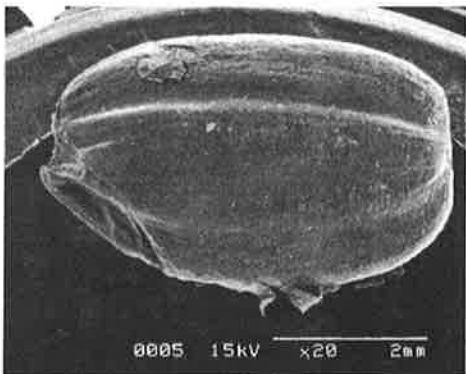
또한, 함수율별 현미의 손상정도를 비교하기 위하여 현미의 미세구조를 측정한 그림 2-11과 같이 22%이상의 높은 함수율에서는 제현후 현미의 강층이 많이 손상되었으며, 함수율이 낮을수록 제현후 현미 표면의 손상이 적게 발생됨을 알 수 있었다.



(a)

(b)

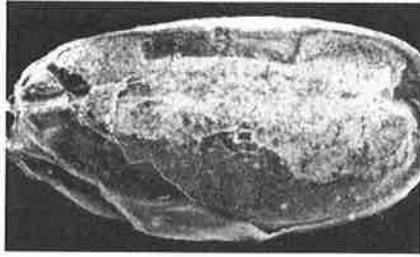
그림 2-9. 롤러형 제현기로 제현된 현미의 표면 손상 정도



(a)

(b)

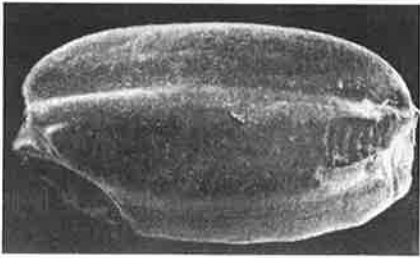
그림 2-10. 임펠러형 제현기로 제현된 현미의 표면손상 정도



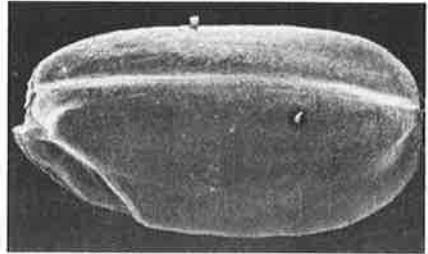
(a) 함유율 23%



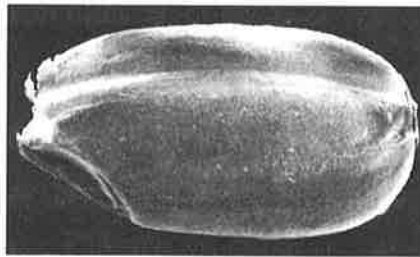
(b) 함유율 22%



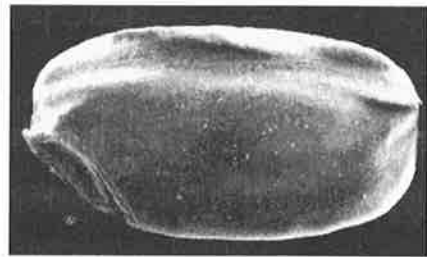
(c) 함유율 20%



(d) 함유율 18%



(e) 함유율 16%



(f) 함유율 14%

그림 2-11. 벼의 함유율별 제현후 표면 손상정도(오대벼)

나. 함수율에 따른 제현방식별 제현특성

1) 재료 및 방법

롤러형 제현기와 임펠러형 제현기의 제현성능을 비교하기 위하여 화성과 추청벼 2품종을 함수율별로 건조하고, 이들 각각에 대하여 탈부율을 측정하여 비교하였다. 탈부율은 임펠러형 제현기에 통과시키고, 미탈부벼를 제거한 후 중량을 측정하여 벼의 중량에 대한 백분율로 구하였다.

2) 결과 및 고찰

함수율에 따라 제현방식을 달리하여 탈부율을 측정한 결과, 임펠러형의 경우 함수율이 15%에서 23%로 증가함에 따라 탈부율은 화성벼는 99.5%에서 98.7%(그림 2-12)로, 추청은 98.5%에서 95.6%로 다소 감소하였으나(그림 2-13), 고무 롤러형의 경우 화성벼는 99.0%에서 72.8%로, 추청은 98.8%에서 79.3%로 크게 감소하였다.

1회에 95%이상의 탈부율을 기준으로 할 때, 임펠러형 제현기는 함수율 15~23% 범위의 벼의 탈부가 가능하였으나, 롤러형은 18%이상의 고함수율 벼의 탈부에는 부적절한 것으로 나타났다.

따라서, 18%이상의 함수율 벼의 제현을 측정에는 임펠러형 제현기가 적당한 것으로 판단된다. 본 연구에서는 임펠러형 제현기를 물 벼 측정시스템에 포함시키고 선정된 장치에 의한 물 벼의 제현특성을 규명하였으며, 임펠러형 제현기를 보완하여 개선하였다.

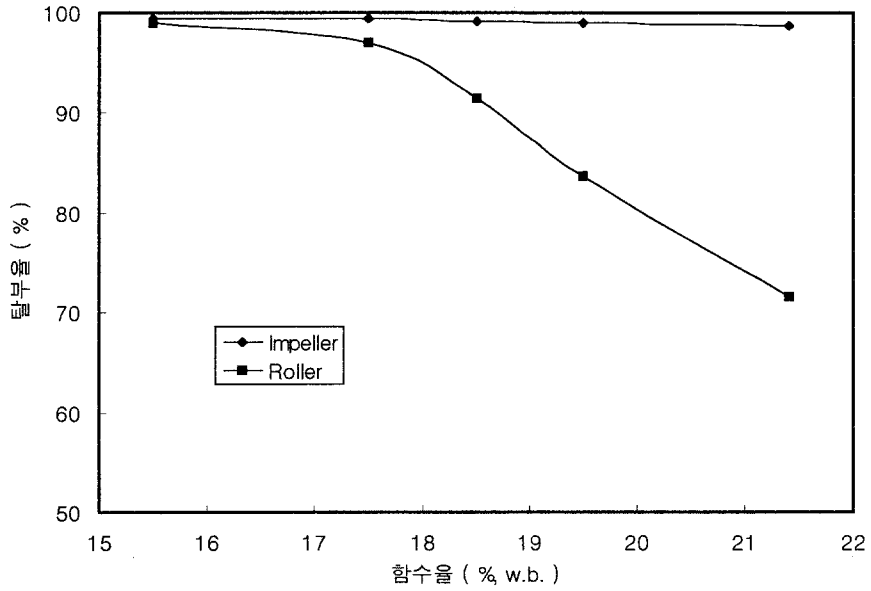


그림 2-12. 임펠러형 제현기와 롤러형 제현기의 함수율별 탈부율(화성)

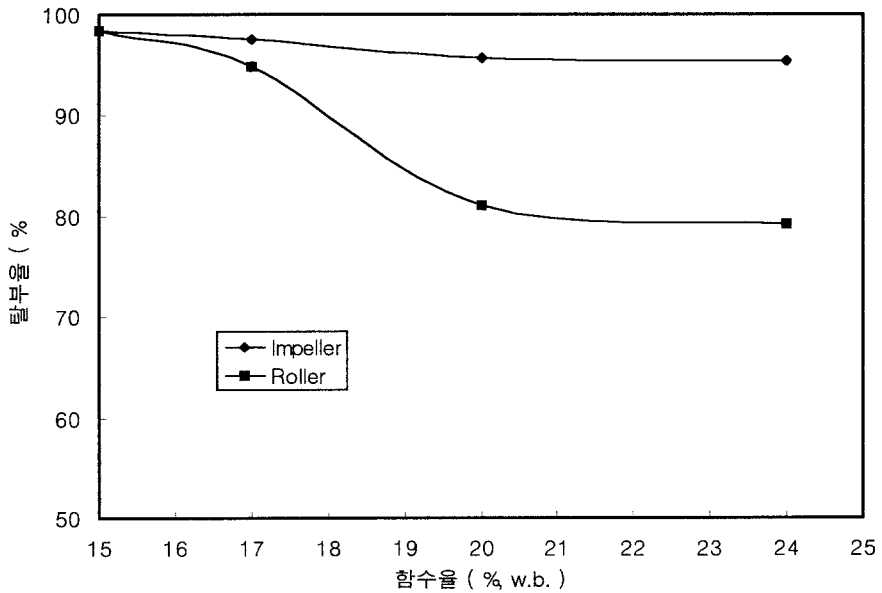


그림 2-13. 임펠러형 제현기와 롤러형 제현기의 함수율 별 탈부율(추청)

2. 선정된 물벼 제현장치의 보완 및 평가

벼의 수확이 집중적으로 이루어지는 10월 중순경에 미곡종합처리장에 반입되는 벼의 함수율이 21~27%내외임을 감안할 때, 신속·정확한 제현을 측정할 위해서는 임펠러형 제현기를 보완하여 개선할 필요가 있다.

국내에 보급되고 있는 임펠러형 제현기는 일본 OTAKE사에서 시험용으로 개발한 것을 초기에는 본 연구의 참여기업인 한성공업(주)에서 수입하여 판매했으나, 최근에는 한성공업(주)에서 일부를 개선하여 국산화하였다. 그러나, 임펠러형 제현기의 핵심 기술인 임펠러 날개의 각도와 마찰부 패드의 재질에 관한 검증이 없어 이 부분은 수입에 의존하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 임펠러형 제현기의 마찰부 재질을 우레탄, 폴리에틸렌으로 변경함과 동시에 임펠러의 회전속도를 달리하여 각 재질별, 회전속도별 제현특성을 분석하였다.

가. 재료 및 방법

임펠러 제현기의 성능을 보완하기 위하여 마찰부 재질별, 회전 속도별로 제현 특성을 분석하였다. 마찰부의 재질은 우레탄, 폴리에틸렌을 이용하였고 각각의 기계적 성질은 국립품질기술원에 의뢰하여 한국공업규격에 준하여 분석하였다. 제현특성을 분석하기 위하여 마찰부 재질별로 임펠러의 회전속도를 5수준(2900, 3000, 3200, 3300, 3400rpm)조절하였으며, 공시재료는 함수율 18.5%인 추청벼를 이용하였다. 임펠러 회전속도는 인버터를 이용하여 조절하였으며 그 속도는 스트로보스코프를 이용하여 측정하였다(그림 2-14).

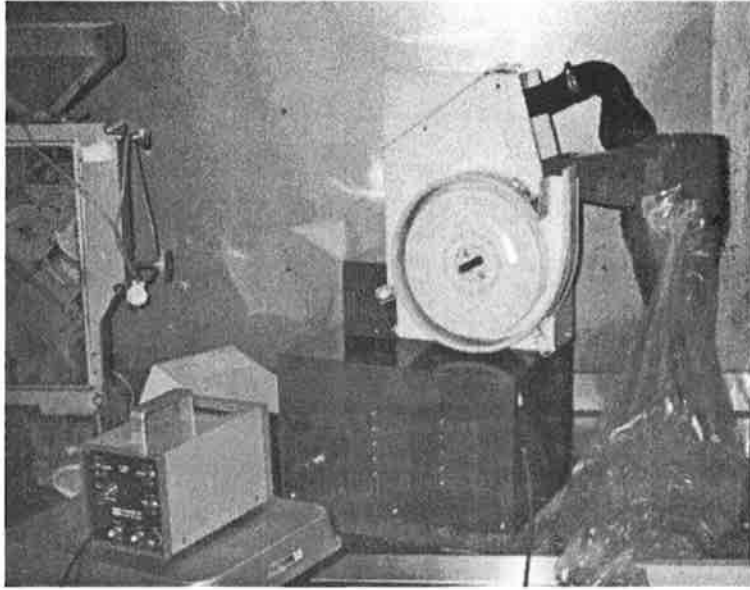


그림 2-14. 임펠러의 회전속도 측정

나. 결과 및 고찰

1) 마찰부 재질의 기계적 성질

임펠러형 제현기의 마찰부 재질에 이용된 우레탄과 폴리에틸렌의 기계적 성질은 국립품질기술원에 의뢰하여 한국공업규격에 준하여 분석하였다. 각 재질의 기계적 성질은 표 2-10과 같으며, 전체적으로 기계적 성질은 우레탄이 높게 나타났다. 특히, 경도의 경우는 일반적으로 로크웰 경도를 이용하나, 폴리에틸렌의 경우 경도가 낮아 로크웰 경도시험은 실시할 수 없어 Shore C를 측정하였다.

표 2-10. 임펠러형 제현기의 마찰부 재질별 기계적 성질

항 목	시 료	우레탄	폴리에틸렌
	인장강도(kg/cm ²)		256
신 장 륜 (%)		110	910
비 중		0.95	1.14
경 도	로크웰(HRR)	60	-
	Shore C (도)	-	47

주) 인장시험시 인장속도는 300mm/min임.

2) 마찰부 재질별, 회전속도별 제현특성

마찰부 재질별 탈부율을 측정한 결과, 표 2-11~2-13에서와 같이 탈부율은 모든 시험구에서 회전속도 및 마찰부 재질에 관계없이 99.5% 이상을 나타내었다. 그러나 쇠미율은 우레탄이 2.6~5.4%인 것에 비해 폴리에틸렌은 10.4~13.4%로 높게 나타났다.

따라서, 임펠러형 제현기의 마찰부 재질은 국산 우레탄을 사용하여도 무방할 것이며 임펠러의 회전속도는 3200~3300rpm이 적절한 것으로 판단되었다.

표 2-11. 우레탄(일본) 재질의 임펠러 제현기의 회전속도별
탈부율 및 쇄미율

회전속도 (rpm) \ 제현특성	탈부율(%)	쇄미율(%)
2900	99.77	2.80
3000	99.83	2.60
3200	99.87	2.80
3300	99.87	3.20
3400	99.93	3.00

표 2-12. 우레탄(국산) 재질의 임펠러 제현기의 회전속도별
탈부율 및 쇄미율

회전속도 (rpm) \ 제현특성	탈부율(%)	쇄미율(%)
2900	99.57	4.60
3000	99.70	5.20
3200	99.57	4.80
3300	99.83	4.60
3400	99.83	5.40

표 2-13. 폴리에틸렌 재질의 임펠러 제현기의 회전속도별
탈부율 및 쇄미율

회전속도 (rpm) / 제현특성	탈부율(%)	쇄미율(%)
2900	99.27	10.40
3000	99.40	11.00
3200	99.43	12.40
3300	99.50	13.00
3400	99.63	13.40

제 5 절 물벼의 제현특성

1. 벼의 함수율과 제현율과의 상관관계 및 적정 탈부 함수율 규명

가. 건조시간에 따른 함수율과 탈부율의 변화

1) 재료 및 방법

건조시간에 따른 벼의 함수율과 탈부율을 측정하기 위하여, 추청벼 시료를 300g씩 15개 이상의 원형 체반(Φ 210)에 편평하게 담아 30℃에서 열풍 건조하였다. 시료는 30분 간격으로 함수율 측정과 동시에 200g씩 채취하여 임펠라형 제현기로 제현하여서 건조시간에 따른 함수율 및 탈부율 변화를 측정하였다.

함수율은 공기오븐법(곡립10g-135℃-24시간, $M_{105}=100-1.0121(100-M_{135})$)으로 측정하였으며, 탈부율은 임펠라형 제현기에 통과한(1회)후 미탈부벼를 제거하여 중량을 측정하였다. 탈부율은 다음의 식 (2-16)으로 구하였다.

$$\text{탈부율}(\%) = \frac{\text{시료의 중량}(g) - \text{미탈부벼의 중량}(g)}{\text{시료의 중량}(g)} \times 100 \dots (2-16)$$

2) 결과 및 고찰

건조시간에 따라 탈부율을 측정한 결과, 초기함수율 26.3%인 벼는 7시간이 경과한 후 18.2%까지 감소하였다. 이때, 탈부율은 함수율이 감소할수록 증가하였으며, 특히 함수율이 26%에서 22%까지 변화하는 동안 탈부율은 급격하게 증가하는 경향을 나타내어 함수율 18%일 때 탈부율은 99.6%에 이르렀다. 그림 2-14에서와 같이 함수율 22%이하에서는 탈부율이 98.5%이상

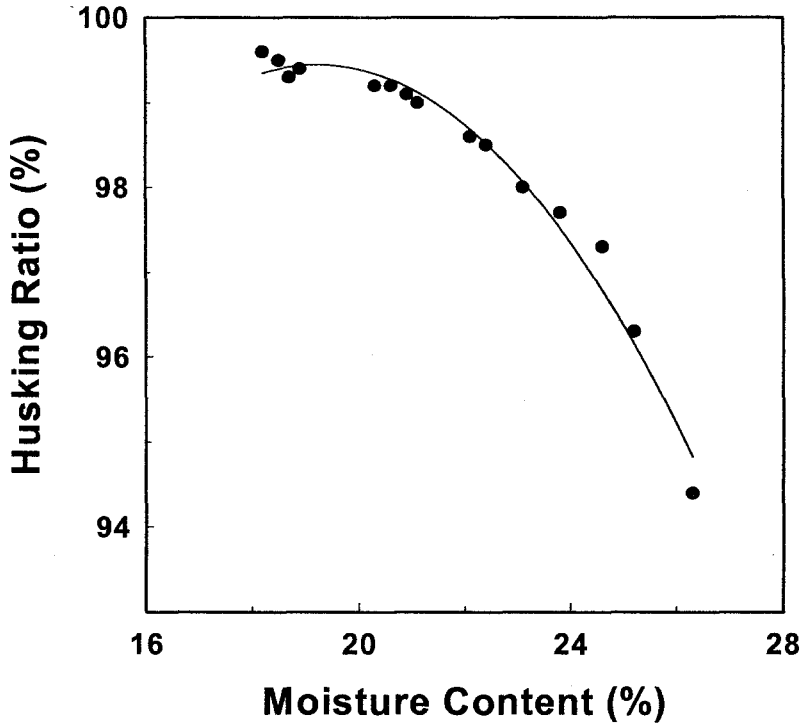


그림 2-14. 건조시간별 함수율에 따른 탈부율 변화

으로 탈부율의 변화는 미미하여 임펠러형 제현기로서 22%의 물 벼에 대해서도 제현이 가능하였다.

나. 함수율분포와 탈부율의 관계

1) 재료 및 방법

함수율분포를 구하기 위해, 탈부율측정에 사용된 오대 및 서안벼 중 800립을 단립수분계(CS-TM1, 한성공업주식회사)로 3회씩 측정하여 최대, 최소, 평균함수율과 표준편차를 구하였다. 2회의 반복실험을 수행하였으며 1차 실

협은 벼를 구입한 후 즉시 실시하였고, 2차 실험은 벼를 저온저장고에 30일 보관하여 각 함수율별 시료가 평형함수율에 도달한 후 실험을 실시하였다.

표 2-14. 함수율 분포와 탈부율의 관계(오대)

	1차실험					2차실험				
	Moisture Content (%)				Husking ratio (%)	Moisture Content (%)				Husking ratio (%)
	Average	Devi- -ation	Max.	Min.		Average	Devi- -ation	Max.	Min.	
23	23.2	3.75	18.5	35.0	96.72	22.5	3.12	19.5	27.0	97.16
22	22.1	2.38	18.0	32.5	97.20	22.0	2.34	18.0	26.0	97.53
21	21.1	2.35	18.5	31.5	97.36	21.2	1.16	19.0	26.0	97.44
20	20.1	2.46	17.0	29.0	98.10	19.8	1.00	17.0	23.5	98.24
19	19.0	1.50	14.0	23.5	98.16	18.8	0.77	17.0	20.5	98.56
18	18.1	1.13	16.0	22.0	98.88	17.9	0.71	16.0	19.5	98.76
17	17.0	1.02	14.5	20.0	99.04	17.2	0.73	14.5	18.5	99.16
16	16.2	0.93	13.5	18.0	99.14	16.2	0.77	14.5	18.0	99.32
15	15.0	0.85	13.0	17.0	99.38	14.9	0.64	13.0	16.5	99.44
14	14.1	0.74	12.0	16.0	99.54	14.0	0.65	12.5	15.5	99.42

함수율별 벼의 탈부율을 측정하기 위하여 오대 및 서안벼를 26%에서 14%까지 약 1% 간격으로 상온에서 건조하여 각각에 대한 탈부율을 측정하였으며, 단립수분계를 이용하여 건조된 벼의 함수율을 알 수 있었다.

2) 결과 및 고찰

함수율 측정 결과, 시료의 구입시에는 함수율별 함수율분포가 비교적 넓

게 분포되어 있었으며 30일 경과 후 함수율 분포의 폭은 급격하게 줄어들었다. 예를 들어 시료 구입시에 평균 23.2%인 물 벼의 경우는 18.5%~35%로 함수율이 넓게 분포되어 있었으나, 30일 경과후의 벼는 평균함수율이 22.5%이고 함수율분포는 19.5%~27%였다. 함수율이 넓게 분포되면 탈부율이 낮아지는 경향을 나타내었으며 이것은 고함수율의 벼는 제현이 되지 않는 제현기의 특성에 기인한 것으로 판단된다.

다. 적정 탈부 함수율

앞의 실험에서 구한 그림 2-14에서 알 수 있듯이, 시료를 구입했을 때의 함수율인 26.3%에서의 탈부율은 95%이하로 비교적 낮았으나 22%까지 건조시 탈부율은 98.5%이상으로 급격하게 증가하는 경향을 나타내었으며, 함수율을 22%이하로 건조시 탈부율의 변화는 미세하였다. 그러므로 임펠러형 제현기를 이용한 탈부는 22%이하의 물 벼에서 탈부가 가능한 것으로 판단되었다.

2. 물벼의 물리적 특성과 제현율과의 상관관계

물벼의 함수율별 경도 분석 결과를 이용하여 추청, 오대, 서안, 세 품종의 품종별 경도와 탈부율의 상관관계를 분석하였다.

그림 2-15~2-17은 각 품종별 탈부율과 경도의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 벼의 함수율이 증가할수록 경도와 탈부율은 유사한 경향으로 감소하였다.

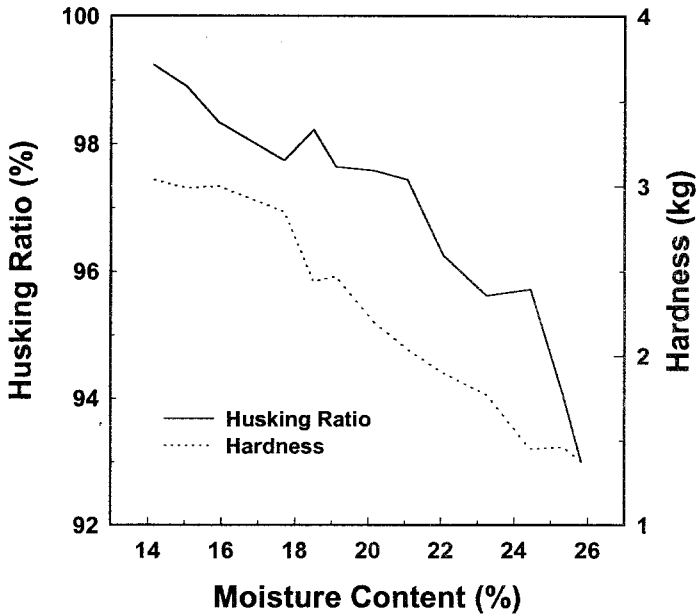


그림 2-15. 추청벼의 함수율에 따른 경도와 탈부율(1회)

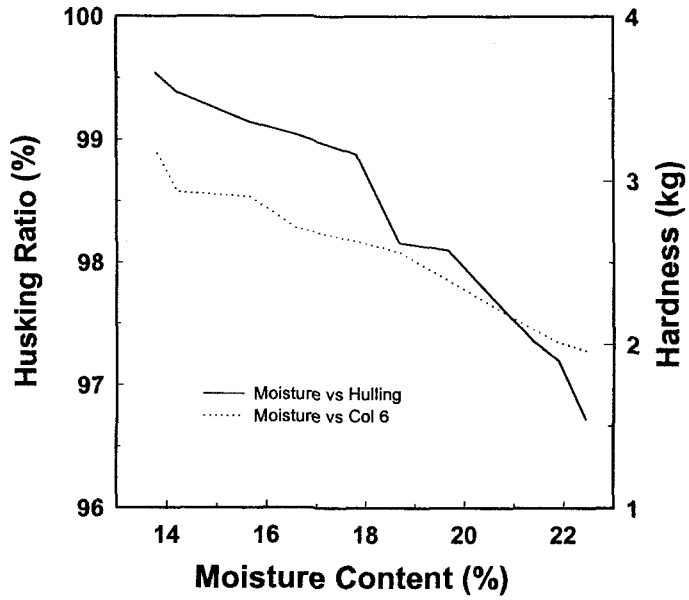


그림 2-16. 오대벼의 함수율에 따른 경도와 탈부율(1회)

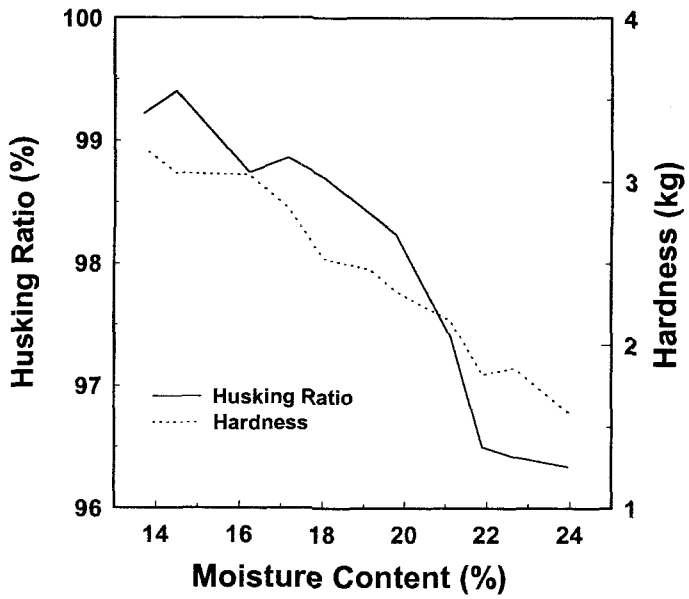


그림 2-17. 서안벼의 함수율에 따른 경도와 탈부율(1회)

제 6 절 물벼 제현율 측정 시스템의 개발

1. 물벼 제현율 예측 모델의 개발

가. 제현율 측정프로그램의 개발

시료의 제현율, 평균함수율, 최대 및 최저 함수율, 표준편차 등을 이용하여 제현율 측정프로그램을 개발하였다. 표 2-15는 벼의 제현율, 평균함수율, 함수율 편차, 최대·최소함수율간의 상관계수를 보여주고 있는데, 표에서와 같이 제현율과 평균함수율, 최대·최소함수율, 함수율 편차들과는 매우 높은 상관관계(각각 $r=-0.951$, -0.972 , -0.972)를 나타내었다.

표 2-15. 벼의 제현율, 평균함수율, 함수율편차, 최대·최소함수율간의 상관계수(r)

	평균함수율	최대함수율	최소함수율	함수율편차	제현율
평균함수율					
최대함수율	0.990***				
최소함수율	0.703*	0.740*			
함수율편차	0.912***	0.952***	0.811**		
제현율	-0.951***	-0.972***	-0.798*	-0.972***	

주) *, **, *** p=0.05, 0.01, 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

다음의 식 (2-17)~(2-19)은 벼의 제현율과 평균함수율, 함수율 표준편차, 최대·최소함수율 간의 관계를 식으로 구한 것이다

평균함수율과 제현율 ;

$$\text{제현율(\%)} = a_1 \times \text{평균함수율} + a_2 \quad (r^2 = 0.79) \dots\dots\dots (2-17)$$

평균함수율 및 표준편차와 제현율 ;

$$\begin{aligned} \text{제현율(\%)} &= b_1 \times \text{평균함수율} - b_2 \times \text{표준편차} + b_3 \\ (r^2 &= 0.83) \dots\dots\dots (2-18) \end{aligned}$$

평균함수율, 표준편차, 최대 및 최소 함수율과 제현율 ;

$$\begin{aligned} \text{제현율(\%)} &= c_1 \times \text{평균함수율} - c_2 \times \text{표준편차} \\ &+ c_3 \times \text{최소함수율} - c_4 \times \text{최대함수율} + c_5 \\ (r^2 &= 0.84) \dots\dots\dots (2-19) \end{aligned}$$

여기서, a, b, c : 상수

모델 개발결과, 제현율은 시료의 평균함수율, 최대 및 최저 함수율, 표준 편차 등을 이용하여 예측하는 것이 정밀도를 높일 수 있게 되었는데, 위의 모델을 기초로 하여 임의의 함수율에서 측정한 제현율을 국립농산물검사소 제현율 측정기준인 함수율 15%에서의 제현율로 환산할 수 있는 모델을 개발하였으며, 기존의 자동 제현율 판정기의 구조개선 및 개발된 프로그램을 활용하여 제현율의 측정 정도가 향상된 시스템을 개발하였다. 특히, 기존의 자동 제현율 판정기에 단립수분계(CS-TM1, 한성공업주식회사)를 부착하여 시료의 함수율을 측정함으로써 제현율을 예측하고 실제 측정된 제현율과 비교가 가능하도록 시스템을 구축하였다.

나. 제현율 측정프로그램 검증 및 보완

1) 제현율 및 수분분포도 측정

가) 재료 및 방법

개발된 제현율 측정프로그램의 검증을 위한 시료 선정은, 지역별 조생종 및 중·만생종을 다양하게 현지 미곡종합처리장에서 직접 물 벼 상태로 구입하였으며 시료내역은 다음 표 2-16와 같았다.

표 2-16. 시료내역

지 역	품 종	지 역	품 종	지 역	품 종
곡성	운봉(조생)	진도	삼락(조생)	김해	동진(만생)
양구	진부(조생)	양구	오대(조생)	영광	일미(만생)
진도	운봉(조생)	서산	동안(중생)		

제현율 측정은 그림 2-18과 같은 방법으로 실시하였으며, 수분 분포는 각 함수율 별로 벼 100립을 단립수분계를 이용하여 수분분포도, 평균함수율, 표준편차, 최소함수율, 최대함수율을 측정하였다.

수분정량은 공기오븐법으로 함수율별 벼(곡립10g-135℃-24시간, $M_{105} = 100 - 1.0121 \times (100 - M_{135})$), 현미(곡립10g-135℃-24시간, $M_{105} = 100 - 1.0122 \times (100 - M_{135})$), 왕겨(3g-105℃-6시간)를 각각 측정하였으며, 이는 단립수분계의 측정 결과와 비교하였다.

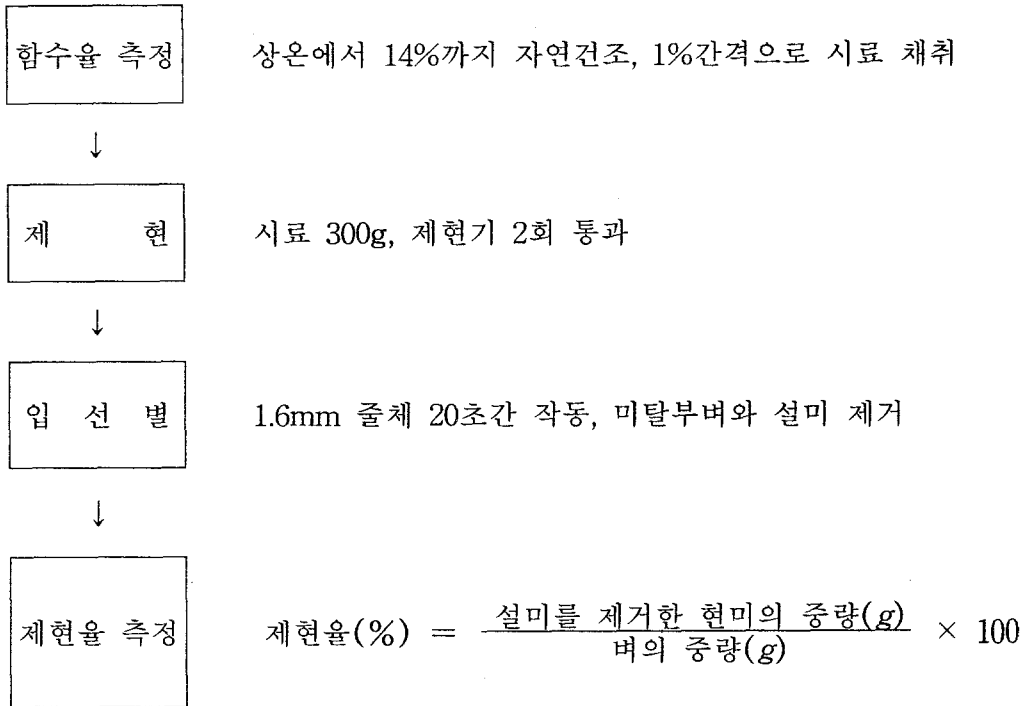


그림 2-18. 제현율 측정 과정

나) 결과 및 고찰

조생종의 제현율은 곡성 운봉벼, 진도 삼락벼, 진도 운봉벼가 최대 표준 제현율이 77%정도로 낮게 나타났으며, 양구 지역의 오대벼와 진부벼의 경우는 표준제현율이 80%정도로 다른 조생종에 비해 높게 나타났다(그림 2-19). 또한, 중·만생종의 표준제현율은 전체적으로 81%이상으로 높게 나타났다(그림 2-20). 조생종 및 중·만생종은 전체적으로 시료의 함수율이 17%이하일 경우, 각 함수율별 제현율이 표준제현율과 잘 일치하였으나, 함수율 18%이상의 시료의 제현율은 표준제현율과의 차이가 크게 나타나 함수율 15% 기준으로 환산 및 수정이 요구됨을 알 수 있었다.

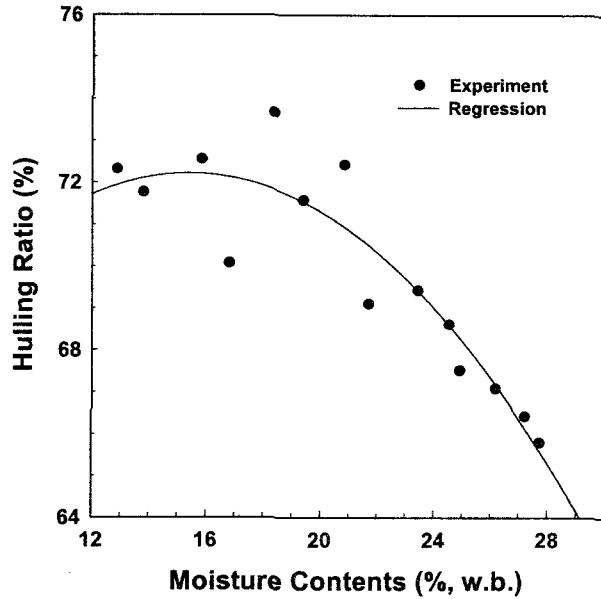


그림 2-19. 조생종벼의 함수율별 제현율 분포(곡성 운봉벼)

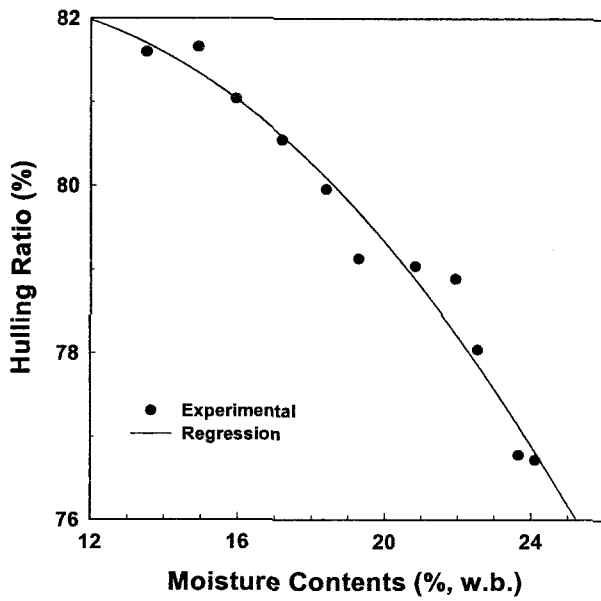


그림 2-20. 중·만생종 벼의 함수율별 제현율 분포 (김해 동진벼)

조생종의 수분분포도는 그림 2-21과 같이 함수율에 따라 차이는 있었지만, 평균함수율 20%일 때 최소함수율이 13.0~16.0%인 반면 최대 함수율은 30.0%이상, 표준편차는 2.56%이상으로 나타났다. 중·만생종의 수분분포도(그림2-22)는 평균함수율 20%이상일 때 최소함수율이 13.5~16.5%이고 최대 함수율은 22.0~26.5%, 표준편차는 1.18~1.55%정도로 아주 균질화되어 있었음을 알 수 있었다. 이와 같은 조생종과 중·만생종의 수분분포의 차이는 제현율의 차이로 이어져 전체적으로 조생종의 제현율이 낮아지는 것으로 판단되고, 특히 조생종은 최대함수율이 30%이상이므로 미탈부벼와 으깨어지는 벼가 많이 발생하여 제현율이 낮아졌음을 알 수 있었다.

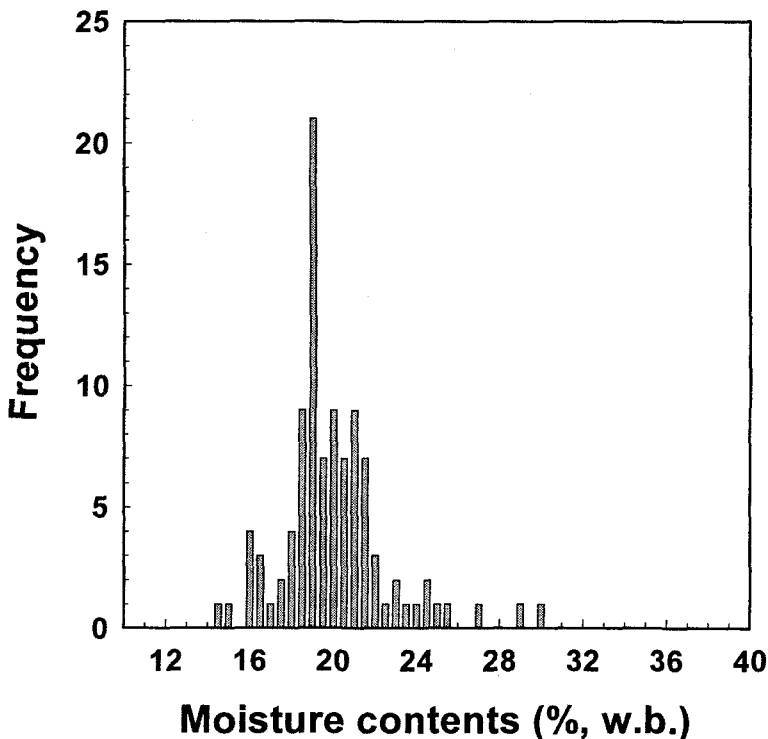


그림 2-21. 함수율 20%인 조생종벼의 수분분포도(곡성 운봉벼)

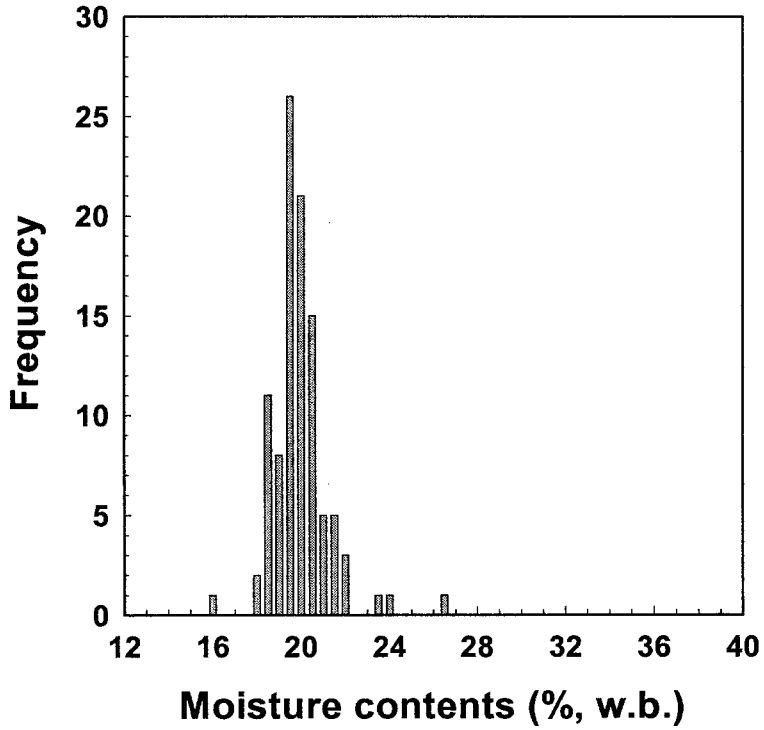


그림 2-22. 함수율 20%인 중·만생종벼의 수분분포도(영광 일미벼)

또한, 실험에 이용된 단립수분계와 표준측정법을 이용하여 함수율 측정 결과를 비교한 결과, 그림 2-23에서 알 수 있듯이 결정계수 0.991로 잘 일치하였다.

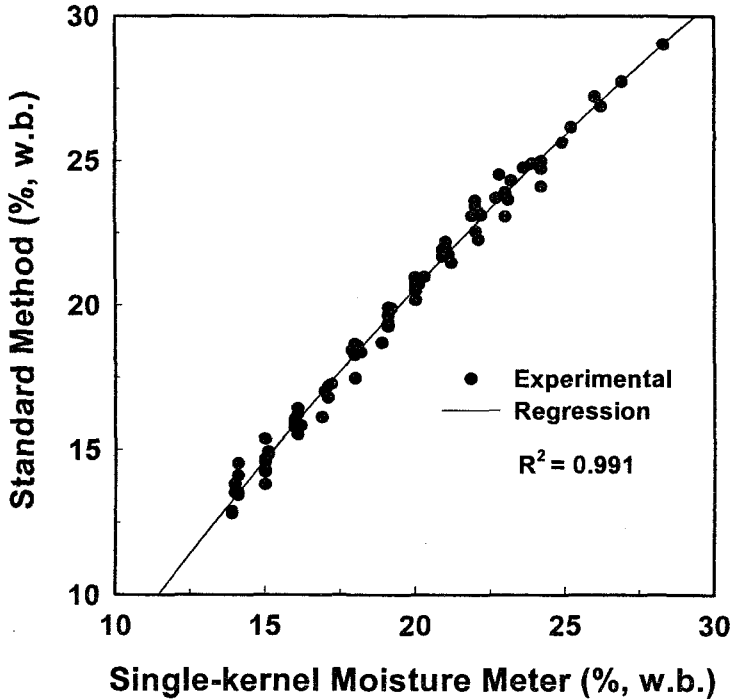


그림 2-23. 단립수분계를 이용한 함수율 측정과 표준함수율측정법의 비교

2) 제현율 측정프로그램 검증

표준 제현율 측정법은, 원료의 함수율 15%를 기준으로 측정하도록 명기되어 있다. 그러나 기존의 임펠러형 제현율 측정장치는 함수율 22%인 벼의 제현율이 측정 가능하나 표준 제현율로 환산하는 방법이 개발되어 있지 않으므로 임의의 함수율의 원료벼를 이용하여 제현율을 측정하였을 때, 함수율 15%의 표준 제현율로 환산하는 프로그램이 개발되어야 한다.

따라서, 본 연구에서는 함수율을 측정하여 표준 제현율로 환산하는 환산식을 개발하였다. 기존의 제현율 측정장치를 이용한 제현율 측정 결과와 표준 측정법을 이용한 측정결과의 차이는 벼 낱알의 현미부와 왕겨층의 함수

을 차이가 벼의 함수율이 낮을수록 증가하는데 기인하므로 이들의 관계에 따른 환산식을 개발하였으며 벼의 함수율을 이용한 현미부 함수율의 예측식은 다음 식 (2-20)과 같았다.

$$M_b = a M_r^2 + b M_r - c \quad (r^2=0.9946) \dots\dots\dots (2-20)$$

여기서, M_r : 벼의 함수율(%)

M_b : 현미부의 함수율(%)

a, b, c : 상수(-)

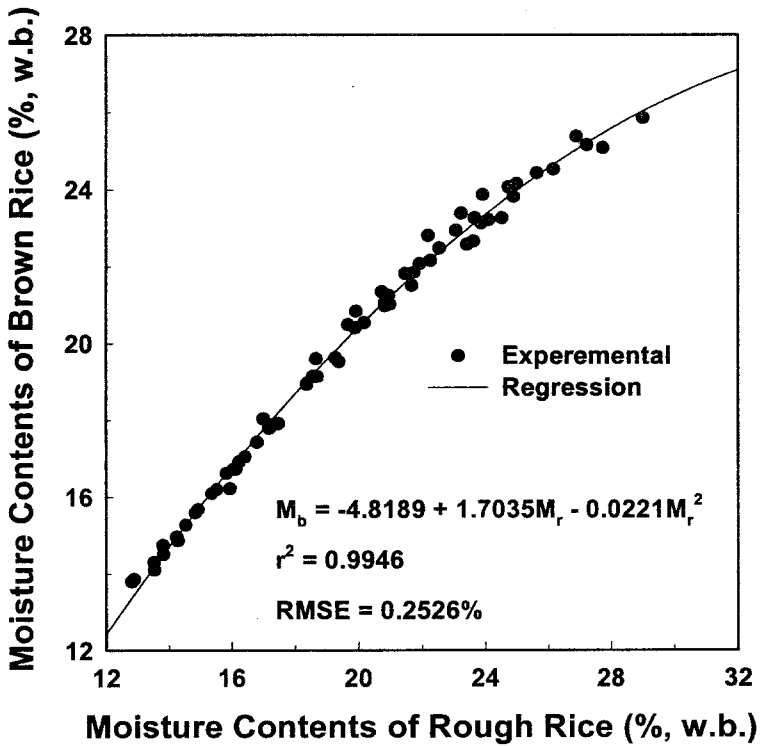


그림 2-24. 벼의 함수율에 따른 현미의 함수율 변화

임의의 함수율 시료를 이용하여 제현율을 구한 후, 벼의 함수율에 따른 현미부의 함수율을 이용하여 함수율 15%를 기준으로 한 표준제현율로 환산하는 관계식을 만들었으며 다음 식 (2-21)과 같았다.

$$BR_s = BR \left(\frac{a M^2 - b M + c}{100 - M} \right) \dots\dots\dots (2-21)$$

- 여기서, BR_s : 함수율 15%의 표준측정법으로 환산한 환산제현율(%)
- BR : 함수율 M의 시료로 측정한 제현율(%)
- M : 원료벼의 함수율(%)
- a, b, c : 상수(-)

위의 표준제현율 환산식으로 환산한 결과 RMSE는 2.0821%로서 현장에서 적용하기에는 오차가 크게 나타났다.

3) 검증실험을 통한 프로그램 보완

평균함수율을 이용한 표준제현율 환산식은 원료벼의 상태가 아주 양호할 경우에는 잘 일치하지만, 작황상태가 좋지 않아 원료벼의 상태가 불량하거나 수분분포가 넓은 산물 벼의 경우 큰 오차를 나타내었다. 또한 수확시기에 따라 환산 제현율의 오차가 변하였다.

그러므로 표준제현율 환산식은 원료벼의 평균함수율만을 이용하는 것은 불합리하며 반드시 평균함수율, 표준편차, 최소·최대 함수율 등 원료벼의 수분 분포도를 포함하는 환산식을 개발하여야 한다고 판단되었다.

이와 같은 결과로부터 표준제현율 환산식은 수분분포도를 포함하고, 수확시기별로 조생종과 중·만생종으로 구분하여 개발하여야함을 알 수 있었

다. 그러나, 미곡종합처리장에 반입되는 원료벼 중 품종명 및 수확시기가 불명확한 것이 있으므로 수확시기에 상관없이 표준제현율을 예측할 수 있는 환산식이 개발되어야 한다.

본 연구에서 개발된 표준제현율 환산식의 기본 모델은 다음의 식 (2-22)과 같으며, 환산계수 α 는 물 벼의 평균함수율, 표준편차, 최소·최대함수율을 포함한다.

$$BRs = BR \times \alpha \dots\dots\dots (2-22)$$

- 여기서, BRs : 함수율 15%의 표준측정법으로 환산한 제현율(%)
- BR : 함수율 M %의 시료로 측정된 제현율(%)
- α : 물 벼의 함수율 특성과 관련된 환산지수(-)

위의 표준제현율 환산식을 이용하여 제현율을 측정된 결과는 그림 2-25~2-27과 같았다. 조생종용 환산식을 이용하여 조생종의 제현율 측정 결과는 결정계수(R^2) 0.901, RMSE 0.7217%로 나타났으며(그림 2-25), 중·만생종용 환산식을 이용하여 중·만생종의 제현율 측정 결과는 결정계수(R^2) 0.976, RMSE 0.29%로 나타났다(그림 2-26). 또한 조생종과 중·만생종을 혼합한 통합 환산식은 결정계수(R^2) 0.885, RMSE 0.7658%로 나타났다(그림 2-27).

위의 결과에서와 같이 중·만생종용 환산식은 매우 만족한 환산 결과를 보여주었으나, 조생종용 및 통합 환산식은 RMSE가 비교적 크게 나타났음을 알 수 있다. 조생종용의 정확도가 중·만생종용 환산식에 비하여 정확도가 낮게 나타난 것은 99년도의 조생종 벼 수확시 많은 비로 인하여 벼의 상태가 아주 불량하였고, 최대 함수율이 30%이상이므로 고품수율의 벼가 많

이 포함되어 있어 미탈부벼와 으깨어지는 벼가 많이 발생하였고, 그림 2-19에서와 같이 함수율에 따른 제현율의 분포가 아주 불균일하여 개발된 기본 모델의 상수 결정에 영향을 미친 것으로 판단된다. 또한, 통합 환산식은 조생종의 제현율이 오차로 작용하여 결정계수가 낮고, RMSE가 증가한 것으로 판단된다. 조생종용 및 통합 환산식은 다년간의 자료를 수집하여서 환산식의 정확도를 향상시킬 수 있을 것이다.

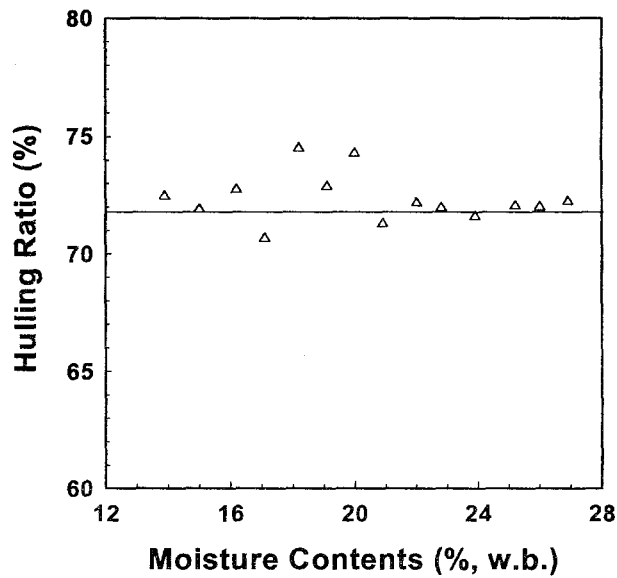


그림 2-25. 조생종용 환산식을 이용하여 표준제현율로 환산한 결과 (곡성 운봉벼, 표준제현율 71.8%)

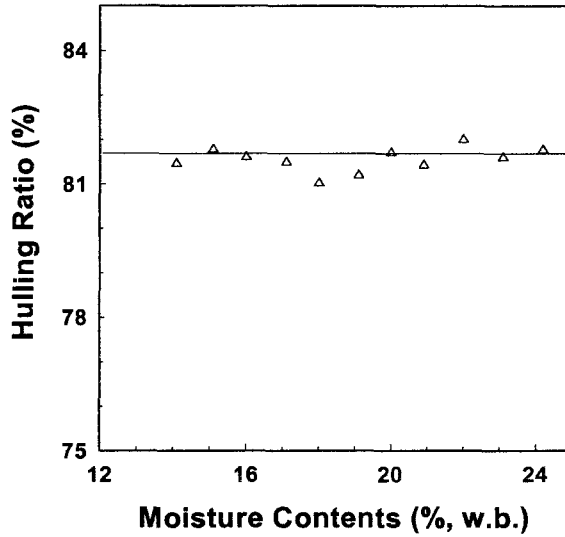


그림 2-26. 중·만생종용 환산식을 이용하여 표준제현율로 환산한 결과
(김해 동진벼, 표준제현율 81.7%)

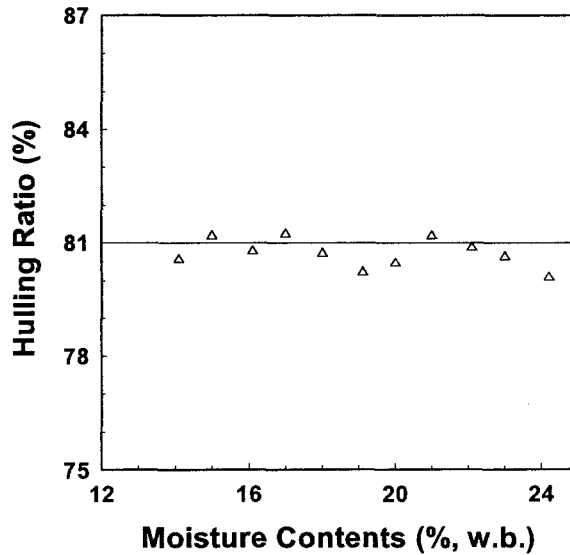


그림 2-27. 통합 환산식을 이용하여 표준제현율로 환산한 결과
(영광 일미벼, 표준제현율 81.0%)

2. 물벼 제현율 측정 시스템 개발

가. 물벼 제현율 측정시스템 제작 및 시운전

1) 함수율 측정장치의 선정 및 부작방안 확립

간접식 함수율 측정방법에는 파괴적인 방법인 전기저항식과 비파괴 방법인 고주파 저항식, 고주파 유전율식, 마이크로파 방식 등이 있는데, 고주파 저항식, 고주파 유전율식, 마이크로파 방식은 산물상태의 시료에 대한 평균 함수율 측정에 용이하게 이용할 수 있으며, 파괴적 방법인 전기저항식은 벼 낱알의 함수율을 측정하므로 측정에 이용된 시료 전체의 수분분포를 측정할 수 있다.

임의의 함수율에서 측정된 제현율을 벼 함수율 15%일 때의 표준제현율로 환산하기 위해서는 시료의 수분분포가 정확하게 측정되어야 하므로 제현율 측정용 시료의 수분분포를 측정하기 위하여 단립수분계 이용하여야 한다. 단립수분계는 본 과제의 참여기업인 한성공업(주)에서 국내에서 유일하게 생산되고 있는 CS-TMI으로 선정하였으며, 단립수분계의 사양은 다음 표 2-17과 같다.

단립수분계는 측정부와 구동부로 구성되어 있는데, 측정부는 곡물의 단립화 기구와 2개의 롤러 전극을 중심으로 구성되어 있고, 구동부는 먼지가 유입되지 않도록 측정부와 분리되어 있다. 단립수분계는 제현율 측정시스템의 내부에 설치되며, 시료는 제현율 측정시스템에 공급되는 시료중 3~5g 정도를 채취하여 수분분포도를 측정하고, 측정결과는 마이크로 컴퓨터에 입력되도록 설치하였다.

표 2-17. 단립수분계의 사양

항 목	사 양
모 델 명	CS-TM1
용 도	벼, 보리, 밀
측 정 범 위	11.0~35.0%(자동온도 보정, 환산 불필요)
측 정 정 도	±0.5%
수분 설정 범위	13.0~20.0%(0.1% 간격)
사 용 전 력	AC 220V 60Hz
소 비 전 력	50W
크 기	200(L)×240(W)×445(H)

2) 함수율 및 제현율 일관 측정시스템 제작

벼 단립의 함수율을 측정하여 수분분포도를 구하고 동시에 제현율을 측정하기 위하여 한성공업(주)에서 함수율 및 제현율 측정시스템을 제작하였다. 본 시스템의 동작순서는 그림 2-28과 같으며, 구성도는 그림 2-29와 같았다.

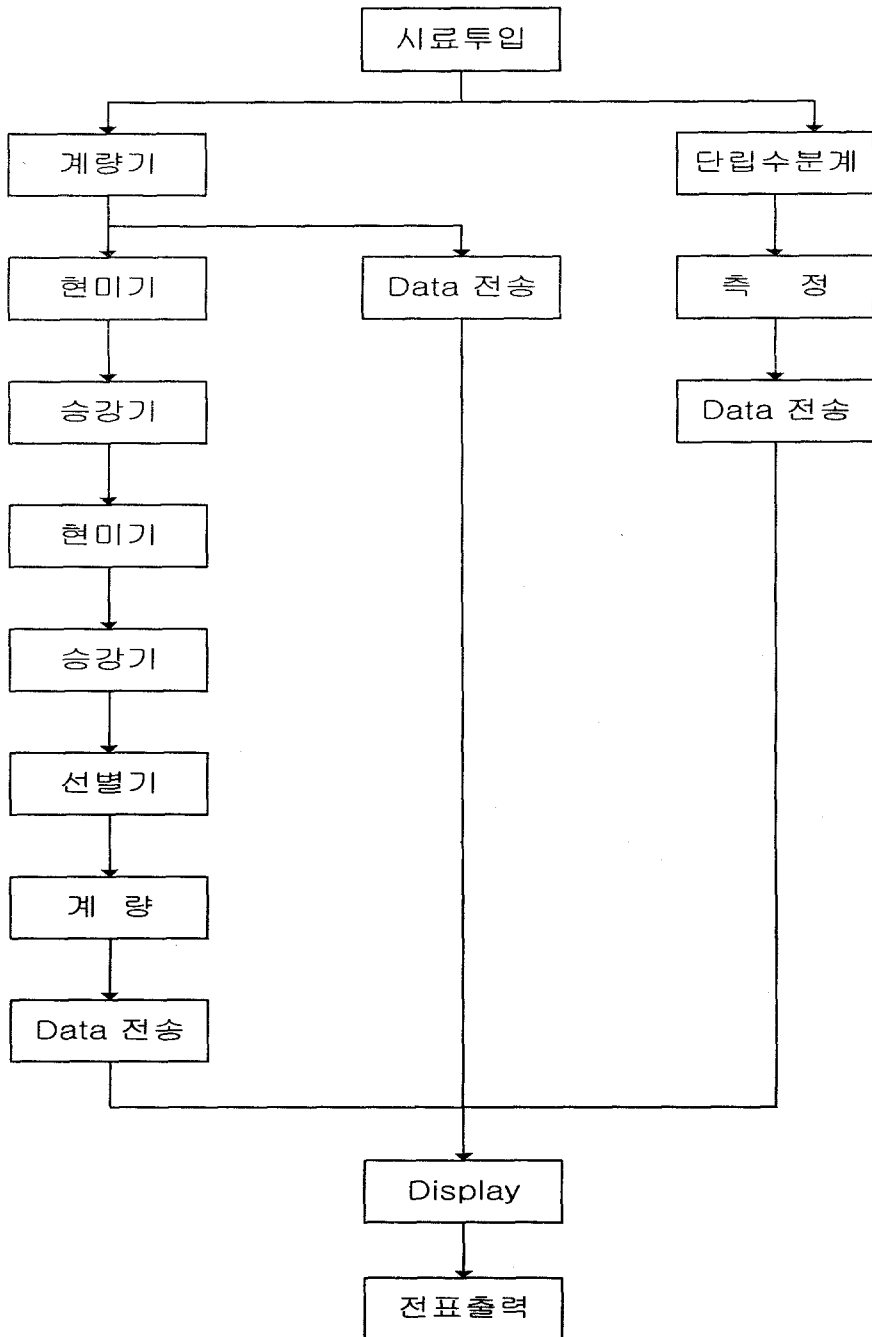


그림 2-28. 함수율 및 제현율 측정시스템 작동순서

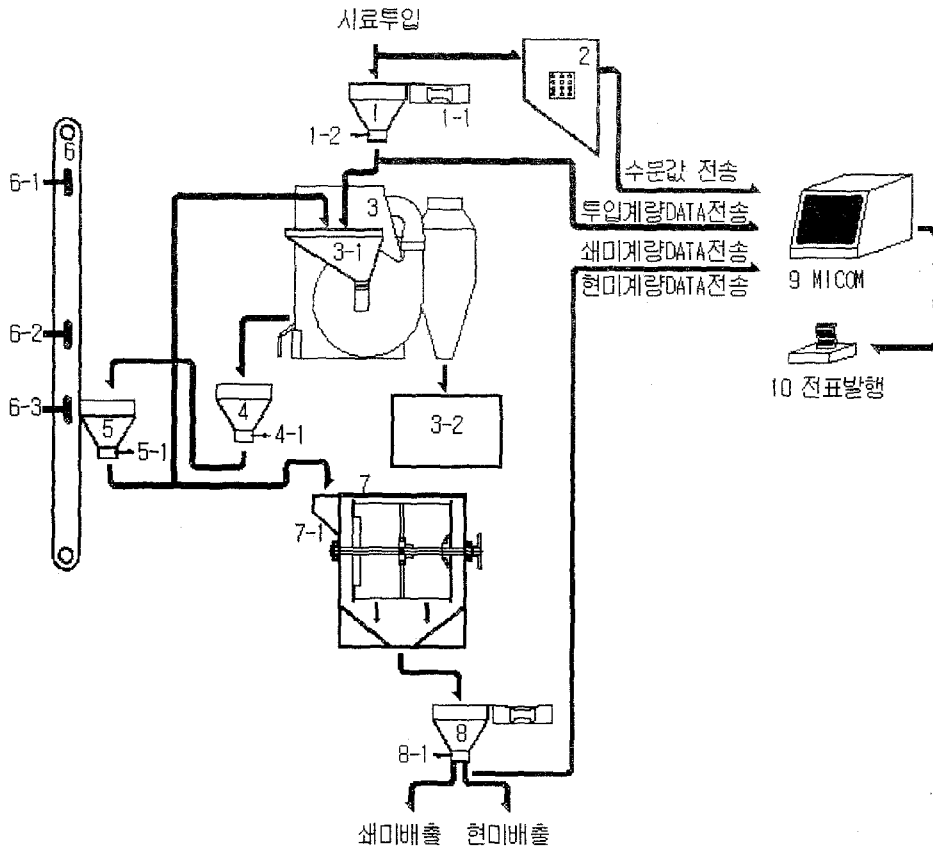
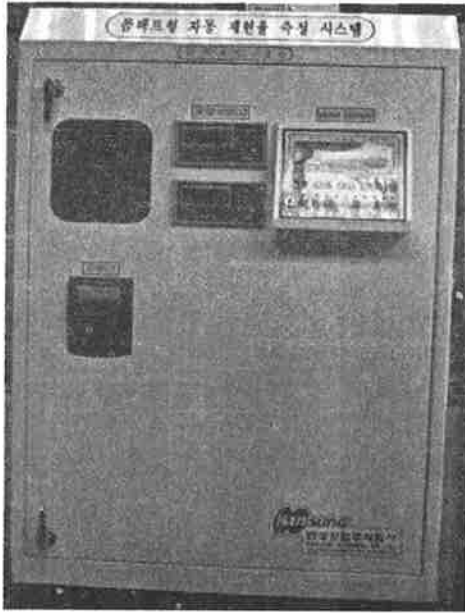
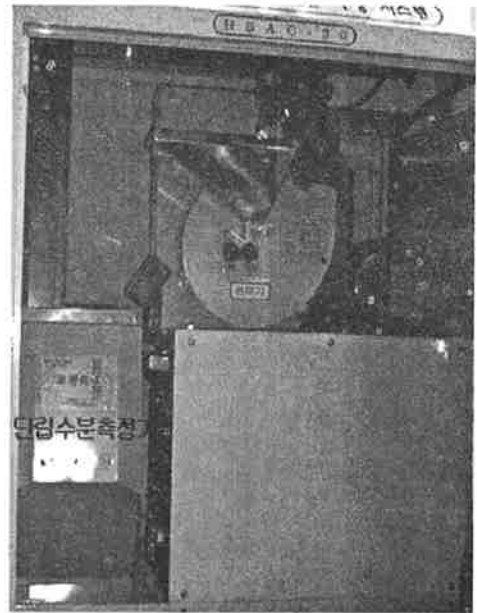


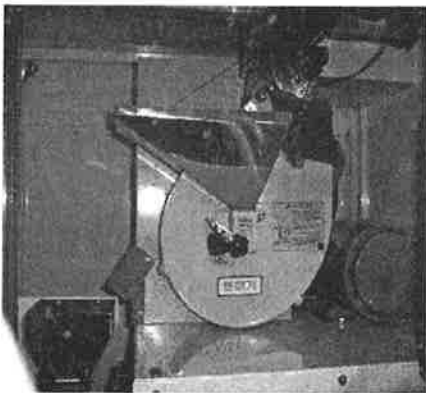
그림 2-29. 함수율 및 제현율 측정시스템 구성도



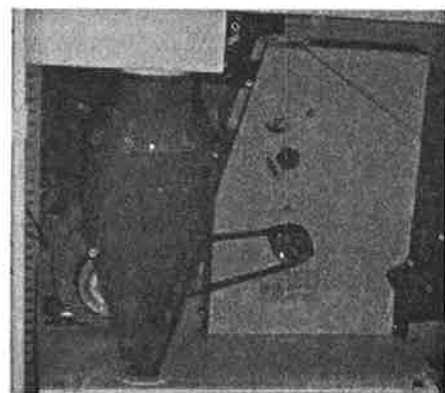
(a) 제현율 측정 시스템



(b) 단립수분측정기



(c) 제현기



(d) 싸이크론



(e) 승강기

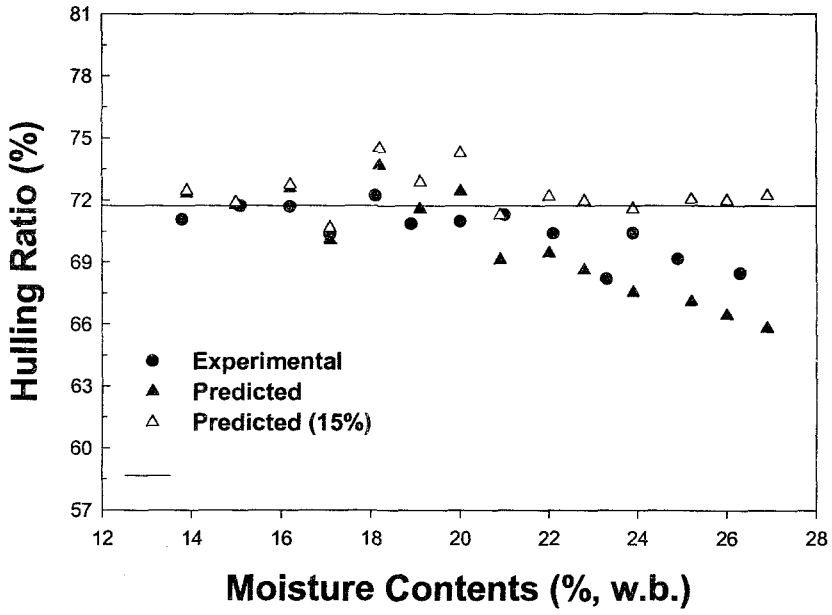


(f) 선별기

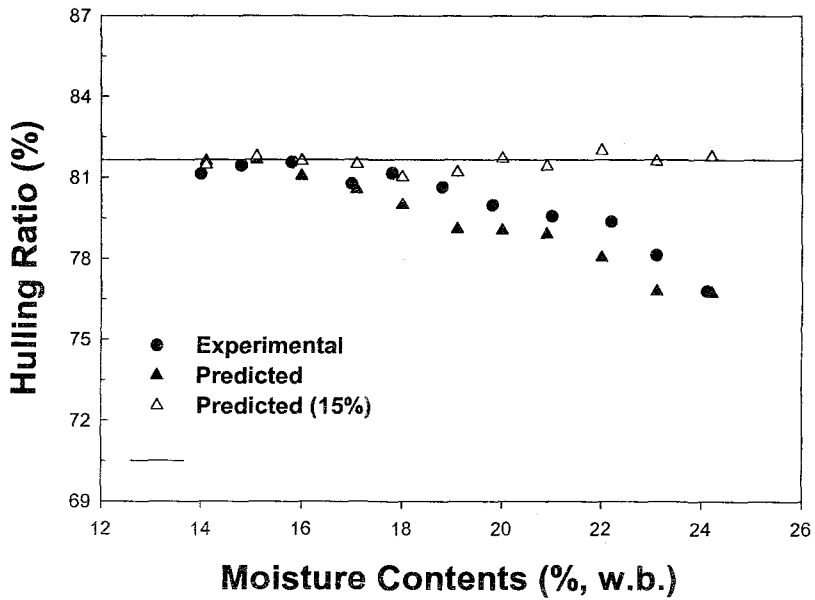
그림 2-30. 함수율 및 제현율 측정시스템(a)
및 내부에 설치된 장치(b,c,d,e,f)

나. 물벼 제현율 측정시스템 검증실험

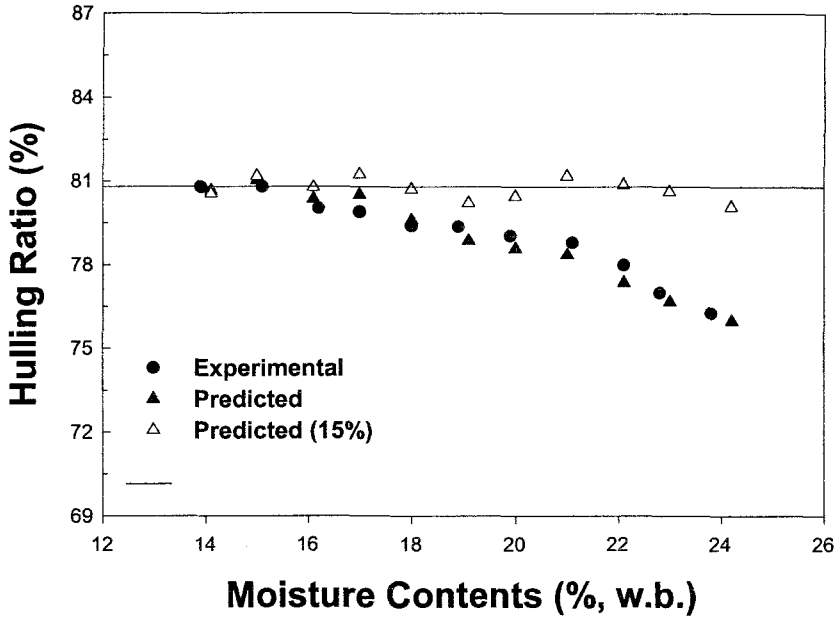
제작된 시스템의 신뢰성을 검증하기 위하여 5℃ 저장고에서 저장한 고수분의 운봉, 동진, 일미벼를 이용하여 개발된 제현율 측정기로 측정하고 같은 시료를 이용하여 직접 실험을 통해 제현율 값을 측정하여 이를 비교하였다. 제현율 측정시스템으로 측정한 제현율과 표준제현율 및 직접 측정한 제현율의 비교는 그림 2-31과 같다.



(a) 곡성운봉(조생종)



(b) 김해동진(만생종)



(c) 영광일미(만생종)

그림 2-31. 품종별 제현율 측정시스템 검증실험

- (여기서, ● : 실험을 통한 제현율,
 ▲ : 제현율 측정시스템으로 측정된 제현율,
 △ : 제현율 측정시스템으로 측정된
 15% 함수율에서의 표준제현율
 — : 실험을 통한 15%함수율에서의 제현율)

그림에서 알 수 있듯이 제현율 측정시스템으로 측정된 15% 함수율에서의 표준제현율은 직접 실험을 통하여 측정한 15% 함수율에서의 제현율과 유의적인 결과를 나타냈으며, 조생종인 곡성운봉벼는 99년 기상 악화로 수

매시 상태가 좋지 못하여 제현율이 일정치 않았다. 또한, 수확 직후 산물 벼와 저온저장된 벼의 상태는 다소 차이가 있으므로 금년 가을 산물 수매시 미곡종합처리장 현장에서의 실제 검증이 필요한 것으로 판단되었다.

3. 현장적응실험 및 운영방안 확립

가. 산물수매체계와 측정시스템 연계방안 확립

벼의 제현율은 국립 농산물 검사소 기준으로 볼 때 제현율 75% 이상인 벼는 모두 1등급로 판정하여, 현재 거의 대다수의 벼가 이에 해당되고 있어 벼의 제현율 기준을 세분화하여 벼의 품질별 분류를 할 필요성이 요구되고 있다. 이와 함께 미곡종합처리장에서도 물 벼의 반입시 신속한 제현율 측정을 실시하여 제현율 값을 기준으로 한 세분화된 등급판정에 의해 고품질 벼와 등급이 낮은 벼의 구분 반입 및 건조·저장 산물 수매 처리 방안이 가능한 연계시스템을 확립하여야 한다.

이러한 제도적, 운영적 측면에서의 변화를 가져올 때 가을철 물 벼의 반입시 제현율을 기준으로 한 물 벼의 수매가격의 차등화, 벼의 장기 저장용과 단기 저장용의 분류, 그리고 벼 품질에 따른 분리 저장이 가능함으로 연중 식미가 동일한 쌀의 공급이 가능하고 RPC의 경영수지 향상 및 생산농민의 생산의욕이 고취될 것이며, 국제 경쟁력을 갖춘 얼굴있는 양질미의 쌀 생산 기반 확립에 기여할 수 있는 것으로 판단된다. 물 벼 제현율의 정확도와 신뢰도를 높이기 위해 현장 실증실험 실시를 통한 벼의 제현특성 실험 데이터를 분석함으로써, 프로그램을 재검증하여 수분분포 범위가 넓은 조생종 벼의 제현율 값의 정확도를 더욱 높여 제현율 측정기기의 현장 운영 및 활용성을 높힐 계획이다.

나. 물벼 제현을 측정시스템 운영 및 보급방안 확립

본 연구를 통하여 개발된 제현을 측정프로그램 및 시스템을 미곡종합처리장의 기존 제현을 측정시스템에 연계 활용하는 방안을 강구하며, 제현을 측정시스템의 산물수매 정책변화에 따른 고수분 물벼의 품질관정에 신속한 적용성 및 필요성과 관련, 대 정부 및 농협중앙회에 정책 건의를 할 예정이다.

본 연구는 하절기에 종료됨에 따라 “공개발표”를 통해 건의한 바대로 실제 RPC에서 반입되는 물벼를 대상으로 한 현장적용실험이 필요하다. 또한, 이를 통해 개발된 기기의 대량 생산 체계를 구축하여 제작비를 저렴하게 유도하고 이동 및 설치가 용이하도록 경량화 및 소형화 방안을 연구할 필요가 있다. 이에 대한 사항은 참여업체와 긴밀한 협의를 거쳐 추가연구 및 기술이전을 실시할 계획이다.

또한, 산물수매 현장에서 물벼를 가져온 농민에게 제현을 값을 정확하고 신속히 제시함으로써 생산농민의 신뢰를 높이고 필요성에 관하여 지속적인 대 농민 홍보를 할 계획이며, 조기 정착을 위해 미곡종합처리장 운영자의 교육도 함께 실시할 계획이다.

제 3 장 중형 산물건조저장시설 개발

여 백

제 3 장 중형 산물건조저장시설 개발

제 1 절 서 설

우리 나라 벼의 수확 후 관리기술은 1980년 초반에 농가단위의 산물 건조저장시설인 개량곳간이 개발·보급되면서 급진적인 기술개발이 이루어졌다. 그 후 1988년 건조 1,000톤, 저장 600톤 규모의 한국형 미곡종합처리장이 개발되어 1991년부터 농어촌구조개선사업의 일환으로 보급되면서 우리 벼농사의 새로운 장을 열게 되었다.

현재, 312개소의 미곡종합처리장(RPC)과 220개소의 건조저장시설과, 5만 여대의 열풍건조기가 보급되어 있지만 아직도 벼 총 생산량 대비 30% 정도만이 기계 건조작업이 이루어질 뿐 약 65%정도는 인력에 의존하는 자연건조방법을 이용하고 있는 실정이다. 반면, 일본은 5,000여 개소의 곡물공동건조시설과 137만 여대의 열풍건조기를 보유하고 있어 약 90%이상이 기계 건조되고 있다.

정부는 2004년까지 RPC에서 벼 생산량의 약 40%를 건조하고 약 23%를 산물로 저장한다는 목표를 세우고 있다. 따라서, 총 생산량의 60% 정도는 농가에서 건조·저장해야 되나, 경작규모가 1ha 미만인 농가에서 비교적 고가인 열풍건조기를 구입하기는 현실적으로 어려운 실정이며, 쌀전업농 및 쌀작목반 등은 기계수확이 필수적이고 물 벼 상태로 건조저장할 수 있는 방안이 요구된다.

종래에 보급된 개량곳간은 3톤 정도로 규모가 작을 뿐만 아니라 상온통풍건조방식으로 건조에 많은 시간이 소요되며, 인력에 의존하는 입·출고 작업과 건조 중 곡물 상층부와 하층부의 수분격차에 의해 미질손상 등이 발

생하고 있다. 그리고 일반농가의 재래창고와 야적 저장되는 동안에 발생하는 손실을 최소화할 수 있는 방안이 필요하다.

본 연구에서는 우리 농촌의 부족한 건조저장시설을 해결하고 벼의 산물 유통체계를 구축하여 노동력 및 비용절감을 통한 생산비 절감과 양질미 생산을 통한 실질적인 농가 소득향상에 기여하기 위하여 원료벼의 입·출고 및 건조 중 순환작업이 기계화된 생산자 단위의 10~30톤형 규모의 산물 건조저장시설과 공기 밀폐형 건조저장시설을 개발하기 위하여 수행되었다.

제 2 절 중형산물 건조저장시설 규모설정

1. 벼의 수확 후 관리기술 현황조사

가. 조사방법

우리나라의 영농현황은 농림통계연보, 농협연감 및 벼의 수확 후 관리기술에 관련된 각종 서적, 보고서 등을 통하여 조사였으며, 이미 보급된 RPC 중에서 85개소를 선정하여 수확기에 원료 벼의 반입과 건조저장형태에 대한 설문조사를 실시하였고, 특히 경기, 강원, 충청도, 전라도 및 경상도 지역의 각 RPC 1개소에서 800여 생산농가를 대상으로 1997년 10월부터 12월까지 현장조사를 실시하였다.

나. 조사결과

우리 나라의 벼 생산량은 1996년 기준으로 5,323천톤이고, 평균경작규모는 1.31ha이며, 10a당 수확량은 507kg이었다. 표 3-1과 같이 경작규모에 따라 영세농가, 소농가, 중농가 및 대농가로 구분하기도 한다. 한편, 생산농가의 쌀 유통현황은 표 3-2와 같이 RPC 설치지역에서는 약 60%가 농협을 이용하는 반면, 비 설치지역은 반대로 약 50%가 민간도정공장을 이용했고 약 30%만이 농협을 통하여 쌀을 유통하고 있는 것으로 조사되었다. 그리고 농가단위 건조저장시설로 보급된 개량곳간은 많은 농가에서 건조저장시설로서 활용하지 않고 창고로 활용하고 있었다. 개량곳간을 건조시설로 활용하지 않는 큰 이유로는 인력에 의존해야되는 입·출고문제와 물 벼 건조에 약 15일 이상 장기간이 소요된다는 점을 제시하였다. 이밖에 건조과정에서 곡물의 하층부가 과건되어 품질저하를 경험한 농가도 조사되는 등 시대에 부합되는 건조저장시설에 대한 필요성이 높음을 알 수 있었다.

표 3-1. 우리나라 농가의 경작규모별 벼 수확량

영 농 규 모	농가수(호)	벼 수확량(톤)/호
영세농가(0.5ha 미만)	440,158	2.5
소농가(0.5ha~1ha)	826,253	2.5~5.0
중농가(1ha~2ha)	117,564	5~10
대농가(2ha 이상)	70,353	15.0

표 3-2. 농가의 쌀 유통 형태

지역	농협	민간도정 공장	일반상인	기타	계
RPC 설치지역	58.8	19.4	16.7	5.1	100
RPC 비설치지역	30.9	48.9	13.6	6.6	100

주) 일반상인 판매와 기타는 자가보관으로 고려할 수 있음

영세농가는 생산되는 물량이 2.5톤 미만으로 개량곳간과 RPC를 이용할 수 있었으나 일부 소농가, 중농가 및 대농가 그리고 소농가를 위주로 운영하고 있는 위탁 영농단들은 적절한 규모의 중형산물건조저장시설 설치를 희망하고 있지만 건조저장시설이 너무 비싸고 조작이 복잡하여 운전하는데 어려움이 걱정된다고 하였다.

한편, 벼농사의 중심센터로 부상하고 있는 RPC를 대상으로 농가별 반입 물량, 반입된 원료 벼의 함수율과 RPC에서의 건조저장형태 등을 조사한 결과, 물 벼 산물수매시 농가당 반입물량은 0.5톤~12톤으로 평균 3.2톤 정도임을 알 수 있었다. 그러나 RPC의 처리능력이 부족하여 농가에서 요구하는

산물 수매량을 전량 처리할 수 없어 경작규모로 수매량을 배정하고 있는 실정으로서 농가의 희망 산물 수매량을 도출하기는 어려운 점이 있었다. 그리고 RPC에 수매하지 못한 물량은 농가당 평균 4.5톤 정도였으며, 건조방법은 약22% 정도가 기계건조를 제시했고, 약 78%는 자연건조를 한다고 응답하였다. 또한, 약 57% 정도가 중형산물건조저장시설의 개발이 필요하다고 하였으며, 28%는 불필요, 15%는 모르겠다고 응답하였다. 산물건조저장시설을 개발할 때 가장 고려할 사항에 관해서는 우선 가격이 저렴해야되고, 인력의 최소화, 미질유지 순으로 제시하였다.

85개소의 RPC에서 산물 수매 벼는 표 3-3과 같이 상온통풍건조, 열풍건조 및 복합건조(통풍건조+열풍건조)방법으로 건조되고 있었으며, 열풍건조 후 통풍건조하는 방식을 많이 활용하고 있었다. 복합건조방식을 채용하고 있는 미곡종합처리장 중 1차 건조는 열풍건조, 2차 건조는 상온통풍건조 방식이 44.7%였으며, 1차는 상온통풍건조, 2차를 열풍건조하는 경우가 10.7%이었고, 열풍건조와 상온통풍건조를 병행하는 경우가 44.7%이었다. 지역별로는 경기강원 지역에서는 열풍건조 후에 상온통풍건조 하는 경우가 많은 반면, 전라도 지역에서는 두 가지를 병행하는 경우가 다른 지역보다 높았다.

RPC에서 원료벼의 저장형태를 살펴보면 지역별로 약간씩 차이는 있으나 저장빈(사일로, 사각형빈)에 저장물량의 52%, 1톤 플렉시블 컨테이너(폴리콘백)에 20%, 포대상태로 야적하는 경우가 16%, 평창고 산물저장이 8%, 기타 4%로 조사되어 안전저장에 많은 문제가 있음을 알 수 있었다. RPC에서도 포대 또는 야적 저장되는 물량이 40%정도로서 저장조건이 매우 열악한 것으로 나타났다.

표 3-3. 미곡종합처리장의 물 벼 건조방법

건 조 방 법	경기강원	충청도	전라도	경상도	평균
상온 통풍건조(%)	22.4	13.4	20.0	27.5	20.8
열풍 건조(%)	29.2	38.2	55.9	30.0	38.3
복합 건조(%)	48.3	48.4	24.1	42.5	40.8
계	100	100	100	100	100

2. 산물 건조저장시설의 수요 및 규모 설정

가. 산물 건조저장시설의 수요 예측

정부의 RPC 보급사업이 완료되는 2004년까지 계획 물량은 360개소이고, 농협의 건조저장시설(DSC) 설치계획은 1,200개소이나, 현재 보급된 시설은 RPC 312개소와 건조저장시설은 220개소로서 계획보다 매우 미진한 상태임을 알 수 있다. 그리고 2004년도의 벼 총생산량을 약 5,300천톤으로 예측하였을 때, 약 40%정도는 RPC와 DSC에서 처리하고 나머지 60%는 생산농가에서 처리할 수밖에 없을 것이다. 그 이유는 일본의 경우 우리의 벼 생산량의 2배 정도를 생산하고 있는 반면, 약 5,000개소의 공동건조시설에서 총생산량의 23%를 건조하고 있을 뿐 나머지는 농가에 보급되어 있는 약 130만대의 열풍건조기로 처리하고 있다. 따라서, 표 3-4와 같이 계획대로 약 360개소의 RPC와 1,200개소의 건조저장시설이 보급되고, 보급된 개량곳간의 약 50%가 계속 활용된다는 전제조건과, 열풍건조기로 생산량의 40%를 처리하고, 기타 자연건조가 20%를 처리한다고 할 때, 필요한 중형산물 건조저장시설(20톤형)은 약 26,000개소 수준일 것으로 예측된다.

표 3-4. 건조저장시설별 보급 및 처리능력 예측

건조시설의 형태	보급수량(개소)	처리능력(톤)	총처리능력(만톤)
개량곳간	50,000	6톤/2회	30
미곡종합처리장 (RPC)	220(농협)	2,000	44
	140(민간)	1,000	14
건조저장시설 (DSC)	1,200	600	72
열풍건조기	총생산량의 약40%		212
기타 건조	총생산량의 약20%		106
중형건조저장시설	26,000	20	52

나. 중형산물 건조저장시설의 규모 설정

우리나라의 벼농사 현황 및 농가별 영농규모의 조사 결과에 의하면 0.5ha미만인 영세농가는 처리능력이 3톤 규모인 개량곳간으로 건조저장할 수 있고, 1ha미만 농가는 개량곳간과 RPC 또는 건조저장시설을 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구는 중농가 및 대농가의 건조저장문제를 해결하는데 그 목표를 두었다. 또한, 중형산물 건조저장시설의 규모는 RPC시설에 대한 현장조사 결과, 생산농가들이 요구하는 10~30톤을 기본적인 적정 규모로 하였다. 이러한 규모는 소농가(10톤형), 중농가(20톤형), 그리고 쌀작목반 및 위탁영농단(30톤형)에 적합할 것으로 판단되었다.

제 3 절 단위장치의 기본지침 및 설계

1. 단위장치의 기본지침

중형산물 건조저장시설의 개발 방향은 제작가격이 저렴할 것, 조작이 간편할 것, 건조저장 작업 중 쌀의 품질을 유지할 수 있을 것 등으로 설정하였다. 또한, 지금까지 약 10만동 정도가 보급된 농가단위의 산물건조저장시설인 개량곳간을 보급하면서 도출되었던 농촌의 전력수급 문제와 농사용 전력활용, 농가의 투자능력 및 운영자의 기술수준 등을 종합적으로 고려하여 시설의 기본지침을 다음과 같이 수립하였다.

- 1) 건조저장설비는 순환, 투입, 건조 및 배출장치로 구성한다.
- 2) 곡물의 입·출고 및 순환작업에서의 품질유지가 가능토록 한다.
- 3) 투입구, 배출구, 순환장치에 잔류 곡물이 없도록 설계한다.
- 4) 건조저장시설의 형태는 사각형빈 또는 원형빈을 고려한다.
- 5) 외부에 설치되는 시설로서 부식되지 않도록 자재를 선정한다.
- 6) 누수와 분진방지를 위해 조립부분은 반드시 팩킹 처리한다.
- 7) 10톤형은 농가의 전력을 감안해 총 소요동력을 5 마력이하로 한다.
- 8) 30톤형은 쌀 전업농가의 시설로 총 소요동력을 15 마력이하로 한다.
- 9) 10~20톤형은 호퍼식빈을 기본으로 자연배출방식을 고려한다.
- 10) 30톤형은 평면식빈으로 교반 및 배출장치를 갖는 구조로 한다.
- 11) 농가에서 시설의 설치 및 운영을 쉽게 할 수 있는 구조로 한다.
- 12) 건조는 상온통풍건조방법에 보조열원을 이용하는 방법으로 구성한다.

가. 곡물 순환장치

건조저장시설에서 요구되는 곡물의 순환, 입고 및 출고작업을 포함한 수직이송에는 버킷엘리베이터와 공기이송장치를, 수평이송은 스크류컨베이어, 체인컨베이어 및 벨트컨베이어를 고려할 수 있다. 그러나, 공기이송장치는 높은 소요동력이 요구되고 곡물 이송관이 심하게 마모되므로 버킷엘리베이터를 활용하였고, 수평이송은 이송거리가 짧고 제작이 용이한 스크류컨베이어를 기본으로 하였다.

1) 곡물의 순환에 의한 균일한 건조

건조저장시설에서 상온통풍건조중 가장 문제점으로 대두되고 있는 상·하층부간에 발생하는 곡물 함수율 차이를 2%이내로 감소시키며, 저장중 곡물의 균일화를 위해서 곡물을 순환시킨다. 곡물의 순환시 투입 버킷엘리베이터에 의해 투입되는 벼는 분산판을 거치게 되는데 분산판 등에 대한 충분한 보완을 통해 곡물의 순환형태가 $\pm 10\%$ 로 균일하게 입고되도록 하였다.

이때 하부에서 배출되는 건조곡물은 스크류컨베이어에 의해 투입 버킷엘리베이터로 연계이송되어 반복작업이 이루어지며 순환은 2~3시간에 1회 정도로 자동 및 임의 조작할 수 있도록 하였다.

2) 순환횟수 및 순환시간의 최소화

일반적으로 곡물은 기계적으로 반복작업을 행할 경우 서서히 품질손상을 받게되므로 가능한 작업시간을 최소화하는 것이 바람직하다. 또한, 순환작업에는 많은 전력이 소요됨으로 건조비용을 상승시킬 수 있으므로 단시간에 순환목적을 달성하는것이 효율적이다. 따라서, 물 벼(함수율 24%)의 경우에는 하층부 벼의 함수율이 19%가 될 때까지 건조한 후에 순환작업을 실시하도록 하여 순환작업을 최소화하였고, 배출 및 투입능력을 시간당 10~20톤

으로 설정하여 단시간에 건조할 물량을 투입 및 배출할 수 있도록 시스템을 구축하였다.

3) 낙곡 및 분쇄에 의한 품질손상 방지

원료 벼의 투입, 배출 및 이송작업 중, 또는 단위장치에 일시적으로 고장이 발생되었을 때 많은 낙곡이 발생할 수 있다. 이러한 점을 중시하여 시스템을 쉽게 분해, 조립할 수 있도록 U자 스크류컨베이어를 사용했고, 단위장치의 연결부위에 고무판을 사용하여 낙곡발생을 방지하였다. 이밖에 순환시 배출량이 투입량보다 많을 때 발생될 수 있는 단위장치의 손상과 쌀의 품질손상을 최소화하기 위해 배출량 조절이 가능한 휘더를 설치하며, 동력은 배출 스크류컨베이어와 연계되도록 시스템을 구축하였다.

4) 소요동력 최소화 방안

농촌의 전력 수급사정을 감안하여 가능한 소요전력을 최소화하기 위해서 배출장치의 구동부는 기어식 감속기와 스프로킷 2차 감속방법을 이용하는 등 시설의 규모에 따라 2~4마력 정도로 작동할 수 있도록 하였다.

나. 곡물 투입 및 배출장치

곡물투입장치는 버킷엘리베이터를 사용했으며, 하단부는 간이투입호퍼를 설치하고 투입량을 조절할 수 있는 게이트를 부착하는 구조로 하였다. 투입구에는 분산기를 설치하여 배출과 연계시켜 건조작업 중에 곡물순환작업이 가능한 구조로 설계하였다. 또한, 버킷엘리베이터의 시간당 이송능력은 10톤, 20톤으로 설계하여 투입, 순환 및 배출작업에 효율성을 제고토록 하였다.

배출장치는 스크류컨베이어를 사용했으며, 물 벼 배출 또는 과다 배출에 의한 품질손상을 방지하기 위해 U형관에 뚜껑을 조립한 형태로 설계하였고 U형관과 스크류날개와의 간격은 5~8mm를 유지하도록 하였다. 그리고 정량 배출이 될 수 있도록 휘더를 설치하며, 배출장치의 구동은 감속기와 스프루트 2차 감속방법을 이용하여 동력의 효율성을 제고토록 하였다.

또한, 원형 및 사각형 빈에서 벼를 자연 배출할 때 호퍼의 형상, 호퍼의 각도, 칸막이의 유무, 벼의 배출속도, 송풍량 등의 인자가 곡물의 균일배출에 미치는 영향을 측정하였다. 호퍼타입의 사각형빈(40×40×60cm, W×L×H)과 원형빈(40×60cm, ϕ ×H)을 아크릴 수지로 제작하여 사용하였으며, 사각형빈의 경우 호퍼의 형상을 2가지로 하고, 호퍼각은 20° 30° 40° 의 3가지로 하였으며, 이 때 호퍼는 다공철판으로 제작하였다.

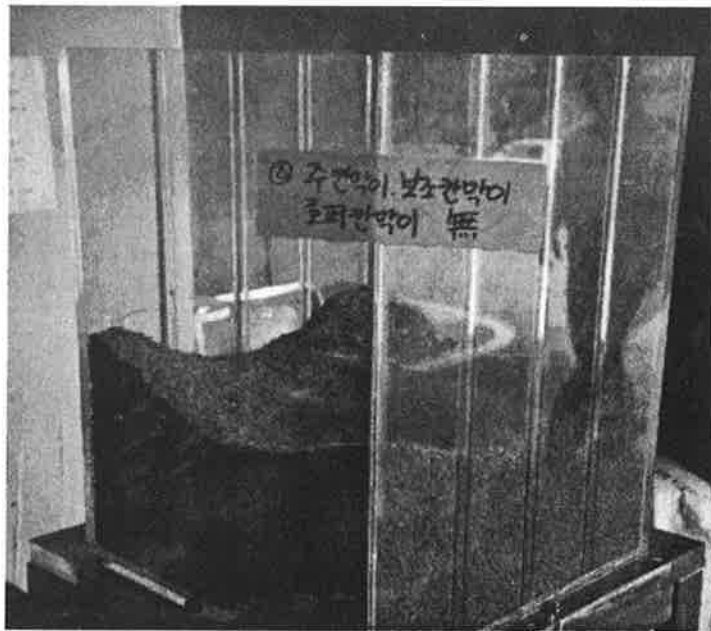


그림 3-1. 사각형빈에서 칸막이가 없을 때 곡물의 배출형태.

사각형빈과 원형빈에 대하여 호퍼의 경사 각도에 따른 벼의 배출실험을 실시하였다. 호퍼의 경사각도를 20°, 30°, 40°로 변화시켜도 사각형빈과 원형 빈 모두에서 호퍼의 형상에 관계없이 빈의 중앙부의 벼가 먼저 배출되어 호 퍼각도가 곡물의 균일 배출에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

그림 3-1은 사각형빈에서 자연배출시 칸막이가 없을 때 배출되는 모습을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 사각형빈에 호퍼부분 직전까지 칸막이 설치하여 빈의 곡물배출을 균일 배출 여부를 측정하였으나, 호퍼의 배출구 중심방향인 빈 중앙부분이 먼저 배출되었고, 중앙부분이 배출되는 동안 빈 내부 벽면의 벼는 배출되지 않았다. 이밖에 배출속도를 2단계로 조정하면서 속도 및 송풍량에 의한 배출형상을 조사했지만 커다란 차이점을 찾을 수 없었다.

또한, 호퍼형에서 배출구 형태를 직사각형, 정사각형 및 원형으로 하여 배출실험을 실시한 결과, 사각형빈 및 원형빈 모두 형상에 관계없이 빈의 중앙부의 벼가 먼저 배출된 후에 벽면의 벼는 경사각이 안식각에 도달한 후에야 서서히 배출되기 시작했다.

따라서, 산물건조저장시설에서 곡물을 균일하게 배출하기 위해서는 배출구를 크게 하거나, 또는 2개 이상의 배출구를 설치하거나, 호퍼부분에 유도 시스템을 설치하는 방안이 필요함을 알 수 있었다.

다. 건조저장용 송풍기의 기본사양 및 조건결정

건조저장용 송풍기는 농촌의 전력수급 사정을 감안하였으며, 기동부하, 작동소음을 최소화할 수 있고 수확시기의 기후조건에서 건조저장시설별 최소 송풍량을 확보할 수 있도록 사양과 조건을 결정하였다.

송풍기는 축류 송풍기와 원심 송풍기를 비교 검토하였는데, 이들 중에서

기동부하가 작고, 소음이 낮은 원심 송풍기로 결정하였다. 원심식 송풍기는 공기가 축과 평행한 방향으로 유입되어 날개의 지름 방향으로 흘러 접선방향으로 배출되는 후향원심 송풍기로서 정압은 120mmAq 이상이며, 회전수는 1750rpm, 송풍기를 통과한 공기의 온도는 0.8~1.9℃ 정도 상승시키는 것으로 조사되었다.

송풍저항은 곡물층, 송풍덕트, 다공 통기마루의 송풍저항의 합으로 하고 송풍덕트와 다공 통기마루의 송풍저항은 농협 RPC 설계기준(고 등, 1997)과 동일하게 곡물층 10cm에 상당하는 저항으로 간주하여 곡물층의 송풍저항을 계산하였으며, 송풍기의 송풍량은 시험 성능과 실제 성능 차이를 고려하여 최소풍량비를 기준으로 산출한 송풍량에 25%를 가산한 송풍량을 기준으로 하였고, 송풍기의 지역별 운용조건은 각 지역별 평균 기상자료와 최소풍량비 등을 고려하여 결정하는 것으로 하였다.

2. 단위장치의 기본설계

단위장치의 기본설계는 기술자료조사, 연구결과, 예비실험 등을 통하여 작성된 설계지침을 토대로 공동연구를 수행하고 있는 (주)한성공업의 설계실의 도움을 받아 단위장치를 설계하였다.

건조저장시설의 원형빈은 규모별로 자체 설계하여 양산체계를 구축토록 하였으며, 송풍기는 전문생산업체인 (주)서원풍력에 의뢰하여 송풍기의 효율 제고는 물론, 성능실험을 협조 받았다. 또한, 송풍기를 제외한 모든 단위장치는 미곡종합처리장과 건조기를 생산하는 한성공업에서 직접 제작하고 문 제점을 보완 개선함으로써, 연구목표를 충실하게 달성하고자 하였다.

제 4 절 중형 산물건조저장시설의 설계 및 제작 (10, 30톤)

1. 중형산물 건조저장시설의 설계

제 3절 단위장치의 지침 및 설계를 기본으로 하여 지금까지 연구 개발되어 보급된 개량곳간, 개량평창고, 미곡종합처리기술 및 본 연구에서 조사된 현장조사자료를 토대로 하여 중형산물 건조저장시설을 설계하였다. 또한, 당초 본 연구의 계획에는 10톤형과 30톤형을 설계, 제작 및 운영실험을 행하는 것으로 계획되어 있으나, 영세농가에서 쌀작목반에 이르기까지 다양한 계층에게 다양한 시설을 제시하고자 설계에는 10톤, 15톤, 20톤 및 30톤을 함께 비교 검토하였다.

가. 설계조건

1) 특별조건

- 수확시기 기상조건 : 외기 평균온도 16℃, 평균 상대습도 70%
- 수확시기 원료조건 : 초기함수율 평균 24%, 밀도 580 kg/m³
- 식미유지 기본조건 : 건감율 0.06~0.1%/hr, 보조열원에 의한 가열 온도 5℃이하

2) 일반조건

- 상온 통풍 저온건조로 동할미 발생율이 낮고 우수한 식미 유지
- 건조 및 저장 작업시 배출 및 순환이 용이하고 균일 배출 가능
- 건조작업시 순환의 사각지대가 발생하지 않고 균일한 건조 가능

- 건조 목적을 충족할 수 있는 송풍량 확보 및 보리, 밀 등을 건조
- 조작이 간편하고, 순환 및 건조작업시 무인 운전이 가능한 체계
- 작업중 외기온도, 송풍온도, 곡물온도 등이 기록 관리되는 체계
- 보조열원으로 기상조건이 불량할 경우에도 안전건조저장이 가능

나. 시설규모 및 형태

1) 시설규모

건조저장시설의 규격은 보급된 건조시설인 개량곳간(3톤), 순환식건조기(5톤)의 규모와 현장조사 결과를 활용하였으며 정부와 농협중앙회의 상온통풍건조시설 보급사업에 충족할 수 있도록 표 3-5같이 10톤, 15톤, 20톤, 30톤형으로 확정하였다. 또한, 농가의 전력 수급사정을 고려하여 호퍼식은 소요동력을 3.7~7kW 이내로 설정했고, 30톤형은 교반기를 설치하며, 소요동력은 10.7kW로 대형농가 및 쌀작목반에서 사용할 수 있도록 하였다.

2) 시설형태

시설 형태는 사각형빈이 원형빈에 비해 적은 수량 제작과 보급에는 유리한 반면, 양산에는 가격경쟁력이 15~20% 정도가 떨어지는 것으로 조사되었다. 따라서, 건조저장시설은 원형빈으로 설계토록 방향을 결정하였으며, 시작품10톤형은 소형 사일로 제작장치를 갖추지 못함에 따라 시작품은 사각형빈으로 제작하여 운영실험을 실시하였다.

중형 건조저장시설은 외부에 설치되므로 부식, 방진 및 누수현상을 방지하기 위해 판넬 자재는 아연도금철판을 사용하며, 조립부분은 팩킹처리를 기본으로 하였다. 그리고 10톤, 15톤 및 20톤형은 소형 호퍼식 사일로빈으로 하였고, 30톤형은 곡물 순환에 의한 균일 건조가 미흡하여 평면식 사일로에 교반 및 내부 배출 오거를 부착토록 하였다.

표 3-5. 건조저장시설의 규모별 주요사양

항 목		호 피 식			평면 교반식	
용 량(ton)		10톤	15톤	20톤	30톤	
규 격(M)		φ2.66×5.4	φ2.66×7.8	φ3.55×6.9	φ4.44×5.7	
투 입 능 력 (ton/hr)		10	10	10	20	
배출능력(ton/hr)		10	10	10	20	
곡물 퇴적고(M)		4	5.1	3.7	3.4	
시간당 건감율 (%/hr)		0.06~0.1	0.06~0.1	0.06~0.1	0.06~0.1	
동 력 (kW)	버킷엘리베이 터	1.5			3.2 (교반장치, 배출오거, 소요동력 포함)	
	상부스크류					
	하부스크류					
	송 풍 기	2.2 2.2*	2.2 3.7*	3.7 5.5*		5.5 7.5*
	총소요동력	3.7	5.2	7		10.7

주) *는 버너를 사용하지 않을 때의 사양임

다. 건조저장용 송풍기 설계

1) 설계기준

RPC에서는 열풍건조기와 함께 조합건조를 실시하거나, 누적혼합건조를 실시하는 경우가 많다. 이 때 건조저장빈에서 송풍기의 송풍량은 빈의 최대 퇴적고에서 함수율 18%의 벼를 안전하게 건조할 수 있는 최소풍량비(수확일 10월 1일 기준) 이상으로 하며, 송풍기의 크기는 시험성능과 실제성능간의 차이를 고려하여, 최소 풍량비를 기준으로 산출한 송풍량에 25%을 더하여 계산(농협 RPC 설계기준, 1997)하고 있다.

중형 건조저장빈은 화력건조기와 함께 조합건조를 실시할 경우도 있으나, 단독으로 이용될 경우가 많을 것으로 판단된다. 22~24%정도의 물 벼가 만량에 가깝게 투입되어 건조될 가능성이 높으나, 22~24%를 기준으로 송풍기를 설계할 때는 농가의 최대 사용전력을 고려해야 한다. 따라서, 송풍량을 감소시키면서 동일 수준의 건감율을 유지하기 위해서는 유류를 사용하는 버너에 의한 가온을 고려할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 먼저 풍량비에 따른 건감율과, 가온이 건감율에 미치는 영향을 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 예측하고, 가온정도와 최소 풍량비를 이용하여 송풍기를 결정하였다.

벼의 고정층 건조시의 벼의 함수율과 품온의 예측은 평형모델을 이용하였으며, 지배방정식은 다음 식(3-1), (3-2), (3-3)과 같다. 해석방법은 금 등(1998)과 동일방법을 이용하였다.

$$T_f = \frac{(c_a + c_v H_o)T_o + R(1 + M_o)c_{p0} \theta_o - (H_f - H_o)h_{fg}}{c_a + c_v H_f + R(1 + M_f)c_{pf}} \quad \dots (3-1)$$

$$M_f = M_o - \frac{H_f - H_o}{R} \quad \dots (3-2)$$

$$ERH = RH_f \dots\dots\dots (3-3)$$

여기서, c_a : 건공기의 비열(1.007 kJ/kg · K)

c_v : 수증기의 비열(1.876 kJ/kg · K)

c_p : 벽 건물의 비열(3.49 kJ/kg · K)

c_w : 벽중의 물의 비열(1.2692 kJ/kg · K)

c_{p0} : 건조전 벽의 비열(kJ/kg · K)

c_{pf} : 건조후 벽의 비열(kJ/kg · K)

ERH : 벽의 평형상대습도(dec.)

G_a : 건공기 유동율(kg/hr · m²)

h_{fg} : 벽 수분의 증발잠열(kJ/kg)

H_o, H_f : 유입 및 배출공기의 절대습도(kg/kg)

M_o, M_f : 건조 전후의 벽 함수율(dec., d.b)

M_{ow}, M_{fw} : 건조 전후의 벽함수율(dec., w.b)

R : 벽 건물 대 건공기비 ($\frac{\rho_p \Delta x}{G_a \Delta t}$)

RH_f : 배출공기의 상대습도(dec.)

T_o, T_f : 유입 및 배출공기의 온도(°C)

Δt : 시간증분(hr)

Δx : 벽의 박층두께(m)

θ_o : 벽의 초기곡온(°C)

ρ_p : 벽의 건물산물밀도(kg/m³)

시뮬레이션 프로그램을 이용하여 최소풍량비와 가온정도에 따른 건감율을 예측하였다. 외기조건은 15.8℃, 68%(10월 울산지역 기준), 초기함수율과 곡온은 24%, 25℃, 퇴적고는 3.9m를 기준으로 하여 상온으로 통풍할 경우, 3℃ 및 5℃를 가온한 경우의 건감율을 예측한 결과는 다음 표 3-6과 같다.

표 3-6. 풍량비 및 보조열원 사용에 따른 건감율

풍량비 (cmm/m ³)	건감율(%/hr)		
	상온통풍	3℃가온	5℃가온
1	0.016	0.025	0.032
2	0.029	0.048	0.063
3	0.042	0.072	0.095
4	0.056	0.096	0.126
5	0.070	0.119	0.158

표 3-6에서 알 수 있듯이 풍량비 1~5cmm/m³범위에서 풍량비가 감소하여도 약 3~5℃의 가온에 의해 유사한 건감율을 나타낼 수 있다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 송풍기의 송풍량을 결정하기 위하여 농가의 총 전력사용량을 감안하여 최소풍량비는 10월 1일에 반입되는 벼의 함수율을 22%를 기준(10월 10일에 반입되는 24%의 최소풍량비와 유사)으로 하였다. 최소풍량비 1.255~2.331cmm/m³범위에서 총 전력사용량, 가온정도에 따른 건감율, 각 모델별로 예측되는 곡물퇴적고, 시설구조, 제작비용 등을 종합적으로 감안하여 버너를 사용하였을 때는 최소치를, 버너를 사용하지 않은 경우에는 최대치를 사용하였다.

2) 시설 규모별 송풍기 용량 및 적합성 판단

시설 규모별 송풍기는 표 3-5의 각 시설별 제원과, 업체에서 제공받은 각 동력별 성능곡선을 이용하여 결정하였다.

먼저, 최소풍량비와 벼의 체적으로부터 송풍량을 결정하고, 걸보기 송풍량을 이용하여 다음 식 (3-4)으로부터 벼 퇴적층에서의 송풍량을 계산하였다.

$$\Delta p = 653.54 \times \left(\frac{Q}{A}\right)^{1.2727} \times d \quad \dots\dots\dots (3-4)$$

- 여기서, Δp : 벼 퇴적층의 송풍저항(mmAq)
 Q : 송풍량(m³/min)
 A : 빈의 단면적(m²)
 d : 벼 퇴적고(m)

또한, 성능곡선과 퇴적고별 시스템 곡선을 이용하여 송풍기의 송풍량과 정압과의 관계식을 유도하였다.

그림 은 10톤형에 사용된 2.2kW 송풍기의 성능곡선을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 송풍기의 최대 송풍량은 118cmm수준이었으며, 송풍량과 정압과의 관계는 다음 식 (3-5)과 같았다.

$$\Delta P = 181.91 + 0.677Q - 0.022Q^2 \quad (r^2 = 0.999) \quad \dots\dots\dots (3-5)$$

- 여기서, ΔP : 정압(mmAq)
 Q : 송풍량(cmm)

동일하게 3.75kW, 5.5kW 및 7.5kW의 송풍기의 송풍량과 정압과의 관계는 다음 식 (3-6)~(3-8)과 같았다.

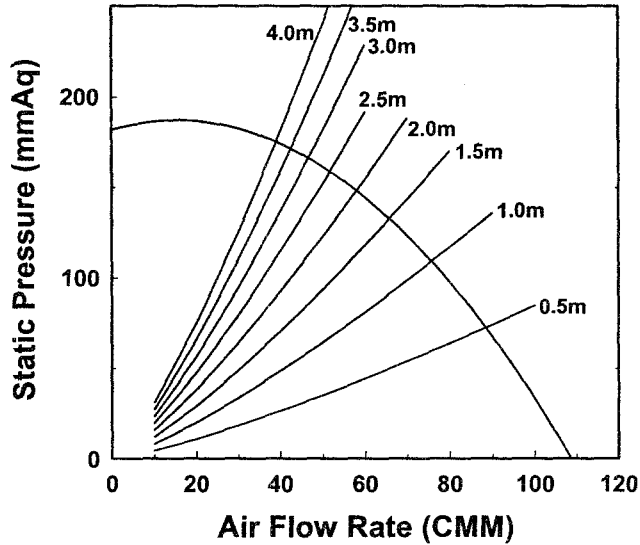


그림 3-2. 송풍기(2.2kW)의 성능곡선

$$3.75\text{kW} : \Delta P = 181.91 + 0.677Q - 0.022Q^2 \quad (r^2 = 0.993) \dots (3-6)$$

$$5.5\text{kW} : \Delta P = 201.44 + 1.333Q - 0.014Q^2 \quad (r^2 = 0.999) \dots (3-7)$$

$$7.5\text{kW} : \Delta P = 226.68 + 0.347Q - 4.218Q^2 \quad (r^2 = 0.996) \dots (3-8)$$

따라서, 버너를 사용하지 않았을 경우를 고려하여 선정한 송풍기의 송풍량, 정압과 퇴적높이의 관계, 퇴적고와 송풍량 변화, 퇴적고와 정압, 그리고 퇴적고와 건감을 등의 관계를 검토하였으며, 그 결과는 다음과 같았다.

그림 3-3은 곡물의 퇴적 이에 따른 송풍량의 변화를 나타낸 것이다. 곡물의 퇴적고와 송풍량 관계는 다음 식 (3-9)과 같이 2차 회귀식으로 계산되었으며, 각 모델별 퇴적고와 송풍량의 관계는 다음 식 (3-10)~(3-11)과 같이 나타낼 수 있었으며, 결정계수는 모두 0.99이상으로 아주 높게 나타났다.

$$Q = b_0 + b_1h + b_1h^2 \dots (3-9)$$

여기서, Q : 송풍량(CMM)

b_i : 회귀계수

h : 퇴적고(m)

○ 10톤형 $Q = 102.73 - 28.06h + 3.02h^2 \quad r^2=0.99751 \dots\dots\dots (3-10)$

○ 15톤형 $Q = 130.95 - 38.58h + 4.02h^2 \quad r^2=0.99299 \dots\dots\dots (3-11)$

○ 20톤형 $Q = 171.98 - 34.80h + 3.17h^2 \quad r^2=0.99946 \dots\dots\dots (3-12)$

○ 30톤형 $Q = 264.14 - 57.55h + 5.76h^2 \quad r^2=0.99990 \dots\dots\dots (3-13)$

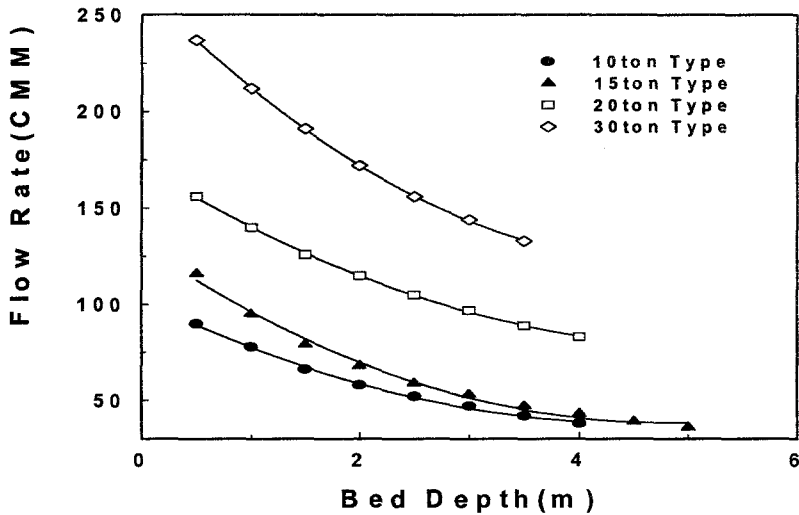


그림 3-3. 건조저장시설 별 퇴적고에 따른 송풍량.

또한, 건조저장시설별 곡물의 퇴적고에 따른 송풍저항을 그림 3-3과 같이 예측하였고, 송풍저항 관계식은 다음 식(3-14)과 같이 2차 회귀식으로 계산할 수 있었으며, 각 모델별 퇴적고에 따른 송풍저항은 식 (3-15)~(3-16)과

같았으며, 결정계수는 모두 0.99 이상으로 아주 높게 나타났다.

$$\Delta p = b_0 + b_1 h + b_1 h^2 \dots\dots\dots (3-14)$$

여기서, Δp : 정압(mmAq)

b_i : 회귀계수

h : 퇴적고(m)

○ 10톤형 $\Delta P = 42.91 + 72.27h - 10.02h^2 \quad r^2=0.98771 \dots\dots\dots (3-15)$

○ 15톤형 $\Delta P = 86.53 + 61.12h - 8.00h^2 \quad r^2=0.95226 \dots\dots\dots (3-16)$

○ 20톤형 $\Delta P = 33.29 + 88.40h - 10.52h^2 \quad r^2=0.99538 \dots\dots\dots (3-17)$

○ 30톤형 $\Delta P = 28.29 + 91.95h - 12.67h^2 \quad r^2=0.99805 \dots\dots\dots (3-18)$

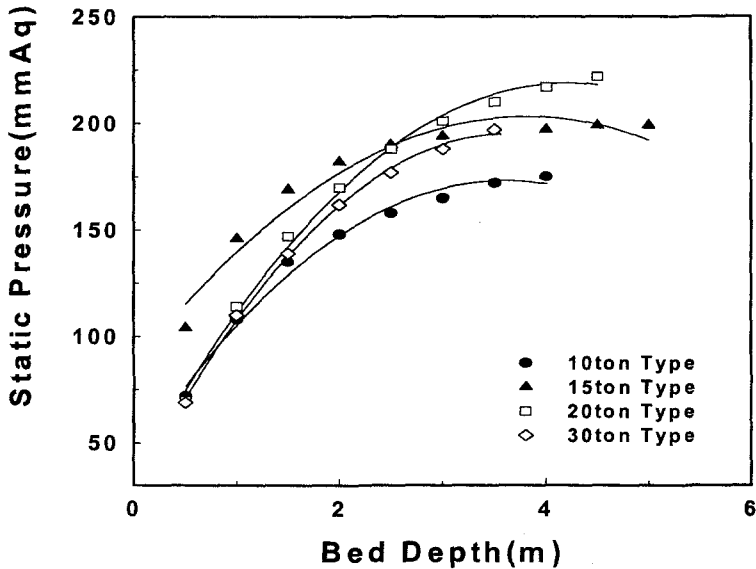


그림 3-4. 건조저장시설의 퇴적고별 정압

그림 3-5는 건조저장시설의 투입용량, 즉, 퇴적고별 건감율을 시뮬레이션 모델을 이용하여 나타낸 것이며, 저장능력별 퇴적고와 건감율의 관계는 다음 식 (3-19)과 같이 2차 회귀식으로 계산되었으며, 각 모델별로 퇴적고와 건감율의 관계는 다음 식 (3-20)~(3-21)과 같았으며, 결정계수는 모두 0.9 이상으로 아주 높게 나타났다.

$$DR = b_0 + b_1h + b_2h^2 \dots\dots\dots (3-19)$$

여기서, DR : 건감율(%/hr)

b_i : 회귀계수

h : 퇴적고(m)

○ 10톤형 DR = $0.06 - 0.01h + 1.33e^{-3}h^2$ $r^2=0.99627$ (3-20)

○ 15톤형 DR = $0.06 - 0.02h + 1.62e^{-3}h^2$ $r^2=0.99618$ (3-21)

○ 20톤형 DR = $0.06 - 0.01h + 5.00e^{-4}h^2$ $r^2=0.99780$ (3-22)

○ 30톤형 DR = $0.07 - 0.01h + 5.71e^{-4}h^2$ $r^2=0.99494$ (3-23)

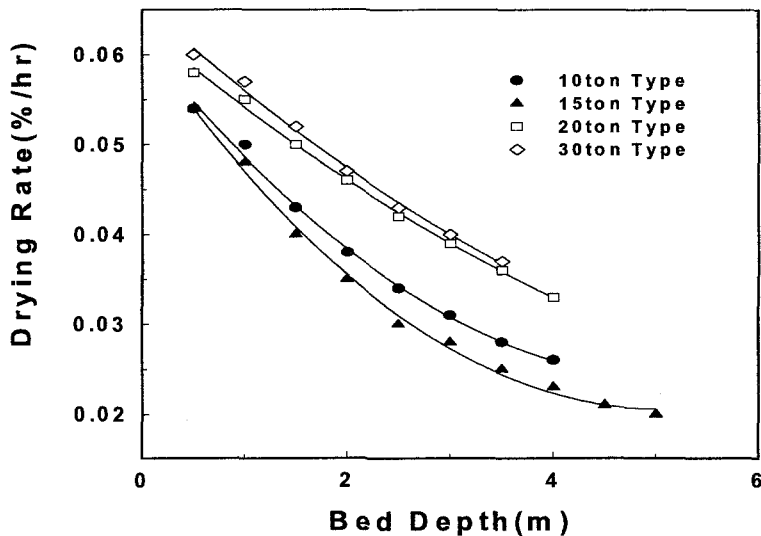


그림 3-5. 건조저장시설의 퇴적고 별 건감율

라. 부대설비

단위장치 중 빈 본체, 투입장치, 배출장치 및 송풍기를 제외한 설비에는 환풍구, 온도측정장치, 보조열원 등이 있다. 이러한 부대설비가 제 기능을 발휘하지 못할 경우에는 건조저장중에 미질을 손상시킬 수 있어 기본적인 사항을 설계에 반영하였다.

1) 환풍구(Air vent)

건조 및 저장작업에서 필수적인 설비로서 지붕에 설치하며, 균일한 공기 배출을 위해서 10톤 및 20톤형은 2개, 30톤은 3개를 설치토록 한다. 또한, 환풍구의 형태는 외부로부터 빗물이 스며들지 않도록 하고 사용하지 않을 때는 자동으로 닫히는 기능을 갖도록 하였다.

2) 온도측정장치

소형 건조저장시설에서는 중요성이 다소 떨어질 수 있으나 건조중에는 외기온도, 유입공기 및 배출공기온도를 측정할 수 있어 온도측정에 의하여 자동운전이 가능하다. 저장 중에는 곡물퇴적고 1m 간격으로 설치하여 곡온 측정을 통한 품질손상을 사전에 예방할 수 있도록 한다.

3) 보조열원

상온통풍건조가 기본이나 함수율이 높은 물벼가 반입되거나 수확 후 기상조건이 악화될 경우에는 필수적인 설비가 보조열원 장치이다. 보조열원은 외기를 2℃ 정도 높일 수 있는 용량을 선택하며 최대 5℃를 초과할 수 없게 설계했고, 농가의 전력사정을 감안하여 유류를 사용하는 버너를 기본으로 하였다. 표 3-7은 건조저장시설의 규모별 보조열원에 의한 건감을 변화를 나타냈다.

표 3-7. 건조저장시설의 규모별 보조열원 사용에 따른 건감율

형태 용량 높이(m)	호 퍼 식			평면 교반식
	10	15	20	30
1℃	0.046	0.037	0.056	0.058
2℃	0.055	0.044	0.067	0.069
3℃	0.064	0.051	0.078	0.080
4℃	0.074	0.059	0.090	0.093
5℃	0.085	0.068	0.103	0.106

2. 입·출고 및 순환시스템의 성능분석

건조저장시설에서 가장 중요한 단위장치중 하나가 입·출고 시스템으로, 입·출고시스템을 연계하여 작동하면 순환시스템이 된다. 입고공정은 버킷 엘리베이터(I) → 투입용스크류컨베이어 → 건조저장빈이며, 출고는 건조저장빈 → 배출용스크류컨베이어 → 버킷엘리베이터(I)로 구성되어 있다. 그리고 순환시스템은 이 단위장치를 이용하여 입고된 건조저장빈의 벼를 출고하여 다시 입고시키는 공정을 동시에 실시함으로 상층 및 하층의 곡물을 혼합하는 기능을 갖고 있다.

입고 및 출고 작업의 단위장치인 버킷엘리베이터와 스크류컨베이어의 규격별 설계사양은 농협 RPC 설계기준에 의거 시간당 처리능력을 설계하였고 이를 토대로 현장 운영실험을 실시하였다. 실험은 입출고 시스템 제작회사에서 실시하였으며, 15.3%의 건벼 10톤을 이용하여 각각의 단위 시스템을

통과한 시간을 스톱워치로 측정하여 시간당 처리능력으로 환산하였다.

표 3-8은 이론적인 처리능력과 현장실험에서 측정한 능력을 비교한 것으로 측정치가 설계치에 비해 낮은 값을 나타내었다. 이는 원료투입 및 배출시 플렉시블 컨테이너에 있는 벼를 지게차로 투입하여 시간의 간격 등이 발생하였고 최대 조건에서 운영하지 못했기 때문으로 판단되어, 측정한 처리능력은 당초 목적인 건조저장시설의 규모들을 충족시켜 줄 수 있는 것으로 분석되었다.

한편, 순환시스템에 대한 현장실험에서는 투입 및 배출게이트의 조작 및 잘못에 의한 문제점이 도출되기도 했지만, 반복실험을 통하여 운영조건을 확립하였다. 이밖에 버킷엘리베이터의 흔들림 현상과 정량배출 문제를 버킷엘리베이터의 디스크드럼의 교정과 균일 배출장치를 적용하여 문제점을 해결하였다.

표 3-8. 입, 출고 단위장치의 설계 및 측정된 처리능력

항 목	설계능력(ton/hr)	측정능력(ton/hr)
버킷엘리베이터(9" × 6")	24	20.6
버킷엘리베이터(7" × 5")	14.0	11.3
스크류컨베이어 (φ 250)	22	19.7
스크류컨베이어 (φ 200)	12	10.5

제 5 절 10톤형 산물건조저장시설의 운영실험

1. 재료 및 방법

개발한 10톤형 산물건조저장시설의 시작품에 대한 현장 운영실험을 실시하였다. 실험은 울산시 농소농협 미곡종합처리장에서 수확기인 1998년 10월 22일부터 10월30일까지 건조실험을 실시하였으며, 건조가 완료된 상태에서 1999년 3월 말까지 약 5개월간 저장실험을 실시하였다.

가. 재 료

울산 농소농협 미곡종합처리장에 1998년 10월 22일에 반입된 평균 함수율이 19%인 추청벼 10톤을 재료로 사용하였다.

나. 실험장치 및 방법

1) 실험빈(10톤형)

본 실험에 사용된 10톤형 건조저장빈(2.4×2.4×4.5m, W×L×H)은 본 연구에서 개발한 시작품으로 그림 3-6과 같았다. 저장빈은 호퍼식 사각형빈으로, 호퍼각도는 30°이고, 투입용 버킷엘리베이터의 규격은 7"×5"로 원심배출식을 사용하였으며, 소요동력은 0.75kW이었다. 배출 스크류컨베이어는 길이 2m, 폭 280mm인 U자형을 사용하였고 소요동력은 0.75kW로 구성되어 있다. 투입 및 배출능력은 시간당 10톤 이상이며 배출장치와 투입장치가 연계되어 있어 건조저장 작업중에 곡물순환이 가능하도록 구축되어 있다.

또한, 곡물의 균일배출을 위해서 회전수 48rpm인 휘더(feeder), 송풍기(2.2kW)가 부착된 통기마루(Plenum), 곡온센서, 압력센서, 그리고 곡물을 균일하게 분산 투입시켜주는 분산판과 모든 장치를 제어하는 콘트롤박스 등으

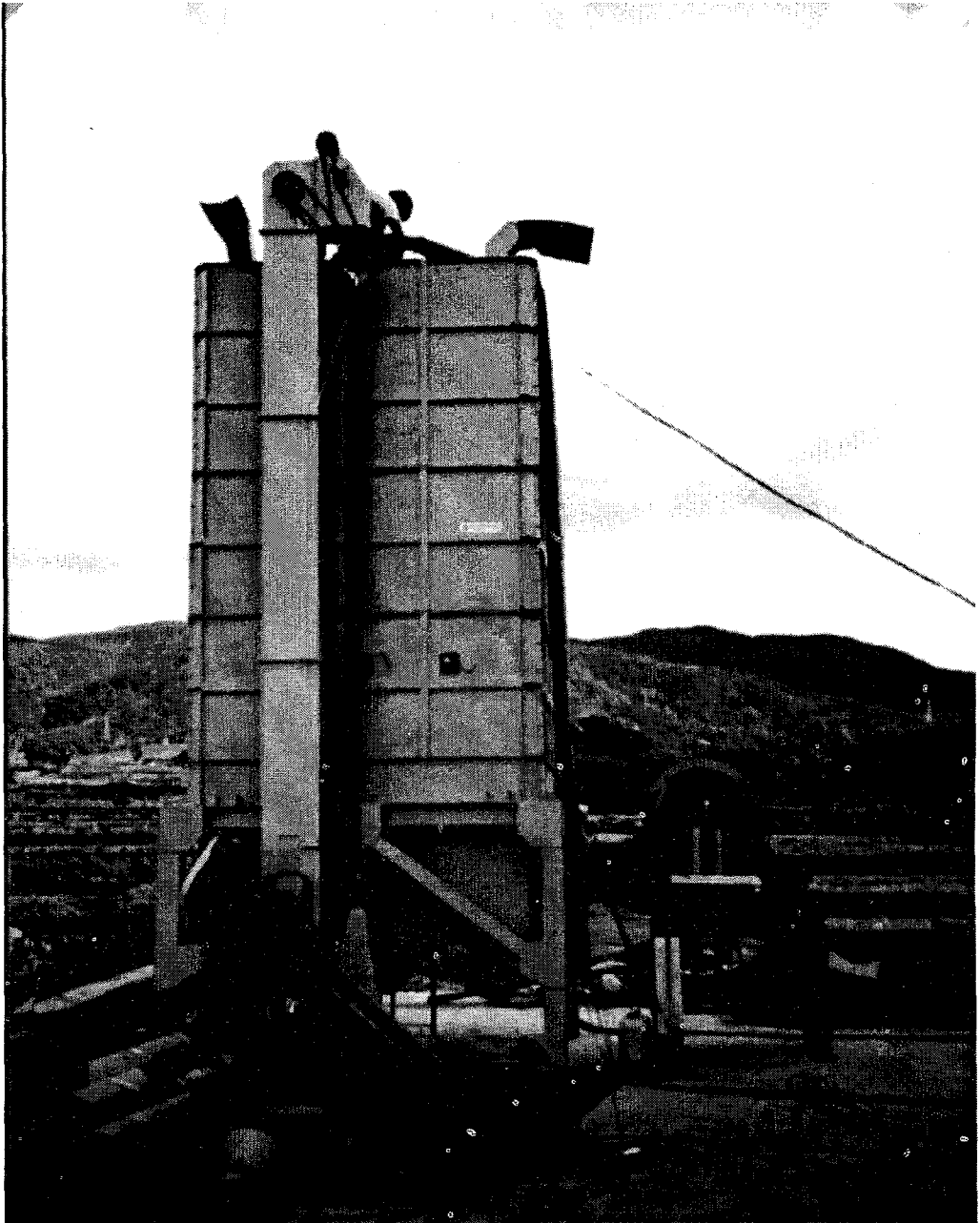


그림 3-6. 10톤형 사각형 건조저장빈 시작품

로 구성되었다.

외기온도, 송풍온도 및 곡물온도 등은 온도센서(K-type)을 이용하여 측정하였으며, 곡온측정을 위해 빈 내부에 50cm간격으로 온도센서 5개를 설치하였다. 공기압력실과 빈 내부의 정압은 그림 3-7과 같이 차압전송기(C264, Setra, USA)로, 건조저장빈 내·외부의 상대습도는 상대습도 전송기(HD8607, USA)를 사용하여 측정하였다. 이를 데이터의 수집은 자료수집장치(Datascan, 7327, U.K)를 이용하였다.

2) 실험방법

사각형빈으로 제작된 10톤형 건조저장시설에 함수율 19%인 원료 벼 10톤을 톤백계량기를 이용하여 계량한 후, 플렉시블 콘테이너에 담겨 있는 벼를 투입버킷엘리베이터에 부착된 간이식호퍼에 투입해서 사각형빈에 입고하면서 투입능력을 측정하였고, 입고작업이 완료된 시점에서 건조저장빈 상당부의 균평도를 측정하였다.

건조를 위한 송풍은 1일 7시간(10:00~17:00)을 기준으로 하였으며, 최종 함수율이 15.5%가 될 때까지 건조토록 하였다. 또한, 송풍기 가동전 1시간 동안 순환작업을 실시하여 상층과 하층간의 불균일한 건조와 과건을 최소화하도록 하였다. 건조가 완료된 벼는 그 상태에서 저장하였다.

건조작업 중에는 매 1시간마다 시료를 채취하여 함수율 변화를 측정하였다. 함수율은 현장에서 단립수분계(Shizuoka, CTR-800, Japan)로 측정하였다. 저장중 벼의 발아율은 고 등(1995)의 방법으로 측정하였다. 먼저, 벼의 정립을 0.1% 아염소산나트륨(sodium hypochlorite) 용액에 2시간 동안 침지시켜 곡립의 표면을 살균한 후 물로 충분히 세척하고, 직경 15cm인 페트리 디쉬에 여과지를 깔고 여과지가 충분히 젖을 정도로 물을 가한 후 벼 정립 100개를 넣고 20℃ 항온기에서 7일간 배양한 후 발아한 미립수를 발아율로

하였다.

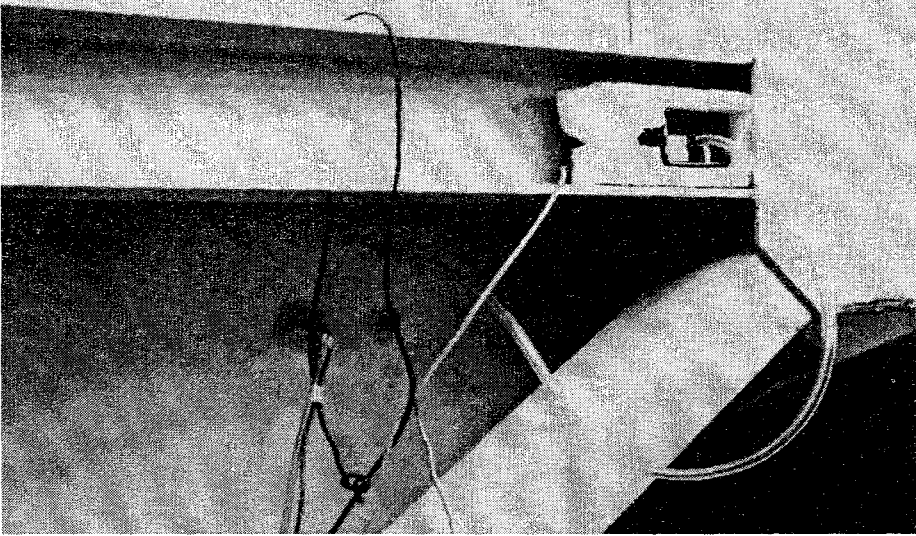


그림 3-7. 공기압력실의 정압을 측정하기 위해 설치한 차압 전송기

2. 결과 및 고찰

건조기간중 외기 온도, 공기압력실에서외의 공기온도 및 곡온의 변화는 그림 3-8과 같았다. 그림에서 알 수 있듯이 건조시작 후 약 35시간 동안 외기 온도는 3~7℃정도였으며, 40시간이후에는 외기 온도가 평균 12℃정도였으며, 상대습도는 약 68%수준으로 상온통풍건조에 적합한 기상조건을 나타내었다.

건조중인 벼의 곡온은 공기압력실에서 측정하 동기의 온도보다 다소 낮은 값을 나타내었는데 이는 건조로 인한 수분증발잠열로 곡온이 낮아졌기 때문인 것으로 판단되었다.

건조기간중 벼의 함수율 변화는 그림 3-9와 같았다. 그림에서 알 수 있듯이 120시간 건조로 목표하는 함수율인 15.5%까지 건조할 수 있었으며, 이는 7일간 50시간 건조작업을 실시한 것으로 시간당 건감율은 0.07%로서 개발된 10톤형 시작품 건조저장시설은 상온통풍건조에 활용할 수 있는 것으로 판단되었다. 또한, 상층과 하층간의 함수율 차이는 약 1.0%수준으로 자체 순환에 의해 상온통풍할 경우 상온통풍건조에서 큰 문제로 대두되었던 상·하층부간의 함수율 차이를 크게 완화할 수 있을 것으로 판단되었다.

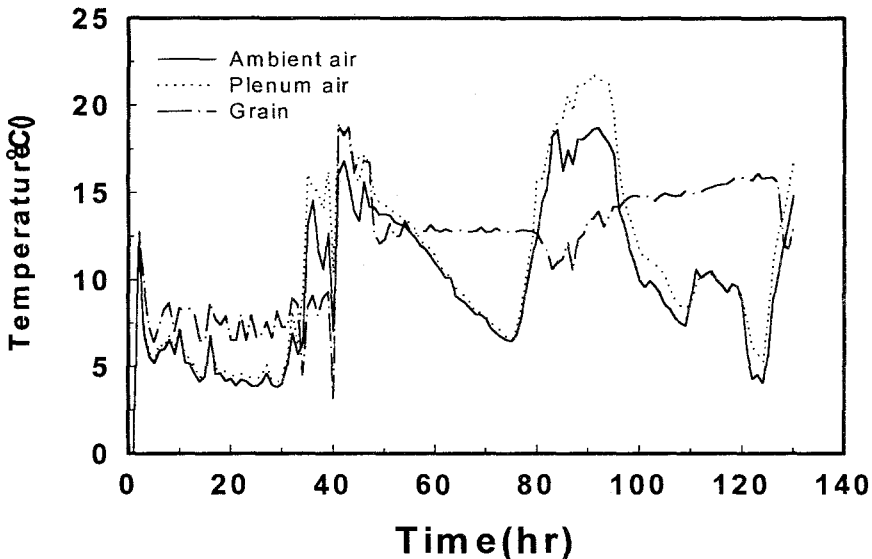


그림 3-8. 건조기간중 측정구별 온도 변화.

건조가 종료된 함수율 15.5%인 벼는 그 상태에서 1998년 10월 31일부터 1999년 3월말까지 5개월간 저장하였다. 5개월 저장후 빈 내의 각 위치별 평균 함수율, 발아율 및 미생물(일반세균, 곰팡이)을 측정한 결과, 수분함량은 15.0%내외를 유지하여 약 0.5%정도의 차이를 나타내었으며, 발아율은 저장 초기 76.3%에서 65.59%로 다소 낮게 나타났다. 또한, 일반 세균수는 $9.8 \times$

10^6 cfu/g에서 1.4×10^7 cfu/g로, 곰팡이는 4.8×10^4 cfu/g에서 1.1×10^5 cfu/g으로 다소 증가하는 것으로 나타났다. 그러나, 이와 같은 함수율 변화, 발아율의 저하, 미생물의 변화등을 감안할 때 저장 전후의 벼의 품질은 큰 차이를 나타내지 않으며, 일반적인 사일로 저장에 비해 거의 변화가 없는 것으로 판단되었다.

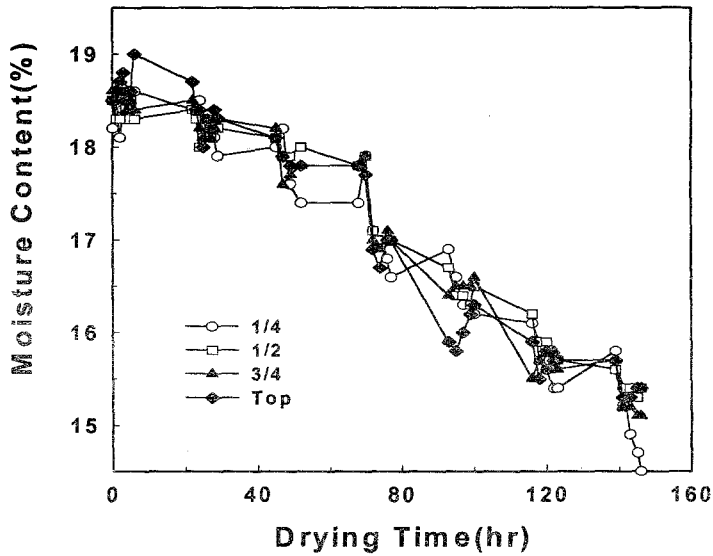


그림 3-9. 건조기간 중 곡물퇴적층별 벼의 함수율 변화

제 6 절 30톤형 건조저장시설의 운영실험

1. 재료 및 방법

개발한 30톤형 산물 건조저장시설의 시작품에 대한 현장 운영실험을 실시하였다. 실험은 전북 익산군 이리농협 RPC에서 수확기인 1999년 10월 19일부터 2000년 4월20일까지 6개월간 건조저장실험을 실시하였다.

가. 재료

전북 익산시 이리농협 미곡종합처리장에 1999년 10월 19일 반입된 22%인 동진 벼 30톤을 시료로 사용하였다.

나. 실험장치 및 방법

1) 실험빈(30톤형)

본 실험에 사용된 30톤형 건조저장빈 시작품(4.44×5.7m, ϕ ×H)은 평면 교반식 원형빈으로 그림 3-10~3-11과 같았다. 건조저장빈 본체는 아연도금 골게이트 철판 조립제품으로 통기마루 상단과 하단에 각 작업문 1개소가 설치되어 있고 건조용 송풍기(7.5kW, 95cm)가 공기충만실에 부착되어 있다. 지붕에는 작업문(1), 환기구(2), 및 작업사다리(1)가 설치되어 있다. 투입용 버킷엘리베이터는 규격이 9"×6"이며, 형식은 원심배출식으로 소요동력은 1.1kW이었다. 배출 스크류컨베이어는 투입용 버킷엘리베이터와 연결되어 있으며 길이는 2.5m, 폭은 300mm인 U자형을 사용하였다. 건조저장빈 내부에는 곡물분산판, 수직오거(1.1kW) 및 배출오거(0.75kW)을 설치하였다. 시설의 투입 및 배출 능력은 시간당 20톤이고, 수직오거의 회전수는 540rpm

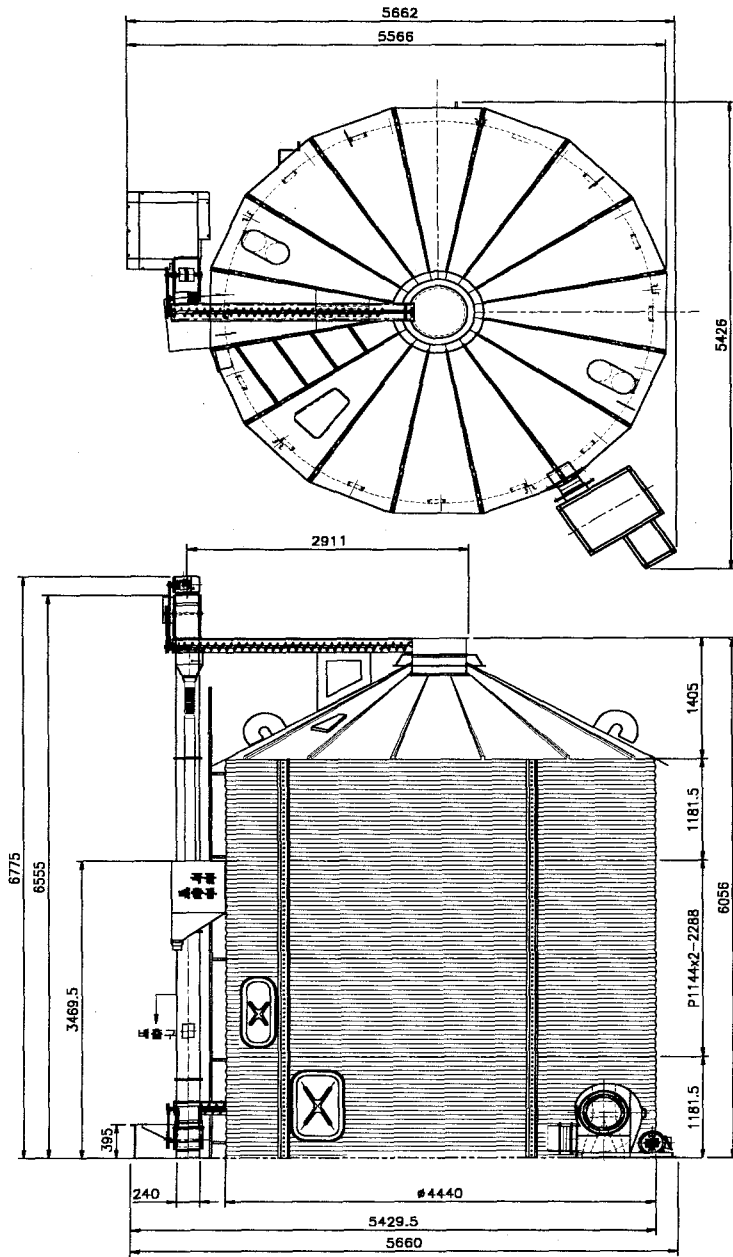


그림 3-10. 30톤형 건조저장시설의 구조도면

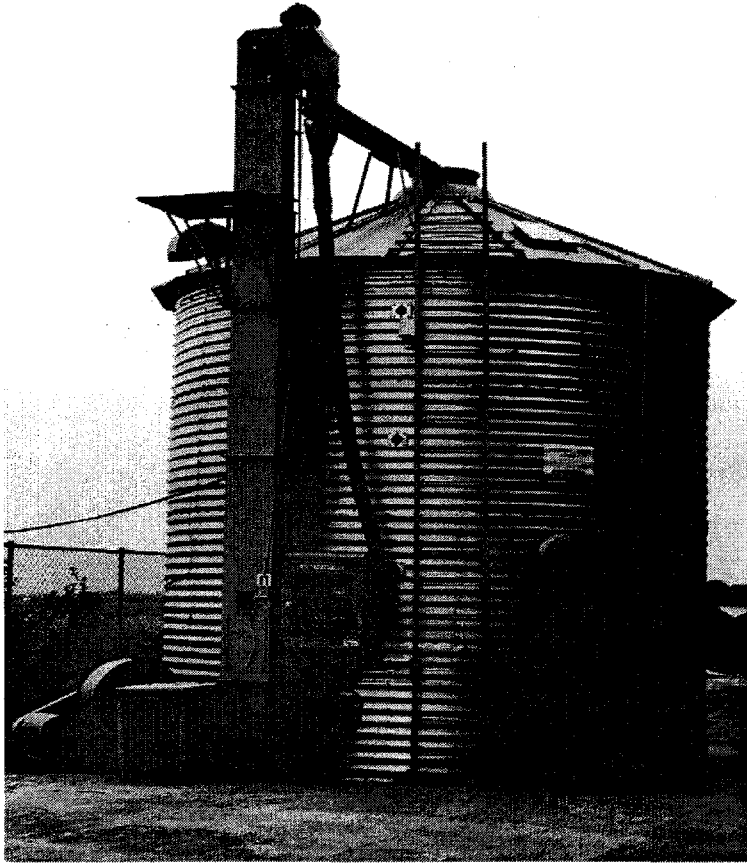


그림 3-11. 중형산물 건조저장시설 시작품(30톤형)

으로 상층 및 하층 곡물을 혼합하는 기능을 갖고 있다. 통기마루는 송풍저항이 없도록 아연도금 다공 철판(다공율 20%수준)을 사용하였으며, 통기마루는 공기층만실에서 다수의 받침용 파이프로 고정되어 있다. 통기마루 중앙부와 양측 1m간격으로 임의 조작성이 가능한 3개의 배출게이트를 설치하여 교반건조 또는 순환건조시 가능한 혼합배출이 일어날 수 있도록 고안된 배출시스템을 이용하였다. 또한, 30톤형 건조저장시설을 운영함에 있어 요구되는 제반공정을 자동 및 수동으로 제어할 수 있도록 하였다.

외기온도, 송풍온도 및 곡물온도 등은 온도센서(K-type)을 이용하여 측정하였으며, 곡온측정을 위해 빈 내부에 50cm간격으로 온도센서 5개를 설치하였다. 공기압력실과 빈 내부의 정압은 그림 3-7과 같이 차압전송기(C264, Setra, USA)로, 건조저장빈 내·외부의 상대습도는 상대습도 전송기(HD8607, USA)를 사용하여 측정하였다. 이를 데이터의 수집은 자료수집장치(Datascan, 7327, U.K)를 이용하였다.

2) 실험방법

가) 건조실험

원형빈으로 제작된 30톤형 건조저장시설에 함수율 22%인 물 벼 30톤을 투입버킷엘리베이터에 부착된 간이호퍼에 투입하여 건조저장빈에 입고하면서 시간당 반입능력을 측정하였으며, 입고작업이 완료된 시점에서 건조저장빈 상당부의 균평도를 측정하였다.

건조를 위한 송풍은 1일 7시간(10:00~17:00)을 기준으로 하였으며, 벼의 최종함수율이 15.5%가 될 때까지 건조하였다. 건조기간 중에는 수직오거 장치를 가동하여 상층과 하층부 곡물의 혼합작업을 했으며, 매 2시간마다 시료를 채취하였다.

나) 교반 및 배출실험

건조실험을 종료한 후에 그림 3-12와 같이 색깔이 다른 3종의 유성 페인트를 이용하여 각 1톤씩 벼 3톤을 착색하여 곡물층별로 균일하게 투입한 후에 교반하여 수직오거의 교반효율, 교반시간 및 교반작업의 사각지대를 측정하였다. 또한, 교반실험이 끝난 혼합된 착색립 3톤과 착색하지 않은 벼 3톤을 두개 층으로 투입한 후, 배출오거와 3개의 배출게이트를 이용하여 배출게이트 사용 개수에 따라 빈 내부에서 곡물의 배출형상, 배출능력 및 잔

곡상태를 조사하였다



그림 3-12. 교반실험을 위한 원료벼의 착색

다) 저장실험

교반 및 배출실험을 완료한 후 함수율 15%인 벼 30톤을 이용하여 1999년 11월 20일부터 익년 4월20일 까지 5개월간 저장실험을 실시하였다. 저장기간 중 곡물의 온도변화 및 함수율변화를 측정하였고, 매 1개월 단위로 시료를 채취하여 함수율, 발아율, 동할율 및 지방산가를 측정하였다. 측정방법은 제 5 절의 방법과 동일하게 측정하였으며, 지방산가는 A.A.C.C.(1983) 방법에 준하여 측정하였다. 현미를 분쇄한 시료 10g을 원통여지에 취하여 지방추출기(Soxxhlet)에서 석유에테르로 16시간 지방을 추출한 다음, 증발기(rotary vacuum evaporator)에서 석유에테르를 증발시켰다. 그 후 50ml의 BAP(Benzene-alc-phenolphthalein) 용액으로 재용해시킨 후 0.0178N의 수산화칼륨 용액으로 표준색이 될 때까지 적정하였다. 이 때 적정에 필요한 수

산화칼륨 용액의 소비량과 50ml의 BAP용액을 0.0178N 수산화칼륨 용액으로 적정하여 표준색이 될 때까지 공실험에 사용된 수산화칼륨 용액의 소비량을 이용하여 다음 식 (3-24)으로 지방산가를 구하였다.

$$Fat\ acidity\ value = \frac{(T-B) \times 10}{100 - W} \dots\dots\dots (3-24)$$

- 여기서, T : 시료의 KOH(0.0178N) 소비량(ml)
- B : 공실험의 KOH(0.0178N) 적정 소비량(ml)
- W : 시료 100g당의 수분량(g)

2. 결과 및 고찰

가. 건조실험

건조기간중 외부공기의 온도는 그림 3-13과 같았다. 그림에서 알 수 있듯이 건조기간중 평균 온도는 14.8℃였으며, 평균 상대습도는 62.7%로서 동일 온습도조건하에서 벼의 평형함수율이 15%이하가 되므로, 상온통풍건조가 가능한 기후 조건이었다.

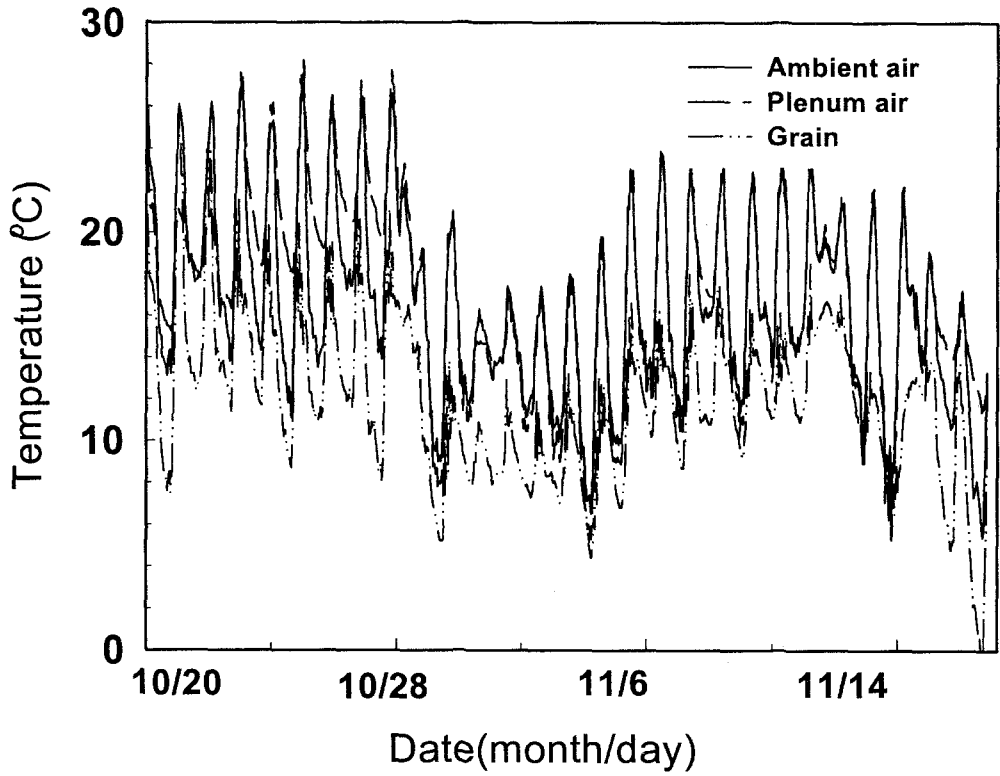


그림 3-13. 건조기간중 외기, 공기압력실 및 곡온 변화

그림 3-14는 총 건조기간 12일 동안의 벼의 퇴적층별 함수율 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 건조 90시간 후에 목표하는 15.5%까지 건조할 수 있었으며, 이때 시간당 건감율은 0.06%이었다. 그러나, 배출오거가 설치되어 있는 곡물 하층부는 건조작업 17시간만에 목표하는 15.5%까지 건조되어, 상층부와 하층부간에 수분 편차가 대단히 크게 발생하는 것을 알 수 있었다.

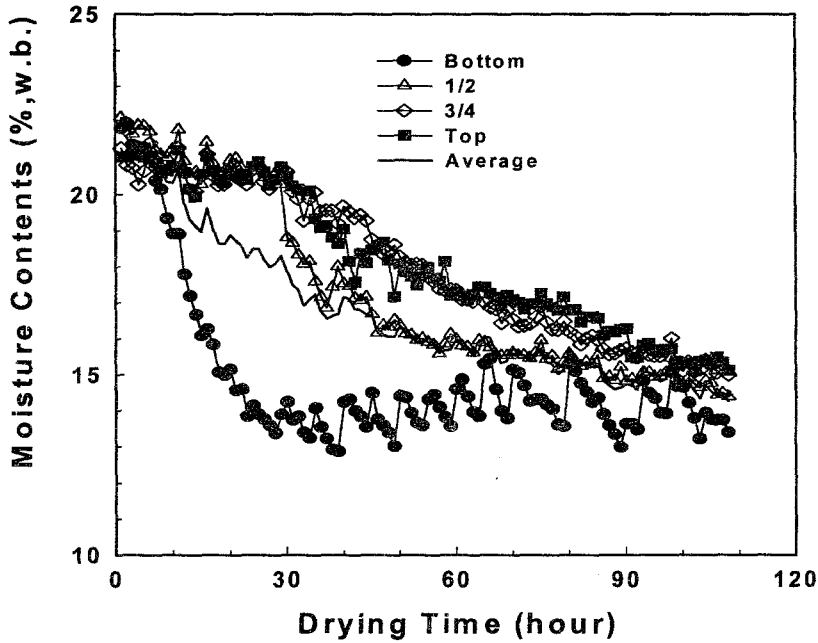


그림 3-14. 건조중 곡물퇴적 층별 함수율 변화

그러나 보조열원을 사용하지 않은 상태에서 계속 건조함에 따라, 하층부의 벼 함수율은 평균 14%까지 저하하였다가 외기의 상대습도에 의해 흡습 및 방습이 반복되었다. 수직오거에 의해 교반되는 층간의 함수율 차이는 약 2~3%정도의 차이를 나타내었으나, 건조가 진행됨에 따라 함수율 차이가 적어졌다.

따라서, 건감율과 각 층간의 함수율 차이를 감안할 때 30톤형 건조저장 시설은 산물건조시설로 활용할 수 있을 것으로 판단되었으나, 통기마루위에서 약 20cm까지의 곡물층의 과건을 방지할 수 있도록 건조 중에 순환작업을 실시하고, 순환중 균일 배출이 가능하도록 다수개의 배출게이트를 활용할 필요가 있었다.

나. 교반 및 배출실험

유성페인트로 착색된 벼 3톤을 이용하여 교반장치(수직오거와 배출오거)를 이용하여 교반실험을 실시하였다. 그림 3-15, 3-16은 수직오거에 의한 교반형태와, 수직오거의 1회 이동궤적을 나타낸 것으로서, 그림에서와 같이 배출오거가 2회전하는 동안 수직오거는 빈 내부를 1회전하였다. 따라서, 수직오거가 2회전했을 때 빈 전체가 수직 교반되는 것을 알 수 있었으며 소요시간은 약 12시간 정도였다. 또한, 건조실험에서 이미 문제점으로 제시되었던 통기마루 위의 배출오거 부위의 곡물층이 교반되지 않는 것을 육안으로 확인할 수 있었으며, 벽체부분도 수직오거가 영향이 미치지 못해 두께 5cm 정도는 교반상태가 불량한 것으로 나타났다. 그러나, 다른 부분은 비교적 균일하게 교반이 이루어졌다.

배출실험에서는 중앙부 배출게이트 1개를 사용할 때는 안식각에 의하여 상층부 곡물이 주로 배출되었으나, 3개를 동시에 사용했을 때는 이러한 현상이 3곳에서 동시에 일어나 소형빈에서는 상층과 하층곡물의 혼합에 효과적임을 알 수 있었다. 그러나, 목적하는 완전 혼합에는 40%정도밖에 충족할 수 없었다. 따라서, 교반식 건조빈에서는 다른 건조빈으로 이송하면서 교반하는 것이 가장 좋을 것으로 사료된다. 그러나 자체적으로 순환 교반을 행할 경우에는 배출게이트의 개수가 증가할수록 교반효율이 높아지는 것을 알 수 있었다.

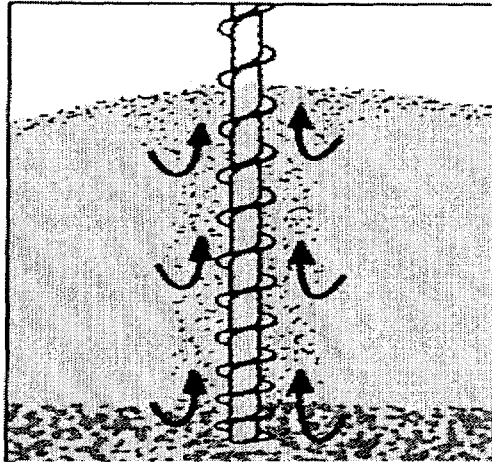


그림 3-15. 수직오거에 의한 벽의 교반형태

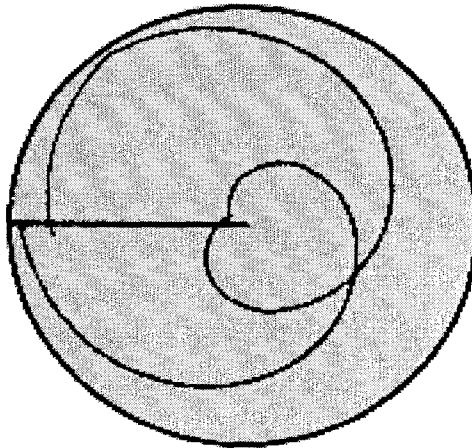


그림 3-16. 수직오거의 1회 이동궤적(상부)

다. 저장실험

1999년 11월 20일부터 익년 4월20일까지 5개월간 저장하였을때, 저장 초기에 비해 곡물의 평균 함수율은 15.4%에서 15%로 0.4%가 떨어졌으나 이는 수분측정 오차 범위에 속하는 것으로 판단되었다. 저장중 곡온은 동절기에는 벽체부분의 곡온이 2~8℃까지 변화를 보였으나, 중심부는 13~18℃로 비교적 안정한 값을 나타냈다. 그러나 3월20일 이후부터는 오히려 벽체부분의 곡온이 외기에 영향을 받아 20℃까지 상승하기 시작하여 저장실험이 종료된 4월 20일에는 24.5℃정도를 나타내었다.

4월 20일에 채취한 벼의 발아율은 81%로서 저장초기의 90%보다 9%정도가 저하하였으며, 지방산가는 초기 23.1(mg KOH/100g)에서 다소 상승하여 25.2를 나타냈다. 또한, 일반세균은 초기에는 2.4×10^6 cfu/g이었으나 저장 후 4.1×10^7 cfu/g로 약간 증가한 반면, 곰팡이는 2.5×10^6 cfu/g에서 3.1×10^6 cfu/g으로 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

제 7 절 건조저장시설의 보완 및 개선

1. 10톤형 건조저장시설의 개선

10톤형 사각형의 건조저장시설 시작품의 운영실험에서 도출된 문제점을 토대로 '99년부터 개발 보급된 10톤형 호퍼식 원형시설로의 보완개선을 실시하였다. 즉, 사각형빈을 양산되는 원형빈에 접목함에 있어 기본적인 구조는 동일하지만 호퍼 경사각도를 종래 30°에서 43°로 높이고, 본체를 용접형사각판넬 조립에서 그림 3-17과 같이 아연도금(골게이트) 소형 사일로 체계로 전환하는 등 일부의 구조와 기능을 개선하였다.

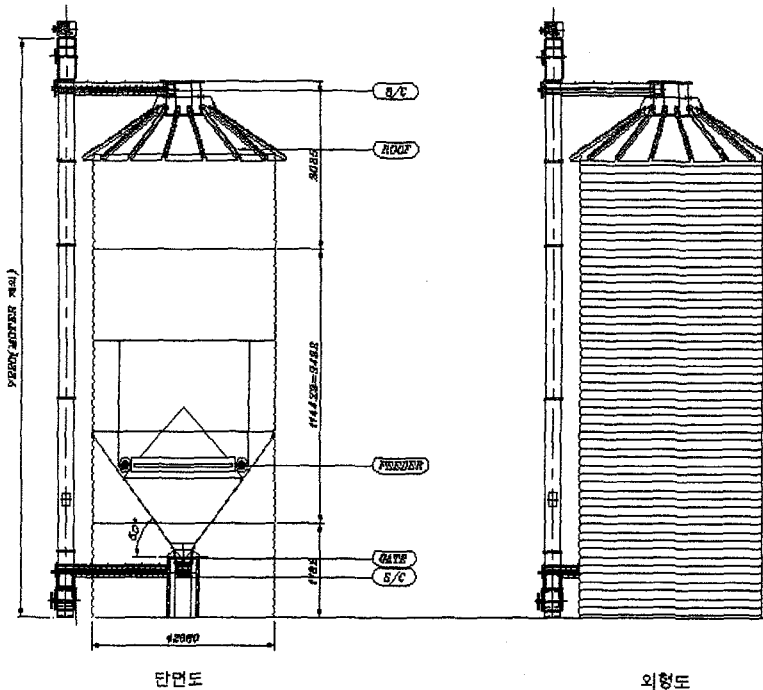


그림 3-17. 10톤형 호퍼식 건조저장시설의 구조.

이는 양산시 가격경쟁력을 확보하면서 입·출고 및 순환작업의 효율 극대화를 위해 실시하였다. 시작품과 비교하면 표 3-8과 같이 몸체 규격에서 세부적인 단위장치에 이르기까지 보완 개선토록 하였다

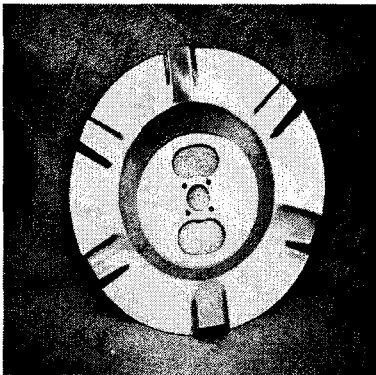
표 3-9. 10톤형 건조저장시설의 보완·개선사항

항 목	초기 시작품	보완 개선 제품
시설형태	사 각 빈	원 형 빈
규 격(m)	2.4×2.4×4.5	φ2.66×5.4
주요자재	철구조물+ 철판 용접삭	아연골게이트 철판조립식
원료투입	버킷엘리베이터+투입슈트관	버킷엘리베이터+투입스크류
분 산 판	굴곡 원형판	날개부착 원형판
작 업 문	지붕 (1)	지붕(1), 본체(2)
배출방법	정량 휘더장치	배출 조절다트
제작형태	수(手)제작	기계화(양산체계)
제작단가	920만원/기	630만원/기

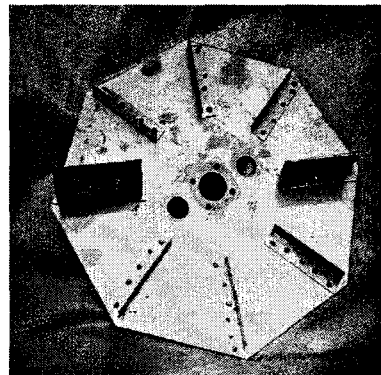
주요자재에서는 외부 설치가 기본인 시설로서 일반철판인 경우에는 매년 보수가 요구되며 사용 가능연수는 7년 정도에 불과했으나, 200g/m² 아연도

금철판을 골게이트로 제작해 조립함으로 30년 이상 사용이 가능하게 되었다. 버킷엘리베이터의 슈트관으로 직접 투입하는 방식은 동할립이 약 2% 정도 증가하고, 슈트관 마모 문제와 빗물이 타고 스며드는 점을 고려하여 투입용스크류컨베이어를 전환하였다. 그림 3-18과 같은 굴곡원형 분산판은 회전시 미끄럼 현상으로 분산효율이 떨어져 날개 부착형으로 개선하였다.

또한, 정량 휘더배출은 물벼 배출시 문제를 발생시켰으며, 이를 개선하기 위해 호퍼식에서 자연배출될 때 중심부에 균일 배출유도장치를 부착토록 하였다. 이렇게 개선 및 보완된 부품은 30톤 건조저장시설 운영실험에서 개선 효과를 입증하였고, 이미 보급된 10톤형 건조저장시설 현장운영에서 문제가 없는 것으로 확인되었다.



(a) 변경전



(b) 변경후

그림 3-18. 건조저장시설의 투입부 분산판

2. 30톤형 건조저장시설의 개선

30톤형 건조저장시설은 당초 설계부터 문제점을 파악하고 시작한 관계로 보완 및 개선사항은 많지 않았다. 그러나 1999년 이리농협에서 운영실험을 실시하면서 도출된 문제점을 중심으로 개선 및 보완을 검토하였다. 건조작업시 수직오거가 영향을 미치지 못하는 벽체 사각지대에 공기의 흐름을 좋게 할 수 있는 공기파이프를 벽면 50cm 간격으로 설치토록 하였고, 약 10cm 정도의 잔곡을 최소화하기 위해서 배출오거의 하단부에 부러쉬를 장착하였다. 또한, 수직오거의 회전궤도에 의한 중심부에 곡온측정센서를 설치할 수 없는 구조를 개선하였다. 중심부 회전축에 유니버설 조인트로 회전에도 센서라인의 휘감김 문제도 개선하였다.

3. 건조저장시설의 공통개선 사항

현재 설계된 건조저장용 송풍기의 소요동력을 대폭 줄일 수 있는 방안을 검토하였다. 건조방법을 누적건조방식으로 전환하고, 송풍기의 회전수를 1750rpm에서 2,600rpm 제고시키면 송풍기의 동력을 30%이상 줄일 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 현장운영실험 결과, 벽의 퇴적고에 따라 이론치 최소 송풍량에서 25%를 추가하여 결정하는 것이 일반적으로 행하던 예측 방법이나 소형빈에서는 추가할 필요가 없음을 알 수 있었다.

제 8 절 밀폐형 건조저장시설의 운영실험

1. 비의 공기 밀폐저장 특성

가. 재료 및 방법

1) 공시재료

비의 공기 밀폐저장실험에는 경기도 용인군 남사면에서 1996년 10월에 수확한 추청벼 4톤을 40kg포대로 구입하여 공시재료로 사용하였다. 공시시료 100포대(4,000kg) 중 임의의 10포대(400kg)를 선정하여 초기 품질을 측정하는데 사용하였다. 공시재료의 초기함수율은 14.4%이었다.

2) 실험장치

본 연구에 사용된 공기 밀폐저장고는 두께 0.83mm의 pvc로 제작하였다. 공기 밀폐저장고의 제원은 표 3-10과 같으며, 저장고는 하부와 상부 덮개로 구성되어 있는 직육면체로, 하부와 상부는 2중으로 된 고무지퍼를 사용하여 밀폐되게 하였다.

표 3-10. 공기 밀폐저장고의 제원

Length (cm)	Width (cm)	Height (cm)	Volume (m ³)	Capacity (ton)	Weight (kg)
295	170	150	7.5	5	29.5

ASTM의 실험방법에 따라 공기 밀폐저장고의 재료로 사용한 pvc의 물리적 특성을 분석한 결과는 다음의 표 3-11과 같다.

표3-11. 공기밀폐저장고의물리적특성

Factors	Physical properties
Permeability to water vapour (ASTM E-96)	8g/m/24hr at 38℃,
Gas transmission rate (ASTM D-144-82)	O ₂ : 326 cc/m ² /day/at CO ₂ : 555 cc/m ² /day/at
Minimum tensile strength (ASTM D-882)	Length : 200 kg/cm Across : 185 kg/cm
Elongation at break (ASTM D-882)	Length : 290 % Across : 305 %
Angle tear test (ASTM D-1004)	Length : 75 kg/cm Transverse : 71.6 kg/cm
Shrinkage	at 0℃ compared to 35℃ : 0.9%

3) 실험방법

공기 밀폐저장고에 벼 10포대를 8단으로 적재하였으며, 상단과 하단 끝부분은 2중 지퍼로 결속하여 연결부위의 공기 유입이 없도록 하여 98년 3월 24일에서 8월 30일까지 약 5개월 동안 저장하였다.

저장고내의 온도와 상대습도의 변화는 저장고의 상부, 중앙 및 하부의 3 지점과 외기의 1지점에 대해서 3시간 간격으로 측정하였다. 저장고내의 산소·이산화탄소 변화량은 저장고 중앙지점에 주사기로 공기를 추출하여 O₂/CO₂ Analyzer(M-8003, Denmark)로 1주일 간격으로 측정하였다.

저장 벼 중 임의의 10포대를 선정하여, 저장고의 상부와 하부에 2포대, 중앙에 6포대를 동·서와 남·북으로 고르게 퇴적하여, 이 10포대에서 저장 전·후에 품질변화를 측정하였다. 또한, 시료 채취구를 설치하여 10일 간격으로 시료를 채취하여 저장기간 중의 품질변화를 측정하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 온도 및 상대습도의 변화

저장고내의 온도와 외기 온도의 변화는 그림 3-19에 나타내었다. 외기 온도는 3월 하순경에 4°C에서 점차 상승하여 8월 하순경에 30°C까지 상승하였다. 저장고내의 온도는 3월 하순에서 6월초까지 12°C~18°C, 6월 중순부터 8월 하순까지는 23°C~30°C로 나타났다. 저장고내의 온도는 상부가 비교적 높게 나타났고, 중앙 및 하부 순으로 높게 나타났다. 여름철 외기 온도가 상승하면서 저장고내의 온도도 동시에 상승하였지만, 외기 온도의 변화에 비하여 완만하게 상승하였다.

저장고내의 상대습도와 외기의 상대습도 변화는 그림 3-20에 나타내었다. 저장기간 중 외기 상대습도는 40%에서 100%까지 밤낮의 변화가 심하였으나, 저장고내의 상대습도는 60%에서 80%범위에서 변화하였으며, 외기에 비하여 변화의 폭이 적었다.

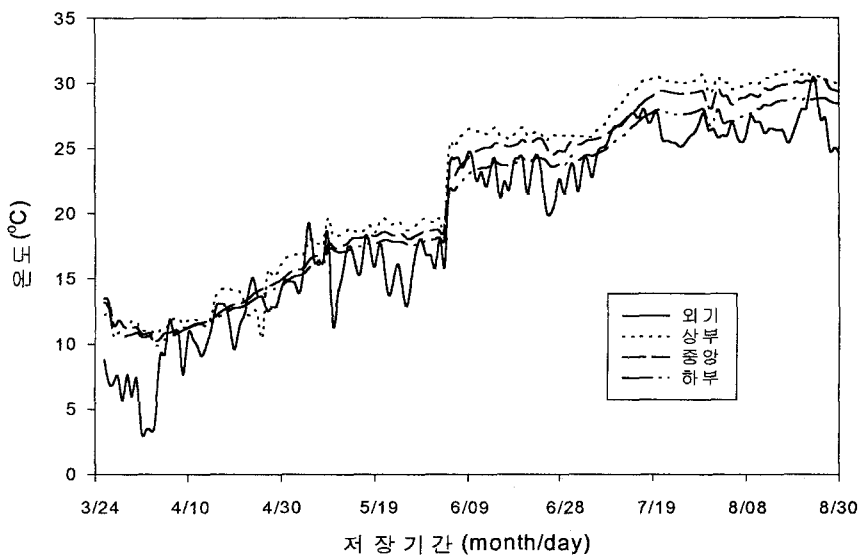


그림 3-19. 저장기간 중 외기 및 저장고내 온도 변화.

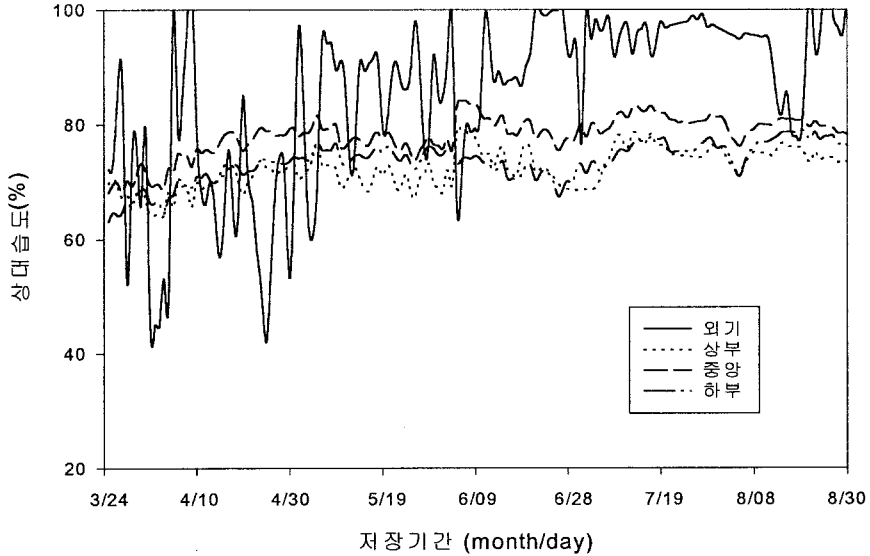


그림 3-20. 저장기간 중 외기 및 저장고내 상대습도 변화.

2) 산소 및 이산화탄소의 농도 변화

그림 3-21은 저장고내의 산소와 이산화탄소의 농도 변화를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 산소의 농도는 저장초기에는 거의 변화 없이 21%를 유지하였으며, 6월초부터 감소하기 시작하여 8월 중순에는 16%를 나타내었다. 이산화탄소 농도의 증가는 산소의 농도 감소의 시기에 대응하여 변화를 나타내었다. 즉, 초기에는 농도변화가 없다가 6월초부터 서서히 증가하여 8월 중순에는 1.6%까지 증가하였다. 이와 같은 현상은 저장 초기에는 비의 함수율이 낮고 저장고내의 온도가 비교적 낮은 20℃ 이하를 유지하여 비의 호흡이 거의 중단된 상태로 판단되며, 저장고내의 온도가 20℃를 상회하는 6월초부터는 호흡이 서서히 증가하였으며, 8월 중순에는 저장고내의 산소의 감소로 호흡이 다시 중단된 상태로 판단되었다.

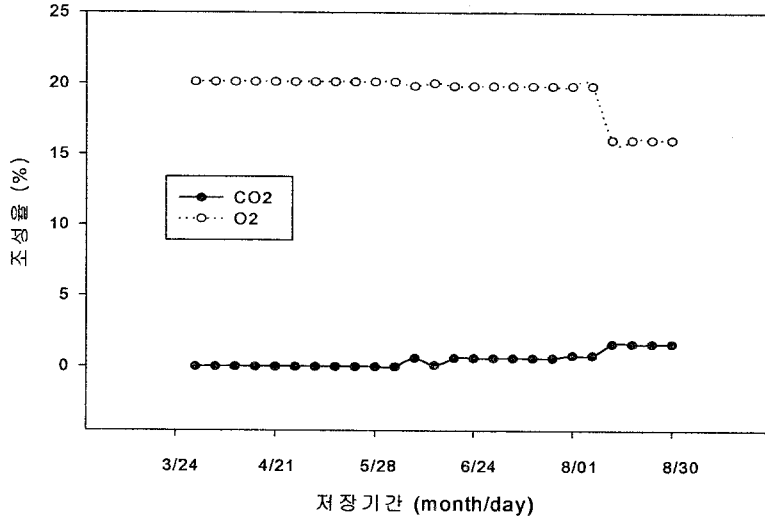


그림 3-21. 저장기간 중 저장고내의 산소 및 탄산가스 발생량

3) 저장 비의 품질변화

가) 함수율 변화

그림 3-22는 저장기간 중 비의 함수율 변화를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 함수율이 14.1%~14.4% 범위에서 증가 또는 감소하는 경향을 나타내었으나 매우 미세하게 변화하였다.

나) 지방산도의 변화

그림 3-23은 저장기간 중 비의 지방산도의 변화를 나타낸 것이다. 저장 초기의 지방산도는 7.5(mg KOH/100g)이었으며, 3월부터 5월 중순까지는 산도의 증가가 거의 나타나지 않았다.

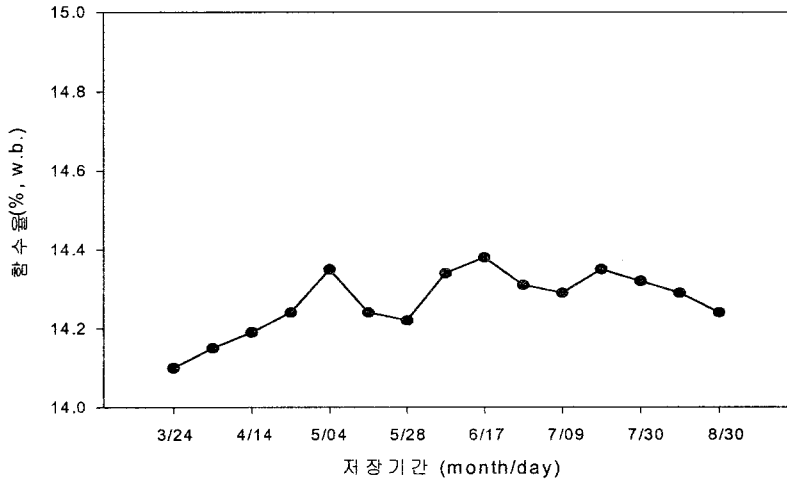


그림3-22. 저장기간중 저장벼의 함수율 변화.

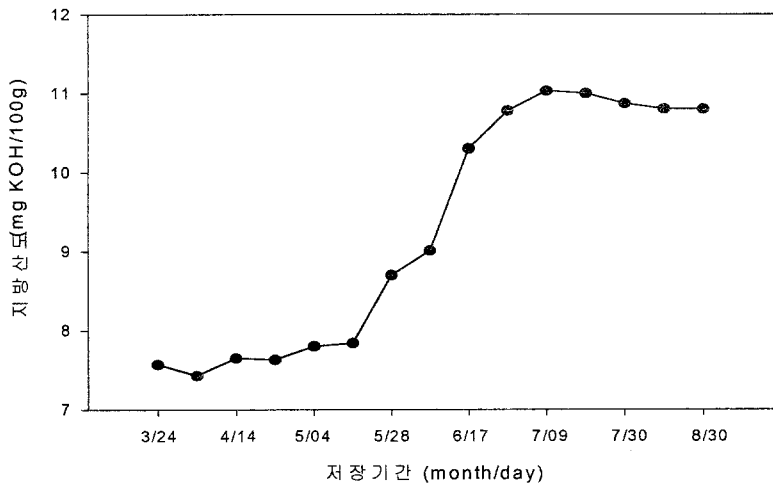


그림 3-23. 저장기간 중 저장 벼의 지방산도 변화.

저장고내의 온도가 상승하는 5월 하순부터 증가하기 시작하여 8월말에는 11(mg KOH/100g)까지 증가하였다. 이와 같은 수치는 벼 품질저하의 지표가 되는 지방산도의 기준치인 20(mg KOH/100g)의 1/2 수준에 불과하여 저

장 벼의 품질 저하는 일어나지 않은 것으로 판단되었다.

다) 저장 전후의 품질 지표 비교

표 3-12는 벼의 저장 전후의 발아율, 동할율, 해충수, 천립중 및 제현율을 비교한 것이다.

발아율은 저장초기에 97.6%였으나 저장 종료 후에 96.5%로서 1.1%로 감소하여 매우 양호하게 저장된 것으로 판단되었다. 또한, 동할율은 저장초기에 20.5%에서 저장 종료 후 20.9%로 약 0.4% 증가하는데 불과하였다. 이는 저장 초기의 동할율이 20.5%로 높게 나타나 곡물의 초기 상태가 매우 불량하였음에도 불구하고 매우 양호한 상태로 저장된 것으로 판단할 수 있었다.

저장 시작과 종류 후에 검출된 해충은 보리나방이었으며, 그 밀도를 보면 저장 시작시의 벼 1kg당 5.3마리이었으나 5개월 저장 후에는 9.0마리로 증가하였으며, 9마리 중 7마리는 사멸한 성충이었으며, 2마리는 생존한 유충이었다. 이는 유충이 발생하여 성장하다가 이산화탄소의 농도 증가로 사멸한 것으로 판단된다. 천립중은 24.3g에서 23.8g으로 약 2%, 제현율은 저장 전후 모두 81.3%로 변화가 없는 것으로 나타났다.

표 3-12. 저장 전·후의 벼 품질 변화

	발아율 (%)	동할율 (%)	해충 발생수 (num/kg)	천립중 (%)	제현율 (%)
저장 전	97.6	20.47	5.3	24.3	81.31
저장 후	96.5	20.87	9.0	23.8	81.26

이상의 저장 벼의 품질변화를 나타내는 발아율, 지방산도, 동할율, 해충 밀도, 천립중 및 제현율이 모두 매우 양호한 상태를 나타내어 저장 중에 벼의 품질은 저하되지 않은 것으로 판단된다.

또한 저장고는 태양의 직사광선, 외기의 고온, 비, 바람 등에 의한 변형과 쥐 등 설치류에 의한 피해는 나타나지 않았다.

2. 벼의 공기 밀폐저장시설을 이용한 상온통풍건조 및 저장 특성

가. 재료 및 방법

1) 공시재료

밀폐형 저장시설에 사용된 벼는 경기도 용인시 남사면의 10여 농가에서 1998년에 수확한 추청과 일품 등 다품종이고, 시료의 총 중량은 32.7톤이었다. 벼의 초기함수율은 18%~19.3%이었다.

2) 실험장치

밀폐형 저장시설은 직경 6m, 최대높이 3.4m의 원형 구조물로 밀폐에 사용된 재료는 PVC이며 두께는 약 0.85mm이었다. 밀폐형 저장시설은 바닥-벽 본체, 덮개, 보호망, 송풍기 및 내부 공기덕트로 구성하였다. 먼저, 보호망을 세우고 안에서 바닥-벽 본체를 설치한 후 바닥에 공기덕트를 설치하고, 송풍기를 연결하였다.

그림 3-24는 설치가 완료된 밀폐형 저장시설을 나타낸 것이다. 설치 후 곡물이송장치(시간당 이송용량 4ton)를 이용하여 원료벼를 투입하였다.

밀폐형 저장시설에 설치한 송풍기의 제원은 표 3-13과 같았다.

표 3-13. 송풍기 제원

송풍량 (m ³ /min)	정 압 (mmAq)	동 력 (HP)
220	110	7.5

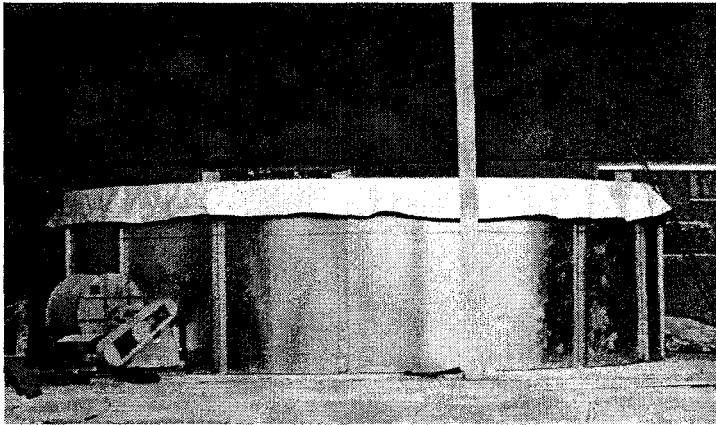


그림 3-24. 밀폐형 저장시설

3) 실험 방법

벼를 투입한 후 송풍기를 오전 9시부터 오후 6시까지만 가동시켜 함수율이 15%~16%가 될 때까지 건조하였다. 또한, 밀폐형 저장시설내의 중앙과 남북 및 동서 방향으로 최상층에서 50cm 간격으로 시료를 채취하여, 건조 중의 함수율, 동할율 및 지방산도 변화를 측정하였다. 벼층을 통과하는 송풍량은 최상단에서 지름 50cm의 집풍관과 풍속계(Anemomaster, M-6141, Japan)로 측정하여 풍량비를 계산하였으며, 풍량비는 2.039cmm/m²이었다. 저장 기간중 벼의 품질평가는 동서 방향으로 3지점을 1.5m 간격으로 선정하여 최상층에서 50cm 간격으로 시료를 채취하여 함수율, 동할율 및 지방산도

를 측정하였다.

저장 기간중 산소와 탄산가스 발생량을 측정하기 위하여 중앙 1지점에 주사기를 이용해서 공기를 추출하여 O₂/CO₂ Analyzer(MAP TEST 4000, U.K)로 측정하였다.

밀폐형 저장시설에서 벼를 건조한 후 덮개를 씌워 10월 24일부터 3월 20일까지 약 5개월간 밀폐저장 실험을 수행하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 외기의 온도와 상대습도

실험기간 동안 3시간 간격으로 측정한 외기의 평균온도와 상대습도는 각각 16.0℃와 68.3%이었으며, 이에 대한 벼의 평형함수율은 14.5%로 상온통풍건조의 수행에 좋은 기상조건으로 판단되었다.

2) 건조 중 벼의 품질 변화

그림 3-25는 밀폐형 저장시설의 바닥층에서 0.5m, 1m, 1.5m 높이 및 최상층의 평균함수율을 일별로 나타낸 것이다. 그림에서와 보는 바와 같이 바닥층의 함수율은 초기 19.26%에서 6일후에 14.4%까지 건조되었으며, 0.5m, 1m, 1.5m 및 최상층은 6일후에 각각 15.2, 15.8, 16.7, 16.6%까지 건조되었다. 건조종료후 전층의 벼 평균함수율은 15.75%이었으며, 시간당 평균 건감율은 0.022%이었다. 밀폐형 저장시설내의 벼의 퇴적층 함수율 차이는 2.2%로서 상온통풍건조가 성공적으로 수행되었다.

그림 3-26은 상온통풍건조 전후의 벼 지방산도와 동할율 변화를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 동할율은 9.18%에서 10.50%로 1.32%가 증가하였

다. 지방산도는 7.32(mg KOH/100g)에서 8.65(mg KOH/ 100g)로 증가하였으나, 품질저하의 지표가 되는 20(mg KOH/100g)의 1/2이하의 수준으로 매우 만족스러운 결과로 판단되었다.

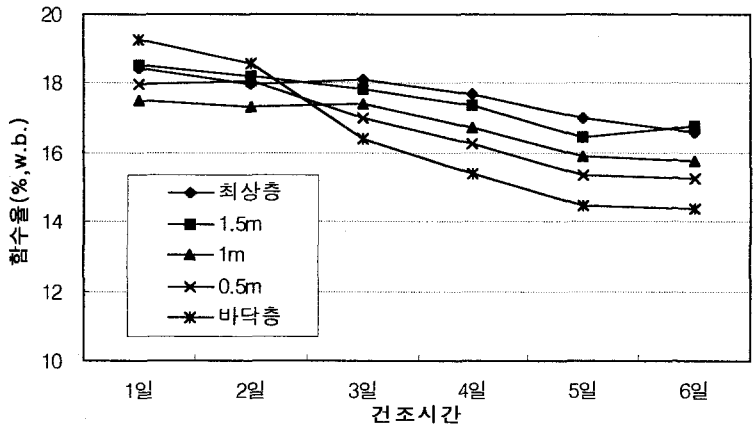


그림 3-25. 밀폐형 저장시설의 상온통풍건조시 함수율 변화

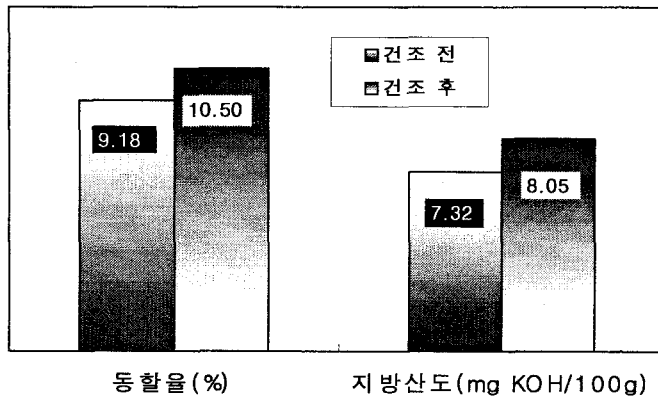


그림 3-26. 상온통풍건조 전·후의 벼 지방산도와 동할율 변화

3) 저장 비의 품질변화

그림 3-27은 저장 비의 퇴적깊이 별 함수율 변화를 나타낸 것이다. 최상층의 함수율은 저장시작 일인 10월 24일에는 16.9%, 저장 중반에는 16.85, 저장 종료일인 3월 20일에는 16.7%로 감소되었다. 그림에서와 같이 퇴적층 별로 저장기간 중의 함수율 변화는 미비한 것으로 판단되었다.

그림 3-28은 저장 비의 퇴적깊이별 지방산도의 변화를 나타낸 것이다. 최상층의 지방산도는 저장시작 일인 '98년 10월 24일에는 6.4(mg KOH 100g), 저장 중반에는 7.1(mg KOH 100g), 저장 종료일인 '99년 3월 20일에는 7.7(mg KOH 100g)로 증가되었다. 그림에서와 같이 지방산도의 변화는 모든 퇴적층에서 저장기간이 길수록 증가하였으나, 매우 미비한 증가로 만족스러운 결과로 판단된다.

그림 3-29는 저장 비의 퇴적깊이 별 동할율의 변화이다. 바닥층의 동할율은 저장시작 일인 10월 24일에는 6.1%, 저장 중반에는 6.4%, 저장 종료일인 3월 20일에는 6.7%로 측정되었다. 그림에서와 같이 동할율은 0.3~1.3% 증가하였다. 따라서, 저장기간 중의 동할율 변화는 미비한 것으로 판단되었다.

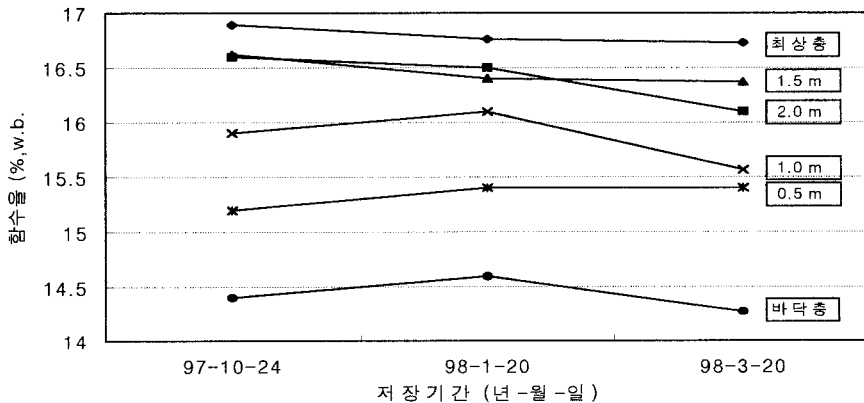


그림 3-27. 저장 비의 함수율 변화

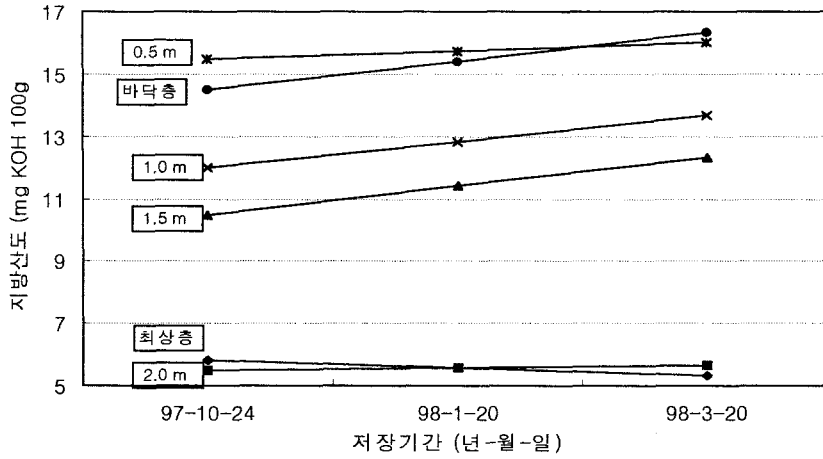


그림 3-28. 저장 비의 지방산도 변화

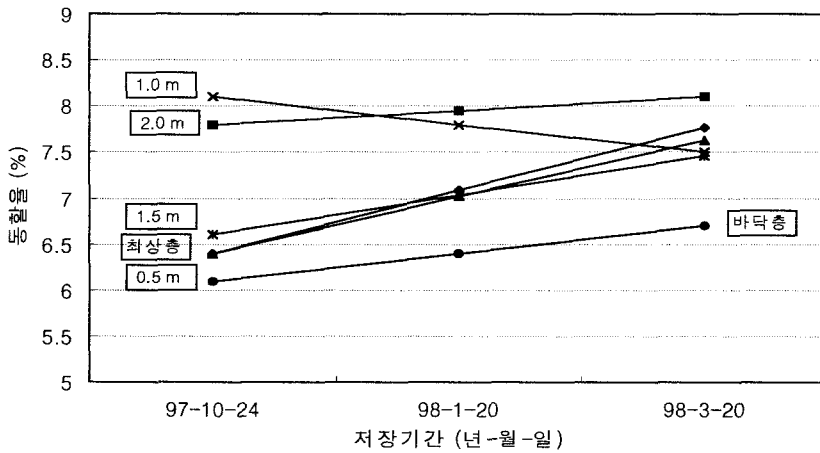


그림 3-29. 저장 비의 동할을 변화

4) 산소 및 탄산가스 변화량

밀폐저장은 비의 함수율이 높고, 온도가 높을수록 비의 호흡이 왕성하여 탄산가스의 발생량이 증가되고 상대적으로 산소가 감소된다. 본 연구에서는

4주 간격으로 밀폐형 저장시설내의 산소 및 탄산가스 발생량을 측정하였으나, 벼의 함수율이 비교적 낮았고 저장기간이 동절기로 인하여 곡온이 낮은 관계로 탄산가스의 발생량이 극히 미비하였다.

3. 0.5톤 포대저장실험 및 운영방법정립

가. 재료 및 방법

1) 공시재료

공시재료는 전북 익산시 이리미곡종합처리장에서 1999년도 익산지역에서 수확한 추청벼를 산물 구매하여 열풍건조기로 함수율 15~16%로 건조한 후 저장하였다.

2) 실험방법

야적 및 평창고에서 저장중인 0.5톤 포대 중 각각 2포대, 총 4포대를 실험에 이용하였다. 그림 3-30과 같이 평창고에서 저장중인 포대 중 임의의 2포대를 선정하여 하나의 포대에는 pvc 비닐로 완전 밀폐하였고 나머지 하나는 포대상태로 저장하였다. 그림 3-31와 같이 야적 상태에서 저장중인 포대도 하나의 포대에는 pvc 비닐로 완전 밀폐하였고, 나머지 하나는 포대로 저장하였다. 실험에 사용한 포대의 상단, 중단 및 하단에 온도센서(k-type)를 설치하여 자료수집장치(Datascan, 7327, UK)을 이용하여 실시간으로 온도를 저장하도록 하였다. 저장 벼의 품질변화는 10일 간격으로 각 포대의 상단과 하단의 시료를 채취하여 함수율, 동할율, 지방산도, 발아율 및 천립중을 측정하였다.

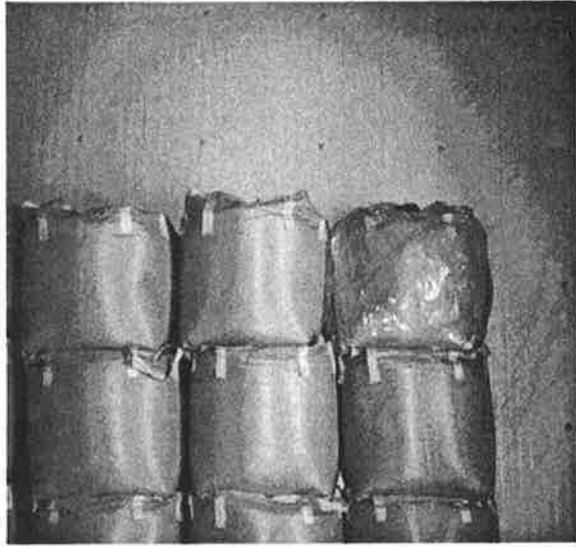


그림 3-30. 평창고에서 저장 실험



그림 3-31. 야적 상태에서 저장 실험

다. 결과 및 고찰

1) 온도 및 상대습도의 변화

야적 및 평창고에서 0.5톤 포대로 저장한 벼의 온도는 그림 3-32와 같았다. 곡온은 저장 초기에서 4월 초순까지 7℃~14℃의 분포를 보였으며, 저장 조건에 따른 곡온의 차이는 없는 것으로 나타났다. 외기의 온도가 상승하는 4월 중순부터는 곡온이 17℃에서 저장 종료까지 최고 24℃까지 상승하였다. 이 기간에는 야적 상태의 벼의 곡온(①,②,③,④) 보다는 평창고에서 보관중인 벼의 곡온(⑤,⑥,⑦,⑧)이 약 2℃ 정도 낮게 나타났다. pvc 비닐로 밀폐한 벼의 곡온과 밀폐하지 않은 벼의 곡온 차이는 미비한 것으로 나타났다. 또한 포대의 상단과 하단의 곡온 차이도 미비한 것으로 나타났다.

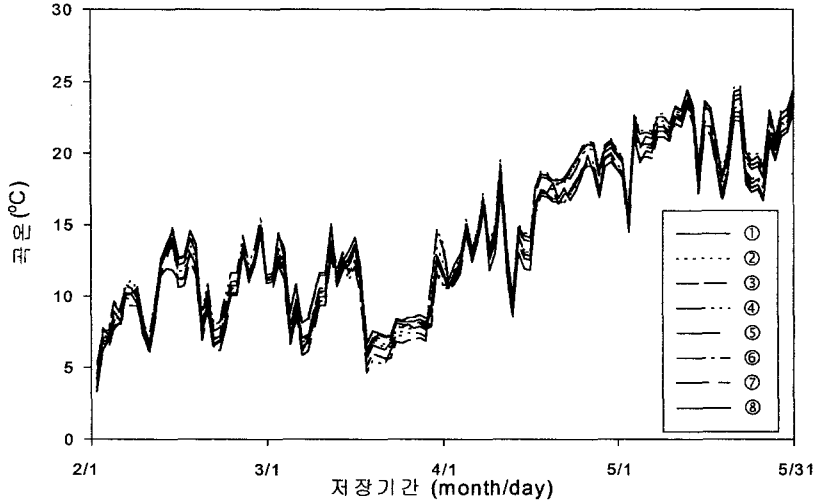
2) 저장 벼의 품질 변화

가) 함수율 변화

그림 3-33은 저장 기간 중 저장 벼의 함수율을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 저장 조건에 따라 저장기간 중에 함수율 변화는 거의 미비한 것으로 나타났다.

나) 지방산도 변화

그림 3-34는 저장 기간 중 벼의 지방산도 변화를 나타낸 것이다. 저장 초기의 지방산도는 14.7~16.4(mg KOH/100g)로 비교적 높게 나타났으며, 3월말까지는 산도의 증가가 미비하였으나, 저장고내의 온도가 상승하는 4월부터 증가하기 시작하여 5월에는 18.3~22.6(mg KOH/100g)까지 증가하였다.



- ① 야적상태에서 밀폐한 포대의 상단 곡은
- ② 야적상태에서 밀폐한 포대의 하단 곡은
- ③ 야적상태에서 밀폐하지 않은 포대의 상단 곡은
- ④ 야적상태에서 밀폐하지 않은 포대의 하단 곡은
- ⑤ 평창고에서 밀폐한 포대의 상단 곡은
- ⑥ 평창고에서 밀폐한 포대의 하단 곡은
- ⑦ 평창고에서 밀폐하지 않은 포대의 상단 곡은
- ⑧ 평창고에서 밀폐하지 않은 포대의 하단 곡은

그림 3-32. 저장 조건에 따른 벼의 곡온 변화

다) 저장 전·후의 품질 지표 비교

표 3-13은 저장 전·후의 품질 변화를 나타낸 것이다. 발아율은 저장조건에 따라 3~9%까지 감소하는 것으로 나타났으며, 동할율 변화는 미비한 것으로 나타났다.

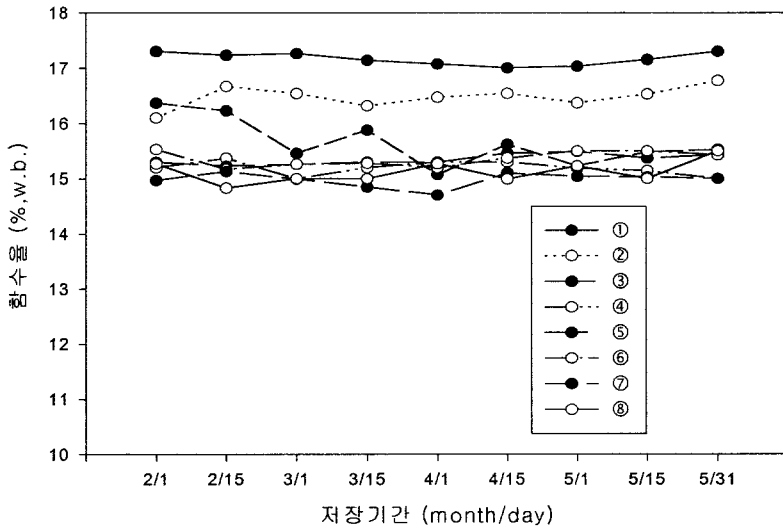


그림 3-33. 저장 기간 중 저장 비의 함수율 변화

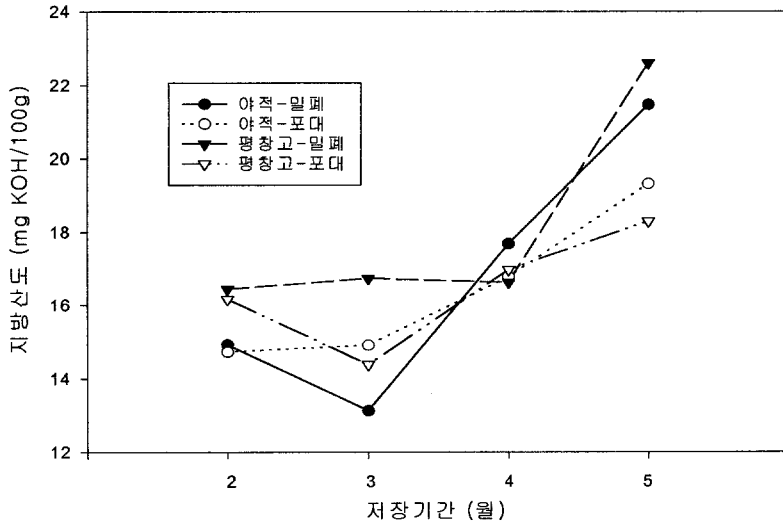


그림 3-34. 저장 기간 중 저장 비의 지방산도 변화

표 3-14. 저장 전·후의 벼 품질 변화

저장조건	저장시기	발아율(%)	동할율(%)
야적-밀폐	저장 전	77	2.5
	저장 후	70	3.2
야적-포대	저장 전	84	6.0
	저장 후	75	6.5
평창고-밀폐	저장 전	87	3.8
	저장 후	84	4.5
평창고-포대	저장 전	93	3.7
	저장 후	88	3.5

제 9 절 건조저장시설의 운영지침

중형 산물건조저장시설은 농촌현장에 설치 운영되는 농업시설의 일부로 농가 또는 누구나 설치 및 운영할 수 있도록 운영지침서를 작성하여 현장적용 실험을 통해 1차 보완하였다. 운영지침서에서는 벼의 품질을 유지할 수 있는 건조저장방법에서부터 시설의 규모 및 형식별 설치요령과 제반 운영요령과 사후봉사에 이르기까지 상세하게 제시하였다.

본 절에서는 종합연구보고서임을 감안하여 기본적인 구성과 내용만을 정리하였다.

1. 사용전 주의 사항

건조저장시설의 운영지침에서 가장 먼저 접하는 부분으로 안전대책을 강구하여 농가의 재해방지에 강조하였다. 취급설명서의 안전표시 내용과 기계에 부착되어 있는 안전표지는 위험정도에 따라 "주의" "경고" "위험"으로 구분되어 있고, 각종 구동부분과 스크류 등의 그림과 함께 주의해야할 신체부위의 그림을 함께 삽입하여 더욱 안전에 기여하도록 하였다. 이밖에도 경보울림, 곡물의 과투입 및 동력부 과부하에 관한 안전장치와 송풍기 안전망, 상·하부 안전커버 및 안전망 같은 안전방호장치에 대하여 주의를 상기토록 하였다.

2. 제품의 특징, 사양, 설치 및 점검

벼의 적기 수확요령과 최적 상온통풍건조방법, 곡물의 장기저장요령을 등을 설명하였고, 개발된 건조저장시설의 형식별 각각의 특징들을 상세히 기술하였다. 또한, 건조저장시설의 형식 및 규모별로 구조와 규격 그리고 부

품명칭과 번호를 표시하여 설치 및 점검에 편리성을 도모하였다. 특히, 생산농가에서 시설을 설치할 수 있도록 설치순서에 입각하여 그림으로 설치요령을 기술하였다. 건조저장시설의 사전 또는 사후 점검을 위해 시설점검 목록을 작성하여 설치농가에서 효율적으로 시설을 점검할 수 있게 하였다.

3. 건조저장시설의 운전방법

건조저장시설의 운전방법은 설치농가에서 누구나 쉽게 이용할 수 있게 그림과 함께 설명하였다. 우선, 콘트롤박스의 기능에 대한 설명과 투입요령, 건조요령, 배출요령, 순환요령 및 일반요령을 체계적으로 기술하였다. 특히, 30톤형 교반식 건조시설에 대해서는 수직오거와 배출오거의 역할과 조작방법, 누적 교반건조의 장점을 제시하여 건조작업의 효율을 제고토록 하였다. 그리고 건조된 벼의 저장 작업시 곡은 관리의 필요성과 관리요령이 체계적으로 기술되어 있다. 또한, 저장중 이상한 징후가 발견될 때 환풍 및 순환작업을 실시할 수 있도록 운전방법을 상세하게 제시하였다.

4. 보수와 보관요령 및 사후봉사

주요부위 점검 및 보수방법을 제시하여 간단한 문제 발생시 설치자가 직접 해결할 수 있도록 기술하였다. 그리고 모든 작업이 종료되면 다음 이용시기까지 건조저장설비를 어떻게 보관 관리하는 방법에 대해서 이해하기 쉽게 설명하여 기계설비의 사용 수명을 연장토록 하였다. 한편, 무상점검, 부품판매, 사후봉사 등을 기술하여 설치자가 운영함에 불편함이 없도록 조치하였다.

제 10 절 건조저장시설의 산업화 방안

1. 시설의 양산체계 확립

가. 설계도면

건조저장시설의 규모별(10톤형, 15톤형, 20톤형, 30톤형) 기본 설계도면과 세부 설계도면을 작성하였다. 설계된 5종의 설계도면 시제품을 생산을 통해 2차에 걸친 수정 보완작업을 완료하고 표준설계도면화되어 있다. 기존의 화력건조기 및 사일로 생산라인에서 필요시 양산할 수 있는 체계를 구축한 상태이며, 표준화 작업을 통한 생산비 절감 방안을 위한 준비를 하고 있다.

나. 제작 및 설치시방

표준화된 설계도면으로 일반제작 시방에서 특수시방에 이르기까지 제작 시방서를 작성하여 곧바로 생산공정에 적용할 수 있도록 준비하였다. 또한, 많은 생산능가를 상대하는 시설 보급임을 감안하여 초급기술자라면 누구나 설치가 가능하도록 시설의 설치 시방서를 작성하였다.

다. 설비와 부품의 호환성 향상

건조저장시설의 투입버킷엘리베이터, 배출 스크류컨베이어 및 보조열원 장치 등을 사용함에 있어 10~20톤형은 동일한 규격의 장치를 사용함으로 필요시 단위장치의 교환을 쉽게 할 수 있도록 설계하였다. 이 규격은 쌀 생산의 중심역할을 수행할 미곡종합처리장의 이송설비의 표준규격을 준수했기 때문에 이송벨트, 버킷, 볼트 및 베어링 등을 쉽게 저렴한 가격으로 부품을 구입할 수 있도록 설계되어 있다.

라. 시설의 규모 다양화

본 연구에서는 10톤형과 30톤형 건조저장시설을 개발하는 것으로 제한되어 있으나 영세농가, 소농가, 중농가, 대농가 및 쌀작목반과 위탁영농단에 이르기까지 다양한 수요계층이 있다. 따라서, 15톤형과 20톤형을 추가로 개발하였으며, 조립식 사일로 형태임으로 필요시 5종의 모델 중간규모는 조립식 높이만 조절하면 다양한 규모의 건조저장시설을 보급할 수 있게 하였다.

2. 시설의 확대 보급방안

우리 나라 벼의 수확 후 관리기술 현황을 살펴보면 아직도 60%이상이 자연건조에 의존하고 있는 실정에서 기계건조를 90%까지 제고되도록 고려하였다. 따라서, 정부와 농협은 농가단위의 건조저장시설을 확대하는 방향을 수립할 수밖에 없는 것이 지금의 실정이고, 이미 농협은 연구 중간에 상온 통풍건조시설 보급에 30% 보조금을 지원하고 있다. 정부 역시 쌀 전업농과 위탁영농단 육성정책을 추진하고 있어 기존의 정책과 연계하여 보급사업을 확대하는 방안 모색이 요구된다.

2004년까지 360개소의 미곡종합처리장이 보급되고 1200개소의 위성건조시설이 보급되어도 벼 총생산량의 30% 정도밖에 건조저장할 수 없는 규모이다. 그리고 기존의 미곡종합처리장의 건조저장능력을 2,000톤에서 증설할 수 있는 한계는 3,000톤을 넘어설 수 없다. 이는 약 25일 정도에 불과한 짧은 수확기에 많은 물량을 건조할 수 없다는 것이다. 수확기에 물벼 건조는 생산농가 위주의 서비스사업으로 발전하기 때문이다. 그러므로 미곡종합처리장에서 짧은 수확기에 처리능력보다 과다한 물량을 반입하여 쌀의 품질을 저하시키는 일들이 현실로 나타나고 있음을 인식하는 농협에서는 농가단위의 건조저장시설 보급에 노력을 집중할 것이다. 또한, 쌀의 상품화시대를 맞

아 품질경쟁은 더욱 치열해질 것이고 건조저장의 중요성은 보다 강조될 것
이므로 중형산물건조저장시설의 보급은 더욱 더 확대될 것으로 전망된다.

제4장 현미 품온조정을 통한 가공기술 개발

여 백

제 4 장 현미 품온조정을 통한 가공기술 개발

제 1 절 서 설

쌀의 함수율에 따라 밥의 외관, 끈기, 향기 등이 다르며, 일반적으로 비교적 함수율이 높은 15.5~16.5%정도에서 가장 우수한 식미를 나타낸다. 또한, 현미의 품온에 따라서도 식미가 달라지는데 일반적으로 현미의 품온이 낮을수록 식미가 우수한 것으로 알려져 있다. 또한, 가공중 싸래기는 주로 열응력에 의해 발생하는데 현미의 함수율과 현미의 품온이 낮을수록 감소하여 완전미수율이 증가하나, 도정능률은 감소하고, 소비전력은 증가하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 川村(1991)은 가공시의 식미, 완전미수율, 도정능률 등을 고려할 때 현미의 최적조건은 함수율은 15.5~16.5%, 품온은 15~25℃ 정도라고 보고하였다.

그러나, 현미의 적정한 품온은 현미의 함수율은 물론이며, 정미기의 종류 및 구성, 외기 온·습도조건과 분풍여부, 분풍의 온도 및 상대습도와 같은 여러 가지 조건과 밀접한 관계가 있어 일정하지 않다.

한편, 일본의 경우에는 주로 15℃ 정도의 저온저장고에 현미를 저장하므로 가공시 별도의 현미의 품온을 조정할 필요가 없는 실정이다. 또한, 외기 온도가 5℃ 이하가 되면 가공을 실시하지 않는 것으로 알려져 있으며, 일부 北海島지역 등 추운지방에서는 pre-conditioner라고 하는 물을 가온한 후 가습하는 시스템을 겨울철에 한정하여 적용하고 있는 것으로 알려져 있다.

우리 나라에서는 미곡종합처리장은 물론이며 일부 임도정공장 등에서도 현미를 현미탱크에서 하룻밤을 방치하여 현미의 온도 및 함수율을 조정하거나, 동절기에 현미의 표면에 약 30℃의 물을 가수하여 표면을 습윤화하여

가공하는 일종의 품온조정을 실시하고 있다. 그러나, 물의 온도가 낮을 경우 현미표면에 흡수되지 않게 되고, 물의 온도가 높을 경우 현미의 품온이 상승하여 가공중 싸래기 발생이 증가하여 완전미 수율이 감소하고 식미가 현저하게 저하하게 된다. 특히, 외기온도가 높을 경우 이러한 문제의 발생여지가 많으며, 가수한 후 바로 가공하지 않으면 현미의 품질이 빠르게 저하하게 된다.

각 RPC에서는 자체 브랜드에 대한 품질관리를 실시하고 있으며, 품질 및 수율 향상을 위한 여러 가지 노력을 실시하고 있다. 이를 위해 고가의 외국산 정미기의 도입, 일종의 pre-conditioner의 도입 등 여러 가지 방법을 적용시켜 왔다. 그러나, 지금까지의 관행적인 가공방법으로는 싸래기 발생의 저하로 인한 완전미수율의 향상과 식미유지라는 두가지 목적을 달성하기 대단히 어려웠다.

따라서, 본 연구에서는 싸래기 발생을 최소화하여 완전미수율을 향상시키고, 정백수율의 향상을 도모하며, 식미가 우수한 쌀을 가공하는데 필요한 현미의 품온조정 기술 및 관련시스템(현미품온조정시스템 또는 저온도정시스템)을 개발하기 위하여 수행되었다.

참고로, 현미 및 백미의 품온을 조정하는 소위 “현미품온조정시스템”은 용어의 통일, 향후 보급시의 품명 등을 고려하여 “저온도정시스템”으로 통일하여 사용하였다.

제 2 절 현미의 품온조정을 통한 가공 기본조건 확립

1. 도정공장에서의 도정시스템 검토

가. 검토방법

도정과 관련된 약 80여건의 문헌을 조사하였으며, 울산농소농협 RPC 등 약 20여개소의 도정공장을 방문 조사하여 문제점을 파악, 저온도정시스템의 도입방안을 검토하였다. 또한, 문헌 및 자료조사와 병행하여 농림부 및 ARPC에서 첨단기술개발사업의 일환으로 '95년부터 추진하고 있는 “중저온 건조저장 기법을 활용한 고품위 쌀생산기술 개발”(연구책임자 : 김동철)과제의 곡물냉각기 시작품의 시운전 및 운영시험에 참여기업과 공동으로 참여하여 시스템의 기본방향을 정립하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 문헌개요

가) 현미품온과 식미

현미품온이 낮을수록 식미는 우수한 것으로 조사되었으며, 森高 등(1973)은 5℃ 및 29~35℃의 현미를 가공한 후 식미검사를 실시한 결과 햅쌀과 고미에서 공히 5℃에서 가공한 쌀이 전반적인 품질, 외관, 맛 등에서 우수하였다고 보고하였으며, 川村(1991)은 현미품온 10, 20, 30℃에서 가공한 쌀로 식미평가를 실시한 결과, 현미품온이 낮을수록 밥의 외관은 다소 저하하였지만 전반적인 품질, 맛, 향 등에서 우수하였다고 보고하였다.

나) 현미품온과 쌀래기 발생율

가공중 쌀래기는 주로 곡물의 온도상승에 따라 곡물내에 열응력이 커져 발생(Cliders 등 1975, Henderson1954)하는데, Rhind 등(1933)은 품온이 1℃ 높으면 완전미는 0.5~1.0% 감소한다고 하였으며, 川村(1991)는 현미품온 10, 20, 30℃에서 동일 정백수율로 가공시 쌀래기발생율이 각각 7.2%, 8.6%, 9.7%로 현미품온 30℃의 경우 10℃에 비해 약 2.5%이상이 증가하였다고 보고하였다. 한편 佐竹(1990)는 품온이 높으면 곡물의 경도가 낮아져 쌀래기의 발생 확율이 높고, 반대로 낮으면 곡물의 윤택이 떨어지므로 주위온도보다 10~15℃ 상승하는 것이 적당하다고 보고하였다.

다) 분풍과 쌀래기 발생율

이(1982)는 연삭식정미기에서 분풍을 할 경우 분풍을 하지 않는 경우에 비해 도정수율은 0.32%, 완전미수율은 2.8%, 도정능률(搗精能率)은 13.7%가 증가하였으며, 동력소모량은 7.15%가 감소하였다고 보고하였다.

라) 현미품온과 소비전력

日本精米工業會(1975)는 현미온도가 낮아지면 쌀래기율은 감소하지만 백도가 낮고 강도가 증가하여 소비전력이 다소 증가하는 것으로 보고하였으며, 佐竹(1990)는 정미기 동일 개구면적당 품온이 높은 쪽이(23℃) 유량 즉, 능률이 5℃의 경우보다 약 10% 낮으나, 동일 수율에서 정미하는 경우는 고온쪽이 약 5%정도 능률이 높다고 보고하였다. 川村(1991)는 외기온도 5℃이하에서는 소비전력이 급격하게 증가하여 동절기의 경우 외기온도가 0℃이하가 되면 도정이 대단히 어려워진다고 보고하였다.

2) 저온도정시스템의 기본 활용방안 검토

가) 국내 도정공장에서의 적용 가능성

개인 입도정공장, 정부미 입도정공장 및 미곡종합처리장을 대상으로 한 조사 결과, 도정공장에서는 가공중인 정미의 품온이 쌀의 품질에 큰 영향을 미친다고 생각하고 있으며, 정미의 품온상승을 억제하기 위하여 정미기의 분동을 조절하거나, 정미기의 압력을 낮춘 후 습식연미기에서 추가로 정미하는 방법을 채택하고 있었다.

현재 도정공장에서 가공시 정미기 출구의 백미의 품온을 손이나 뺨에 대어본 후 개략적으로 추측하여 압력을 조절하는 방법으로 품온관리를 실시하고 있는 정도로서 현미 품온조정에 대한 전반적인 개념이 없었으나, 설명후 높은 관심을 표명하였다.

나) 저온도정시스템의 기본 활용방안 검토

저온도정시스템의 활용방안은 다음과 같이 3가지에 대해 검토하였다.

- ① 현미탱크에서 현미의 품온을 조정 한 후 정미하는 방안 : 하절기에는 현미를 냉각하고, 동절기에는 가온하여 현미의 품온을 년중 적정하게 유지하여 싸래기의 발생율을 감소시키고 미질 향상을 도모하며, 동절기의 경우에는 소요 에너지의 절약을 위해 도입이 필요한 것으로 판단되었다.
- ② 분풍식 정미기(연삭식 및 마찰식)의 가공중 정미의 품온을 조정하는 방안 : 일부 분풍식 정미기는 저온, 저압 정미시스템으로 국산기종에 비해 싸래기율이 낮고, 품질이 우수한 것으로 인식되고 있었다. 따라서 현미탱크에서 1차 품온이 조정된 현미를 정미기에서 2차 품온을 조정하는 체계가 필요할 것으로 판단되었다.
- ③ 백미탱크에서의 품질유지 및 결로방지 방안 : 가공된 백미의 온도가 높을 경우 저장중 식미가 저하되므로 상온 이하로 저장할 수 있는 방안이

필요하며, 정미기를 통과한 백미의 품온은 외기에 비해 높으므로 동절기에는 백미탱크에서 내부결로 문제가 심각하여 이를 방지할 수 있는 방안이 필요한 것으로 판단되었다.

3) 도정공장의 운영실태

가) 현미탱크에서 품온을 조정할 수 있는 방안

농협 미곡종합처리장 설계기준(1997)에 의하면 현미탱크는 15톤 2기(총 30톤)를 기준으로 하고 있으나, 실제로는 20톤 규모가 2~3개(40톤~60톤) 설치되어 있거나 일부에서는 10톤 규모가 설치되어 있는 경우도 있었다. RPC 엔지니어링협의회에서는 '98년부터 20톤 규모로 표준모델을 제시하여 현재 보급되고 있다.

또한, 가공능력은 1일 20톤(백미기준), 처리능력 2.5톤/시간을 기준으로 하고 있으나 통상 1일 가공능력은 20톤~36톤(설치 3~5톤/시간, 실제 2.5~4.5톤/시간, 1일 가동시간 8시간기준)규모로서 현미탱크의 보유능력보다 다소 작아 전일저녁에 현미탱크에서 현미를 냉각한 다음, 다음날 가공하여도 충분할 것으로 판단되었다.

한편, 현미탱크에서 정미기까지의 주요 이송방법은 주로 현미탱크→벨트 콘베어→버킷엘리베이터→보조탱크→정미기였으며, 현미탱크 전에 연류계를 설치한 RPC도 있었다.

나) 분풍식 정미기(연삭식 및 마찰식)의 품온조정 방안

1연삭 3마찰식의 경우 분풍구의 크기는 100mm, 풍속은 10.2m/sec로서 분풍량은 연삭식 및 마찰식 1기당 약 4.8cmm 내외였으며, 일본산 분풍식 정미기의 분풍량은 17.7~24.2cmm으로 전체 송풍량의 30~42.5%수준으로 대단히 컸다.

수확기와 동절기 및 봄철에 조사한 외기온도에 정미기 통과 품온을 조사한 결과, 현미의 품온은 외기온도와 거의 같았으며, 동 기간중 정미기 통과시 최대 품온상승은 1연삭 3마찰식은 16.0℃, one pass의 경우는 12.8℃로 조사되었다. 동일조건하에서 1연삭 3마찰식에서 미분풍시 정백미의 품온은 27.2℃로서 분풍시 정백미의 품온 25.4℃보다 약 1.8℃ 상승하였으며, 미분풍시 소요에너지는 분풍시에 비해 약 10%정도 상승하는 것으로 조사되었다. 또한, '91~'97년까지 농협 RPC 164개소에 보급되고 있는 정미기는 다음 표 2와 같이 9개회사 17개 모델로 조사되었으며, 이 중 분풍식은 S강판, H공업, H기계 등 3개사였으며, 나머지는 흡입식으로 조사되었다.

다) 백미탱크에서의 품질유지 및 결로방지 방안

고온의 백미가 백미탱크에 저장될 때 내부 결로로 인하여 품질 저하, 녹 발생, 곰팡이 및 해충발생의 문제가 가장 심각한 것으로 조사되었으며, 특히, 동절기의 경우 백미탱크에서 결로로 인하여 백미의 상품가치가 저하하여 20톤 이상을 폐기한 경험을 가진 미곡종합처리장이 많았다.

백미탱크의 결로가 주로 발생하는 기간은 외기 온도가 특히 낮은 동절기(12월~2월경)로 조사되었으며, 현재 방지책으로 백미탱크를 목재로 제작하거나, 에폭시로 도색 처리하는 방법 등을 이용하고 있으나 큰 효과가 없는 것으로 조사되었다. RPC 엔지니어링협의회에서는 백미탱크 상부에 공기 vent를 제작하여 상부 공기를 대류에 의해 순환시키거나 소형 송풍기를 설치하여 순환시키는 방법을 고려하고 있는 실정이다. 따라서, 백미탱크에 약 8℃내외의 냉풍을 분풍할 경우 백미의 냉각은 물론 결로를 방지할 수 있을 것으로 판단되었다.

4) 저온도정시스템의 기본 방향

가) 시스템의 기본방향

저온도정시스템은 하절기에는 현미를 냉각하고, 동절기에는 가온하며, 봄 및 가을철은 외기온도에 따라 냉각 및 가온하는 시스템으로서, 냉각 및 가온을 겸용할 수 있는 Heat pump시스템이 가장 유력할 것으로 판단되었다. 동절기의 경우 외기의 가온시 저습공기에 의한 냉각중 현미의 건조를 방지하기 위하여 가습기가 필요할 것으로 판단되었다.

현미 품온에 따라 냉각시스템 및 Heat pump system의 자동 전환이 가능토록 하고, 팬의 damper와 control valve에 의한 취출공기의 온도제어를 실시하며, main control pannel에서의 정미기, 분풍 및 백미탱크로의 연동이 가능토록 구성하는 것이 필요할 것으로 판단되었다.

나) 시스템의 기본능력

현미탱크에서 현미를 냉각할 때, 분풍으로 공급할 때, 백미탱크에서 백미를 냉각할 때 소요되는 부하중 최대치를 시스템의 기본 냉각능력으로 결정하였다.

기준은 미곡종합처리장의 1일 가공능력이 20~36톤임을 감안하여 1일 12시간 냉각하는 것을 기준으로 현미탱크에서 최대 냉각물량을 40톤으로 설정하고, 나머지 12시간은 가공시 정미기의 분풍 및 백미의 품온조정용으로 활용하는 것으로 계획하였다.

다) 시스템의 기본설계

(1) 소요냉각부하 및 송풍량

먼저, 송풍량을 계산하였다. 분풍은 국내산 1연삭 3마찰방식을 2열로 설치한 RPC를 기준으로 할 때 1기당 4.8cmm이므로 38.4cmm(4.8cmm×8기)가

된다.

한편, 현미의탱크에서 현미를 냉각할 때 소요되는 송풍량은 현미의 냉각 부하(Q₁)를 계산한 다음, 냉각부하로 냉각이 가능한 외기량(V₁)과, 대류열전달계수가 고려된 현미의 냉각에 소요되는 송풍량(V₂)를 구하여, V₁ 및 V₂중 큰 송풍량을 소요 송풍량으로 결정하였다.

현미냉각에 소요되는 냉각부하(Q₁)는 다음 식 (4-1)과 같이 구할 수 있다.

$$Q_1 = \frac{G_b \times C_b \times (T_1 - T_2) \times 1.1}{t_c} \dots\dots\dots (4-1)$$

여기서 Q₁ : 현미냉각부하(kcal/hr)

G_b : 현미중량(kg)

C_b : 현미비열(kcal/kg ℃)

T₁ : 현미의 초기품온(℃)

T₂ : 현미의 냉각후 품온(℃)

t_c : 냉각소요시간(hr)

1.1 : 안전율 10%

식 (4-1)에서 함수율 16%의 현미 20톤을 6시간에 22℃에서 10℃로 냉각 하는데 소요되는 냉각부하는 19,030kcal/hr로 나타났다.

동일 냉각능력으로 냉각이 가능한 외기량(V₁)은 다음 식 (4-2)와 같이 구할 수 있다.

$$V_1 = \frac{Q_1 \times v}{(H_1 - H_2) \times 60} \dots\dots\dots (4-2)$$

여기서 V₁ : 냉각가능 외기량(m³/min)

H₁ : 외기 엔탈피(kcal/kg)

H₂ : 냉각공기 엔탈피(kcal/kg)

v : 공기의 비체적(m^3/kg)

60 : 시간환산치(min/hr)

외기 온습도조건을 33°C , 75%, 냉각공기의 온습도조건을 10°C , 95%로 할 때 식 (4-2)에 의해 냉각이 가능한 외기량을 구하면 16.2cmm이 된다.

대류열전달계수를 고려한 현미냉각 소요 송풍량(V_2)은 다음 식 (4-3)과 같이 구할 수 있다.

$$Q_1 = h_c \times V \times \Delta T \dots\dots\dots (4-3)$$

여기서, Q_1 : 현미의 냉각부하(kcal/hr)

h_c : 대류열전달계수($\text{kJ}/\text{hr m}^2 \text{K}$)

V : 현미탱크의 체적(m^3)

ΔT : 현미 냉각온도차($^\circ\text{C}$)

식 (4-3)에서 대류열전달계수는 다음 식 (4-4)를 사용하였다.

$$h_c = 0.00718G_a^{1.3} \dots\dots\dots (4-4)$$

여기서, G_a : 공기질량 유동율($\text{kg}/\text{m}^2 \text{hr}$)

식 (4-4)에서 공기질량유동율 G_a 는 다음 식 (4-5)와 같이 구할 수 있다.

$$G_a = \frac{V_2 \times A}{v} \dots\dots\dots (4-5)$$

여기서, A : 현미탱크의 단면적(m^2)

식 (4-3)~(4-5)로 부터 현미냉각에 소요되는 송풍량 V_2 는 다음 식 (4-6)과 같이 구하면 23.84cmm이 된다.

$$\left(\frac{V_2 \times A}{v}\right)^{1.3} = \frac{Q_1}{0.0718 \times V \times \Delta T} \dots\dots\dots (4-6)$$

이 때 현미탱크의 체적은 32.64m³, 현미탱크의 단면적은 6m²(RPC 엔지니어링협회의 자료)을 이용하였다.

따라서, 현미 냉각에 소요되는 냉각부하로 냉각 가능한 외기량(V₁)은 16.2cmm이며, 대류열전달계수가 고려된 현미냉각 소요 송풍량(V₂)은 23.84cmm이므로 최대소요 송풍량을 23.84cmm였다.

외기온도는 33℃, 현미 냉각공기온도를 10℃, 분풍 냉각공기를 15℃로 할 때 현미의 냉각부하는 27,994kcal/hr, 분풍의 냉각부하는 35,965kcal/hr로 나타났다. 따라서, 증발/응축을 고려하여도 분풍의 냉각부하가 크므로 분풍의 냉각부하인 35,965kcal/hr를 기본 냉각능력으로 결정하였다.

(2) 시스템의 기본 냉각능력

현미탱크에서의 냉각은 주로 야간 운전이며, 응축온도가 50℃이하, 외기 공기온도가 33℃이하임을 감안할 때 기본 냉각능력에 가장 근접하는 압축기를 선정한 다음 기본 냉각능력을 산출하였다.

기본냉각능력은 35,965kcal/hr이므로 증발/응축온도가 10/50℃에서 38,300 kcal/hr인 압축기(반밀폐형)를 선정하였다.

2. 현미의 품온별 수분조정효과

가. 재료 및 방법

1) 재 료

본 실험에 사용한 현미는 함수율 15.3%인 현미(동진)로서 울산 농소농협 RPC에서 '99년 10월에 구입한 다음, 두께 0.5mm의 HDPE film에 약 2kg씩 진공 포장하여 7℃의 저온저장고에 보관하면서 실험목적에 맞춰 품온을 조정하여 공시하였다. 현미의 발아율은 평균 93.5%이었다.

2) 실험방법

현미탱크에서 현미를 냉각할 때와, 냉각된 현미를 이송할 때 현미와 주위 공기의 온·습도차에 의한 현미의 수분응축효과와 이 때의 품질변화를 측정하였다.

현미탱크에서 현미를 냉각할 때 수분조정효과를 예측하기 위하여 25℃로 품온을 조정한 현미 320g을 중량 297.1g의 트레이에 약 2알 두께로 고르게 펼쳐 놓은 다음, 10℃, 75% 및 15℃, 95%의 냉각공기를 풍속 0.53m/sec로 송풍하여 냉각하여 중량 및 함수율을 측정하였다.

또한, 냉각된 현미가 정미기까지 이동하는 중 수분조정효과를 예측하기 위하여 현미의 품온을 -10, 0, 10, 20℃로 조정한 후 30℃, 70%의 공기를 풍속 0.16, 0.28, 0.53, 0.77, 1.04m/sec로 송풍하면서, 노출시간 10초, 20초, 30초, 40초, 50초, 1분, 1분20초, 1분30초, 1분40초, 2분, 2분30초, 3분, 3분30초, 4분, 4분40초, 5분, 6분 등 17개 시간대별로 총 168개 실험구에 대해 함수율, 중량, 품온 및 동할을 변화를 측정하였다.

실험에는 온습도가 10~80℃, 30~95%범위에서 조절이 가능한 정온정습 공기 발생장치를 사용하였다. 이 정온정습공기 발생장치는 2대의 압축기와

전기히터, 초음파가습기를 부착한 향온향습기와, 시이크로팬(1kW) 및 인버터, 플로노즐($\varnothing 0.58\text{cm}$, 조임비 0.5) 및 유도관으로 구성되었다. 품온을 조정하는 과정에서 무게는 로드셀(1kg용)을 사용하여 측정하였고, 이를 위해 송풍기를 가동/정지 제어하였으며, 시스템의 제어와 무게계량, 함수율 환산을 위하여 clip 및 DB로 프로그램을 작성하여 사용하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 현미탱크에서 냉각중 수분응축효과

품온 25℃, 함수율 15.3%의 현미에 10℃, 75% 및 15℃, 95%의 공기를 풍속 0.53m/s로 송풍하면서 경과시간에 따라 냉각하여 경과시간에 따른 증량을 측정한 결과는 다음 표 4-1과 같았다.

표에서 알 수 있듯이 현미의 함수율은 노출시간이 경과할수록 증가하는 경향을 나타내었으나, 증가폭은 외기의 상대습도에 따라 다소 차이가 발생하였다. 10℃, 75%의 공기로 냉각할 때는 약 1.5시간의 냉각으로 15.7%정도까지 약 0.4%정도가 증가하였다. 또한, 15℃, 95%의 공기로 냉각할 때는 6시간이 경과할 때까지도 함수율이 계속적으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 6시간의 냉각으로 약 2%정도가 증가하는 것으로 나타났다.

이상의 결과로부터 현미탱크에서 현미의 냉각과정 중 일부의 함수율증가는 가능할 것으로 판단되었다. 그러나, 저온도정시스템에서 약 95%로 상대습도가 조절된 공기가 현미탱크로 이송하는 도중 온도상승으로 인해 지나치게 상대습도가 저하하는 경우에는 별도의 가습시스템 등도 고려해야 할 것으로 판단되었다.

표 4-1. 박층냉각에 따른 현미의 중량 및 함수율 변화

경과 시간 (hr)	10℃, 75%의 공기로 냉각시				15℃, 95%의 공기로 냉각시			
	1회		2회		1회		2회	
	중량 (g)	함수율 (%)	중량 (g)	함수율 (%)	중량 (g)	함수율 (%)	중량 (g)	함수율 (%)
0.0		15.30		15.30		15.30		15.00
0.5	622.0	15.43	619.5	15.57	622.0	15.70	622.0	15.40
1.0	622.5	15.57	619.5	15.57	622.5	15.83	622.5	15.53
1.5	623.5	15.83	620.0	15.70	623.5	16.09	623.0	15.67
2.0	623.0	15.70	620.0	15.70	624.0	16.22	623.5	15.80
2.5	623.0	15.70	619.5	15.57	624.5	16.36	624.5	16.06
3.0	623.0	15.70	619.0	15.43	625.5	16.62	624.5	16.06
3.5	623.0	15.70	619.5	15.57	626.5	16.87	625.0	16.19
4.0	623.0	15.70	620.0	15.70	626.5	16.87	625.0	16.19
4.5	623.0	15.70	619.5	15.57	627.0	17.00	625.5	16.32
5.0	623.0	15.70	619.5	15.57	627.5	17.13	626.0	16.45
5.5	623.0	15.70	620.0	15.70	628.0	17.26	627.0	16.71
6.0	623.0	15.70	620.0	15.70	628.5	17.38	627.0	16.71

주) 중량은 시료무게 + 트레이무게임

2) 이송중의 수분 응축효과 측정

냉각된 현미의 표면에 결로가 발생하는 주위 공기의 온·습도조건은 습 공기선도상의 노점으로도 예측이 가능하다. 그러나, 결로량 및 발생시점은 송풍량 및 노출시간에 따라 차이가 발생하며, 결로량이 미미하면 중량에 미

치는 영향이 거의 없을 수도 있고, 노출조건에 따라 함수율이 증가하였다가 건조가 발생하는 경우도 있다.

예비실험으로 초기함수율 17.2%인 현미를 7℃로 품온조정 후 30℃, 65%의 공기를 풍속 0.16m/sec로 송풍하여 5분동안 30초간격으로 중량증가율과 함수율의 변화를 측정 한 결과, 노출시간 2.5분까지 수분응축에 의해 중량 및 함수율이 증가하였으나, 그 이상의 노출시간에서는 점차 감소되는 경향을 나타내었다. 이와 같이 경과시간 5분후 함수율이 초기치보다 낮아진 것은 건조에 의한 것으로 판단되었다. 이 때 중량 및 함수율의 최대증가량은 각각 0.39%, 0.32%로서 수분응축에 의해 현미표면의 습윤화 및 함수율의 증대가 가능한 것으로 판단되었다. 한편, 품온은 노출시간의 경과에 따라 증가하였으며, 노출시간 2.5분후에는 21.1℃로 약 12.8℃가 증가하였다. 한편, 품온조정전 동할율은 1.0~2.3%, 품온조정후 동할율 1.0~2.0%로 동할율의 변화가 없어 품온의 급격한 변화에 의해 가장 우려되던 동할율의 변화는 없는 것으로 예상되었다.

그림 4-1은 풍속 0.16m/sec하에서의 품온별 노출시간에 따른 함수율변화를 나타낸 것으로서 품온이 낮을수록 초기함수율에 비해 응축에 의한 함수율 증가가 커지는 것을 알 수 있었다. 품온별로 함수율증가는 -10℃에서의 최대 0.87%, 20℃에서는 최대 0.17%정도로서 품온이 낮을수록 함수율 증가도 크게 나타났다. 또한 최대치는 노출시간 약 2분대에 나타나 풍속이 일정할 경우 최대치는 거의 비슷한 노출시간대에 나타나는 것을 알 수 있었다. 여기서 초기함수율이 일정하지 않는 것은 품온조정시의 함수율 증가와, 함수율 측정시의 소요시간에 의한 것으로 판단되었다.

그림 4-2는 품온 0℃에서의 풍속별로 노출시간에 따른 함수율 변화를 살펴본 것으로서, 최대 함수율은 15.8%정도로 비슷하였지만 풍속이 빨라질수록 최대치가 나타나는 노출시간이 짧아지는 것을 알 수 있었다.

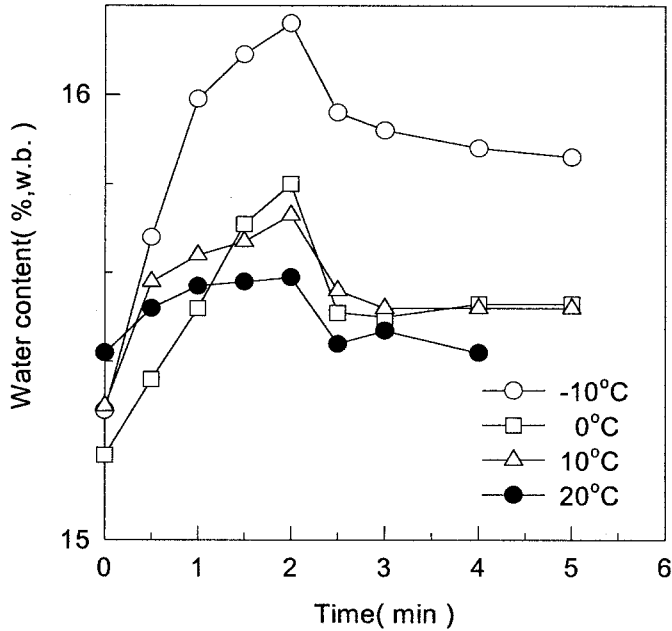


그림 4-1. 품온이 다른 현미를 외기에 노출시켰을 때 노출시간에 따른 현미
함수율 변화(현미함수율 15.3%, 외기 : 30°C, 70%, 풍속 0.16m/sec)

그러나, 노출시간이 길어지면 일부의 실험구에서는 초기치에 비해 오히려 중량이 감소하는 것으로 나타났으며, 이는 특히 풍속이 빠를수록 초기치에 비해 중량감소가 나타나는 노출시간이 짧아지는 것을 알 수 있었다. 또한, 풍속 0.16m/sec의 경우 품온별로 4분 후의 품온 상승폭은 품온 -10, 0, 10, 20°C에서 각각 31.8, 24.2, 13.1, 5.1°C로 나타나 품온이 낮을수록 노출후 품온 상승폭이 커지는 것을 알 수 있었다. 한편, 품온조정후 풍속별로 노출시간에 따라 동할율 등 품질변화는 없는 것으로 나타났다.

이상과 같이 총 168개의 실험구에 대하여 함수율변화, 중량변화, 품온변화 및 동할율변화를 측정된 결과, 품온조정에 의한 수분응축효과는 품온 및 풍속별로 노출시간에 따라 다소 차이는 있지만 양호한 조건을 설정할 경우

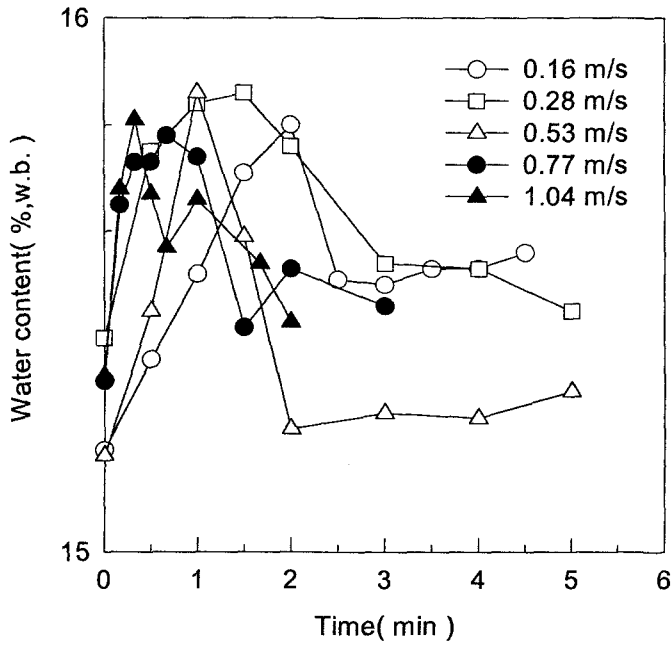


그림 4-2. 품온이 0℃ 현미를 다른 풍속의 외기에 노출시켰을 때 노출시간에 따른 현미 함수율 변화(현미함수율 15.3%, 외기 : 30℃, 70%)

함수율은 약 0.5%정도 증가시킬 수 있어 수분조질효과가 있으며 수분응축에 의해 품질변화는 없는 것으로 나타났다. 그러나, 이와 같은 수분응축에 의하여 현미의 이송중 먼지의 응결, 정미기에서의 미강 배출시 문제점은 없는지 확인이 필요할 것으로 판단되었다.

3. 현미의 품온조정에 따른 가공특성

가. 재료 및 방법

1) 재료

실험에 사용할 정미기를 선정하기 위한 가공실험에는 당원에서 보유중인 함수율 14.3%인 철원 오대와, 함수율 12.3%인 전북동진 현미를 사용하였으며, 현미의 품온별 가공특성 측정에는 2항에서 사용하였던 시료와 동일시료인 함수율 15.3%인 현미(동진)를 사용하였다.

2) 실험방법

농산물검사규격(국립농산물검사소), 미곡종합처리시설(고 등, 1995) 및 川村(1991) 등의 방법에 준해 실험방법을 정립하였으며, 특히, 이물 및 싸래기량은 예비실험을 통해 실험방법을 정립하였다.

실험에 사용할 정미기(마찰식)는 국내산과 외국산에 대해 가공실험을 실시하여 싸래기가 비교적 적게 발생하며, 재현성이 높은 기종을 선택하였다.

정립된 실험방법을 이용하여 현미의 품온 5, 10, 15, 20, 25, 30℃의 6개 품온구에 대해 마찰식정미기는 1, 2, 3, 4회 통과시, 연삭식정미기는 1, 2, 3, 4, 5분 정미시의 싸래기발생율, 완전미수율, 백도 등의 가공특성을 각각 측정하였다.

정리된 실험방법 및 측정방법은 다음과 같다.

- ① 함수율 : 10g입자-135℃-24시간의 상압정온측정법으로 측정하였다.
- ② 발아율 : 현미 정립 100립을 물로 충분히 세척한 다음 직경 150mm의 petri dish에 여과지를 깔고 현미를 올려 놓은 다음, 여과지가 젖을 정도로 물을 가한 후 20℃ 항온기에서 7일 이내에 발아한 정립수를 발아율로 하였으며, 3회 평균치를 사용하였다.

- ③ 현미의 크기 : 화상분석기인 Image-Pro(USA)와 HAROX-system(Japan)를 이용하여 현미 100립의 크기를 측정하여 전면, 측면, 상면에서의 면적, 장단축길이, 원형도 등의 평균치를 사용하였다.
- ④ 현미의 강도 : Rheometer(CR-200D, Sun Scientific Co., Japan)을 사용하였으며, plunger는 치형(A)를 이용하였다. 각 온도구당 100립에 대해 측정하여 평균값을 사용하였으며, 현미의 강도는 다음 식으로 구하였다.

$$Hardness = \frac{Strenth \times Sample\ height}{Distance} \dots\dots\dots (4-7)$$

- ⑤ 정백시간(Rice whitening time) : 도정에 소요되는 실시간을 stopwatch로 측정하였다.
- ⑥ 소비전력(Electric energy consumption) : 도정중 소요전류량을 전류계(Kyoritsu Digital Clamp Meter, Kew Snap 2007, Japan)으로 측정하였다.
- ⑦ 정백미품온(Milling rice temperature) : 도정직후의 정백미 약 100g을 50×50×90mm(L×W×H)의 아크릴수지로 제작한 품온측정용 상자에 넣고 중앙에 설치한 열전대(k-type)와 다점온도계(KM-1242, U.K)로 측정된 온도가 평형상태에 도달할 때의 온도를 정백미품온으로 하였다.
- ⑧ 정백수율(Milled rice recovery) : 도정전의 현미중량에 대한 도정후 정백미의 중량비를 정백수율로 하였다. 겉보기 도정수율이라고도 하며, 정백수율은 도정에 의한 중량감소 비율을 의미하는 것으로서 다음 식으로 구하였다.

$$정백수율(\%) = \frac{정백미\ 중량}{현미\ 중량} \times 100 \dots\dots\dots (4-8)$$

- ⑨ 도정도(Degree of milling) : 현미에서 미강층을 제거한 정도(Degree of bran removal)를 나타내며, 진도정율(Real milling yield)을 도정도로 하였다. 1000립은 육안으로 측정하였다.

$$\text{진도정율(도정도)} = \frac{\text{정백미 천립중}}{\text{현미 천립중}} \times 100 \dots\dots\dots (4-9)$$

⑩ 완전미수율(Whole kernel yield, Head rice yield) : 현미중량에 대한 쌀레기를 제거한 완전 백미중량의 비율로서 다음 식으로 구하였다.

$$\text{완전미수율} = \frac{(\text{정백미중량} - \text{쇄미중량})}{\text{현미중량}} \times 100 \dots\dots\dots (4-10)$$

⑪ 백도(Whitiness) : 백도계(C-300-3, Kett Electric Lab., Japan)로 측정하였다.

⑫ 색도 : 정미 약 12.7g정도를 sample ball에 넣은 다음 흑색 패드에서 색차계(Chroma meters, CR-300, Minolta, Japan)을 이용하여 측정하였으며, tube는 light-projection-tube(CRA33F)를 사용하였다.

⑬ 이물 및 쌀레기량(Broken kernel) : 예비실험을 통해 정립하였다. 川村(1991)은 진탕기를 이용하여 1.6mm줄체로 1차 선별한 중량을 이물(a)로 하고, 쌀레기(b)는 grader로서 각도 30°, 선별시간 1분으로 2차 선별하여 이물 및 쌀레기량은 a + b의 무게로 하였다. 예비실험 결과 광학적품질판정기(RS-2000, Shizuoka Seiki, Japan)로 선별한 이물 및 쌀레기량은 육안검사 결과의 52.4%에 불과하였다. 반면, 1.6mm줄체 및 grader에 의해 선별한 방법은 시료량, 선별시간, grader의 각도 등에 따라 육안선별 결과의 46.3~97.6%에 달하였다. 따라서 縦目段節機(大屋丹藏製作所)를 이용하여 1.6mm줄체로 20초간 1차 선별하여 이물을 제거한 다음 Test rice grader(Satake, TRG, Japan)로 각도 45°, 시료량 50g씩 선별시간 3분간 2회로 총 6분간 2차 선별하여 쌀레기를 선별하는 방법이 육안검사 결과의 97.6%에 달하였으며, 재현성이 확인되어 본 연구에서는 이 방법을 사용하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 실험용 정미기의 선정

현재 도정공장에 설치되어 있는 정미기는 연삭식 및 마찰식의 조합형과 one pass 형태이나, 실험실 규모로 제품이 출하되고 있는 정미기는 마찰식과 연삭식정도임을 감안하여 실험용 정미기의 기종은 연삭식 및 마찰식으로 하였다. 마찰식 정미기중 藤原(VF-31T) 및 국산에 대하여 강원 오대(함수율 14.3%)로 예비실험(시료량은 150g으로 12분도 기준으로 가공)을 실시한 결과, 현미품온 10℃, 20℃, 30℃에서 국산 정미기로 가공하였을 때 싸래기 발생율이 지나치게 높게 나타났으며, 유량, 백도의 조절이 불편하여 藤原(VF-31T)으로 선정하였다. 따라서 본 연구에는 마찰식(藤原, VF-31T, Japan), 연삭식(사타케, Japan)의 2가지를 사용하였다.

표 4-2. 마찰식 정미기별 가공특성

항 목	현 미 품 온(℃)						
	10℃		20℃		30℃		
	국산	VF-31T	국산	VF-31T	국산	VF-31T	
냉각후 동할율(%)	8.2	9.0	6.8	7.2	7.6	8.8	
도정소요시간	8분50초		7분19초		9분54초		
도정수율(%)	90.27	90.47	90.13	90.53	89.53	90.47	
싸래기 발생율(%)	15.29	4.13	16.27	9.21	23.83	11.41	
백도	39.2	39.6	40.0	39.0	40.4	38.5	
색도	L	66.57	64.9	66.91	64.42	68.65	64.92
	a	0.71	0.81	0.79	0.71	0.66	0.73
	b	10.07	8.91	9.78	9.34	9.95	9.47

藤原(VF-31T)의 쌀래기 발생을 재현성을 확인하기 위하여 초기 함수율 12.3%의 현미(전북동진산)을 대상으로 가공실험(시료량 54.4g, 10분도미로 가공)을 실시하여 품온에 따른 쌀래기 발생율을 3회 측정된 결과, 표 4-3에 서와 같이 현미 품온이 낮을수록 쌀래기 발생율이 낮았으며, 재현성이 확인 되었다.

표 4-3. 마찰식(藤原, VF-31T)정미기에서 품온에 따른 쌀래기율 변화

반복회수	현 미 품 온(℃)		
	10	20	30
1	3.59	3.78	3.78
2	3.48	3.78	3.98
3	3.38	3.49	3.60
평 균	3.48	3.68	3.79

2) 현미의 품온조정에 따른 가공특성 측정

가) 현미의 품온과 쌀래기 발생율

표 4-4는 마찰식정미기에서 1회 통과시의 현미의 품온별 가공특성을 대 표적으로 나타낸 것이다. 표에서도 알 수 있듯이 마찰식과 연삭식 공히 전 실험구에서 현미의 품온이 낮을수록 쌀래기 발생율은 저하하는 경향을 나타 내었으며, 마찰식에서는 통과횟수별로 최대 0.95~3.09%정도, 연삭식에서는 정미시간별로 최대 0.23~0.77%정도의 차이가 발생하였다. 1연삭 3마찰식에 서 연삭시간 4분과 마찰 3회를 기준으로 가정할 때 최대 약 1.7%정도의 쌀 래기 발생율의 저하가 가능하였다. 따라서 조건이 열악한 도정공장에서 품

표 4-4. 마찰식 정미기에서 1회통과시의 가공특성

구 분		현미품온(°C)				
		5	10	15	20	30
전류(A)		5.90~6.30	6.99~7.08	6.60~6.90	7.05~7.11	6.96~7.03
도정소요시간		33초08	27초06	28초33	27초38	27초46
정미후 품온(°C)		12.9	16.6	21.3	23.2	29.9
도정도(%)		95.83	93.52	94.44	93.98	92.13
도정수율(%)		96.60	96.25	95.5	95.25	94.43
싸래기발생율(%)		5.71	5.77	6.54	6.68	7.10
완전미수율(%)		91.08	90.70	89.25	88.58	87.33
백미동할율(%)		20.00	18.67	19.67	19.00	17.67
백도		22.0	23.4	23.9	24.3	26.4
색도	L	56.81	56.90	58.20	58.01	58.00
	a	+0.30	+0.52	+0.71	+0.33	+0.14
	b	+14.83	+15.18	+14.51	+14.22	13.04
백미수분(%)		15.04	16.28	15.17	16.06	15.81

온조정과 분풍을 겸하여 사용할 때 상당한 효과가 기대되었다.

나) 현미의 품온과 정백미품온

현미의 품온이 낮을수록 정미후 품온은 낮았으나, 품온 상승폭은 커지는 경향을 나타내었다. 마찰식에서 4회 통과시 현미품온 5, 10, 15, 20, 30℃에서 정미의 품온은 각각 26.5, 30.1, 35.6, 33.6, 37.5℃로서 품온상승은 각각 21.5, 20.1, 20.6, 13.6, 7.5℃로 나타나 저온도정시 분풍의 필요성이 높으며, 분풍의 온도 및 함수율 조정이 필요한 것으로 판단되었다.

다) 현미의 품온과 강도

표 4-5는 품온 20℃에서 현미의 함수율별 강도를, 표 4-6은 함수율 15%인 현미에서 현미의 품온별 강도를 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 동일한 함수율일 경우에는 현미의 품온이 낮을수록 강도가 증가하며, 동일 품온일 경우에는 함수율이 낮을수록 강도가 증가하는 것을 알 수 있었다.

표 4-5. 품온 20℃ 현미의 함수율별 강도

함수율(%)	강 도(kg)
11	2.87 ± 0.89
13	1.96 ± 0.57
15	1.72 ± 0.41
17	1.64 ± 0.49
19	1.47 ± 0.44

표 4-6. 함수율 15%인 현미의 품온별 강도

현미 품온(℃)	강 도(kg)
0	1.94 ± 0.47
10	1.85 ± 0.46
20	1.72 ± 0.41
30	1.72 ± 0.51
40	1.63 ± 0.40

라) 현미의 품온과 정백수율 및 완전미수율

현미의 품온에 따른 정백수율과 완전미수율은 마찰식 및 연삭식 공히 현미품온이 낮을수록 높게 나타났다. 정백수율과 천립중으로 나타나는 도정도를 비교해 보면 품온이 낮을수록 도정도는 약간 증가하는 경향을 나타내어 佐竹(1990)의 보고와 같이 정미기 능률이 다소 저하하고 있음을 알 수 있었으며, 완전미수율은 싸래기 발생율과 관계가 있어 현미품온이 낮을수록 싸래기 발생율이 낮으므로 완전미수율은 증가하는 경향을 나타내었다.

마) 현미의 품온과 소비전력

사용중인 정미기의 모터용량이 100V, 7.2A 정도로서 대단히 적어 현재 시판되고 있는 최소용량의 적산전력계로도 품온에 따른 전력량의 구분이 불가능하여 clamp meter로 순간전력을 측정하였으나 품온에 따라 명확히 구분할 수는 없었다.

마) 현미품온과 백도 및 색도

품온이 낮을수록 백도 및 색도의 L값이 낮아지며, yellowness 값을 나타내는 b값은 높아지는 경향을 나타내었다. 이는 川村(1991)가 식미 검사 결과 외관이 저하한다는 결과와, Satake(1990)이 품온이 낮으면 곡물의 윤택이 떨어진다는 보고와 일치하는 경향을 나타내었다. 이를 확인하기 위하여 5, 30℃의 현미를 가공한 후 취반하여 밥의 관능검사를 실시한 결과 외관의 품질이 5℃ 실험구가 낮게 나타났으며, 이의 원인은 밥의 색도로서, 3회 측정된 결과 b값의 평균치가 각각 +2.04, +1.62로 5℃의 값이 높게 나타난데 기인한 것으로 판단되었다. 한편 미곡종합처리장에서 채취한 정미기 출구 및 습식연미기(청결미기)를 통과한 쌀의 L 및 b값을 측정한 결과 정미기 출구 쌀의 L 및 b값은 평균 65.13, +9.70이었으나, 습식연미기를 통과한 쌀의 값은 평균 65.22, +9.09로서 습식연미기를 통과하면서 L값은 증가하였으며, b값은 저하하였다. 따라서, 이와 같은 결과는 현미의 품온이 낮을수록 동일 가공조건에서는 도정도가 떨어져 잔여 미강이 원인인 것으로 판단되었다.

사) 종합결과

이상의 결과를 요약하면, 현미의 품온이 낮을수록 싸래기발생율은 저하하였으며, 완전미수율은 증가하여 하절기에 가공시 분풍까지 견할 경우 싸래기발생율의 저하는 더욱 현저해져 실용화가능성은 충분할 것으로 판단되었다. 적정 현미품온은 싸래기발생율, 도정시간, 도정도, 완전미수율 등 전반적인 가공특성을 고려할 때 10℃전후가 적합한 것으로 판단되었다. 미곡종합처리장에 적용할 경우 이송중 소요되는 시간을 고려하여 현장적용실험을 통해 최종 결정하는 것이 적합할 것으로 판단되었으며, 품온이 낮아질수록 정백미의 백도의 미미한 저하와 b값의 미미한 증가로 인한 외관품질의 저하는 도정도를 증가하는 방법을 통해 해결할 수 있을 것으로 판단되었다.

제 3 절 현미의 품온조정 시스템의 설계, 제작 및 성능 평가

1. 현미의 저온가공에 따른 품질 변화

가. 재료 및 방법

1) 재 료

본 실험에 사용한 시료는 함수율 20%의 동진, 화영, 영남 등의 혼합현미로서 1998년 10월 울산농소농협 RPC에서 구입하여 정선한 다음 음건하여 함수율을 5수준(11, 13, 15, 17, 19%)으로 조제하였다. 조제된 시료는 1kg씩 HDPE로 진공포장하여 3°C저온저장고에서 저장하면서 공시하였다.

또한, 쌀래기 함량이 식미에 미치는 영향은 품질인증미(전북 김제산, 동진 쌀)을 구입하여 공시하였다.

2) 실험방법

현미의 함수율을 5수준(11, 13, 15, 17, 19%), 현미의 품온을 5수준(0, 10, 20, 30, 40°C)으로 하여 총 25실험구에 대하여 가공 후 품질특성을 측정하였다. 가공하기 24시간 전에 품온을 조정하고, 마찰식정미기(藤原, VF- 31T)를 품온과 동일한 온도로 유지되는 항온챔버에 24시간 방치한 후 동일 온도로 유지되는 항온챔버에서 가공하였다. 가공된 쌀을 이용하여 저온가공에 따른 식미의 특성을 측정하였다. 시료를 completely randomized design으로 1회 5개의 시료구에 대해 3반복하여 취반된 밥의 식미특성을 측정하였으며, 관능검사는 한국식품개발연구원 관능검사실에서 훈련된 33명의 패널에 의해 실시하였다.

한편, 백미의 표면특성은 함수율 15.5%의 현미를 0, 10, 20, 30℃로 품온을 조정한 후, 현미의 품온과 동일한 온도로 유지되는 챔버에서 마찰식정미기를 4회 통과하였을 때의 백미의 표면특성과, 현미를 12분도로 동일하게 가공하였을 때의 백미의 표면특성을 SEM를 이용하여 측정하였다.

또한, 쌀래기 함량이 식미에 미치는 영향은 품질인증미를 1차년도에 확립한 쌀래기 선별방식을 이용하여 쌀래기로 분리한 다음, 쌀래기 함량이 4, 7, 15, 25, 40, 50%가 되도록 약 6수준으로 쌀래기를 완전미와 혼합한 후 관능검사를 실시하였다.

나. 결과 및 고찰

가) 저온가공에 따른 식미 특성변화

정백미와 밥의 색도는 강층과 관련 있으며, 특히 b값이 높으면 강층제거가 충분치 않아 정백미 및 취반미의 외관뿐만 아니라 향의 품질까지 떨어진 다(川村, 1991). 현미의 품온 및 함수율에 따른 밥의 b값은 표 4-7과 같이 함수율 15~17%, 현미품온 0~10℃에서 낮은 값을 나타내었다. 한편 밥의 함수율은 60.2~62.5%였으며, L, a값은 큰 차이가 없었다.

함수율 및 품온에 따른 식미특성을 살펴보면, 밥의 외관 윤기(높을수록 유리)는 그림 4-3과 같이 품온이 낮을수록 높게 나타났으며, 색도 b값과 관계가 있는 밥의 외관 색의 강도(낮을수록 유리)는 그림 4-4와 같이 품온이 낮을수록 낮은 값을 나타내었고, 함수율은 15~17%에서 낮은 값을 나타내었다.

밥 이외의 냄새강도(낮을수록 유리)는 그림 4-5와 같이 품온이 낮을수록 낮았고, 함수율 15~17%,w.b.범위 비교적 낮은 값을 나타내었으며, 밥 특유의 맛강도(높을수록 유리)는 표 4-8과 같이 품온은 0~10℃, 함수율은 15~

표 4-7. 현미의 품온 및 함수율에 따른 밥의 색도(b value)

함수율 (%)	현미품온 (°C)				
	0	10	20	30	40
11	1.27 ^{cde}	1.21 ^{cde}	1.27 ^{cde}	1.21 ^{cde}	1.03 ^{ed}
13	1.23 ^{cde}	1.20 ^{cde}	1.32 ^{cde}	1.20 ^{cde}	1.23 ^{cde}
15	0.89 ^e	1.02 ^{ed}	1.09 ^{ed}	1.18 ^{cde}	1.70 ^{bc}
17	0.83 ^e	0.87 ^e	0.93 ^{ed}	1.43 ^{cde}	1.90 ^b
19	1.28 ^{cde}	1.52 ^{bcd}	1.25 ^{cde}	1.40 ^{cde}	2.76 ^a

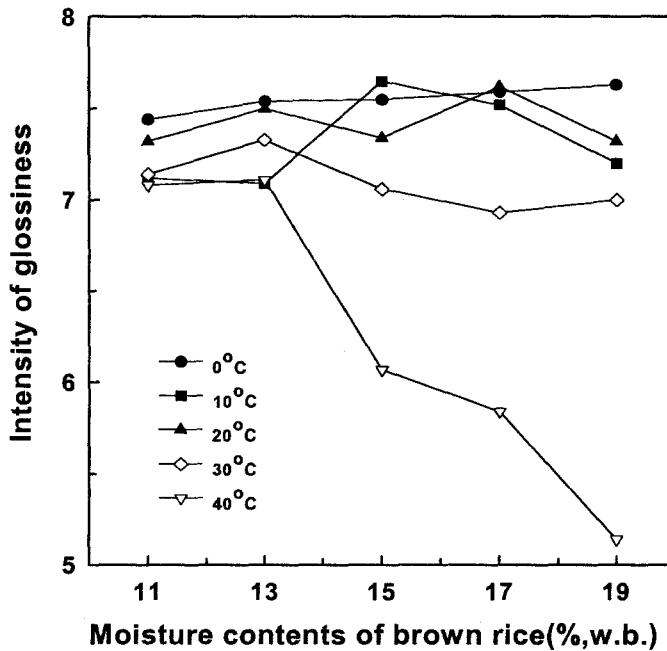


그림 4-3. 현미의 함수율 및 품온이 밥윤기에 미치는 영향

표 4-8. 함수율 및 가공온도가 밥 맛(밥 특유의 맛강도)에 미치는 영향

함수율 (%)	현미품온(°C)				
	0	10	20	30	40
11	7.05 ^{abc}	6.94 ^{abc}	7.20 ^{ab}	6.90 ^{abc}	7.05 ^{abc}
13	7.17 ^{ab}	6.98 ^{abc}	7.11 ^{abc}	6.93 ^{abc}	6.72 ^{abc}
15	7.42 ^a	7.28 ^a	7.20 ^{ab}	7.01 ^{abc}	6.21 ^{bc}
17	7.26 ^a	7.33 ^a	7.02 ^{abc}	6.82 ^{abc}	6.12 ^c
19	7.16 ^{abc}	6.89 ^{abc}	6.91 ^{abc}	6.61 ^{bc}	5.37 ^d

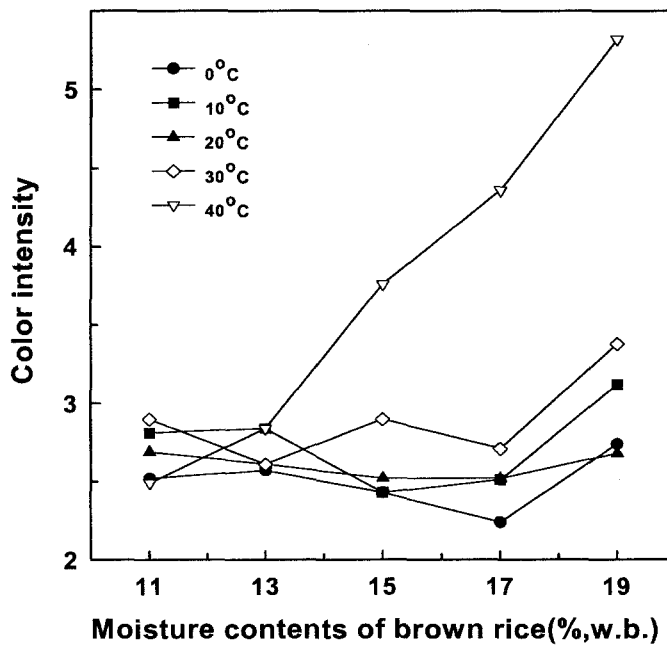


그림 4-4. 현미의 함수율 및 품온이 밥색(외관-색의 강도)에 미치는 영향

표 4-9. 함수율 및 가공온도가 밥 조직감의 품질에 미치는 영향

함수율 (%)	현미품온(°C)				
	0	10	20	30	40
11	6.70 ^{ab}	6.30 ^{ab}	6.67 ^{ab}	6.50 ^{ab}	6.42 ^{ab}
13	6.95 ^a	6.63 ^{ab}	6.67 ^{ab}	6.68 ^{ab}	6.16 ^{ab}
15	6.89 ^a	7.08 ^a	6.68 ^{ab}	6.64 ^{ab}	5.75 ^{bc}
17	7.05 ^a	7.06 ^a	6.84 ^a	6.34 ^{ab}	5.42 ^{cd}
19	6.87 ^a	6.66 ^{ab}	6.74 ^{ab}	6.19 ^{ab}	4.93 ^d

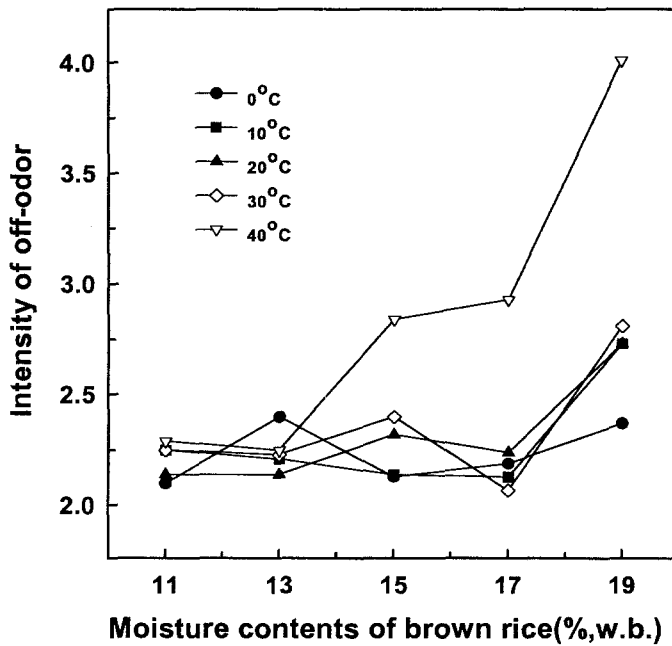


그림 4-5. 현미의 함수율 및 품온이 밥 이외의 냄새강도에 미치는 영향

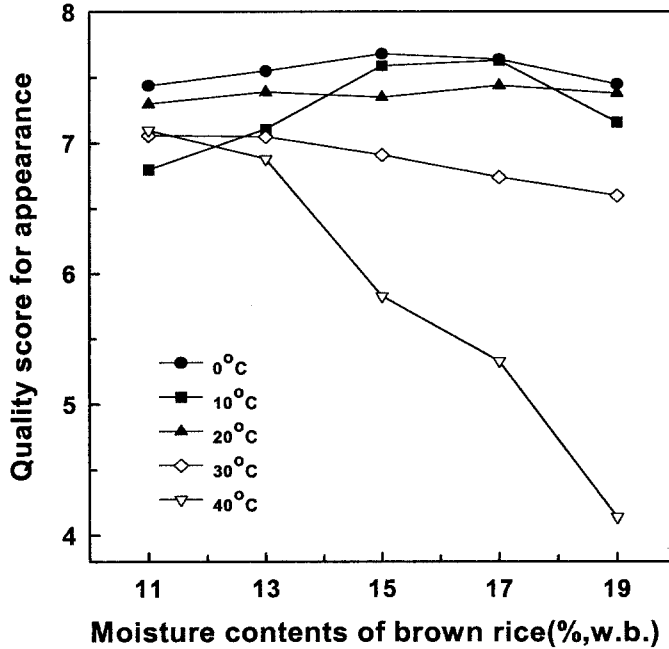


그림 4-6. 현미의 함수율 및 품온이 밥 외관의 품질에 미치는 영향

17%,w.b.에서 유의적으로 높게 나타났다.

밥외관(높을수록 유리), 밥 냄새(높을수록 유리), 밥 맛(높을수록 유리), 밥 조직감(높을수록 유리)은 각각 그림 4-6, 4-7, 4-8 및 표 4-9와 같이 품온이 낮을수록 비교적 높아지는 경향을 나타내었으며, 특히 15~17%함수율에서 높은 값을 나타내었다. 밥의 전반적인 품질(높을수록 유리)은 그림 4-9에서 알 수 있듯이 품온은 낮을수록 높게 나타났으며, 함수율은 15~17%수준에서 높은 값을 나타내었다.

이상의 결과로 식미면에서 살펴볼 때 가공전 품온 및 함수율이 식미에 영향을 미치고 있었으며, 현미의 함수율은 15~17%수준, 품온은 낮을수록 식미가 우수하였으며, 현미의 품온과 함수율의 조정으로 식미가 높은 양질의 쌀을 공급할 수 있을 것으로 판단되었다.

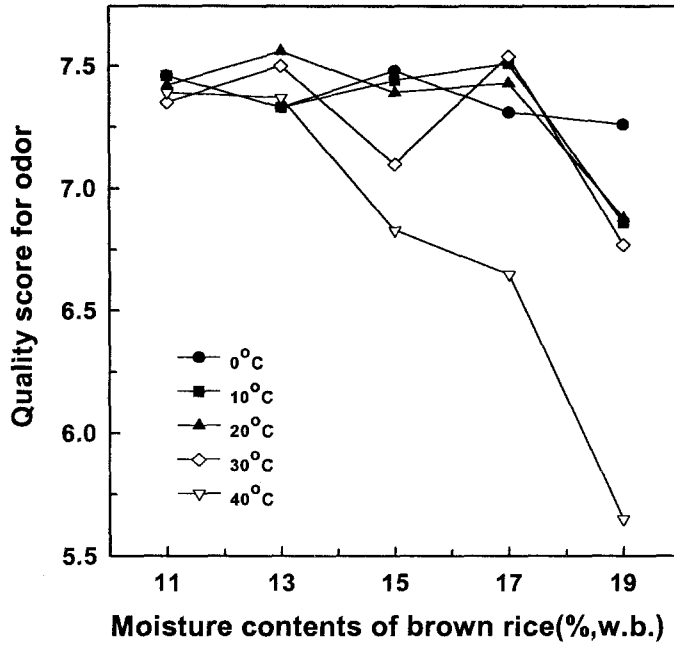


그림 4-7. 현미의 함수율 및 품온이 밥 냄새에 미치는 영향

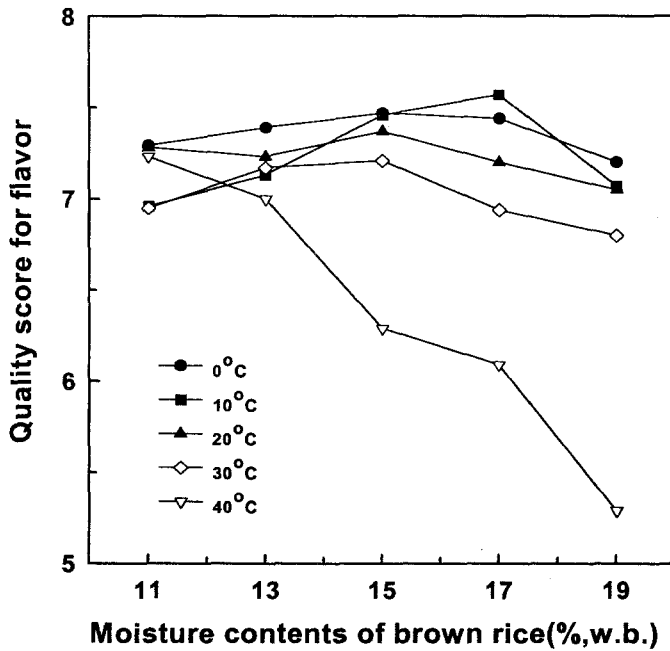


그림 4-8. 현미의 함수율 및 품온이 밥 맛이 품질에 미치는 영향

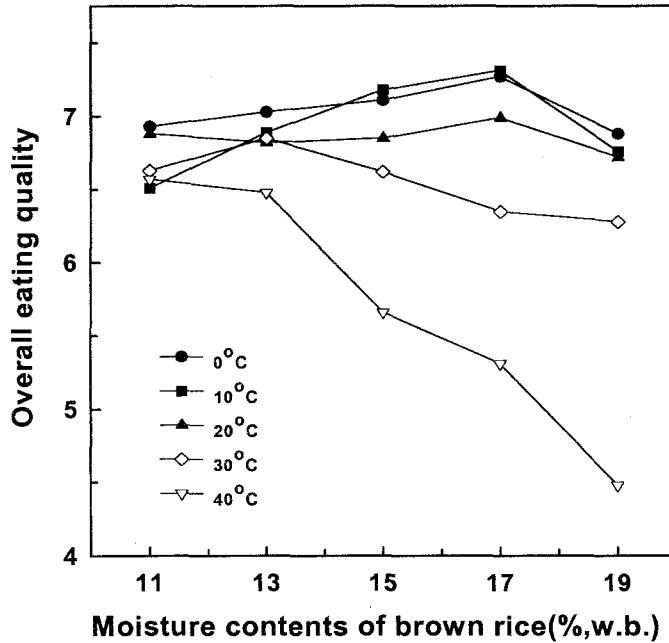


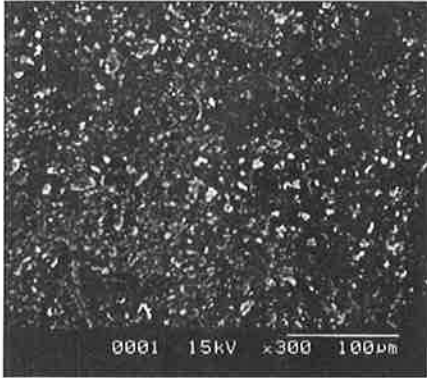
그림 4-9. 현미의 함수율 및 품온이 밥의 전반적인 품질에 미치는 영향

나) SEM에 의한 표면특성

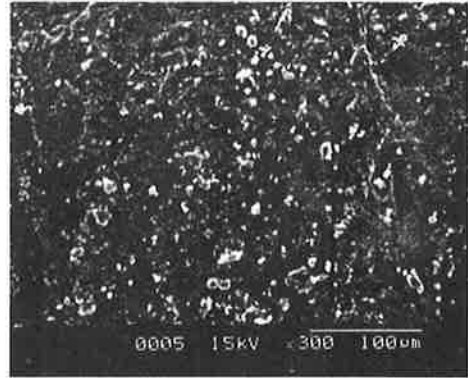
그림 4-10 및 4-11은 현미의 품온을 0, 10, 20, 30°C로 조정한 후 마찰식 정미기를 4회 통과하였을 때와, 12분도로 동일하게 가공하였을 때의 현미 표면을 SEM으로 촬영한 사진이다.

사진에서 알 수 있듯이 마찰식정미기를 4회 통과하였을 때 백미는 품온이 낮을수록 표면이 거칠었으며, 미강의 제거가 부족한 것을 알 수 있었다. 그러나, 동일하게 12분도로 가공하였을 때는 오히려 낮은 온도에서 가공할수록 표면이 매끄러운 경향을 나타내었다.

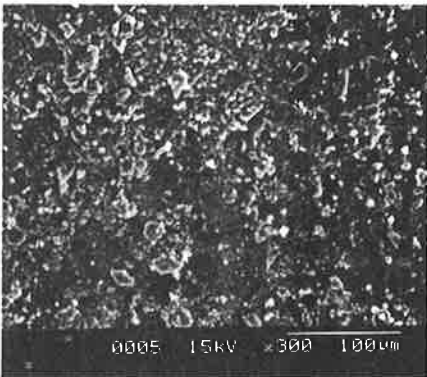
따라서, 현미의 품온과 정미기의 온도가 낮을수록 도정능률(搗精能率)은 저하하지만, 동일하게 12분도로 가공시에는 현미의 품온과 정미기의 온도가 낮을수록 백미의 표면특성이 양호한 것을 알 수 있었다.



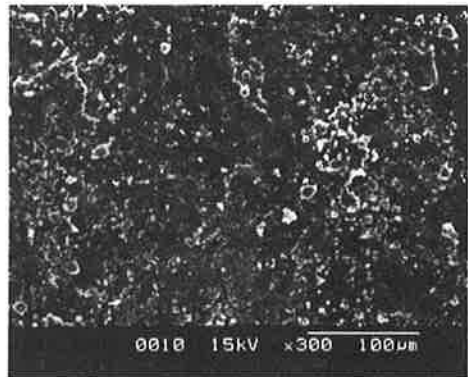
(a) 0°C



(b) 10°C

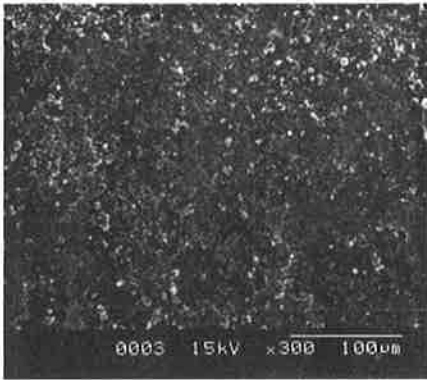


(c) 20°C

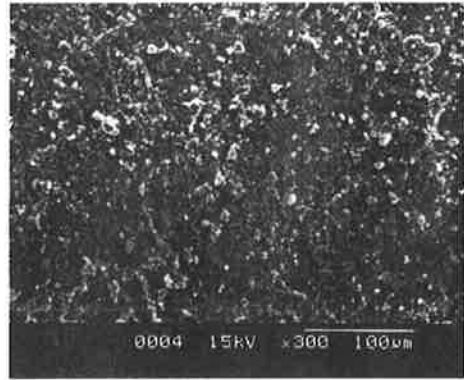


(d) 30°C

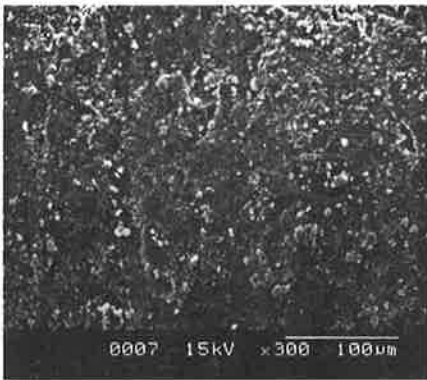
그림 4-10. SEM에 의한 백미 표면특성(마찰식정미기 4회 통과)



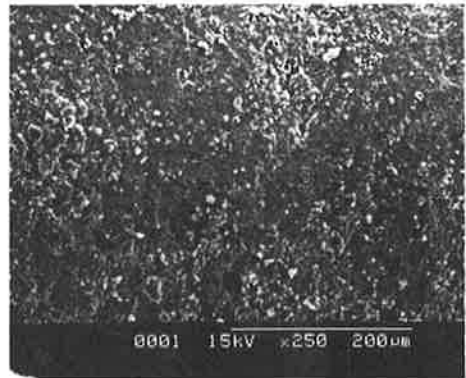
(a) 0°C



(b) 10°C



(c) 20°C



(d) 30°C

그림 4-11. SEM에 의한 백미 표면특성(마찰식정미기로 12분도로 가공)

다) 쌀래기 함량이 식미에 미치는 영향

현재, 국내에서 판매되고 있는 54점의 품질인증미에 함유된 쌀래기 함량을 측정 한 결과, 최대는 12.58%, 최소 2.24%였으며, 평균 6.50%수준이었다.

표 4-10. 쌀래기 함량에 따른 관능검사 결과

		쌀래기 함량(%)					
		4	7	15	25	40	50
외관	윤기의 정도***	7.34 ^a	7.08 ^a	7.03 ^a	6.11 ^b	5.71 ^{bc}	5.21 ^c
	색의 강도***	2.49 ^c	2.79 ^{bc}	2.84 ^{bc}	3.22 ^b	3.91 ^a	4.20 ^a
향	밥 이외의 냄새 강도**	2.71 ^b	2.70 ^b	3.09 ^{ab}	3.13 ^{ab}	3.35 ^{ab}	3.57 ^a
맛	밥 특유의 맛 강도***	7.13 ^a	7.16 ^a	6.90 ^a	6.13 ^b	5.70 ^b	5.38 ^b
조직감	경도***	6.16 ^a	5.95 ^{ab}	5.37 ^b	4.51 ^c	3.67 ^d	3.05 ^d
	탄력성***	6.53 ^a	6.50 ^a	5.90 ^a	5.16 ^b	4.16 ^c	3.71 ^c
	날알의 응집성***	6.39 ^a	6.20 ^a	5.52 ^b	5.00 ^b	3.88 ^c	3.55 ^c
	부착성***	4.58 ^c	4.21 ^c	5.57 ^b	5.74 ^b	6.54 ^{ab}	6.92 ^a
외관의 품질***		7.22 ^a	7.01 ^a	6.80 ^a	5.74 ^b	4.56 ^c	4.32 ^c
냄새의 품질**		7.27 ^a	7.28 ^a	7.08 ^{ab}	6.80 ^{abc}	6.60 ^{bc}	6.27 ^c
맛의 품질***		7.24 ^a	7.24 ^a	6.93 ^a	6.01 ^b	5.67 ^b	5.45 ^b
조직감의 품질***		6.88 ^a	6.86 ^a	6.16 ^a	5.12 ^b	4.22 ^c	3.76 ^c
전반적인 품질***		7.07 ^a	7.05 ^a	6.46 ^a	5.24 ^b	4.42 ^c	3.95 ^c

표 4-10은 싸래기 함량에 따른 관능검사 결과를 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 싸래기 함량이 증가할수록 식미가 저하하는 것을 알 수 있었다. 색의 강도, 경도 등은 싸래기 함량이 4%와 7%에서 유의적인 차이를 나타내었으며, 밥 이외의 냄새강도, 냄새의 품질 등은 7%와 15%에서 유의적인 차이를 나타내었다. 전반적인 품질은 싸래기 함량이 4~15%일 경우에는 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 25%, 40%, 50%와는 유의적인 차이를 나타내었다.

2. 현미의 품온조정을 통한 가공기술 개발

가. 재료 및 방법

1) 재 료

본 실험에 사용한 시료는 1항의 현미의 저온가공에 따른 품질변화에 사용했던 시료와 동일시료로서 함수율 20%의 동진, 화영, 영남 등의 혼합현미였다.

2) 실험방법

현미의 함수율과 품온에 따른 가공특성을 측정하여 현미의 적절한 품온 조정조건을 결정하였다. 1항과 동일하게 현미의 함수율은 5수준(11, 13, 15, 17, 19%), 현미의 품온은 5수준(0, 10, 20, 30, 40℃)으로 총 25실험구에 대하여 가공특성을 측정하였다. 가공특성은 가공중 함수율 저하, 싸래기 발생율, 백미의 색도 및 백도 등을 측정하였다.

냉각 또는 가열과정중 소요시간과 함수율변화를 예측할 수 있도록 현미의 품온 예측프로그램은 평형모델을 이용하여 개발하였으며, FORTRAN 77

을 이용하였다.

나. 결과 및 고찰

1) 정미기의 온도조정에 따른 가공특성

제 2절의 3항인 현미의 품온조정에 따른 가공특성에서 마찰식정미기의 통과횟수(1~4회)와 연삭식정미기의 정미시간(1~5분)을 변화시키면서 현미의 품온(0~30℃)에 따른 가공특성을 측정한 결과, 품온이 낮을수록 가공후 싸래기발생율은 감소하였으나, 백미의 백도는 감소하였으며, 색도 b값은 증가하는 경향을 나타내었다.

이와 같은 결과는 현미의 표면층 미강의 제거여부 즉, 도정도 차이에 의한 영향과, 정미기가 조작중인 환경, 즉 정미시의 정미기의 외기 온습도조건에 의한 영향으로 판단되었다. 따라서, 본 연구에서는 상기의 문제를 해결할 수 있는 방안에 대하여 중점적으로 검토하였다. 이를 위해 품온에 따라 동일하게 12분도로 가공하였을 때의 싸래기발생율과 외관특성을 중점적으로 검토하였으며 그 결과는 다음과 같았다.

가) 가공후 백미의 함수율

현미의 품온 및 수분함량에 따른 가공후 백미의 수분감소율(현미함수율-백미함수율)은 그림 4-12와 같았다. 가공후 백미의 함수율저하는 가공중 마찰열 등 발열에 의해 발생하는데(川村, 1991), 현미의 품온이 낮을수록 함수율저하가 낮게 나타났으며, 고 등(1995)의 보고와 동일하게 현미 함수율이 높을수록 백미의 함수율저하가 크게 나타났다.

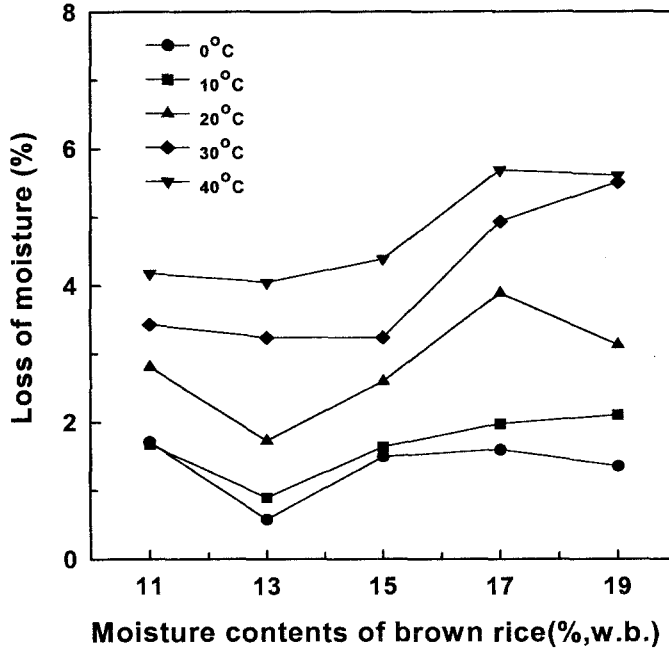


그림 4-12. 현미의 품온 및 함수율에 따른 가공후 백미 함수율 감소

나) 찌레기발생을

가공중 찌레기는 주로 곡물의 온도상승에 따라 곡립의 경도가 저하하고 (川村, 1990) 곡물내에 열응력이 커져 발생(Cliders 등, 1975, Henderson, 1954)하게 된다. 앞서서도 알 수 있듯이 함수율 및 품온이 낮을수록 강도가 높아지는 것을 알 수 있었다. 그림 4-13 및 표 4-11은 현미의 품온과 함수율에 따른 가공후 찌레기발생율을 나타낸 것으로 현미의 품온과 함수율이 낮을수록 찌레기 발생율이 적어지는 것을 알 수 있었다.

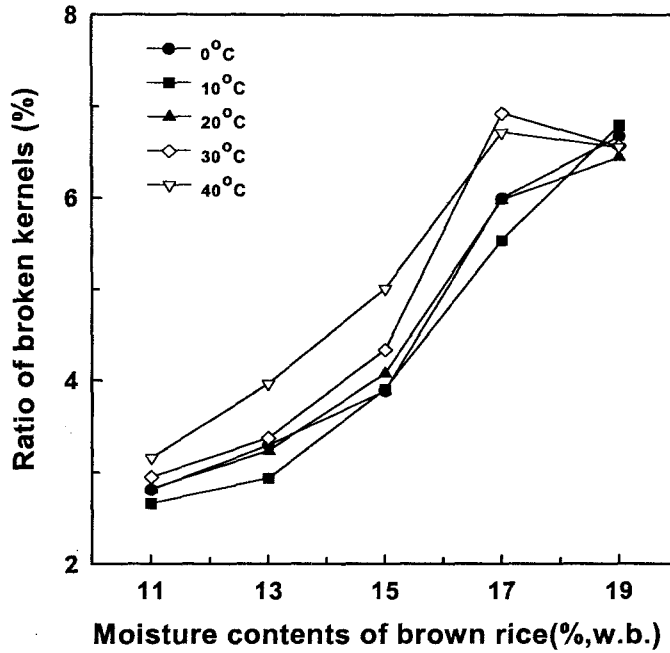


그림 4-13. 현미의 함수율 및 품온별 가공후 찌라기발생율

표 4-11. 현미의 함수율 및 품온별 가공후 찌라기발생율

함수율 (%)	현 미 품 온 (°C)				
	0	10	20	30	40
11	2.81 ^{gh}	2.66 ^h	2.82 ^{gh}	2.95 ^{igh}	3.16 ^{igh}
13	3.30 ^{etgh}	2.94 ^{igh}	3.24 ^{igh}	3.38 ^{etgh}	3.97 ^{etg}
15	3.89 ^{etg}	3.91 ^{etg}	4.08 ^{et}	4.34 ^{de}	5.01 ^{cd}
17	6.00 ^{ab}	5.54 ^{bc}	5.98 ^{ab}	6.93 ^a	6.72 ^a
19	6.68 ^a	6.80 ^a	6.45 ^{ab}	6.57 ^a	6.56 ^a

다) 백미의 색도 및 백도

도정과정에서 도정도가 높을수록 쌀의 전분층 노출이 많게 되고, 백미의 백도는 높게 되는데 일반적으로 국내산 쌀의 백도는 지역별 품종별로 차이는 있으나 30~40정도로서(고 등, 1995), 도정시 품온의 상승에 따라 정백미의 백도는 낮아진다(川村, 1990). 그림 4-14 및 4-15는 현미의 함수율 및 품온별 가공후 백미의 색도(b value) 및 백도를 나타낸 것이다. b값은 함수율 및 품온이 낮을수록 낮은 값을 나타내었으며, 백도는 함수율 및 품온이 낮을수록 높은 값을 나타내었다. 동일 도정도로 가공하였을 때 함수율 및 품온이 낮을수록 백도가 낮아지는 것은 가공중 함수율의 저하가 적은데 원인이 있는 것으로 판단되었다.

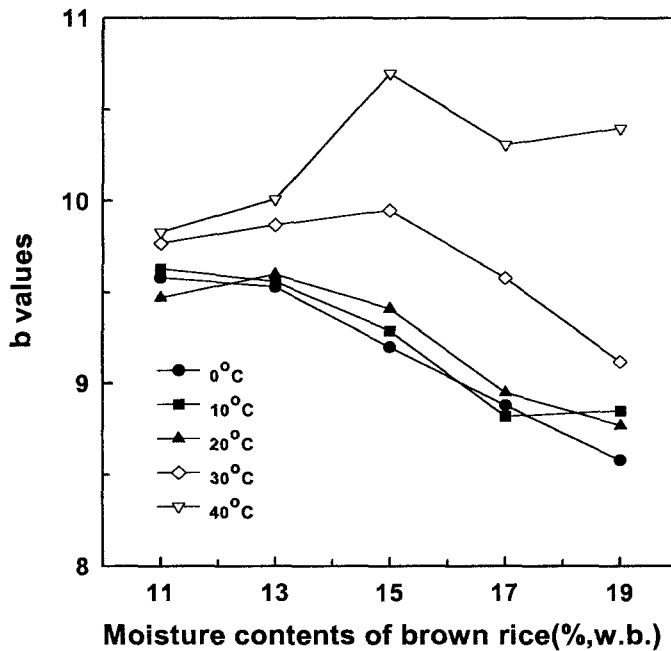


그림 4-14. 현미의 함수율 및 품온별 가공후 백미의 색도(b value)

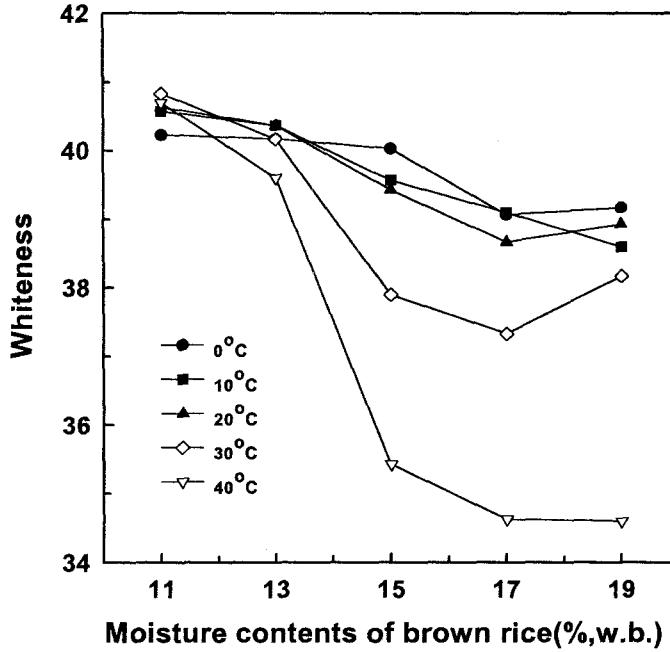


그림 4-15. 현미의 함수율 및 품온별 가공후 백미의 백도

2) 현미의 품온예측 프로그램 개발

현미의 고정층 냉각 및 가열시의 품온예측모델은 평형모델을 이용였으며, 지배방정식은 다음 식 (4-11), (4-12), (4-13)과 같다.

$$T_f = \frac{(c_a + c_v H_o)T_o + R(1 + M_o)c_{p0} \theta_o - (H_f - H_o)h_{fg}}{c_a + c_v H_f + R(1 + M_f)c_{pf}} \quad \dots (4-11)$$

$$M_f = M_o - \frac{H_f - H_o}{R} \quad \dots (4-12)$$

$$ERH = RH_f \quad \dots (4-13)$$

여기서, c_a : 건공기의 비열(1.007 kJ/kg · K)
 c_v : 수증기의 비열(1.876 kJ/kg · K)
 c_p : 현미건물의 비열(3.49 kJ/kg · K)
 c_w : 현미중의 물의 비열(1.2692 kJ/kg · K)
 c_{po} : 냉각전 현미의 비열(= $c_p + c_w M_{ow}$, kJ/kg · K)
 c_{pf} : 냉각후 현미의 비열(= $c_p + c_w M_{fw}$, kJ/kg · K)
ERH : 현미의 평형상대습도(dec.)
 G_a : 건공기 유동율(kg/hr · m²)
 h_{fg} : 현미 수분의 증발잠열(kJ/kg)
 H_o, H_f : 유입 및 배출공기의 절대습도(kg/kg)
 M_o, M_f : 냉각 전후의 현미함수율(dec., d.b)
 M_{ow}, M_{fw} : 냉각 전후의 현미함수율(dec., w.b)
R : 현미건물 대 건공기비 ($\frac{\rho_p \Delta x}{G_a \Delta t}$)
 RH_f : 배출공기의 상대습도(dec.)
 T_o, T_f : 유입 및 배출공기의 온도(°C)
 Δt : 시간증분(hr)
 Δx : 현미의 박층두께(m)
 θ_o : 현미의 초기곡온(°C)
 ρ_p : 현미의 건물산물밀도(kg/m³)

식 (4-11) 및 (4-12)는 각각 에너지 및 수분평형 방정식이며, 식 (4-13)은 현미와 배출공기의 평형조건으로, 이들 3개의 방정식을 이용하여 현미의 냉

각과정에서 현미의 함수율, 품온 및 공기상태 변화를 예측하였다. 이 때 벽체로부터의 열전달은 무시하였고, 곡물의 각층에서의 초기 품온 및 함수율은 일정한 것으로 가정하여 미지항인 평형상대습도, 공기 및 곡물의 성질은 다음과 같이 계산하였다.

평형상대습도는 배습과 흡습이 일어날 경우를 동시에 고려하였으며, 배출공기의 상대습도는 식 (4-14)로 나타낼 수 있음(ASAE Standards, 1997)

$$RH_f = \frac{P_{atm}H_f}{(0.6219 + H_f)P_s} \dots\dots\dots (4-14)$$

여기서, P_{atm} : 대기압(kPa)

P_s : 온도 T_f 에서의 포화수증기압(kPa)

포화수증기압의 계산은 다음 식 (4-15)를 사용하였다(ASAE Standards, 1997).

$$\ln\left(\frac{P_s}{R}\right) = \frac{A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4}{FT - GT^2} \dots\dots\dots (4-15)$$

여기서, $R = 22,105,694.25$, $A = -27,405.526$,
 $B = 97.5413$, $C = -0.146244$,
 $D = 0.12558 \times 10^{-3}$, $E = -0.48502 \times 10^{-7}$,
 $F = 4.34903$, $G = 0.39381 \times 10^{-2}$

식 (4-11), (4-12) 및 (4-13)으로 구성된 수학모델은 비선형방정식으로 할선법(secant method)을 이용하여 해를 구하였다. 먼저 H_f 의 초기치를 가정하고, 이를 식 (4-12)와 식 (4-11)에 대입하여 각각 M_f 와 T_f 를 구하였다. M_f 와 T_f 를 각각 식 (4-2)와 식 (4-14)에 대입하여 ERH 와 RH_f 를 구하여 $ERH - RH_f$ 의 값이 0에 가까운 허용치 이하가 되도록 반복 계산하였다.

시뮬레이션 프로그램은 FORTRAN 77으로 작성하였으며, 주프로그램과 평

형상대습도 및 습공기의 성질을 계산하기 위한 부프로그램, 할선법의 부프로그램으로 구성하였다. 입력자료는 냉각공기의 건구온도 및 상대습도, 곡물의 초기함수율 및 곡온, 곡물층의 퇴적고 및 송풍량이었으며, 출력자료는 퇴적깊이별 곡온 및 함수율로 구성하였다. 곡물층의 미소두께는 0.1m, 시간의 증분은 0.1hr로 하였다.

3. 시스템의 설계, 제작, 성능평가 및 운영실험을 통한 시스템 보완

가. 1차 시작품 heat pump식의 설계 및 제작

1) 1차 시작품의 설계 및 제작

저온도정시스템의 1차 시작품은 heat pump식으로 heat pump에 대한 문헌 및 자료조사와 병행하여 냉난방 겸용시스템의 기술검토, 첨단기술개발사업의 일환으로 개발된 곡물냉각기 시작품의 시운전 및 운영시험에 참여기업과 공동으로 참여하였으며, 이를 참고하여 저온도정시스템의 기본설계를 실시하였다.

시스템의 기본능력은 제 2절 1항(표 4-12 참조)에서 결정한 분풍시의 냉각능력을 최대냉각능력으로 선정하였다.

최대냉각능력에 맞는 압축기를 선정하고, 실내의 코일, 송풍기, 배관의 능력을 결정한 후 제작을 위한 세부설계 및 제작을 실시하였다. Heat pump 방식을 기준으로 하였으며, 4 way-valve를 이용하여 냉각 및 가열의 전화를 하였으며, 마이크로프로세서를 이용하여 시스템을 제어하는 것으로 설계하였다. 표 4-13은 저온도정시스템 시작품의 설계기준을, 표 4-14는 주요사

양을 나타낸 것이다. 또한, 그림 4-16은 Heat pump식 저온도정시스템의 flow chart를 나타낸 것이다.

표 4-12. 각 냉각과정에서 송풍량 및 냉각부하

구 분	현미냉각	분 풍	백미냉각
송풍량(m ³ /min)	23.8	38.4	23.8
냉각부하(kcal/hr)	27,994	35,965	15,579

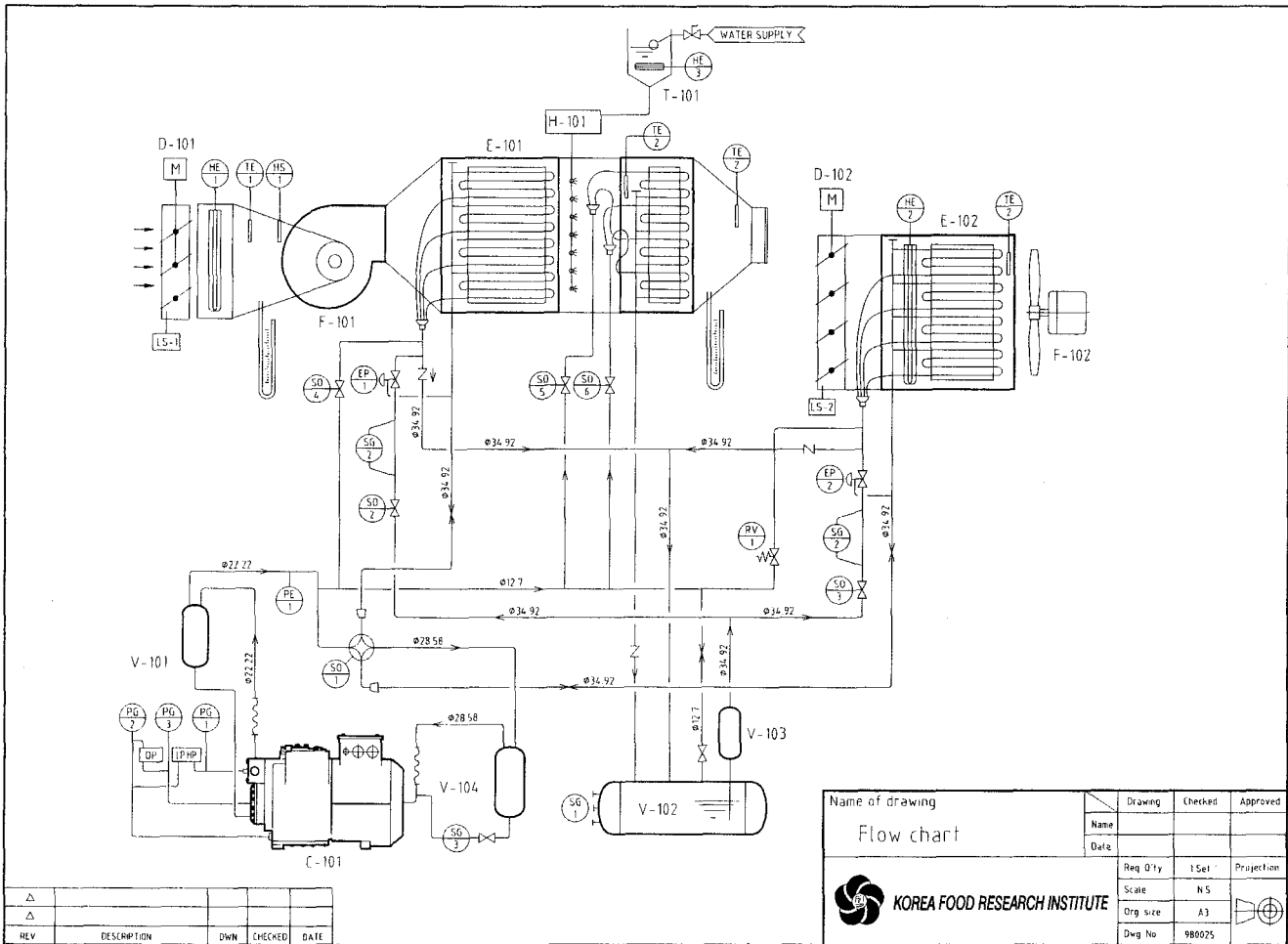
표 4-13. Heat pump식 저온도정시스템의 시작품 설계기준(1차 시작품)

<p>가. 최대냉각능력 : 35,900kcal/hr</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 증발온도/응축온도 조건 : 50℃/10℃ ○ 외기온도조건 : 33℃, 75%(엔탈피 : 22.648kcal/kg) ○ 냉각공기온도조건 : 15℃, 95%(엔탈피 : 9.7kcal/kg) ○ 송풍량 : 38.4m³/min(정미기 분풍량기준) <p>나. 냉각 및 가열전환방식 : 4-way valve에 의한 heat pump방식</p> <p>다. 시스템제어방식 : 원칩마이크로프로세서를 이용한 콘트롤러 제어방식</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 제어대상 : 냉각 및 가온전환, 공기 온도 및 상대습도, 송풍량, 제상 ○ 제어수단 : 댐퍼(2), 무부하전자변, 전자변(4), 전기히터(3), 4방변, 가습기

표 4-14. Heat pump식 저온도정시스템 시작품의 주요사양(1차 시작품)


항 목	단 위	사 양	비 고
모델명	-	HBCH-20	
크기 (길이×폭× 높이)	mm	○ Main : 2500×1200×1700 ○ Outdoor coil : 3000×1400×2000	
중 량	kg	○ Main : 1000 ○ Outdoor coil : 800	
압축기	-	○ type : semi-hermetic, reciprocating ○ power : 11kW ○ capacity : 35,432kcal/hr(50/10℃) ○ refrigerant : R-22	
Indoor coil	-	○ type : top feed ○ coil : $\frac{3}{8}$ "×8R×40S×705EL ○ transfer area : 101.1m ²	
Outdoor coil	-	○ air-cooled type ○ coil : $\frac{1}{2}$ "×6R×26S×1800EL ○ transfer area : 131.5m ²	
송풍기	-	○ air flow rate : 38.4cmm at 220mmAq ○ type : turbo fan ○ power : 3.7kW×2P×380V	

그림 4-16. Heat pump 식 저온도정시스템 시작품 flow chart(1차 시작품)



REV	DESCRIPTION	OWN	CHECKED	DATE
Δ				
Δ				

Name of drawing		Drawing	Checked	Approved
Flow chart		Name		
		Date		
		Req Qty	1 Set	Projection
		Scale	N 5	
		Org size	A3	
		Dwg No	980025	


KOREA FOOD RESEARCH INSTITUTE

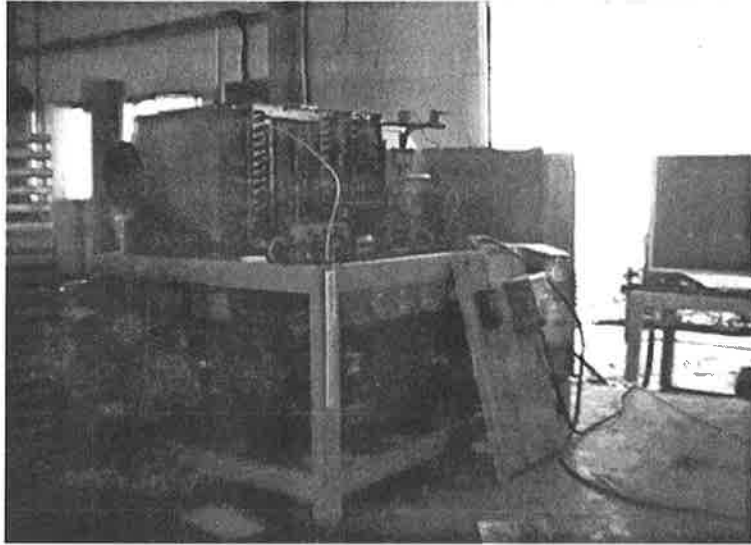


그림 4-17. Heat pump식 저온도정시스템(1차 시작품)

1 차 시작품의 주요 특징은 Heat pump방식으로 외기조건에 변화에 무관하게 년중 목표하는 온도와 상대습도를 가진 냉각 또는 가열공기를 발생시킬 수 있다는 점이다. 따라서, 이를 위해서는 외기조건에 따라 냉각과 가열이 무단계로 전환되며 제어되어야 한다.

본 시스템과 통상적인 heat pump식 냉난방기와의 다르다. 통상적인 heat pump식 냉난방기는 제한된 공간을 난방 또는 냉방하므로, 공간의 온도의 목표온도 도달여부에 따라 냉동기의 ON/OFF제어가 가능하며, 계절에 따라 냉방 또는 난방의 운전모드를 선택하므로 외기 온도조건에 따라 무단계로 제어할 필요가 전혀 없다. 반대로 본 시스템은 현미 및 백미의 품온조정, 정미기의 분풍 온도조절 등 일정한 온습도를 유지한 냉각 또는 가열공기를 직접 곡물에 통과시켜 대류에 의한 전열이 이루어져야 하므로 냉동기의 ON/OFF제어가 불가능하며, 변화하는 외기온도조건에 따라 냉각 또는 가열의 운전모드를 선택할 수 없다.

2) 시스템의 기본성능평가, 운영실험을 통한 시스템 보완

가) Heat pump 식 저온도정시스템의 1차 운영시험 및 보완

1차 운영실험은 시스템의 기본적인 작동상태, 단위 기기의 성능, 냉각 및 가열로의 무단계 전환, 온도 및 상대습도 제어 등을 중점적으로 평가하였으며, 다음 표 4-15와 같이 보완하였다.

표 4-15. Heat pump식 저온도정시스템의 1차 보완사항

항 목	보 완 사 항	비 고
보조열교환기 설치	○ outdoor coil에 보조 열교환기(3/8"×3R×31S×1800mm)를 부착하여 무부하전자변에서 50%, 보조열교환기에서 50%를 제어하여 최소가열량이 무단계로 제어토록 조정	
전자변의 부착	○ outdoor 및 indoor coil에 흐르는 고온고압 가스 냉매량을 조절하여 각각 2열로 4개의 전자변을 설치	
기타 수정사항	○ 고압수액기의 용량증가 ○ 고압 에어 스프레이 노즐로 교체 ○ 고압용 flexible tube에 의한 indoor & outdoor coil의 연결 등	

나) 저온도정시스템의 2차 운영시험

1차 운영시험을 통해 시스템을 보완하였으며, 그 결과 냉각 및 가열시 무단계로 설정온도에 도달하였으며, 현재 시스템의 운전상 어떤 문제도 발견할 수 없었다. 그러나, 시작품의 운영실험을 실시한 경남 진영지역의 외기온

도는 최저 -7°C 정도로 비교적 높아 air-to-air heat pump 시스템에서 문제가 될 수 있는 outdoor coil에서의 착상현상은 살펴볼 수 없었다. 이는 기존 heat pump를 이용한 냉난방기 제작회사에서 outdoor coil에서의 착상제어를 대전이남과 이북지역으로 나누어 실시하는 것과 동일한 이유로 판단되었다.

따라서, 본 시스템을 이용하여 목표온도의 제어, 최대가열능력 등의 기본 성능을 측정하였다.

(1) 목표온도 제어

목표온도로의 제어능력을 살펴보기 위하여 목표온도를 10°C 로 설정한 후 약 1시간동안 가동한 결과는 다음 그림 4-18과 같았다. 이 때 외기, indoor coil이 위치한 실내의 온습도, indoor coil 및 outdoor coil 출구에서의 공기 온습도, 소요전력, 고압 및 저압, 송풍량을 측정하였다. 온도 및 습도는 온습도측정기(TR-72S, Japan), 소요전력은 전산전력계를 이용하였으며, 송풍량은 hot wire타입의 풍속계(VelociCal, USA)를 이용하여 측정하였다.

시스템은 가동후 약 5분 30초후에 설정한 온도 10°C 에 도달하였으며, 도달후 indoor출구공기의 평균온도는 $9.6 \pm 0.22^{\circ}\text{C}$ 로서 정밀하게 되어되는 것을 알 수 있었다. 한편, 측정시간중 indoor coil이 설치되어 있는 실내공기의 평균온습도는 2.39°C , 30.0%였으며, 외기온도는 -1.73°C , 36.2%였으며, outdoor coil출구공기 온도는 -2.04°C 로서 outcoil의 송풍기에서의 가열량을 무시할 경우 약 0.31°C 정도가 냉각되었음을 알 수 있었다.

소비전력량은 10.9kW/hr 로 나타나 전기히터를 제외한 실제 소비전력량 13.1kW/hr 의 83.2%로 나타나 냉각능력이 제어되었음을 알 수 있었다.

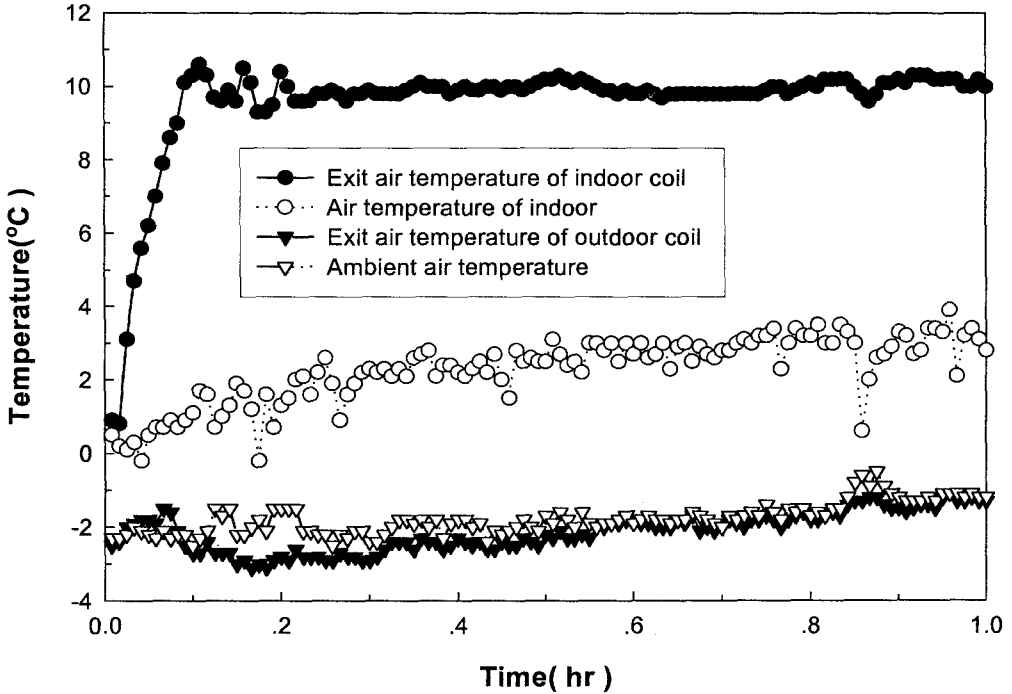


그림 4-18. Heat pump식 저온도정시스템 시작품의 목표온도 제어형태

(2) 최대 가열능력

최대 가열능력을 살펴보기 위하여 indoor coil의 송풍기 댐퍼를 강제로 100%로 유지한 다음 약 7시간 동안 가동한 결과는 다음 그림 4-19와 같았다. 이 때 측정지점은 외기, indoor coil이 위치한 실내의 온습도, indoor coil 및 outdoor coil 출구에서의 공기 온습도, 소요전력, 고압 및 저압, 송풍량을 측정하였으며, 측정방법은 목표온도 제어시와 동일하였다.

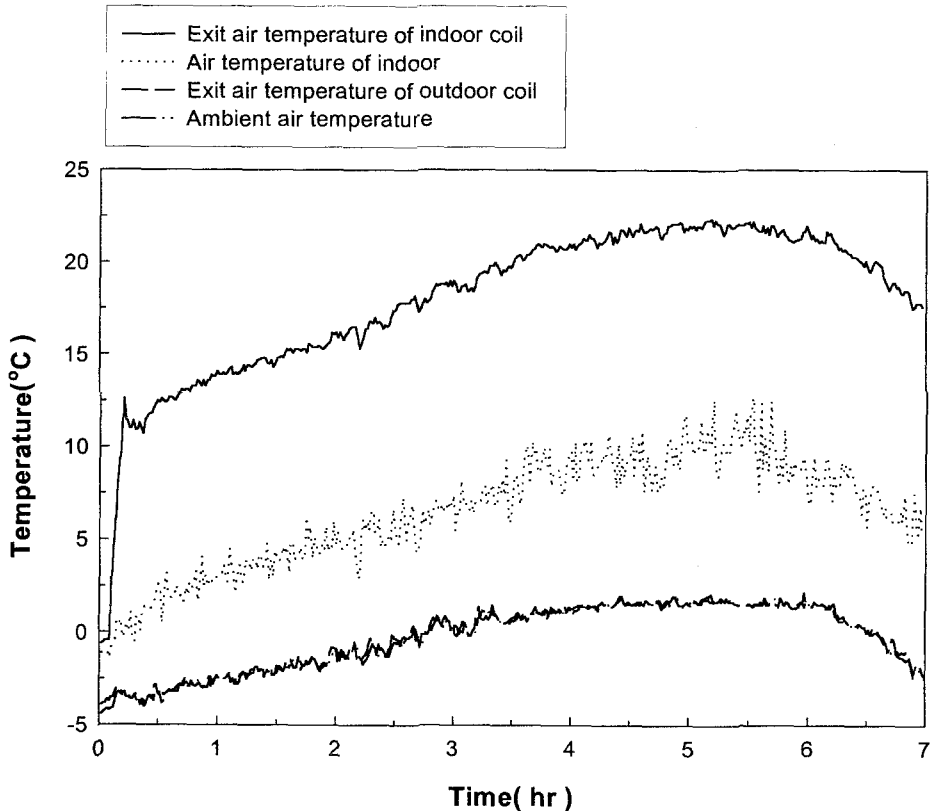


그림 4-19. Heat pump식 저온도정시스템 시작품의 최대가열능력

초기 설계시 가열용량의 설계조건은 -5°C 인 외기 $38.4\text{m}^3/\text{min}$ 를 7°C 까지 12°C 가열하는데 필요한 열량이었다. 시작품의 indoor coil 댐퍼를 강제로 100%로 개방한 상태로 7시간동안 가열한 결과 indoor coil이 위치해 있는 공장내의 평균 온도는 6.51°C 이었으며, 시작품의 출구공기의 온도는 18.02°C 였으며, 송풍량은 $71.6\text{m}^3/\text{min}$ 였다. 따라서 최대 가열온도는 11.51°C 였으며, 가열열량은 $14,240\text{kcal/hr}$ (응축/증발압력 $10.3/2.9\text{kgf/cm}^2$)로서, 분풍량 $38.4\text{m}^3/\text{min}$ 를 12°C 가열하는데는 충분할 것으로 판단되었다. 이 때 시간당 전력소모량은 12.1kW/hr 로서 총소요전력 44.2kW (Compressor : 7.9 kW , Fan

(Turbo) : 3.7 kW, Propeller fan : 0.75 kW × 2 set, Heater(Outdoor) : 16kW, Heater(Indoor) : 12kW)가운데 히터를 제외한 13.1kW의 92.4%를 나타내었다. 이는 압축기의 응축/증발온도의 변화에 따른 축동력의 변화에 따른 것으로 판단되었다.

나. 2차 시작품(보급형) 시작품의 설계 및 제작

1) 2차 시작품의 설계 및 제작

Heat pump식 저온도정시스템 시작품의 2차에 걸친 운영실험과 운영실험을 통해 시스템을 보완한 결과, 외기온도에 따라 냉각, 가열이 무단계로 제어되었으며, 당초 목표한 바대로 성능이 나타나 실제 미곡종합처리장에 적

표 4-16. 단단냉동사이클식 저온도정시스템의 설계기준(2차 시작품, 보급형)

가. 최대냉각능력 : 35,900kcal/hr(시작품과 동일)

- 증발온도/응축온도 조건 : 50℃/10℃
- 외기온도조건 : 33℃, 75%(엔탈피 : 22.648kcal/kg)
- 냉각공기온도조건 : 15℃, 95%(엔탈피 : 9.7kcal/kg)
- 송풍량 : 38.4m³/min(정미기 분풍량기준)

나. 냉각 및 가열전환방식 : 3-way valve에 의한 단단 냉동사이클 방식

다. 시스템제어방식 : 원칩마이크로프로세서를 이용한 콘트롤러 제어방식

- 제어대상 : 공기 온도 및 상대습도, 송풍량
- 제어수단 : 댐퍼, 전자변(5), 3방변, 가습기

용하여도 성능에는 문제가 없을 것으로 판단되었다. 그러나, heat pump식 시스템은 시스템이 복잡하며, 이에 따라 각종 밸브류의 증가, 제어 대상의 증가 등으로 가격이 비교적 고가로서 기존의 RPC와 소규모 도정공장 등에서 적용하기는 가격상 부담이 커 보급에 문제가 있는 것으로 판단되었다.

따라서, 시스템의 기능에 제한을 최소화하면서 제작단가를 낮출 수 있는 방법에 대한 검토결과, 4-way valve에 의한 heat pump식으로는 불가능하며, 이를 대신하여 제어밸브인 3-way valve를 이용한 단단 냉동사이클을 이용한 냉각, 가열시스템을 다음과 같이 “보급형”의 기본으로 하였다.

단단냉동사이클을 이용한 저온도정시스템의 보급형 설계기준은 표 4-16와 같으며, 주요사양은 표 4-17과 같다.

한편, 저온도정시스템의 제어는 원칩마이크로프로세서 의해 실시하였으며, “현미품온조정”, “분풍온습도조절”, “백미냉각”을 위한 제어시스템과 프로그램을 개발하였다.

제어대상은 표 4-18과 같으며, 제어시스템은 그림 4-20과 같이 원칩 마이크로프로세서인 AT89C52와 PIC16C17를 이용하여 제어대상을 제어하도록 하였다. 운영프로그램은 C 언어로 작성하였다.

표 4-17. 단단냉동사이클식 저온도정시스템의 주요사양(2차시작품, 보급형)

항 목	단위	사 양	비 고
모델명	-	한성저온도정시스템(HBCH-20)	
크기 (길이×폭× 높이)	mm	○ Main : 1880×965×1773 ○ Condenser : 1480×950×1815	
중 량	kg	○ Main : 850 ○ Condenser : 200	
압축기	-	○ type : hermetic, reciprocating ○ power : 11kW ○ capacity : 38,300kcal/hr(50/10℃) ○ refrigerant : R-22	
Evaporator	-	○ type : top feed ○ coil : 5/8"×10R×14S×470EL ○ transfer area : 101.1m ²	
Condenser	-	○ air-cooled type ○ indoor : 31.62m ² (5/8"×14S×6R×470EL) ○ outdoor : 144.4m ² (3/8"×30S×14R×750EL)	
송풍기	-	○ air flow rate : 38.4CMM at 220mmAq ○ type : turbo fan ○ power : 3.7kW×2P×380V	

표 4-18. 1차 시작용 및 보급형의 제어대상

항 목	1차시작품(heat pump식)	보급형(단단 냉동사이클식)
냉각(가열)능력제어	댐퍼, 무부하전자변, 전자변(indoor coil의 고온고압가스)	댐퍼, by-pass전자변, 전자변(evaporator의 고온고압가스)
냉각 및 가열의 전환	4-way valve	3-way valve
상대습도조절	상대습도센서, 가습기, indoor coil, reheater	상대습도센서, 가습기, evaporator, reheater
기타제어	착상제어(heater, 온도센서)	-

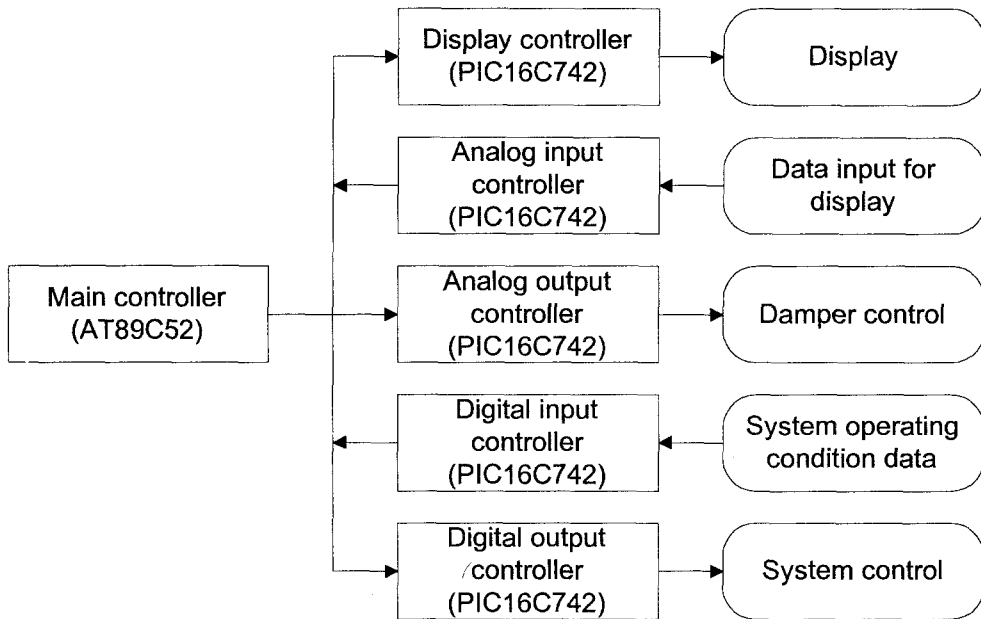


그림 4-20. 단단 냉동사이클식 저온도정시스템 컨트롤러의 구성(2차시작품)

2) 시스템의 기본성능평가, 운영실험을 통한 시스템 보완

“보급형”으로 제작된 단단 냉동사이클식 저온도정시스템의 기본성능을 측정하였다. 기본성능은 최대냉각능력, 최대가열능력 및 최대가습량을 각각 측정하였다.

가) 최대냉각능력

최대냉각능력은 고온고압가스를 전혀 공급하지 않은 상태에서 외기 및 냉각공기의 온도 및 상대습도를 측정하여 습공기선도에서 엔탈피를 구하고, 송풍량을 측정하여 계산하였다. 측정중 외기는 17.8 °C , 58.2%였으며, 이 때의 비체적은 0.8339m³/kg, 엔탈피는 36.601kJ/kg이었다. 저온도정시스템 출구의 냉각공기의 온습도는 2.1°C, 98.7%였으며, 이 때의 비체적은 0.78511m³/kg, 엔탈피는 13.062 kJ/kg이었다. 이 때 송풍량은 약 46.0m³/min이었다.

따라서, 최대냉각능력은 다음과 같이 18,611.35kcal/hr로 예측되었다.

$$\frac{46.0\text{m}^3/\text{min} \times 60\text{min}/\text{hr} \times 5.62319\text{kcal}/\text{hr}}{0.8339\text{m}^3/\text{kg}} = 18,611.35\text{kcal}/\text{hr}$$

이 때, 고압은 약 16kg/cm², 저압은 3.2kg/cm²로서 동일 고, 저압상태에서 구한 압축기의 이론적 냉각능력은 18,300kcal/hr로서 측정한 최대냉각능력과 이론적 냉각능력이 거의 유사한 결과를 나타내었다. 이 때 소요동력은 13.0 kW/hr 수준을 나타내었다.

그림 4-21은 냉각공기온도를 3°C로 설정하였을 때 저온도정시스템 출구에 서의 냉각공기의 온도변화를 나타낸 것으로서, 설정온도와 온도편차가 거의 없었으며, 안정적으로 제어되고 있는 것으로 나타났다.

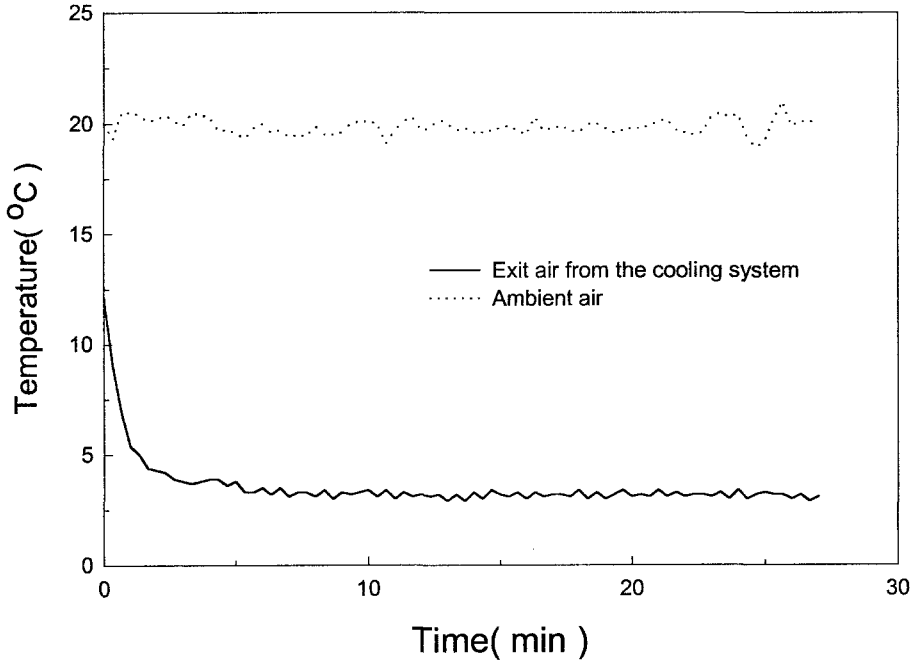


그림 4-21. 저온도정시스템(보급형)에서의 냉각공기 온도 제어상태

나) 최대가열능력 및 최대가습량

최대가열능력은 고온고압가스를 100%로 개방한 상태에서 외기 및 냉각공기의 온도 및 상대습도를 측정하여 습공기선도에서 엔탈피를 구하고, 송풍량을 측정하여 계산하였다. 설정온도는 40°C로 하였으며, 최대가습량을 측정하기 위하여 4개의 노즐중 2개만을 가동하여 가수하였다.

외기의 온습도조건은 16.4°C, 82.4%이었으며, 이 때 절대습도는 0.00958kg/kg, 비체적은 0.8328m³/kg, 엔탈피는 40.757kJ/kg이었다. 저온도정시스템 출구에서 온도 및 상대습도는 21.7°C, 87.8%이었으며, 절대습도는 0.01431kg/kg, 비체적은 0.8544m³/kg, 엔탈피는 58.201kJ/kg이었다. 송풍량은 약 39.1m³/min으로서, 송풍량과 엔탈피차로서 최대가열능력을 구한 결과, 11,739.0kcal/hr로서 설계치 9,890kcal/hr를 만족하였다. 이 때 고압 및 저압은 각각 13,

4.6kg/cm³였으며, 소요동력은 10.42kW/hr 수준으로 나타났다.

한편, 절대습도 차이는 0.00473 kg/kg이며, 송풍량을 이용하여 최대가습량을 측정하면 13.3kg/hr로 나타났다. 따라서 4개를 모두 사용하였을 때의 가수량은 26.6kg/hr로서 설계치 27kg/hr와 유사한 값을 나타낼 것으로 판단되었다.

제 4 절 현미의 품온조정 시스템의 운영기법 확립

1. 저온도정시스템(보급형)의 현장 적용실험

가. 저온도정시스템의 현장설치

저온도정시스템의 “보급형”을 이용하여 1회의 현장적용실험을 실시하였다. 먼저, 남원남원농협 RPC에서 1차 현장적용실험을 실시하였으며(그림 4-22), 울산농소농협 RPC에서 2차 현장 적용실험을 실시하였다(그림 4-23). 울산농소농협 RPC는 그림 4-24와 같이 1연삭 3마찰(분풍식)이 2열로 설치되어 가공능력이 5ton/hr이었다.

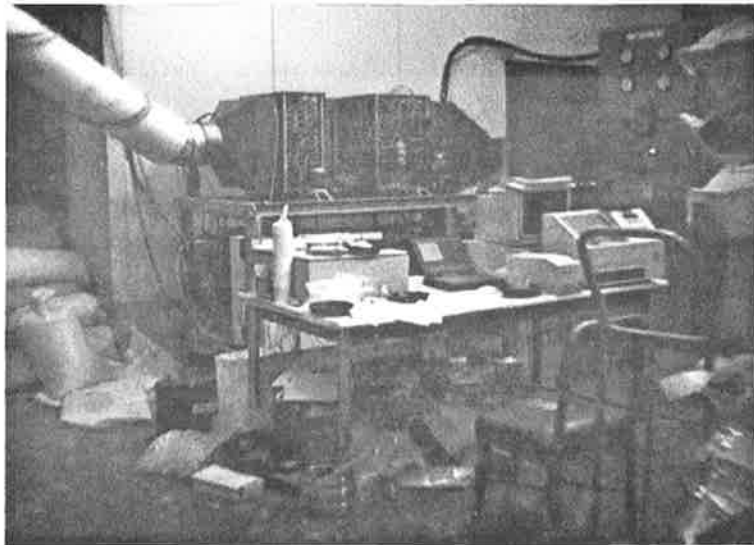


그림 4-22. 저온도정시스템(보급형)의 1차 현장적용실험(남원남원)

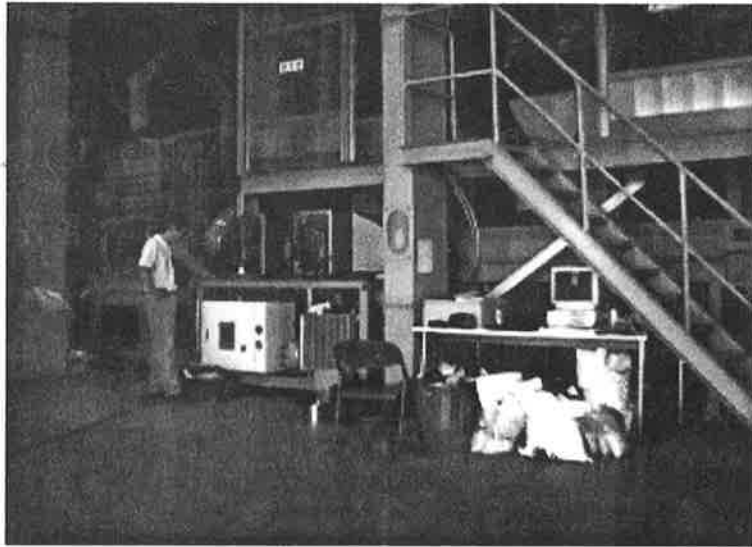


그림 4-23. 저온도정시스템(보급형)의 2차 현장적용실험(울산농소)

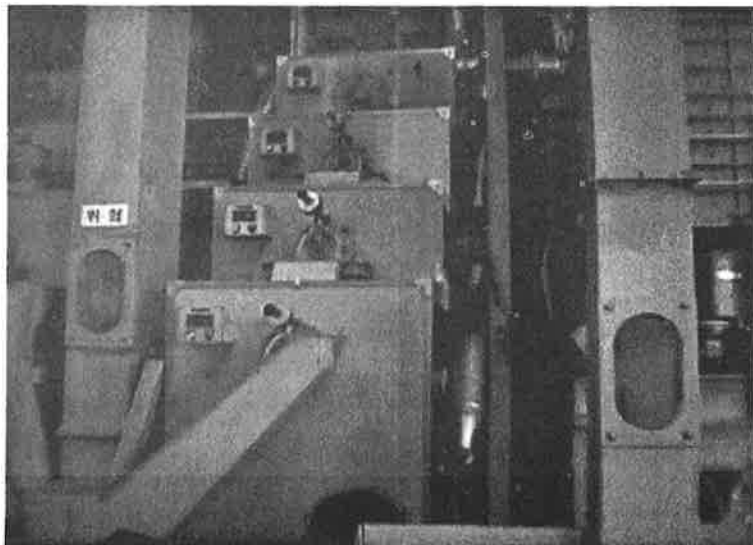


그림 4-24. 실험에 사용한 정미기 및 분풍으로의 냉각공기 주입장면(울산농소)

저온도정시스템은 색채선별기 하단부에 설치하고, 응축기는 백미탱크 상단부에 설치하였다. 저온도정시스템에서 냉각된 냉각공기는 압력조정댐퍼가 부착된 버퍼탱크에서 현미탱크와 정미기 및 연미기로 나누어지게 설치하였다. 버퍼탱크까지는 flexible pipe로 연결하였으며 단열하지 않았다.

현미탱크의 냉각공기 주입구는 현미탱크 하부를 절단하고 직경 2.3mm의 다공(개공율 48%수준)으로 차단하였는데, 주입구에서 송풍저항의 증가로 냉각공기의 온도가 상승되는 것을 막기 위해 plenum chamber를 직 6면체로 제작하여 다공면적을 최대화하였다. 또한, 1연삭 3마찰 정미기는 분풍 주입구에 냉각공기를 주입하였으며, 습식연미기는 정백통에 흡입되는 공기를 냉각공기로 대체할 수 있도록 하였다.

또한, 곡온과 소요전력을 측정하기 위하여 현미탱크의 상, 중, 하부, 정미기 보조탱크 하부, 1연삭, 3마찰 정미기의 토출구, 습식연미기 토출구 등 10개소의 곡온은 열전대(k-type)을 설치하여 측정하였다. 저온도정시스템의 각 지점의 온도는 7개소에 열전대(k-type)을 설치하여 측정하였으며, 측정치는 자료수집장치(Datascan, 7327, U.K)로 기록하였다. 1연삭 3마찰 정미기, 습식연미기와 저온도정시스템의 소요전력은 6개의 적선전력계를 설치하여 측정하였다.

나. 실험방법

동일 사각빈(50톤)에 저장된 벼를 대상으로 저온도정시스템의 적용여부에 따른 가공특성의 차이를 측정하였다. 먼저, 탈부된 현미 약 15톤 정도를 2개의 현미탱크에 연류계로 계량하여 충전한 다음, 1개 탱크는 저온도정시스템으로 냉각하고, 다른 1개는 상온상태에서 하룻밤을 방치하였다.

다음날 2개의 현미탱크를 각각 별도로 가공하여 백미라인에 부착된 연류계로 중량을 계량하여 전체 정백수율을 계산하였으며, 백미에 혼입된 싸래기량을 측정하였으며, 가공된 쌀을 이용하여 관능검사를 실시하였다.

다. 결과 및 고찰

표 4-19는 저온도정시스템의 적용여부에 따른 가공특성을 나타낸 것이다. 표에서도 알 수 있듯이 저온도정시스템을 적용하였을 때의 정백수율 즉, 현미의 중량에 대한 백미중량은 약 0.4%정도의 증가하여 저온도정시스템을 채용할 때 가공수율이 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한, 쌀래기분리기 즉, 로타리쉬프트에서 배출된 쌀래기량이 저온도정시스템을 적용하지 않았을 때는 74.58kg이었던 반면 저온도정시스템을 적용하였을 때는 52.40kg으로 현저하게 저하하였으며, 백미에 혼입된 쌀래기량도 약 2.1%정도 크게 감소하였다. 그러나, 곡물냉각기의 가동, 냉각된 현미의 강도상승 등으로 인해 약 20%정도의 전력소비가 발생하였다. 그러나, 이와같은 전력의 증가는 겨울철에는 오히려 가온함에 따라 감소하므로 연간 전력소비는 크게 차이가 발생하지 않을 것으로 판단되었다.

표 4-19. 저온도정시스템의 적용여부에 의한 가공특성 비교

항 목	저온도정시스템 적용여부		
	미적용	적 용	차 이
정백수율(%)	86.9	87.3	0.4
쌀래기혼입율(%)	6.2	4.1	2.1
소요에너지(kWh)	2,291	2,754	463

저온도정시스템을 적용하여 가공한 쌀과, 보통방법으로 가공한 쌀을 이용하여 식미검사를 실시한 결과는 표 4-20과 같았다. 표에서 알 수 있듯이 모든 식미 특성에서 저온도정시스템을 사용한 경우가 양호한 식미를 나타내고 있으며 특히, 맛의 품질과 전반적인 품질은 유의적인 차이를 나타내고 있다.

표 4-20. 저온도정시스템 적용여부에 따른 밥의 식미검사 결과 비교

		저온도정시스템 적용여부	
		미적용	적용
외관	윤기의 정도	7.25	7.60
	색의 강도	2.50	2.28
밥 이외의 냄새강도		2.29	1.89
밥 특유의 맛강도		6.96	7.64
조직감	경도	4.46	3.89
	탄력성	6.21	6.46
	응집성	6.39	6.53
	부착성	6.57	7.00
외관의 품질		7.32	7.71
냄새의 품질		7.39	8.03
맛의 품질*		7.00 ^b	7.67 ^a
조직감의 품질		6.92	7.50
전반적인 품질**		6.71 ^b	7.60 ^a

2. 저온도정시스템의 운영기법 확립

가. 설계기준 확립

현미의 품온에 따른 가공특성과 식미특성의 측정결과와 가공중 품온상승을 고려하여 현미의 품온은 약 10℃, 백미는 7℃, 정미기의 분풍은 15℃정도를 유지하도록 heat pump식으로 시스템을 설계하여 시작품을 개발하였다.

그러나, 2차년도 공개발표시 저온도정시스템의 시작품(Heat pump형태)의 가격이 대단히 고가로 보급에 문제가 발생할 수 있는 점이 언급되었으며, 이에 따라 기능상 다소의 제한이 있어도 저렴하게 보급될 수 있도록 “보급형”을 제작토록 지시 받았다. 3차년도에 단단 냉동사이클형의 보급형을 개발 제작하였으며, 성능평가를 통해 그 성능을 확인하였다.

따라서, 향후 저온도정시스템은 고가의 heat pump식과 저가의 단단 냉동사이클식으로 나누어 설계할 예정이다. 이상의 결과는 “현미 및 백미의 품온조정용 공기온도 조정장치 및 품온조정방법”에 관한 특허(공개번호 : 98-087590)를 출원하였으며, 추가 사항에 대해서는 출원준비중에 있다.

나. 비용분석 및 산업화방안

2개 농협 RPC에서 1, 2차에 걸쳐 하절기에 현장적응실험을 실시하였으며, 수율, 쓰레기발생율, 식미 등 가공특성이 대단히 우수하다는 것을 확인하였다. 다만, 소비전력은 상승하였지만 동절기에는 반대로 감소할 수 있으므로 그다지 큰 문제는 되지 않을 것으로 판단되었다.

그러나, 현장적응실험 결과 몇 가지 관련된 기술의 개발이 필요한 것으로 판단되었다. 즉, 덕트의 이송중 온도상승방지, 현미탱크를 거치지 않고 연속적으로 냉각할 수 있는 시스템 및 기술, 본 시스템의 control panel과 정미기 local panel과의 연동, 분풍식이 아닌 정미기로의 적용기술, 습식연미기로

의 활용기술 등의 과제가 해결된다면 그 효과는 막대할 것으로 판단된다.

실제, 도정공장에서의 기술자들의 호응과 기대는 대단히 컸으며, 최대 약 1.5%정도의 수율증가가 기대된다고 하고 있다. 또한, 각 쌀들간의 균일한 도정도의 유지 등 부수적인 장점이 대단히 큰 것으로 확인되었다.

따라서, 대단히 보수적으로 판단하여도 수율을 약 0.8%수준 향상시키고, 쓰래기 발생저하에 따른 수율 증가를 0.5%(쓰래기 판매비용은 쌀의 약 1/2수준)정도라 하여도 약 1.3%수준에 이르며, 1년 매출이 100억원인 경우 약 1억3천만원의 이익이 발생하게 된다. 여기에는 우수한 식미유지에 의한 효과를 제외한 것이다. 현재, 본 시스템의 가격은 결정되지 않았으나 경제성은 충분한 것으로 판단되었다.

본 과제는 참여기업인 (주)모아기연과 본 제품을 판매하기 위해 2차 시작품제작비의 일부를 투자하고 공동으로 실험에 참가한 (주)한성공업에서 기술이전을 희망하고 있어 바로 기술이전을 추진할 계획이다. 또한, 동시에 본 시스템의 보급 활성화를 위해 현장적용실험시 보완이 필요하였던 관련기술 개발에 관한 추가 연구를 실시할 계획이다.

여 백

제 5 장 “씻지않는쌀” 제조설비의 국산화 및 실용화 기술개발

여 백

제 5 장 “씻지않는쌀” 제조설비의 국산화 및 실용화 기술개발

제 1 절 서 설

밥을 짓기 전에는 반드시 쌀을 씻어야 하는 수작업이 따른다. 백미에게는 미곡분 등이 남아 있기 때문에, 이를 깨끗이 씻어 내는 일은 맛있는 밥을 짓기 위한 매우 중요한 조건인 것이다. 소비자들이 쌀밥을 멀리하는 원인 중의 하나로서, 취사하는 데에는 손이 많이 간다는 점, 특히 쌀 씻는 번거로움을 들 수 있다. 또한 근년에 들어 쌀을 씻은 드물의 배수가 하천오염의 원인으로 대두되면서 환경오염 문제로 되고 있다.

씻지않는쌀의 효용성과 유통이 사회적으로 어떠한 영향을 미칠 것인가를 열거하면 크게 다섯 가지로 요약된다 그 첫째가 간편성이다. 씻지않는쌀은 정미 후의 호분층과 미곡분이 깨끗이 제거되어 있으므로, 가정에서 쌀을 씻는 번거로움이 생략된다. 또한, 흡수성이 우수하므로 보통 쌀보다 취반시의 침적시간이 짧고, 취사전 준비작업이 간편해진다. 두 번째는 경제성이다. 수작업 또는 기계로 쌀을 씻으면 백미의 약 2.0%가 드물로 배출되어 중량이 감소하지만, 씻지않는쌀은 씻을 필요가 없으므로 중량이 줄지 않는다. 또한 쌀을 대량으로 사용하는 외식산업에서는 노동력, 수도세 절감과 함께, 세미 배수처리시설이 필요 없게 되므로 경비를 절감할 수 있다. 세 번째는 보존성이다. 지방, 단백질이 많은 호분층을 제거하므로 쌀의 산화가 느리고, 따라서 보존성이 양호하여 장기보존이 가능하다. 네 번째는 품질의 향상이다. 씻지않는쌀 처리는 기계로 균일하게 하므로 수작업으로 해야하는 세미에 비하여 편차가 없고 취반상태가 일정하다. 또한 식미가 나쁜 품종 및 묵은 쌀

의 식미 개선이 가능하다. 취사후의 밥의 식미는 시간이 경과하더라도 금방 지은 밥맛을 장시간 유지할수 있다. 마지막으로 사회성이다. 쌀뜨물이 나오지 않으므로 환경오염과 무관하다. 종래의 수작업이나 기계로 쌀을 씻을 경우 쌀의 뜨물은 아무리 적게 잡아도 백미중량의 200배 이상이라고 알려져 있다. 이 때문에 각 가정이나 외식산업에서 배출되는 양이 적다고 하더라도, 백미의 연간수요량을 약 500만톤이라고 한다면, 전국에서 연간 약 1억톤이 넘는 양의 뜨물이 하수도, 하천, 호수, 바다로 배수되고 있다는 말이 된다.

이와 같이 사회경제적으로 효용성이 큰, 씻지 않고도 물만 부우면 밥을 지을 수 있는 쌀을 만들고 싶다는 생각은 옛부터 있었으며, 1995년경부터 특허출원이 왕성했다. 예를 들면 코팅, 또는 화학약품으로 씻은 것 등이 있었는데, 그 중에서도 정미와 동시에 물로 씻는다는 사고방식은 비교적 새로운 기술이다.

물을 사용한 씻지않는쌀의 특허출원을 살펴보면, 백미를 물로 씻고 원심분리기로 물기를 제거한 후, 수분을 15~16% 정도로 만든다고 기재되어 있다. 즉, 수중에서 물세척하고 원심분리기로 물기를 제거하면, 수분을 15~16%로 조정할 수 있다는 의미이며, 물기를 제거한 시점에서 수분 16%이하인 세척미를 얻을 수 있는 기술이 나타나 있다. 일본특허 57-141257호에는 백미를 씻어서 탈수 건조시켜서 원료 백미보다 많은 수분의 세척미를 얻는 기술이 나타나 있다. 그러나 어느것 하나 이론대로 기계개발이 추진되지 못하고, 물을 사용하면 식미가 떨어진다는 문제를 해결하지 못하였다. 또한 시스템으로서의 씻지않는쌀 제조 기술이 미완성 단계였으므로, 국내에서는 모두 실용화에 실패하고 말았다. 본 연구에서는 일본에서 개발되어 실용화되고 있는 여러 가지 방식의 씻지않는쌀 제조설비를 응용하여 국내실정에 적합한 한국형 씻지않는쌀 제조 설비의 국산화를 모색하여 일련의 괄목할 만한 결과를 얻었으며 이의 실용화를 위한 씻지않는쌀의 품위특성과 저장시험한 결과를 보고하는 바이다.

제 2 절 일본의 현황 조사

1. 소비자의 need와 대응전략

일본의 국민 1인당 쌀의 연간 평균소비량은 1962년 118kg을 정점으로 매년 감소하여 1997년에는 67kg까지 감소하였다. 한편 세계적으로는 쌀이 영양학적으로 균형잡힌 식품원료로 인식되어 쌀을 중심으로 하는 한국형 또는 일본형 식생활이 주목을 받고있다. 이러한 상황에서 미곡 관계자들은 쌀의 소비확대를 위해 소비자의 요구, 사회적 요구에 대응한 새로운 상품의 기획, 개발에 크게 기대하고 있다.

최근 쌀에 대한 요구는 식의 고급화(미식애호 경향), 자연식품, 건강식품(무농약, 유기재배), 취반의 간편화, 편리화(무세미, 가공미 지향)등으로 다양화되는 경향이다. 농림수산성, 농업시험장등에서는 super rice의 계획하에 저아밀로오스미, 고단백질미, 거대배아미, 초다수확 품종 등의 신품종을 바이오기법으로 개발하려는 연구가 진행되고 있다. 한편 유통단계에 있어서는 단순히 형질측면만의 개선이 아니라 쌀의 내질(식미)과의 관계가 매우 중요한 테마로 되어왔다.

도정공장의 관리운영은 최근까지 쌀의 중량, 정백도를 계수관리하고, 식미에 있어서는 도정공장의 전임 operator의 感과 경험에 의하여 브랜드 조작이 행해지고 있다. 현재는 식미계를 이용함으로써 쌀의 화학적 성분(전분, 단백질, 수분, 지방산)을 분석해서 식미를 계측하고 식미에 의하여 브랜드화하는 것이 가능하게 되었다. 또한 쌀의 식미와 가격이 비례함에 따라 년간을 통하여 안정된 식미의 쌀을 소비자에게 제공하게 되었다. 도정공장의 실질적인 자동화 컴퓨터 관리는 식미계에 의하여 가능하게 되었다고도 할 수 있다. 즉 소비자의 미식애호지향을 계수화할 수 있는 새로운 전망이 열린 것이다.

한편 산지에 있어서는 맛있는 쌀을 재배하고 싶고 그렇지 못하면 살아남지 못한다는 산지미 개량의 움직임이 대두되었다. '시비와 품질, 토양과 품질, 물관리와 품질, 등숙기온과 품질, 수확량과 품질'등 벼의 재배조건과 쌀의 식미와의 관계가 해명되고 있다. 또한 아무리 완숙된 벼라도 건조조건에 의하여 식미가 열화한다는 사실이 근년에 와서 주목되기 시작하였다. 이러한 식미분석에도 식미계가 이용되고 소비자의 미식애호지향에는 식미계가 불가결한 측정기로 되었다.

자연식품 및 건강식품으로서의 유기미나 무농약미가 생산 판매되고 있지만 생산성이 나쁘고 가격이 높기 때문에 생산량에도 한계가 있다. 도정공장에서 현재 생산되고 있는 배아미도 일시적인 붐으로 지나가고 생산량이 떨어지고 있는 실정이나 배아미 죽이나 현미죽은 인기가 높고 생산량이 순조롭게 신장되고 있다. 이것은 간편성의 결과라 생각된다.

배아미는 배아의 잔존율을 80%이상 남기기 위하여 원료현미의 단계에서 배아가 남는 것과 남지 않는 것으로 품종을 선별하고 있으나, 대체로 배아가 남는 품종은 식미가 좋지 못하다. 식미가 좋은 품종을 사용해서 배아미를 만들고 배아가 남지 않는 것을 고감도 선별기로 선별해서 80% 이상의 배아미로 하는 것도 현재는 가능하게 되었다.

또한 배아미 협회에서는 배아미의 무세 코팅미에 대해 검토하고 있고 간편성이나 미식애호지향의 문제가 해결되면 소비자의 요구에 맞는 배아미의 상품기획이 가능하다. 취반의 간편화, 편리화에 대한 소비자의 요구에 대응하기 위하여 많은 가공미가 판매되고 있다. 냉동미반, 알파화미, 통조림밥, 무균포장밥등이 그것이다.

2. “씻지않는쌀”의 유통과 그의 의의

취반전에는 반드시 쌀을 씻는 수작업을 한다. 도정에는 아직 호분층(강층), 미곡분 등이 남아있으므로 이것을 깨끗이 씻어내는 것이 맛있는 밥을 짓기 위한 중요한 조건으로 되어 있다. 소비자가 쌀에서 떨어지는 원인의 하나는 취반의 수고, 특히 씻는 '번거러움'에 있다고 한다. 또한 근년 쌀뜨물(씻은물)의 배수가 하천오염 원인의 하나로 환경오염문제로 되고 있다. 이것은 무세미에 대한 앙케이트 조사에서 분명하게 알 수 있다. 기후현에서 1991년 하쓰시모 이등급쌀을 무세미 가공하여 700g의 sample과 앙케이트용지를 배포하여 368명의 회답을 얻은 결과 매우 흥미있는 수치가 나타났다.

우선 [“씻지않는쌀”이 판매되면 구입하겠습니까?]라는 질문에 대하여 구입하지 않는다는 7.9%, 나머지 92.1%는 구입의사가 있다고 답하였다. 또한 [이러한 쌀이 판매된다면 어떻게 생각하십니까]의 질문에 대해서는 과반수가 '수고가 떨어져 편리하다', '물이 절약되어 좋다' 라고 답하였다. 반면 '쌀은 씻는 습관이 있다', '씻어서 취반하므로 “씻지않는쌀”은 필요없다' 라는 답도 있었다. 그 결과 “씻지않는쌀”이라는 표시에도 불구하고 가볍게 씻어서 취반하는 사람이 있었다.

식미결과, 씻지않고 취반해서 '맛없다'가 2.8%, 나머지는 '맛있다', '보통'으로 답하였고 가볍게 씻은 경우도 '맛있다' 또는 '보통'으로 답하였다. 쌀을 씻는 작업을 완료한, 청결한 무세미를 소비자에게 제공하면 가까운 장래에는 쌀은 씻지 않는 것이 당연하게 되리라고 생각된다. 씻지 않고 밥짓는 쌀(“씻지않는쌀”)이 보급되면 가정에서는 취반이 간편화, 외식, 업무분야에서는 생력화, 절수, 세미손실의 방지라고 하는 직접적인 이점뿐만 아니라 환경보전에 기여한다는 사회적 이점도 기대할 수 있다.

이러한 “씻지않는쌀”은 1992년 11월 오오사카미곡, 료토토의 야마시료 식량의 업자로 부터 [씻은 쌀 키레이상(갈끔이)] 라는 이름으로 발매가 개시되

었다. 이 “씻지않는쌀”은 식생활중에서 ‘쌀을 씻는다’고 하는 수고를 완전히 생략함과 동시에 그 쌀뜨물에 의한 하천오염방지와 수자원 절약이라고 하는 환경보전 상품으로서 주목되고 있고 미반가공업자에게 있어서는 세미작업이 완전히 생략될 뿐만 아니라 새로운 생산 시스템을 탄생시켜 많은 이익을 낼 수 있는 가능성을 지닌 상품이다.

표 5-1. 일본의 “씻지않는쌀”의 품질기준

항목	업무용	가정용
수분	15.5% 기준	15.0% 기준
백도	43.0% 이상	43.0% 이상
탁도	50 PPM 이하	50 PPM 이하

3. “씻지않는쌀”의 가공기술

씻지 않고 물만 부우면 취반가능한 쌀(씻지않는쌀)을 제조하려고 한것은 오래 전부터였고 1955년부터 특허출원이 활발하였다. 예를 들면 코팅(라이스 왁스), 알파화미, 화학약품(알콜, 핵산)으로 씻는 것 등이 있지만 이중에서도 물로 씻는 것이 비교적 새로운 기술이다. 물을 사용한 무세미의 특허출원을 살펴보면 특허공보 소화 51-22063호에 의하면 백미를 수세하고 원심분리기에 투입하여 물을 빼면 수분이 15~16%정도가 된다고 기재되어 있다. 즉, 백미를 물속에서 물로 씻어 원심분리법에 의해 물기를 빼면 수분(함수율)을 15~16%로 조정할 수 있다는 의미이며, 물을 제거한 시점에서 수분 16%이하로 된 세미를 얻는 기술이 나타나 있다. 特開昭57-141257호에는 백미를 세미하여 탈수 건조해서 원료백미보다 많은 수분(1.47% 포함)의 씻은 쌀을

얻는 기술이 나타나 있다.

그러나 어쨌든 기계개발이 이론과 같이 되지 않고 물을 사용하면 식미가 나쁘게 되는 문제를 해결할 수 없었다. 또한 무세미의 시스템으로서의 기술 완성이 되지 않았기 때문에 실용화 할 수 없다.

일본의 사타께사가 개발한 “씻지않는쌀” 가공설비는 물만을 사용하고 현재의 식량관리제도하에서 유통가능한 16%이하의 수분으로 식미가 저하하지 않도록 고안된 장치와 세미수를 종래의 15분의 1에서 20분의 1로 하는 고농도의 세미수 처리장치로부터 된 “씻지않는쌀” 가공기술을 개발함과 동시에 새로운 진공포장정형장치 및 새로운 포장재를 개발함으로써 “씻지않는쌀”의 기술을 완성했다. “씻지않는쌀”의 가공기술이라고 하는 것은 전체의 시스템이며 이중에서 1개라도 빠진 경우에는 성립되지 않는다는 점에 있어서 이 기술의 신규성이 존재하는 것이다.

4. 향후과제 및 전망

이러한 정미공장은 형질면 및 내질(식미)면에서 충분히 음미된 쌀을 포장 출하할 뿐만 아니라 보다더 소비자 및 사회의 요구에 따라, 또한 간편화 편의화를 추구한 고부가 가치상품을 기획 개발할 필요가 있다.

“씻지않는쌀”은 그중 하나이다. 이 쌀이 보급되면 정미공장이 가공분야에 진일보 하는 것이 되며 향후 가공미 및 미반가공분야에 쉽게 길이 열리게 된다. 또한 기존의 미반 가공업계는 “씻지않는쌀”를 사용함으로써 설비의 개선을 도모하고 많은 장점을 생길것으로 기대할 수 있다.

더욱이 국제적인 시야에서 보면 쌀의 자유화에 대응하여 자국의 쌀을 방위하기 위해서도 [일본의 쌀은 식미가 우수하고 간편하다]라고 차별화하는 것도 가능하다. 금후, “씻지않는쌀”의 조기보급과 쌀의 비확대가 기대된다.

표 5-2. 일본의 무수세미 임가공작업 현황

가공형태	등 급	현백수율(%)	탁 도(ppm)	식미형태	비용:₩/kg	비 고
고가공	1등급	87	20 이하	항상	30₩	
	2등급	86				
중가공	1등급	88	40	불변	20₩	
	2등급	87				
저가공	1등급	88.5	60	저하	15₩	
	2등급	87.5				

표 5-3. 일본의 무수세미 제조설비 유통현황

업체명	기 종	형 식	능 력 (톤/시간)	특 징	비 고
Stake	지프라이스 (JF3A)	습식	2.0-3.0	고압분사수세 오수처리장치	특 허
Nomura	Pure 무세미장치	습식	0.18-3.0	공기 분풍에 의한 미장의 분리, 처리장치	특 허 (MFC오니처리)
Yakujin	에코라이저	습식	0.23-1.0	1,2차 수세 후 순간 탈수건조	특 허 수분 1% 상승
Toyo	스페이스 에레콘	건식	1.5-3.5	압력공기 (강식)	
Guriki	무세미기	습식	0.25-1.0	1, 2, 3 수세조에서 수세후 기류건조	기술독창성없음
Tachibana	아메타스	습식	0.36	원적외선 사용 살균 및 건조	특 허

- 일본의 무수세미 제조 설비 제작은 6개 회사가 참여하고 있고, 회사별 제조설비의 모델, 형식 및 시간당 생산능력은 표 5-3과 같음.
- 특히, 무수세미 제조장치의 핵심설비는 수세장치 보다는 폐수처리시스템이 지역의 여건에 따라 약 8배 정도의 투자비가 요구됨.
- Toyo사에서만 건식 무수세미 제조장치가 생산되며, 나머지 모든 회사는 수세를 기본으로 하고 있고, 건식보다는 수세식이 미생물 오염측면에서 우수함.
- Toyo사 제품이 건식이므로 많은 도정과 판매를 겸하는 양곡 판매상에서 설치하고 있으나, 건식은 한국의 건식 청결미 제조 장치를 보강한 기술임.
- 습식 무수세미 제조시 수세 횟수, 수세후 탈수방법은 회사에 따라 차이가 있는데, 수세 횟수는 1~3회이고, 탈수방법은 자연 탈수식과 원심 분리식이 있음.
- 수세된 쌀의 건조는 전기히터, 원적외선 및 송풍으로 처리하며, 수세된 뜨물을 농축하여서 BOD, SS농도 7,500~15,000ppm 으로 처리함.
- 발생된 뜨물 처리는 하천방류 또는 하수도 방류에 따라서 규제 허용농도가 다르므로 응집침전조에서 생물처리 등을 통하여 BOD를 저하시킴.
- 최초로 무세미 제조장치를 개발 보급중인 일본의 경우 대부분의 핵심기술이 특허 사항으로 공개된 연구결과는 없고, 무세미의 품질특성에 관한 자료만 발표됨.

제 3 절 “씻지않는쌀” 제조설비 국산화를 위한 가공공정 확립

1. “씻지않는쌀” 가공공정 확립

“씻지않는쌀” 가공 공정은 그림 5-1과 같으며 기존의 RPC에서 생산한 백미를 원료로 사용하여 원료투입, 세미, 원심탈수, 건조, 선별, 계량포장의 일련의 공정에 의하여 “씻지않는쌀”을 생산한다.

2. 씻지않는쌀 제조 공정

가. 제조장치

본 연구의 연구범위에서 설정한 “씻지않는쌀” 제조장치는 쌀을 세척 및 세정한 다음 열풍에 의하여 건조시킴으로서, 쌀의 표면에 묻은 이물질과 미생물을 제거함은 물론 쌀의 aleurone 층까지 제거하여 취반시 별도의 수세과정 없이도 밥을 지을 수 있는 제품을 제조하기 위한 단위기계에 대한 기본설계이며 이 후 쌀뜨물 처리장치의 개발은 제외하였다.

“씻지않는쌀” 제조장치의 구성은 원료쌀 공급탱크에 공급된 원료쌀을 이송스크류로 일정량씩 연속적으로 이송시켜주는 원료쌀 공급부와, 원료쌀 공급부로부터 공급되는 원료쌀에 물을 주입하고 세척스크류를 회전시켜 쌀을 씻어주는 원료쌀 세척부, 그리고 세척부로부터 세척된 쌀에 물을 주입하면서 세정과 행굼을 동시에 실시하고 세척 및 행굼수를 원심력으로 탈수시키는 행굼 탈수부로 구성되는 “씻지않는쌀” 처리장치가 주요장치이며, 이 처리장치에서 이송된 탈수 쌀에 열풍을 가하여 건조시키는 건조기로 구성된다.

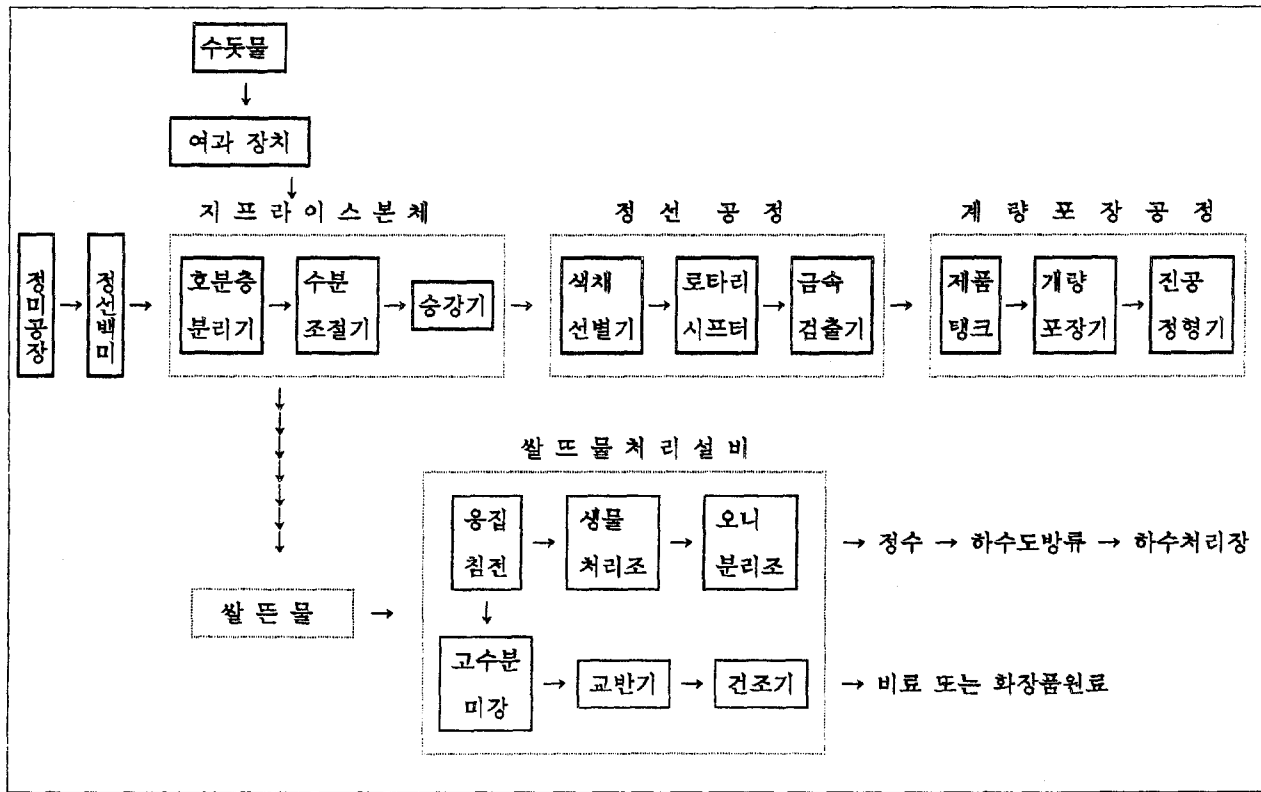


그림 5-1. “씻지않는 쌀” 제조공정

나. 정선공정

색채 선별기, rotary shifter 및 금속검출기를 사용해서 씻지않는쌀에 이물이 혼입되지 않도록 정선한다.

다. 계량포장공정

“씻지않는쌀”의 선도와 청결감을 유지할 수 있도록 진공포장정형을 한다. 탈산소제의 투입도 가능하다. 또한 CO₂ 포장정형도 진공압을 조정함으로써 자동이 가능하다.

라. 쌀뜨물 처리설비

종래의 쌀뜨물 처리설비에는 물을 다량으로 사용하기 때문에 설비가 매우 크고 고가였으며 다른 씻은물과 혼합되기 때문에 원수농도가 일정하지 않고 설비의 유지관리가 어려운 문제점이 있었으나, Jiff rice 쌀뜨물 처리설비에 의하여 이러한 것을 해결하였다. 처리시스템으로서는 하천방류시스템 및 하수도 방류시스템의 2종류가 있다.

마. 포장설비

1) 진공정형장치

“씻지않는쌀”의 포장에는 특히 신선식품으로서 배려할 필요가 있다. 종래의 폴리에틸렌 有孔袋포장에서는 봉지의 공기구멍이 열려있기 때문에 보관 또는 수송중에 비, 물, 석유 등에 의하여 쌀의 품질이 나빠지기도 하고 나쁜 냄새가 배기도 할 위험이 있다. 또한 하절기에는 충해가 공기구멍으로 드나들고 충해의 혼입 claim이 발생하는 등의 문제가 있다. “씻지않는쌀”의 부가 가치를 높이기 위해서라도 진공포장을 실시해서 claim을 방지함과 동시에

선도유지를 한층 높히는 것이 중요하다. 탈산소제를 봉입하면 더욱 효과적이다.

사타계사에서는 이미 정미공장에 사용중인 계량포장기에 진공정형기를 세트하는 것만으로 연속적으로 진공포장정형이 가능한 신기종을 개발했다.

2) 진공포장재의 특징

종래, 진공포장이 보급되지 않았던 이유는 포장재에 다음과 같은 문제점이 있었기 때문으로 생각된다.

- 진공포장 후의 정형도중이나 수송중에 pin hole에 의한 파대울(봉지가 찢어지는 울)이 높았다.
- 쌓아올릴 때 미끄러지기 쉽고 파렛트 정돈과 그 방향이 정해지지 않았었다.
- 진공포장정형을 하면 쌀포대의 4모통이가 예리하게 되고 그것이 방해가 되어 자동적으로 쌓을 수 없다.

이러한 문제점은 다음과 같은 방법으로 해결했다. 우선 편홀에 의한 파대울의 문제는 종래에는 나일론과 폴리에틸렌의 2중 필름이었으나 특수 3층 필름으로 개량하여 강도를 높혔다. pin hole울은 1%이하로 되었다. 두번째에 대해서는 미끄러짐 방지용의 over coat를 표면에 실시했다. 마지막 문제에 대해서는 필름의 제조단계에서 미리 필름의 4모통이에 경사지게 seal을 하여 진공포장정형해도 4모통이가 예리하지 않도록 하였다. 이상의 처리를 함으로서 진공포장의 문제점이 완전히 해결되었다.

제 4 절 국산화를 위한 기본설계 및 제작도면 작성

1. 재료 및 방법

가. 씻지않는쌀의 가공공정 개발을 위한 Mass balance 분석

1) 처리 공정

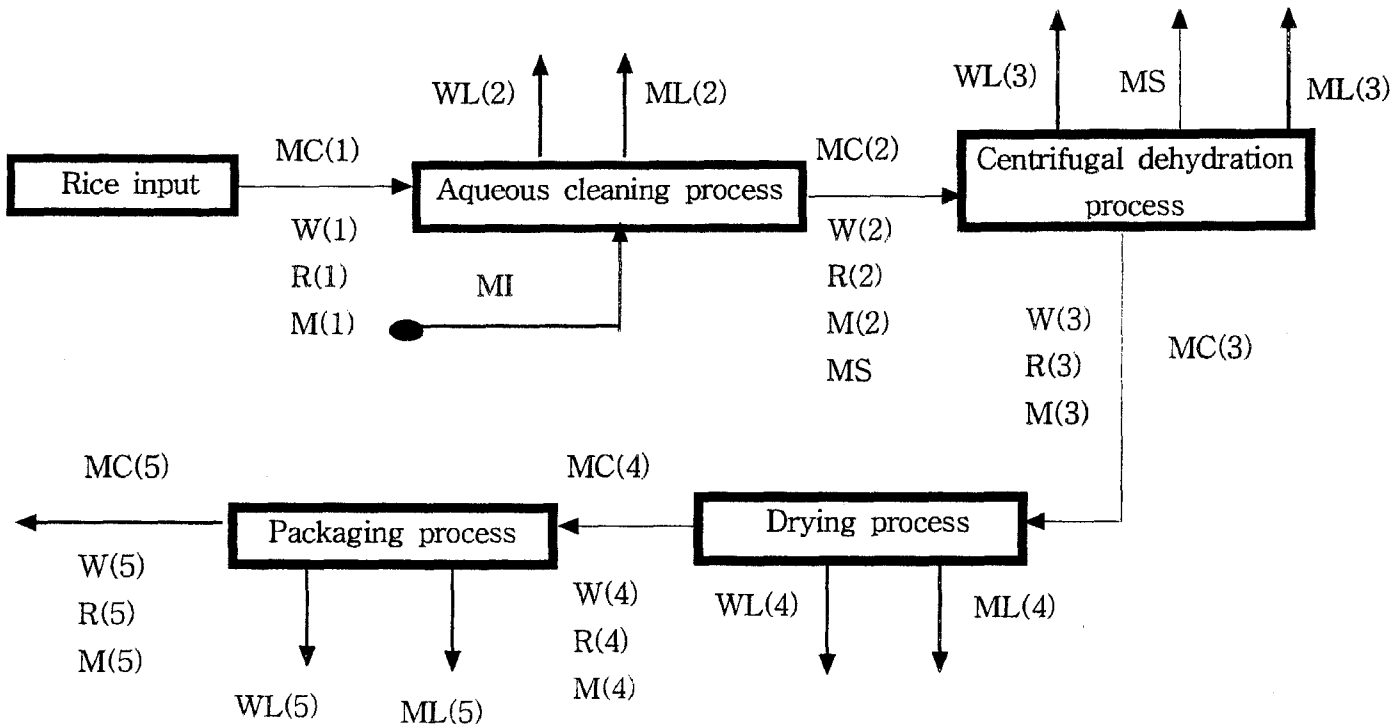
씻지않는쌀을 생산하기 위한 공정은 그림 5-2와 같으며, 먼저 원료인 쌀이 투입되는 투입 공정이 선행되며 투입된 쌀은 세미공정을 통하여 1차 세미된다.

1차 세미된 쌀은 탈수공정으로 물과 함께 투입되어 2차 세미되며 원심력에 의하여 표면에 묻은 물과 표층에 흡수된 물을 탈수하도록 하였다. 탈수공정을 거친 쌀은 세미공정중 흡수된 물로 인하여 함수율이 증가하므로 안전 저장과 유통을 위한 적정 함수율까지 낮출 수 있도록 건조공정을 거치도록 하였다.

2) Mass balance 분석조건

가) 원료투입공정(1)

씻지않는쌀 처리장치의 처리용량은 1000kg/hr로 설정하였으며 공급되는 물은 1.4(물의 중량/ 백미의 중량)의 가수비로 공급하는 것으로 가정하였다. 품종은 농촌진흥청 권장품종과 수화특성에 따른 품종별 분류를 고려하여 코시히카리, 봉광, 낙동을 선정하였으며 초기함수율은 14, 15%로 하여 원료가 공급되는 것으로 가정하여 분석하였다.



i : Process

$W(i)$: Weight of rice per hour(kg/h)

$R(i)$: Weight of dry rice per hour(kg/h)

$M(i)$: Weight of water in rice per hour(kg/h)

$MC(i)$: Moisture content of rice (decimal, wet basis)

MI : Weight of absorbed water per hour(kg/h)

$ML(i)$: Weight loss of water per hour (kg/h)

$RL(I)$: Weight loss of dry rice(kg/h)

MS : Water weight of rice's surface(kg/h)

그림 5-2. Mass balance 분석을 위한 씻지않는 쌀 제조 공정

나) 세미공정(2)

쌀은 흡습성 재료이므로 세미과정 중 수분을 흡수하여 함수율이 증가한다. 그에 따라서 쌀의 중량은 초기 투입량보다 증가한다. 증가되는 함수율의 예측은 다음의 Becker의 수분 확산방정식인 다음 식 (5-1)을 이용하여 계산하였다.

$$m - m_0 = kt \dots\dots\dots (5-1)$$

여기서, $k = \frac{2}{\sqrt{\pi}} (m_s - m_0) \frac{S}{V} \times \sqrt{D} \dots\dots\dots (5-2)$

- m : 함수율(%, d.b.)
- m₀ : 초기 함수율(%, d.b.)
- t : 침지 시간(min)
- m_s : 백미의 표면의 유효 수분함량(%, d.b.)
- S : 백미의 표면적(cm²)
- V : 백미의 체적(cm³)
- D : 확산계수(cm²/min)

다) 탈수공정(3)

탈수공정중의 쌀의 손실율은 1%로 가정하였으며 탈수공정중 함수율 변화는 없는 것으로 가정하여 분석하였다.

라) 건조공정(4)

최종상태의 쌀 함수율은 저장성과 유통을 고려하여 15%로 설정하였다.

3) 수학적 모델

각 공정별 중량과 함수율 변화는 다음의 표 5-4에 의하여 계산하였다.

표 5-4. Mass balance 분석을 위한 수학적 모델

	Weight of rice per hour (kg/h) $W(i)$	Moisture content (% , wb) $MC(i)$	Weight of water in rice per hour(kg/h) $M(i)$	Weight of dry rice and weight loss of dry rice(kg/h)
Rice input (1)	constant	$MC(1)$	$W(1) \times MC(1)$	$R(1)=W(1)-M(1)$
Aqueous cleaning process (2)	$M(2)+ R(2)$	$m = \frac{MC(1)}{1 - MC(1)} + K \times \sqrt{T}$ $MC(2) \times \frac{m}{1 + m}$	$\frac{MC(2) \times R(2)}{1 - MC(2)}$	$R(2)= R(1)-WL(2)$
				$WL(2)=R(1) \times \text{loss}$
				$ML(2)=MI-(MS + M(2) -M(1))$
				$MS=MI \times \text{surface_loss}$
Centrifugal dehydration process (3)	$M(3)+R(3)$	$MC(3) = MC(2)$	$\frac{MC(3) \times R(3)}{1 - MC(3)}$	$R(3) = R(2)-WL(3)$
				$WL(3) = R(2) \times \text{loss}$
				$ML(3) = MS + M(2) - M(3)$
Drying process (4)	$M(4)+ R(4)$	$MC(4)$	$\frac{MC(4) \times R(4)}{1 - MC(4)}$	$R(4) = R(3)-WL(3)$
				$WL(4) = R(3) \times \text{loss}$ $ML(4) = M(3)-M(4)$
Packaging process (5)	$M(5)+ R(5)$	$MC(5) = MC(4)$	$M(5)=M(4)$	$R(5) = R(4)$

2. 결과 및 고찰

가. 씻지않는쌀의 가공공정 개발을 위한 Mass balance 분석

쌀의 함수율 증가는 침지시간과 품종에 따른 확산계수의 차이로 조금씩 차이를 보이고 있다. 그림 5-3과 그림 5-4는 온도 20℃, 초기 함수율 14%, 15%일 때의 품종별 함수율 변화를 나타낸 것으로 침지시간은 건조 때의 건조시간을 고려하여 1분의 침지시간으로 가정하여 계산하였다. 최대 함수율 증가특성을 가진 낙동의 증가율은 4.1%, 최소의 함수율 증가를 나타내는 코시히카리는 3.5%의 증가를 나타내고 있다. 이러한 품종간의 차이로 인하여 건조공정 중 건조되어야 하는 수분량의 차이가 발생하여 함수율이 적게 변화하는 품종을 기준으로 설계시에는 그 보다 많이 수분을 흡수하는 품종을 처리시 건조가 적게 이루어지는 현상이 발생할 것이다. 따라서 최대 함수율 증가를 보이는 품종인 낙동을 기준으로 설계한 후 운전시에는 품종에 따른 적절한 건조시간을 선택해야 할 것으로 사료된다.

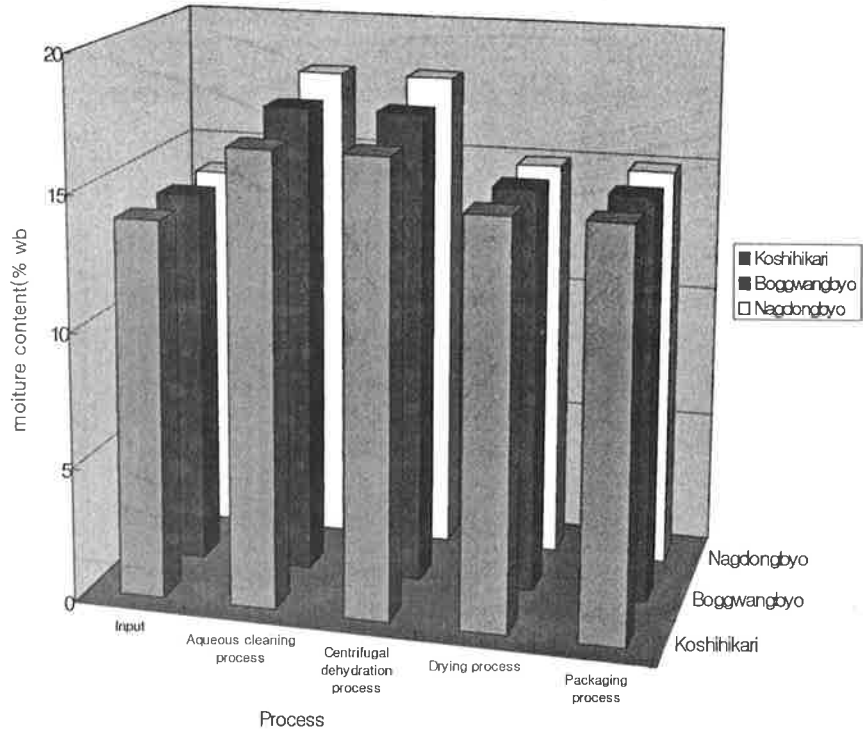


그림 5-3. 온도 20℃, 초기 함수율 14%일 때의 품종별 함수율 변화

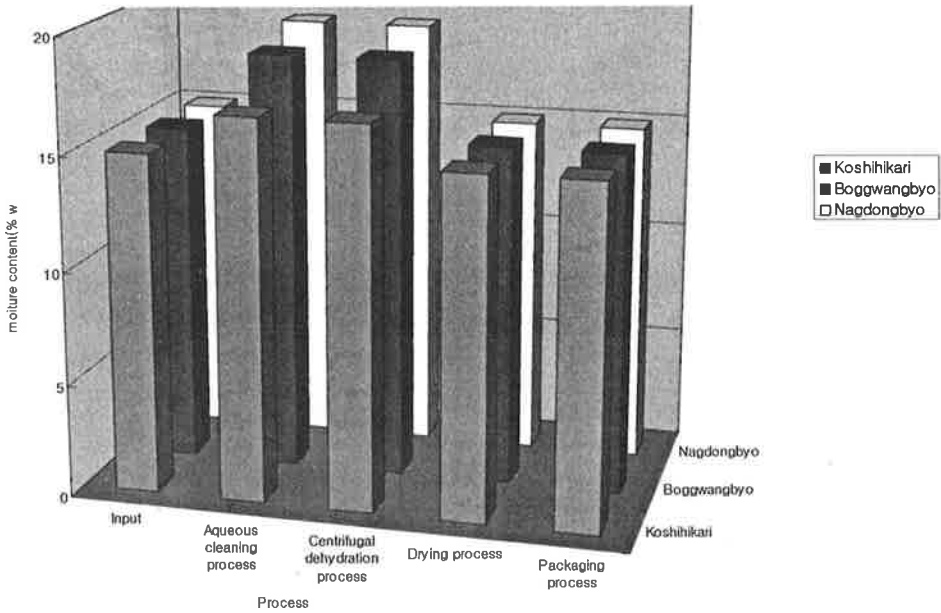


그림 5-4. 온도 20℃, 초기 함수율 15%일 때의 품종별 함수율 변화

그림 5-5와 그림 5-6는 온도 20℃, 초기 함수율 14%, 15%일 때의 품종별 중량변화를 나타낸 것이다. 함수율 변화가 많은 낙동이 세미공정과 건조공정에서 많은 중량변화를 보이고 있으며 함수율이 14%일 때가 15%일 때보다 좀더 많은 중량변화를 일으켰다.

씻지않는쌀 처리공정 개발을 위한 첫 단계로써, 각 공정별 적정처리용량을 결정하기 위하여 Mass balance 분석을 하였다. 품종별 확산계수의 특성으로 인하여 세미공정을 거친 후에는 수온 20℃, 초기 함수율이 14%일 때 함수율 변화가 코시히카리 16.8%, 봉광 17.5%, 낙동 18.1%의 변화를 나타냈으며 중량변화는 코시히카리 1023kg/h, 봉광 1032kg/h, 낙동 1040kg/h로 초기의 중량 1000kg/h에서 최대 40kg/h까지 증가하였다. 탈수공정을 거친 후

의 중량 변화는 코시히카리 1013kg/h, 봉광 1022kg/h, 낙동 1030kg/h였다. 따라서 1000kg/h를 처리하기 위한 처리용량으로 낙동을 기준으로 안전율을 고려하여 1400kg/h을 처리하도록 해야 할 것으로 분석되었다.

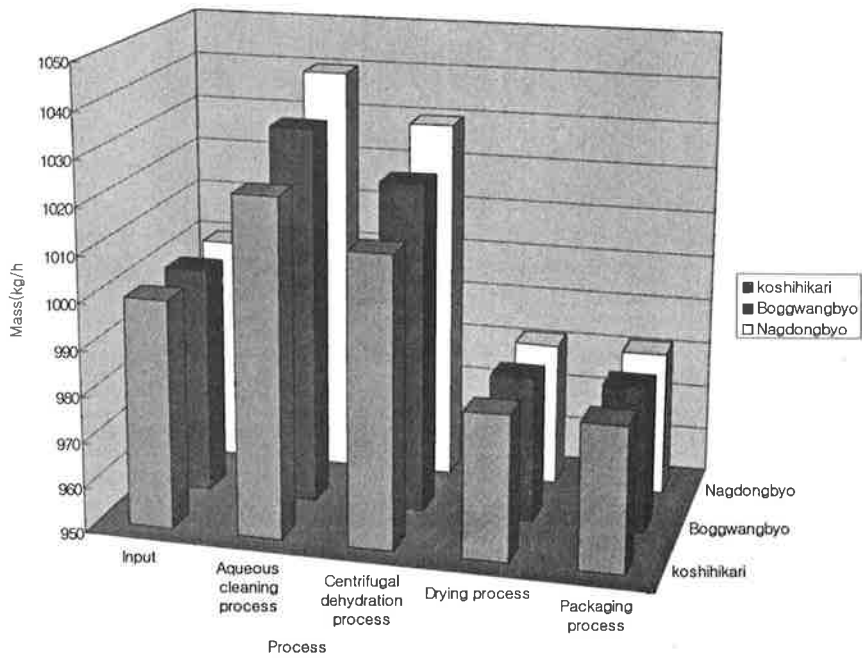


그림 5-5. 온도 20℃, 초기 함수율 14%일 때의 품종별 증량변화

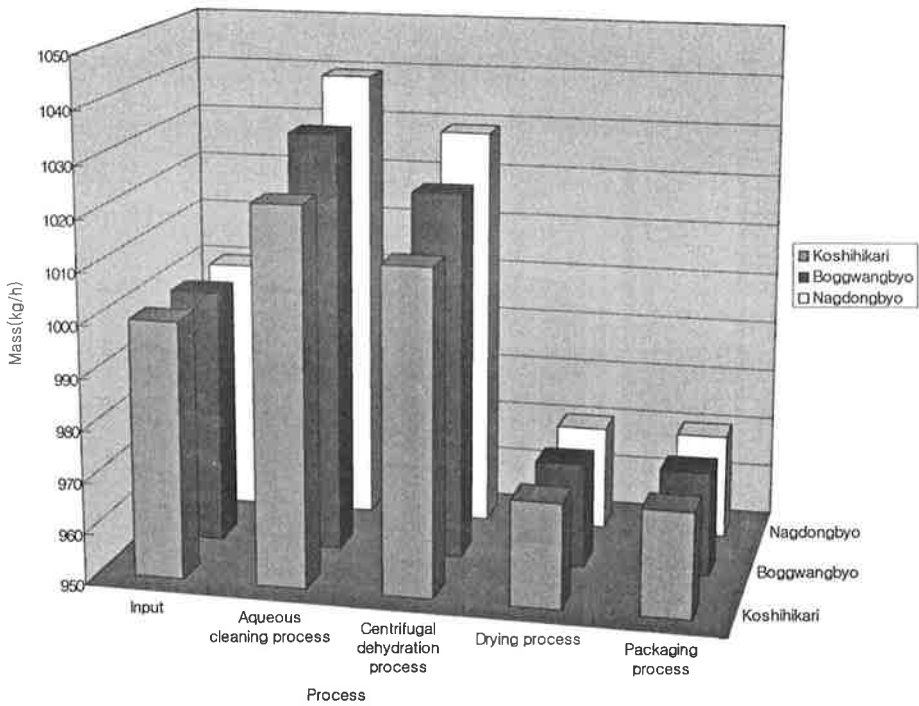


그림 5-6. 온도 20℃, 초기 함수율 15%일 때의 품종별 중량변화

나. 시스템의 개요 및 설계기준

“씻지않는쌀” 제조설비 시스템은 백미탱크에서 원료의 정량공급, 세미부에서 스크류의 압력 조절 및 수세수의 정량공급에 의한 신속 세미후 원심탈수부에서 쌀뜨물을 제거하는 자동화된 습식 세미 시스템을 2차년도에 시작(試作)하고 3차년도 초기에는 원심탈수부에서 쌀뜨물이 제거된 초기함수율 19%의 백미를 최종함수율 15%의 백미로 건조하기 위한 열풍온도, 열풍속도 및 드럼내 체류시간의 조절이 가능한 회전식 건조 시스템을 시작(試作)한다.

1) 시스템의 설계기준

가) 처리용량기준

품종 : 낙동

처리용량 : 1.4 ton/h

나) 설계

(1) 세미부 설계

(가) 원료공급부

- 재질 : 스테인레스강-SUS 50 (터어빈 익, 가정용용기)
- 스크류의 축직경(d) 1 1/2inches ==>38.1 mm ; 40 mm
- 스크류의 외경(D) 9 inches ==>228.6 mm ; 230mm
- 스크류의 피치(P) : 0.5 *D ; 115mm
- 공급스크류의 길이: 345 mm
- 회전수 : 25 RPM

(나) 세미부

- 롤러축의 길이: 1345 mm(세미부 500mm, 공급부: 500mm)
- 롤러 축직경(d) 1 1/2inches ==>38.1 mm ; 40 mm
- 롤러의 외경(D) 9 inches ==>228.6 mm ; 230mm
- 롤러의 피치(P) : 0.5 *D ; 115mm
- 회전수 : 25 RPM

(다) 원심탈수부

- 금망 : 원형, 순방향 45°
- 금망의 외경 : 246 mm
- 세미부와 금망과의 간격: 8 mm

(라) 동력부

- 동력 : 15 ps

(마) 용량검산

$$\text{스크류 용량} : 60\phi \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} N\gamma P(\text{t/h}) \dots\dots\dots (5-3)$$

- 여기서, ϕ : 충만율(0.45)
 D : 외경(m)
 d : 내경(m)
 N : r.p.m
 γ : 운반물의 비중(t/m³)
 P : 피치(m)

예) 회전속도 25 rpm 일때 = $47.1 \times 0.3 \times (0.23^2 - 0.04^2) \times 25 \times 0.115 \times 0.715 = 1.5 \text{ t/h}$

표 5-5. 스크류 컨베이어에 의해 처리되는 전형적인 자재

자재	평균무게(lb/ft ³)	분류
Rice(hulled or polished)	45-48	B16
Rice(rough)	36	B26S
Rice grits	42-45	B26

표 5-6. 수평 스크류 컨베이어 능력과 속도

Material Class	Screw diameter inches	Maximum lump size inches	Maximum recommended speed, RPM	Capacity at maximum recommended speed	
				Cubic feet per hour	
	6	3/4	165	375	2.27
A16	9	1 1/2	150	1200	8.0
B16	12	2	140	2700	19.3
C16	14	2 1/2	130	4000	30.8
	16	3	120	5600	46.6

표 5-7. 스크류의 구성

Screw diameter inches	Shaft, Coupling diameter, inches	Length, feet and inches	Maximum horse-power of 100 RPM
4	1	9-10 1/2	1.5
6	1 1/2	9-10	5
9	1 1/2	9-10	5
	2		10

(2) 건조부

(가) 건조기준

- 처리용량 : 1.4 ton/h
- 초기 함수율 : 19.1%wb(낙동을 20℃ 물에서 1분간세미후 건조처리)
- 최종함수율 : 15% wb
- 드럼내 체류시간 : 3분(풍속 5.5 m/s)

(나) 건조형식

- 회전식 건조기

(다) 설계인자

- 드럼의 기울기 : 17° (벼의 동안식각 - 재질인 스테인레스강이고 함수율이 19%일 때)
- 드럼의 회전속도 : 20 rpm
- 송풍방향 : 향류식
- 드럼의 길이 : 1.8 m(1식과 2식을 이용하여)
- 드럼의 지름 : 0.6 m(L/D = 3)
- flight 의 개수 : 8개
- flight 의 반지름 : 0.11 m

$$\frac{1}{4} \times \frac{\pi}{4} \times D^2 \times 1.8 \times 537.28 = 8.75$$

$$D = 0.21m$$

$$T(s) = \frac{H}{F} \dots\dots\dots (5-4)$$

여기서, T : 체류시간(hr)

H : holdup(kg)

F : 공급량(kg/h)

$$H = T \times F = 70 \text{ kg}$$

$$H^* = \frac{1}{2}(n_f + 1)h_o^*L \dots\dots\dots (5-5)$$

여기서, H* : hold-up(kg)

n_f : 날개갯수

h_o^* : flight hold-up(kg)

L : 드럼의 길이(m)

2) 주요 기기 사양

가) 원료공급용 Feeder

(1) 설계기준 : 원료의 손상없이 정량공급이 가능한 전자식 진동조절 기준

- 최소공급량/최대공급량 : 1.0/1.5Ton

(2) Feeder 기본모델 : 전자식 진동식 Feeder

- 형식 : 자연낙하에 의한 전자식 진동방식

- 특징 : 공급탱크의 출구밸브 조정과 진동조절에 의하여 중량 제어 가능

- 단상 220, 0.03 Kw

나) 세미 Screw

(1) 설계기준 : 세미수 공급과 스크류회전에 의한 수류마찰식 세척으로 쇄미 발생 억제

- 스크류 회전속도와 바렐(금망)의 간극조절 기준

- Break plate (분동)의 압력조절에 의한 세미 정도 기준

(2) Screw 기본 모델

- 재질 : SUS 45

- 형식 : 수평회전식

- 특징 : 바렐 전장에 2hole의 물공급장치 부착으로 수량제어가능

(3) Screw 회전모터 : 밀폐형 3상 모터(15 HP)

다) 원심탈수통

(1) 설계기준 : 2차 세미(헝굼) 기능과 탈수기능이 복합된 회전식 원통형 탈수통에서 탈수된 쌀이 상승 배출되도록 회전통과 상승스크류의 회전속도 조절을 기준

(2) 기본모델 : 밀폐형 삼상 모터 10HP, 7.5Kw

- 재질 : SUS 45

- 형식 : 타이밍벨트 회전 방식

- 특징 : 상승스크류와 원심통의 회전수 조절과 원심통 내부의 경사각 조절로 원활한 상승 배출 가능

(물공급장치 부착으로 2차세미(헝굼)에 의한 clean도 향상)

라) 세척수 공급부

(1) 설계기준 : 정수 공급에 의한 clean도 제고 기준

(2) 여과장치

(3) 공급용 펌프

- 한일자동펌프 PH-760C
- 단상 220V, 출력 750W (1HP)

마) 쌀뜨물 배출부

(1) 설계기준 : 배수관설치 자연낙하식 기준

바) 수세미 배출부

(1) 설계기준 : 최대 함수율 19%의 수세미를 원활하게 배출할 수

있도록 회전식 배출 장치 제작

- 형식 : 밀폐형 3상모터 (1HP,0.75Kw)
- 특징 : 회전 및 낙하식 배출에 의한 잔량제거 가능

사) 기타사항

- 과부하시 자동정지에 의한 안전장치 설치 할 것
- 모타 정지시 물공급장치의 자동 제어로 수세수의 공급 차단 할 것
- 수세수 공급 차단시 원료공급이 동시에 차단되도록 제작할 것
- 세척수 공급량은 육안으로 확인 할 수 있도록 할 것
- 설치조립을 용이하게 하여 청소를 손쉽게 할 수 있도록
- 모터는 밀폐형으로 하여 외부의 물과 차단 시킬 것

제 5 절 “씻지않는쌀” 제조설비의 시작품 제작

제 4절의 씻지않는쌀 제조장치의 기본설계와 제작도면을 기초로 하여 시작품을 제작하였으며 그 형상을 그림 5-7에 나타내었다. 본 연구의 연구범위에서 설정한 “씻지않는쌀” 제조장치는 쌀을 세척 및 세정한 다음 열풍에 의하여 건조시킴으로서 쌀의 표면에 묻은 이물질과 미생물을 제거함은 물론 쌀의 아리우롱층까지 제거하여 취반시 별도의 수세과정 없이도 쉽게 밥을 지을 수 있는 제품을 제조하기 위한 단위기계이며, 이후 쌀뜨물 처리장치의 개발은 제외하였다.

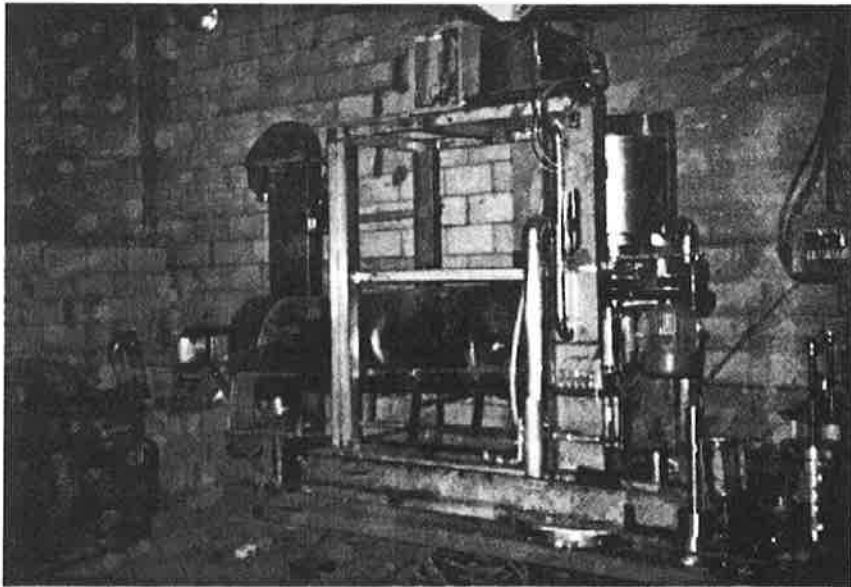


그림 5-7. 씻지않는쌀 제조장치의 국산화 시작품 모델

“씻지않는쌀” 제조장치의 구성은 원료쌀 공급탱크에 공급된 원료쌀을 이송스크류로 일정량씩 연속적으로 이송시켜주는 원료쌀 공급부와, 원료쌀 공급부로부터 공급되는 원료쌀에 물을 주입하고 세척스크류를 회전시켜 쌀을 씻어주는 원료쌀 세척부, 그리고 세척부로부터 세척된 쌀에 물을 주입하면서 세정과 행굼을 동시에 실시하고 세척 및 행굼수를 원심력으로 탈수시키는 행굼 탈수부로 구성되는 “씻지않는쌀” 처리장치가 주요장치이며, 이 처리장치에서 이송된 탈수 쌀에 열풍을 가하여 건조시키는 건조기로 구성하였다.

제 6 절 “씻지않는쌀”의 품위 및 품질특성

1. 재료 및 방법

가. 시험재료 및 “씻지않는쌀” 제조

“씻지않는쌀” 제조에 사용한 국산 원료쌀은 97년 경기 여주산 추청(A제품), 97년 전북 익산산 동진(B제품), 97년 경기 김포산 추청(C제품) 그리고 고미로서 95년 경기 김포산 추청(D제품)등 4가지 품종을 시중에서 구입하여 공시하였다.

“씻지않는쌀” 제조는 운성기계(주)에 보유중인 일본 구리끼사의 수세형 무세미 제조장치를 이용하여 국산쌀 4가지 품종에 대하여 “씻지않는쌀”을 제조하여 “씻지않는쌀”의 제반 이화학적특성 및 취반특성을 조사하였다.

시험시료의 제분은 cyclotec sample mill (Tecaror, Sweden)에 의해 0.5mm Screen을 사용하여 실시하였다.

나. 실험방법

1) 수분함량

단립수분계(SHIZUOKA SEIKI Co., model CTR-800E, 일본)를 사용하여 측정하였다. 또한 분쇄시료를 105℃, 3시간 건조법으로 측정한 수치로 보정하여 사용하였다.

2) 색깔

색차계 (Minolta Model CR-300, Japan)를 사용하여 L 값(명도), a 값(적색도), b값(황색도)을 측정하였다.

3) 단백질함량

Semi micro개량 Kjeldhal법에 의해 측정하고 질소,단백질 환산계수는 5.95를 사용하였다.

4) 조지방 및 조회분 함량

백미분에 대하여 상법에 의하여 측정하였다.

5) 백도

광전백도계(케트과학, 모델 C-1, 일본)를 사용하여 1개 시료당 12회 반복 측정하여 평균하였으며 착색립과 분상질립은 제거후 측정하였다.

6) 용출액의 탁도 및 용출고형물

이물과 쇄립을 제거한 시료 10g을 정확하게 칭량하여 취반 시험용 금속 망관(내경 40mm, 높이 100mm)에 넣고, 증류수 120ml 가 들어 있는 툴 비이커에 잠기게 하고 툴 비이커를 항온수조에 장착한다. 침지후 툴비이커의 용액을 2시간 교반하여 30 ml를 채취하여 유리제 칭량병에 취하여 항온건조기에서 완전하게 건조한 후 용출고형물의 중량을 구하였다. 건조는 80℃에서 18시간 건조하고 2차로 105℃에서 4시간 건조하였다. 측정은 각 시료에 대하여 5회 반복 측정하였고, 침지수 30ml 중의 용출고형물을 mg수로 나타내었으며, 용출액의 탁도는 상징액을 10배 희석하여 660nm에서 흡광도를 측정하여 나타내었다.

7) 취반시험

“씻지않는쌀”의 최적 취반조건을 설정하기 위하여 가수량별 취반시험을 실시하였다. 보통정미를 기준으로 물량을 백미 무게의 1.4배부터 1.55배까지

가하여 취반후 수분, 색깔 및 조직감 특성을 관찰하였다. 한편 보온중 색깔의 변화를 관찰하였다.

8) 지방산 조성

시료의 지방산 조성은 미강의 지방을 hexane으로 추출한 후 Marrison의 방법으로 분석하였다. 즉 미강에서 추출한 지방 0.2g을 boron fluoride로 methylation시킨 뒤 hexane층을 모아 탈수시킨뒤 GC를 이용하여 표 5-8과 같은 조건으로 분석하였다.

표 5-8. 지방산 분석을 위한 GC 작동조건

Instrument	Hewlett Packard 5890A
Column	Supelcowax 10 capillary column, 0.25 mm × 30m
Detector	FID
Oven temp.	160°C(1 min)-3°C/min-230°C (9 min)
Injector temp.	230°C
Detector temp.	250°C
Carrier gas	He(12 psi)

9) 호화특성

Viscograph(Brabender사, 독일)를 사용하여 백미분의 수분함량을 조사하여 증류수 450ml을 넣고 8% 현탁액을 조제하여 측정하였다. 온도조건은 30°C에서 30초 간 유지시킨 후 분당 1.5°C씩 95°C 까지 가온하여 15분간 유지시킨 후, 50°C까지 냉각하고, 50°C에서 2분간 유지하였다. 또한 호화특성

치의 해석은 표준 Brabender Amylograph법에 준하여 실시하였다.

10) 밥의 색도, 수분, 텍스처 특성

밥의 색도, 수분, 텍스처 측정용 시료는 12gram의 밥을 원통형 용기(41×12.5mm, 지름×높이)에 담아 일정한 모양을 만들어 사용하였다. 밥의 색도는 Minolta (CR200, Japan)색도계를 사용하였다.

밥의 텍스처 특성은 Texture analyser (model TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)를 이용하여 Bourne 등(1978)에 의해 기술된 2 bite compression에 의해 springiness, gumminess, cohesiveness, adhesiveness, hardness, chewiness를 측정하였다. 측정조건은 예비실험을 통해 가수량을 달리하여 만든 밥의 차이를 가장 잘 나타내는 조건으로서, plunger(diameter 12.5 mm)를 이용하여 시료를 2번 compression하였다. 밥의 수분은 밥의 색도측정후 동일 시료를 사용하여 AOAC(1990)방법에 의해 측정하였다.

11) 식미시험

관능검사용 밥시료는 보통백미는 수압수세미(PR-7J, Aiho)를 이용하여 채미가 제거된 쌀 700 gram을 세미한 다음 쌀의 수분함량에 따라 가수량은 조절한 후 30분간 침지 후 동일조건외의 취반이 되도록 하였으며 “씻지않는 쌀”은 30분간 침지후 취반하였다. 취반후 밥시료는 예비실험을 통해 확립해 놓은 표준방법을 이용하여 밥을 솥에서 다른 용기로 옮겨 담아 10분간 식힌 후, 사기용기(8.5cm×5cm, 지름×높이)에 일정량(약 50g)을 담아 뚜껑을 덮어 제시하였다. 제시된 시료의 온도는 27 ± 2 °C이었다. 각 패널 요원에게 한번에 4개의 시료가 제시되었는데, 1개는 S라고 표시된 표준시료였으며 3개는 세자리 무작위 숫자가 표시된 평가시료였다. 시료제시순서는 S로 표시된 표준시료는 맨 왼쪽에 제시했으며 나머지 세시료는 무작위로 배치하여,

쌀밥의 품질평가표에 표준시료(S)를 기준하여 각 항목에 평가하도록 하였다.

다. “씻지않는쌀”의 저장시험

운성기계(주)에 보유중인 일본 구리끼사의 수세형 무세미 제조장치를 이용하여 국산쌀 4가지 품종에 대하여 “씻지않는쌀”을 제조한 후 통풍이 가능하도록 특수제작한 폴리에틸렌 포장지에 밀봉하여 15℃ 와 30℃의 항온기 내에 저장하면서 저장중 품질변화를 관찰하였다.

2. 결과 및 고찰

가. “씻지않는쌀”의 일반성분

표 5-9에 나타낸 바와 같이 “씻지않는쌀”의 수분함량은 12.14%에서 13.59%로서 보통백미의 11.33%에서 12.79% 보다 전체적으로 1% 정도가 높게 나타났다. 우리나라 쌀의 일반적인 유통시 수분함량이 12% 전후를 보이고 있으므로 “씻지않는쌀” 처리에 의해 1% 정도의 수분함량을 증가시킴으로서 수율적인 측면과 식미의 향상에도 기여할 것으로 생각된다. 일본의 경우에는 수분함량 15%를 기준으로 삼고 있다. 따라서 “씻지않는쌀” 처리 후 건조과정에서 수분함량을 15%전후로 유지할 수 있도록 건조조건을 다시 확립하여야 한다고 생각된다. 조단백질, 조지방 및 조회분 함량은 전체적으로 “씻지않는쌀” 처리에 의하여 함량이 감소되었으며 특히 지방 함량이 보통정미에 비하여 평균 50% 정도 감소하여 “씻지않는쌀” 처리에 의한 저장성의 증진이 예상된다.

표 5-9. 씻지않는쌀과 보통백미의 일반성분비교(Unit : %)

Samples		수분	조단백질	조지방	조회분	탄수화물
A	Wash Free	13.06	5.95	0.26	0.47	93.30
	Non-Wash	11.33	6.55	0.61	0.59	91.96
B	Wash Free	12.48	6.84	0.17	0.42	92.56
	Non-Wash	12.67	6.98	0.34	0.46	92.22
C	Wash Free	13.59	6.37	0.39	0.43	92.81
	Non-Wash	12.43	6.49	0.78	0.61	92.13
D	Wash Free	12.14	7.12	0.32	0.49	92.08
	Non-Wash	12.79	7.47	0.49	0.59	91.45

나. “씻지않는쌀”의 이화학적 성질

표 5-10은 씻지않는쌀과 보통 백미의 백도, 뜨물의 탁도 및 고형물 용출량을 조사한 것이다. 낱알의 백도는 씻지않는쌀의 경우 47.5에서 49.7로서 매우 높은 백도치를 보이고 있었으며, 보통백미의 36.4에서 40.8 보다 10이상이 증가되어 잔존부유물과 이물이 완전하게 제거되었음을 알 수 있다. 용출용액의 탁도는 보통정미보다 낮아 매우 맑고 투명하였기 때문에 가정에서 다시 씻을 필요가 없었다. 용출고형물량도 보통정미에 비하여 50% 정도 감소하였다. 한편 보통백미와 씻지않는쌀을 이용하여 밥을 짓고 그의 수분함량과 색깔을 비교한 결과 밥의 수분함량에는 큰차이를 보이지 않았기 때문에 무수세 처리를 하여도 식미에는 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단되었다. 맛의 색깔은 L과 a값은 시료간에 큰 차이를 보이지 않았으나, 95년산 고

미인 D시료는 b 값이 다른시료에 비하여 50% 정도 높은 수치를 나타내었다. 이와 같이 무수세 처리를 하여도 밥의 품질에는 큰 영향을 받지 않았으며 고미의 경우에는 전반적인 색깔의 향상을 가져와 식미를 오히려 향상시킬 것으로 판단되었다.

표 5-10. 씻지않는쌀과 보통백미의 백도,탁도 및 용출고형물량

Samples		백도	탁도	용출고형물 (mg/30ml)	Cooking Characteristics			
					수분 (%)	L	a	b
A	Wash Free	48.7	0.2017	26.83	62.52	72.72	-2.26	0.91
	Non-Wash	39.0	0.3045	53.50	62.16	72.31	-2.29	1.08
B	Wash Free	49.7	0.1828	19.97	61.79	72.31	-2.25	0.89
	Non-Wash	40.6	0.2529	39.53	61.94	72.31	-2.20	0.61
C	Wash Free	48.0	0.2028	21.73	62.33	73.32	-2.33	1.19
	Non-Wash	36.4	0.2764	47.87	61.95	72.64	-2.40	1.10
D	Wash Free	47.5	0.1719	19.27	61.60	73.80	-2.19	2.15
	Non-Wash	40.8	0.2090	37.65	61.87	73.51	-2.23	2.28

다. 유리지방산 조성

“씻지않는쌀” A,B,C,D 조지방 함량은 약 0.2-0.3%, 보통백미 0.3 - 0.8% 정도를 나타냈다. 무세미의 조지방 함량은 보통백미의 30% 수준을 보여 현

저하게 감소하였음을 알 수 있었다. 이것도 무수세화 처리에 의해 표면에 부착된 강층의 제거에 기인한 것으로 추측되었다.

보통백미 및 씻지않는쌀의 지방산 조성은 표 5-11에서와 같이 팔미틴산(16:0), 스테아린산(18:0), 오레인산(18:1), 리놀레익산(18:2), 리놀레닉산(18:3) 등 대표적인 유리지방산의 조성비로 나타내었다. 일반적인 쌀의 지방산 조성과의 비슷한 양상을 보이고 있으나 “씻지않는쌀” 처리에 의하여 전반적으로 스테아린산과 리놀레인산은 조성비가 증가하였고 오레인산은 오히려 감소하였지만, 팔미틴산과 리놀레닉산은 차이를 보이지 않았다.

라. 호화특성

보통백미와 씻지않는쌀의 호화특성을 아밀로그래프의 점도특성으로 조사한 결과는 표 5-12와 같다. 각시료 공히 호화개시온도는 63-64.5℃를 나타내었으나 무수세 처리에 의하여 호화개시온도의 상승이나 하락 같은 현상은 나타나지 않았다. 다만 최고점도는 97년산 햅쌀의 경우 무수세 처리에 의하여 50B.U 이상 증가하였으며 전북 동진의 경우 보통백미에 비하여 95B.U나 증가하였다. 그러나 고미의 경우에는 상승폭이 15B.U 정도로 미미한 증가를 나타내었다.

표 5-11. 씻지않는쌀과 보통백미의 지방산 조성 (Unit : % D.B)

Samples		Palmitic	Stearic	Oleic	Linoleic	Linolenic
A	Wash Free	21.9	2.0	34.1	39.8	1.1
	Non-Wash	20.5	1.8	37.3	38.0	1.1
B	Wash Free	19.7	2.2	35.3	40.4	1.3
	Non-Wash	19.6	1.0	39.9	37.0	1.3
C	Wash Free	21.3	2.1	35.1	39.3	1.1
	Non-Wash	20.3	1.9	37.9	37.4	1.2
D	Wash Free	17.3	1.7	36.4	42.2	1.3
	Non-Wash	18.0	1.7	35.9	41.8	1.2

표 5-12 씻지않는쌀과 보통백미의 아밀로그래프 점도특성

Samples		Initial Pasting Temp.(°C)	Viscosity(B.U)*					
			P	H	C	P-H	C-P	C-H
A	Wash Free	63.0	475	240	490	235	15	250
	Non-Wash	63.0	420	220	450	200	30	230
B	Wash Free	64.5	510	270	520	240	10	250
	Non-Wash	64.5	415	210	420	205	-5	210
C	Wash Free	63.5	480	230	480	250	0	250
	Non-Wash	63.5	430	210	440	220	10	230
D	Wash Free	63.0	490	270	520	220	30	250
	Non-Wash	63.5	475	235	470	240	-5	235

* P : Maximum viscosity, H : Viscosity at 95°C for 15min. holding
 C : Viscosity at 50°C , P-H : Breakdown , C-P : Set back ,
 C-H : Total Setback

마. 취반 후 조직감 특성

보통백미를 5회 수세후 취반한 밥의 색깔과 씻지 않고 30분간 침지후 취반한 씻지않는쌀의 취반특성을 표 5-13에 나타내었다. 즉, 밥의 색깔은 무세미 처리한 제품과 보통백미에서 유의적인 차이를 보이지 않았으며 97년산 햅쌀밥의 경도는 시료간에 차이를 보이지 않았고 다만 95년 고미의 경우에는 '씻지않는쌀' 처리에 의하여 경도가 150정도 감소하였다.

표 5-13. 씻지않는쌀과 보통백미의 취반후 밥의 조직감 특성

Samples		색 깔			경 도	부착성	탄력성	응집성	검성	씹힘성
		L	a	b						
A	Wash Free	73.26	-2.22	0.789	2042.0	-408.0	0.72	0.23	457.3	328.7
	Non-Wash	72.35	-2.28	0.990	2079.0	-507.0	0.79	0.24	489.0	385.3
B	Wash Free	72.24	-2.24	0.567	2315.7	-511.3	0.78	0.22	506.0	391.7
	Non-Wash	72.47	-2.15	0.493	2249.0	-489.0	0.78	0.21	477.3	371.7
C	Wash Free	73.81	-2.37	1.257	2215.7	-528.0	0.79	0.22	485.7	385.3
	Non-Wash	72.85	-2.36	0.983	2271.3	-535.7	0.84	0.84	484.0	415.0
D	Wash Free	73.94	-2.21	1.963	2469.3	-429.0	0.80	0.19	462.7	370.3
	Non-Wash	73.50	-2.22	1.940	2604.3	-471.7	0.75	0.75	512.7	384.7

마. 관능검사

씻지않는쌀과 보통백미의 식미에 대한 관능검사 결과는 표5-14와 5-15에 나타내었다. 표 5-14는 밥의 외관, 이미·이취, 맛 그리고 조직감에 대한 정도의 크기를 나타낸 것으로 외관상 밝기는 97년산 햅쌀의 경우 “씻지않는쌀”로 처리한 시료와 보통백미 사이에 큰차이를 보이지 않았으나 95년 고미의 경우에는 현저하게 낮은 강도를 보이고 있다. 이미·이취의 강도는 95년 쌀에서 전반적으로 강하였으며 D 시료의 경우 “씻지않는쌀” 처리에 의하여 이미·이취의 강도가 현저히 개선되었다. 조직감 특성치도 무수세 처리에 의하여 큰차이를 보이지 않아 무수세화에 의한 식미의 저하염려는 없는 것으로 판단되었다. 표 5-15는 밥맛에 대한 관능평점을 나타낸 것으로 외관, 맛, 향, 조직감 그리고 종합적인 기호도에서 시료간의 유의적인 차이를 보이

지 않았으나 95년산 고미의 경우에는 모든 검사항목에서 무수세화 처리한 씻지않는쌀 제품이 보통백미보다 유의적으로 높은 관능평점을 보이고 있기 때문에 고미의 식미향상 수단으로 무수세화 처리가 매우 유효한 수단이라고 생각되었다.

표 5-14. 씻지않는쌀과 보통백미의 취반후 밥의 조직감 특성

Samples		관능적 특성							
		외 관		이미	맛	조직감특성			
		밝기	색깔			경도	탄성	응집성	부착성
A	Wash Free	7.29	2.71	2.29	6.79	4.07	4.93	5.50	6.07
	Non-Wash	6.86	3.29	3.29	6.43	4.71	4.71	5.43	6.50
B	Wash Free	6.14	3.14	3.07	5.86	4.93	5.64	5.93	4.93
	Non-Wash	6.57	3.36	3.64	6.57	5.29	4.93	5.43	5.00
C	Wash Free	6.71	3.79	3.07	7.23	4.86	5.77	5.57	5.29
	Non-Wash	7.07	3.14	2.93	6.85	4.79	4.93	5.14	6.00
D	Wash Free	4.43	5.21	6.07	3.46	6.07	5.43	5.41	3.71
	Non-Wash	3.57	6.07	6.43	4.15	6.43	5.00	4.71	5.57

표 5-15. 씻지않는쌀과 보통백미의 취반후 밥의 관능검사 결과

Samples		Palatability				
		외관	향	맛	조직감	전반적기호도
A	Wash Free	6.93	7.29	6.93	6.21	6.43
	Non-Wash	6.64	7.36	6.93	6.07	6.50
B	Wash Free	6.00	6.21	5.79	5.71	6.00
	Non-Wash	6.57	6.36	6.57	6.29	6.36
C	Wash Free	6.79	6.71	7.14	6.64	7.14
	Non-Wash	6.93	6.50	6.71	6.29	7.14
D	Wash Free	4.21	3.57	3.64	4.21	3.43
	Non-Wash	3.36	3.07	3.57	3.79	2.86

사. 씻지않는쌀의 취반조건 설정시험

“씻지않는쌀” 처리에 의하여 제조한 씻지않는쌀 제품은 보통백미에 비하여 수분함량이 1% 정도 높고 표면의 미세한 크랙이 무수히 발생하여 기존의 취반조건하에서는 맛있는 밥을 지을 수 없다. 표 5-16과 5-17은, 취반시 가수량별 밥의 색깔과 조직감특성의 변화를 관찰한 것이다. 원료쌀 무게의 1.4배에서 1.55배까지 처리하여 취반한 밥의 색깔은 처리구간이 유의적인 차이를 보이지 않고 보통백미 1.45배 보다 b값이 낮았다. 밥의 경도와 부착성은 가수량이 증가할수록 감소하였으며, 그외의 다른 조직감 요소들은 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

한편 취반후 보온시간에 따른 수분함량과 색깔의 변화를 살펴보면, 수분함량의 경우 보온 21시간 경과함에 따라 각 처리구가 공히 5% 정도의 수분

감소가 발생하였으며 가수량의 차이에 의한 수분의 감소 경향은 보이지 않았다. 색깔의 변화를 살펴볼때 밝기와 적색도는 보온시간의 경과에 따라 큰 차이를 보이지 않았으나 황색도는 현저하게 증가하는 경향을 보여주었다. 이는 일반적으로 장시간 보온시 갈변이 원인인 것으로 판단되며 “씻지않는쌀” 처리한 시료보다 보통백미의 b 값 상승이 높아 씻지않는쌀 보다 보통백미가 장기간 보온시 쉽게 변함을 알 수 있다.

표 5-16. 씻지않는쌀과 보통백미의 가수량별 취반특성

Samples		색깔			경도	부착성	탄력성	응집성	겉성	씹힘성
Kind	물량	L	a	b						
C- Wash free	x 1.4	71.34	-2.41	1.060	2100.8	-476.0	0.7820	0.2507	510.5	387.9
	x 1.45	71.35	-2.44	1.095	2700.2	-637.8	0.7768	0.2410	651.5	505.9
	x 1.5	72.47	-2.41	1.020	2327.7	-566.5	0.7778	0.2468	584.3	459.9
	x 1.55	71.67	-2.38	0.920	1756.8	-501.0	0.7433	0.2442	430.2	322.1
C- Non Wash	x 1.45	72.14	-2.42	1.383	2446.3	-509.2	0.7877	0.2158	529.2	419.1

표 5-17. 씻지않는쌀과 보통백미의 가수량별 취반후 보온시간에 따른
품질변화

Item	Treatment	C-Wash Free Rice				C-Non Wash
	Storage					
	Time (hrs)	x 1.4	x 1.45	x 1.5	x 1.55	x 1.45
Moisture(%)	0	63.65	62.00	64.08	65.20	61.85
	6	60.95	61.05	63.01	62.91	60.91
	21	58.63	58.75	60.30	59.00	57.60
L	0	70.98	70.72	72.19	72.25	71.81
	6	72.35	72.18	72.02	71.90	72.07
	21	72.28	72.07	72.33	71.92	72.29
a	0	-2.44	-2.47	-2.46	-2.28	-2.48
	6	-2.45	-2.46	-2.46	-2.39	-2.55
	21	-2.47	-2.46	-2.48	-2.40	-2.40
b	0	0.79	0.89	1.06	0.62	1.40
	6	2.20	2.15	1.42	1.91	2.93
	21	4.12	3.97	2.98	3.16	4.53

아. “씻지않는쌀”의 저장중 품질 변화

“씻지않는쌀”을 1Kg씩 소포장하여 15℃와 30℃의 항온기에서 1년간 저장하면서 쌀의 이화학적 및 관능적 특성의 변화를 조사하였다.

1) 일반성분

원료쌀의 품종별 저장온도와 저장기간에 따른 수분과 지방함량의 변화를 표 5-18과 5-19에 나타내었다. 원료쌀의 수분함량은 11.3%에서 12.8%로서 비교적 낮은 수분함량을 보였으나 “씻지않는쌀”을 제조하였을때는 12.1%~

13.6%를 나타내어 전반적으로 1% 정도 원료쌀에 비하여 높은 수분함량을 나타내었다. 지방함량은 원료쌀이 0.34~0.78%를 나타내었고 “씻지않는쌀”은 0.17~0.39%로서 “씻지않는쌀”에서 현저하게 감소하였다.

표 5-18. 수분의 변화 (단위 : %)

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	13.1	13.3	12.7	15.2	15.3	11.0	8.5	10.4	8.8
	Non-Wash	11.3	12.9	12.1	14.8	15.1	9.2	8.0	10.6	9.6
B	Wash Free	12.5	13.2	12.2	14.3	15.2	11.0	7.5	10.3	9.5
	Non-Wash	12.7	12.9	12.0	14.7	15.8	10.9	9.0	10.2	9.6
C	Wash Free	13.6	12.9	12.8	14.4	16.1	10.9	9.2	9.4	9.7
	Non-Wash	12.4	13.6	12.1	15.1	15.4	10.0	9.0	10.2	10.2
D	Wash Free	12.1	12.9	12.5	13.9	15.0	9.7	7.8	10.8	9.7
	Non-Wash	12.8	13.4	11.8	13.7	15.5	10.5	8.7	10.1	9.0

저장중 수분함량의 변화는 저온저장구인 15°C저장에서는 저장기간이 증가함에 따라 저장 9개월까지는 수분의 변화가 미미하였으나 9개월 이후 부터 이후 초기에 비하여 2% 정도 증가한 반면 고온저장구인 30°C 저장에서는 고온증발에 의한 수분함량의 감소현상이 현저하였다.

표 5-19. 지방의 변화 (단위 : %)

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	0.26	0.38	0.33	0.42	0.33	0.24	0.35	0.45	0.35
	Non-Wash	0.61	0.63	0.64	0.55	0.66	0.62	0.65	0.61	0.57
B	Wash Free	0.17	0.28	0.19	0.24	0.17	0.28	0.22	0.21	0.15
	Non-Wash	0.34	0.36	0.40	0.37	0.42	0.64	0.29	0.36	0.43
C	Wash Free	0.39	0.43	0.54	0.42	0.43	0.32	0.39	0.44	0.40
	Non-Wash	0.78	0.69	0.68	0.82	0.80	0.60	0.78	0.84	0.77
D	Wash Free	0.32	0.38	0.36	0.23	0.35	0.22	0.21	0.25	0.20
	Non-Wash	0.49	0.48	0.47	0.51	0.40	0.37	0.40	0.35	0.37

저장중 지방함량은 품종, 저장온도, 저장기간에 따라 유의적인 변화를 보이지 않았으며 저장초기의 지방함량을 유지하였다. 1년간의 저장시험결과 절대 지방함량은 변화를 보이지 않았으나 지방의 산패정도는 발생하였을 것으로 사료되며 산패정도를 측정하여 관능검사와 비교 실험을 통하여 “씻지않는쌀”의 저장특이성을 판단하여야 할 것으로 생각되었다.

2) 백도와 색깔 변화

원료쌀의 품종별 저장온도와 저장기간에 따른 백도 및 색깔의 변화는 표 5-20~표5-23에 나타내었다. 원료쌀의 백도는 김포 추청 고미(시료D)가 40.8로서 가장 높았으며 김포추청 신미(시료C)가 36.4로 가장 낮았다. “씻지않는쌀”로 제조하였을 때 백도는 현저하게 증가하여 47.5~49.7을 나타내었으며 이는 무수세화 과정에서 백미표면의 잔류 미강성분이 제거되었음을 간접적으

로 알수 있었다.

표 5-20. 백도(Whiteness)의 변화

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	48.7	46.1	47.8	48.0	47.0	48.5	45.8	44.5	43.9
	Non-Wash	39.0	37.5	39.3	38.6	38.2	39.6	38.4	37.4	36.2
B	Wash Free	49.7	47.3	48.6	49.3	48.1	49.6	47.1	46.2	45.4
	Non-Wash	40.6	39.1	40.9	40.4	40.0	41.1	40.3	40.5	38.7
C	Wash Free	48.0	44.5	47.2	46.7	45.9	47.2	45.2	45.1	42.4
	Non-Wash	36.4	35.5	36.6	36.7	35.7	37.1	36.8	36.2	35.9
D	Wash Free	47.5	44.9	47.4	47.5	46.3	47.3	45.5	43.4	42.1
	Non-Wash	40.8	39.1	40.9	39.1	41.1	41.3	41.3	40.0	37.6

한 편 저장중 백도의 변화는 “씻지않는쌀” 과 원료쌀에서 저장온도에 상관없이 저장기간이 증가함에 따라 서서히 감소하였으며 그 감소폭은 고온저장구에서 높았다. 품종에 따라서는 김포추청(시료 C,D)이 가장 높았고 여주추청(시료 A)이 가장 낮았다.

저장중 L값의 변화는 표 5-21에 나타낸 바와 같이 모든 품종군에서 대조구에 비하여 “씻지않는쌀” 처리군에서 전반적으로 높은 L값을 나타내었으며 특히 고미를 무수세 처리를 하였을 때 L값의 증가가 현저하여 밝을 색깔을 나타내었다. 저장기간이 증가하면서 L값도 서서히 증가하였으며 저장온도에 따른 차이는 보이지 않았다.

표 5-21. L값(밝기)의 변화

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	72.2	73.7	75.5	74.60	75.54	76.3	74.0	78.21	76.44
	Non-Wash	69.7	69.9	72.1	71.16	71.20	70.4	69.9	73.81	73.77
B	Wash Free	75.7	75.4	74.9	74.35	73.92	76.1	75.8	78.93	78.56
	Non-Wash	68.8	69.8	71.9	69.56	68.88	71.6	71.9	75.57	73.83
C	Wash Free	74.7	73.8	75.1	75.73	74.83	75.6	73.6	77.56	76.92
	Non-Wash	68.8	66.1	73.1	66.25	67.75	70.2	68.3	72.90	71.58
D	Wash Free	75.9	75.5	77.5	75.40	76.80	78.7	75.8	78.88	79.22
	Non-Wash	75.2	74.8	77.0	74.74	75.97	74.1	73.8	77.27	75.93

표 5-22에 나타난 a값의 변화를 보면 저장초기 -0.89~-1.12에서 저장 1년후 -0.96~-1.69까지 감소하였으며 감소폭은 무처리군에 비하여 “씻지않는쌀” 처리군에서 높은 경향을 나타내었다. 표 5-23은 b값의 변화를 나타낸 것으로 원료백미보다 무수세화 처리한 “씻지않는쌀”에서 현저한 b값의 감소 현상이 나타났으며 이는 무수세화 처리에 의하여 잔류 미강이나 먼지의 제거가 일어났기 때문으로 백도의 증가와도 깊은 관계가 있다고 생각된다. 또한 저장중 b값의 변화를 살펴보면 저온저장구에서는 품종이나 처리군에 관계없이 저장기간이 증가함에 유의적인 변화가 관찰되지 않았으나 고온 저장구에서는 현저하게 증가하는 경향을 나타내었다.

표 5-22. a 값(적색도)의 변화

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	-0.94	-0.94	-1.08	-0.70	-0.86	-1.31	-1.35	-1.48	-1.69
	Non-Wash	-0.94	-1.07	-1.18	-0.68	-0.92	-1.19	-1.32	-1.21	-1.48
B	Wash Free	-0.96	-0.95	-1.13	-0.69	-0.86	-1.26	-1.34	-1.47	-1.58
	Non-Wash	-1.01	-1.09	-1.18	-0.85	-1.01	-1.40	-1.50	-1.51	-1.66
C	Wash Free	-0.89	-1.04	-1.07	-0.56	-0.88	-1.25	-1.47	-1.44	-1.58
	Non-Wash	-1.12	-1.02	-1.39	-0.78	-0.98	-1.35	-1.22	-1.30	-1.32
D	Wash Free	-1.00	-0.98	-1.12	-0.89	-0.83	-1.30	-1.30	-1.33	-1.56
	Non-Wash	-0.94	-0.94	-0.97	-0.62	-0.72	-0.97	-1.03	-0.97	-0.96

표 5-23. b 값(황색도)의 변화

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	8.47	8.88	9.25	8.62	9.57	10.35	10.46	12.19	14.46
	Non-Wash	11.34	10.95	11.80	10.93	11.33	12.67	13.04	14.57	15.76
B	Wash Free	8.46	8.22	8.31	7.76	8.21	9.15	9.97	11.24	11.98
	Non-Wash	9.50	9.66	10.06	9.82	10.22	10.90	11.57	12.76	14.36
C	Wash Free	8.72	8.55	9.00	8.55	8.80	10.50	11.10	12.65	13.94
	Non-Wash	11.32	11.22	12.34	10.99	11.26	12.49	13.77	14.85	16.89
D	Wash Free	10.38	9.63	9.75	10.03	9.84	10.84	12.76	14.49	15.35
	Non-Wash	12.07	11.32	12.33	11.75	11.64	13.95	13.17	16.32	17.92

3) 취반특성

원료쌀의 품종별 저장온도와 저장기간에 따른 취반특성의 변화를 보기 위하여 원료쌀과 “씻지않는쌀”의 가열흡수율, 팽창용적, 잔존액의 pH, 그리고 용출고형물 함량을 측정하여 표 5-24~표 5-27에 나타내었으며, 취반후 밥의 L,a,b 값 및 경도(Hardness)를 표 5-28~표 5-31에 나타내었다.

원료쌀과 “씻지않는쌀”의 가열흡수율은 품종 및 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았으며 저장기간과 저장온도에서도 차이를 보이지 않았다.

표 5-24. 가열흡수율의 변화 (단위 : %)

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free		3.20	2.84	3.03	3.48	3.85	3.86	3.95	4.30
	Non-Wash		3.33	2.76	3.14	3.57	3.71	3.30	3.78	4.08
B	Wash Free		3.09	2.70	3.01	3.17	3.53	3.59	3.75	3.81
	Non-Wash		2.87	2.63	2.93	3.11	3.23	3.03	3.49	3.59
C	Wash Free		3.69	2.88	3.05	3.38	3.90	3.50	4.04	4.17
	Non-Wash		3.12	2.47	2.98	3.50	3.40	2.92	3.76	3.86
D	Wash Free		2.96	2.82	3.25	3.22	3.78	3.57	3.97	3.70
	Non-Wash		3.27	2.66	3.07	3.29	3.56	3.42	4.13	3.84

표 5-25에 나타난 가열중 팽창용적의 변화는 햅쌀의 경우에는 처리구간에 저장중 큰변화를 보이지 않았으나, 고온처리구에서는 저온저장구보다 현저하게 높은 팽창용적을 나타내었다. 특히 고미의 경우에는 저온저장구와 고온저장구에서 공히 저장기간이 증가함에 따라 팽창용적도 증가하는 경향

이었다.

한편 잔존액의 pH는 햅쌀의 경우 전 저장기간을 통하여 pH 6.5~6.9를 유지하고 있으나 고미의 경우에는 PH 6.0이하를 나타내어 산패가 현저하게 진행되었음을 알 수 있다. 특히 원료 백미는 무수세화 처리한 “씻지않는쌀” 보다 전 저장기간을 통하여 낮은 pH 범위를 나타내어 무수세화 처리에 의하여 저장성의 증진이 예상된다. 또한 용출고형물량의 변화는 대조군에서는 저장중 온도에 상관없이 서서히 감소하였으나 “씻지않는쌀” 처리구는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

표 5-25. 팽창용적의 변화 (단위 : cm³)

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free		25.0	23.1	26.0	26.0	30.8	28.8	30.8	30.8
	Non-Wash		26.0	23.1	27.9	26.9	28.9	29.8	32.7	31.8
B	Wash Free		25.0	25.0	25.0	26.0	29.8	28.6	31.8	30.8
	Non-Wash		24.5	23.1	28.2	25.5	27.9	26.9	29.8	29.8
C	Wash Free		26.0	24.5	24.1	24.1	28.9	27.9	28.9	33.7
	Non-Wash		26.4	24.5	26.9	28.2	28.9	27.9	32.7	35.6
D	Wash Free		26.9	26.9	28.9	26.9	30.8	29.8	31.8	29.8
	Non-Wash		27.9	26.0	29.8	29.8	28.8	29.8	33.7	33.7

표 5-26. 잔존액의 pH

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free		6.65	6.34	6.68	6.74	6.78	6.86	6.59	6.76
	Non-Wash		6.68	6.72	6.73	6.77	6.75	6.86	6.41	6.61
B	Wash Free		6.64	6.41	6.60	6.72	6.77	6.93	6.48	6.41
	Non-Wash		6.73	6.63	6.69	6.74	6.77	6.91	6.49	6.43
C	Wash Free		6.78	6.46	6.71	6.68	6.78	6.91	6.55	6.37
	Non-Wash		6.73	6.55	6.75	6.71	6.72	6.72	6.36	6.10
D	Wash Free		5.66	5.33	5.70	6.17	5.80	5.62	5.23	5.75
	Non-Wash		5.72	5.30	5.59	5.67	5.89	5.80	5.33	5.26

표 5-27. 용출고형물량 (단위 : g/100ml)

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	0.89	0.97	0.41	1.06	0.88	1.00	0.89	0.96	0.48
	Non-Wash	1.78	0.86	0.23	0.80	0.45	0.59	0.56	0.70	0.50
B	Wash Free	0.67	0.62	0.45	0.64	0.49	0.76	0.75	0.55	0.52
	Non-Wash	1.32	0.91	0.32	0.77	0.48	0.58	0.63	0.68	0.32
C	Wash Free	0.72	0.91	0.40	0.91	0.50	0.99	0.76	0.77	0.55
	Non-Wash	1.60	0.66	0.41	0.81	0.33	0.76	0.63	0.53	0.42
D	Wash Free	0.64	0.77	0.74	0.82	0.27	0.77	0.64	0.52	0.43
	Non-Wash	1.26	0.82	0.63	0.76	0.47	0.78	0.71	0.55	0.39

표 5-28. 밥의 L값 변화

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	73.3	72.1	72.5	72.1	72.0	72.4	72.4	73.1	98.2
	Non-Wash	72.4	72.3	74.6	73.5	73.1	74.0	72.3	74.4	99.0
B	Wash Free	72.2	72.5	72.4	73.3	72.9	72.9	72.0	74.0	99.7
	Non-Wash	72.5	72.1	72.9	73.2	73.3	73.0	72.7	72.9	98.8
C	Wash Free	73.8	72.3	72.8	73.8	73.7	72.2	73.1	73.1	98.0
	Non-Wash	72.9	73.7	73.9	74.0	73.2	74.2	72.9	73.7	98.8
D	Wash Free	73.9	69.9	73.5	74.3	73.1	73.0	73.6	73.4	98.6
	Non-Wash	73.5	72.5	74.1	75.5	73.4	74.1	73.3	72.4	98.0

표 5-29. 밥의 a 값 변화

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	-2.22	-2.33	-2.43	-2.39	-2.22	-2.34	-2.27	-2.61	-0.50
	Non-Wash	-2.28	-2.31	-2.41	-2.44	-2.26	-2.28	-2.40	-2.31	-0.36
B	Wash Free	-2.24	-2.14	-2.38	-2.22	-1.99	-2.20	-2.27	-2.20	-0.24
	Non-Wash	-2.15	-2.21	-2.45	-2.28	-2.22	-2.19	-2.30	-2.26	0.25
C	Wash Free	-2.37	-2.38	-2.53	-2.34	-2.26	-2.37	-2.31	-2.33	-0.56
	Non-Wash	-2.36	-2.26	-2.53	-2.36	-2.34	-2.33	-2.37	-2.33	0.38
D	Wash Free	-2.21	-2.09	-2.43	-2.22	-2.18	-2.34	-2.25	-2.39	-0.41
	Non-Wash	-2.22	-2.24	-2.42	-2.33	-2.19	-2.21	-2.23	-2.15	-0.40

표 5-30. 밥의 b값 변화

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	0.79	0.66	0.36	0.94	1.19	1.29	2.14	2.86	-0.41
	Non-Wash	0.99	1.22	1.09	1.12	1.15	1.86	2.74	2.95	0.28
B	Wash Free	0.57	0.19	-0.28	0.06	0.86	0.74	1.27	2.56	-0.85
	Non-Wash	0.49	0.31	0.61	0.51	1.23	1.44	1.83	2.69	-0.45
C	Wash Free	1.26	1.07	0.46	0.54	1.22	1.57	2.30	2.78	1.02
	Non-Wash	0.98	1.37	0.85	0.61	1.62	1.75	2.56	3.29	1.38
D	Wash Free	1.96	1.44	1.31	1.25	1.63	2.46	3.94	5.46	1.70
	Non-Wash	1.94	2.73	1.67	2.28	2.43	3.22	3.88	4.44	2.84

표 5-31. 밥의 경도 변화

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	2042	1989	1911	1810	2643	2686	2566	2262	2890
	Non-Wash	2079	1964	1807	1807	2637	2458	2434	2088	2405
B	Wash Free	2315	2133	1864	1801	2582	2531	2498	2544	2934
	Non-Wash	2249	2369	1944	1626	2408	2434	2391	2392	2540
C	Wash Free	2215	2059	1980	1834	2879	2776	2153	2370	2577
	Non-Wash	2271	2232	1906	1585	2762	2381	2460	2060	2419
D	Wash Free	2469	2496	1848	1412	2860	2949	2647	2472	2676
	Non-Wash	2604	2220	2169	1891	2643	2708	2450	2227	2852

4) 아밀로그래프 특성

원료쌀과 “씻지않는쌀”의 아밀로그래프 최고점도의 변화를 측정하여 표 5-32에 나타내었으며 처리군 및 저장온도에 상관없이 저장기간이 증가할수록 현저하게 증가하였다.

표 5-32. Amylogram Peak Viscosity의 변화 (단위 : BU)

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	475	640	515	600	610	510	645	642	645
	Non-Wash	420	595	455	527	564	475	595	660	615
B	Wash Free	510	635	555	640	650	530	670	690	638
	Non-Wash	415	595	425	530	535	470	620	607	585
C	Wash Free	480	660	505	605	560	510	695	737	715
	Non-Wash	430	620	475	540	570	483	655	710	717
D	Wash Free	490	590	530	590	600	540	540	582	538
	Non-Wash	475	595	475	548	650	455	570	577	538

5) 관능검사

원료쌀의 품종별 저장온도와 저장기간에 따른 기호특성의 변화를 보기 위하여 원료쌀과 “씻지않는쌀”의 관능평가에 의한 전반적인 기호도의 변화를 조사하여 표 5-33에 나타내었다.

전반적인 관능적 기호도의 변화는 저장기간이 증가함에 따라 전반적인 기호도는 감소하는 경향이었으며 품종 사이에는 큰 차이를 보이지 않았기 때문에 무수세화 처리에 의한 품질의 저하는 나타나지 않았다.

표 5-33. 전반적인 기호도의 변화

Samples		Storage time(month)								
		0	15 °C				30 °C			
			3	6	9	12	3	6	9	12
A	Wash Free	6.43	6.86	6.78	6.46	6.28	4.07	3.14	3.54	3.14
	Non-Wash	6.50	6.92	5.71	6.98	7.03	5.14	4.71	5.35	3.39
B	Wash Free	6.00	7.00	6.71	7.29	7.07	4.85	4.07	4.06	4.07
	Non-Wash	6.36	6.36	6.29	6.82	6.37	5.29	4.86	5.45	5.12
C	Wash Free	7.14	5.64	5.85	5.57	8.16	5.00	4.57	4.26	2.24
	Non-Wash	7.14	5.64	6.07	6.04	7.49	5.36	4.43	4.91	3.03
D	Wash Free	3.43	4.00	3.85	3.77	3.45	3.14	2.00	1.87	1.39
	Non-Wash	2.86	3.07	2.77	3.42	3.07	2.47	2.57	2.35	1.05

제 7 절 “씻지않는쌀” 제조설비의 보급을 위한 시범공장 운영

1. 현장운영시험

99년 7월말 1.5MT/hr 규모의 “씻지않는쌀” 제조장치 시작품을 제작완료 하였으며, 3차년도의 시작품인 건조장치는 99년 10월말 제작완료하여 성능 시험을 실시하였다. 실험에 사용한 재료는 김포 화성농협 추청쌀 1톤을 청결미 상태로 구입하여 시작품의 성능검토시험으로서 세미부 운전 시험, 원심탈수부 운전 시험, 건조기 운전시험을 실시하였다. 함수율 측정은 각 조건 별로 운전과정중에 공정별로 시료를 채취하여 현장에서 portable moisture meter(한성공업제품)를 이용하여 직접 측정하였다. 수율측정은 단위시간당 원료투입량에 따른 제품의 생산량을 측정하여 시간당 수율로 환산하였다. 시간당 1톤규모의 대형 용량으로 scale up (안전율을 감안하여 1.5톤 규모로 설계 제작)한 시작품에 대하여 1차 시운전을 실시한 결과 세미부는 용량이 충분하고 운전도 양호하였으나 원심탈수부의 진동이 심하여 운전 불능이었으며, 원심탈수부의 Balance를 조절한 후 2차 성능 검토한 결과 원심탈수부의 진동이 보완되어 운전가능 하였고 시간당 1.4톤 처리 용량이 확립되었다. 원심탈수부의 스크류각도 조정, 회전속도 조정 및 내부 간극을 조정하면서 15차의 성능검토 시험을 실시하여 탈수 능력을 향상시켰다.

2. 경제적 타당성검토를 위한 소비자 기호도 조사

“씻지않는쌀”의 경제적 타당성을 검토하기 위한 기초조사로서 “씻지않는쌀”에 대한 소비자의 인지도와 선호도를 파악하기 위하여 경기 김포산 추청쌀을 원료로 사용하여 국산화한 시작품을 이용하여 “씻지않는쌀”을 제조한 후 수원과 분당지역 주부 200명을 대상으로 소비자 양케이드를 조사하였다. 조사결과 “씻지않는쌀”이 판매된다면 구입할 것인가?에 대한 조사결과에서는 「구입하지 않겠다」는 겨우 27% 이고, 나머지 73%는 구입할 의사가 있음을 알 수 있었다. 밥맛에 대한 기호도 조사 결과는 씻지않고 취사한 사람중 「맛없다」고 대답한 사람은 겨우 4.8% 이며, 나머지는 「맛있다」 또는 「보통이다」라고 답변하였다. 가볍게 씻은 사람은 「맛있다」 또는 「보통」중 하나로 회답하였다. 이러한 쌀이 판매된다면 어떻게 생각하는가?라는 질문에서는 50% 이상이 「일손이 줄어서 편리할 것 같다」, 「물을 절약할 수 있어서 좋겠다」등 긍정적인 답변을 한 반면, 「습관상 씻는다」 「쌀은 꼭 씻어야하기 때문에 씻지않는쌀의 필요성을 느끼지 못한다」는 회답도 있었다. 또한 씻지 않아도 된다는 코멘트에도 불구하고 가볍게 씻어서 밥을 짓는 사람도 있었다.

3. “씻지않는쌀” 설비의 운영

우선 도정공장에서 도정을 90% 전후로 도정된 백미가 무세미 제조장치에 공급된다. 원료백미는 호분층의 일부가 남아 있어 물에 침지시키면 백탁된다. 호분층을 제거할 목적으로 1480rpm의 고속회전에 의한 스크류 방식으로 물과 함께 통과시킨다(3-5초). 고속원심탈수통을 운전하여 호분층과 부착된 수분을 연속적으로 제거한다. 수분 19% 내외의 수세백미를 온풍건조법에 따라 단시간에 15% 정도까지 건조시킨다. 연미기로 건조된 백미표면을

깨끗한 씻지않는쌀로 마무리한다.

씻지않는쌀 제조공정에서 정선공정으로 투입된 씻지않는쌀은 색채선별기, 로터리시프터, 금속탐지기에 의하여 불량 백미, 이물질 및 쇠립을 제거한 후에 자동계량포장공정으로 이송되어 제품이 완성된다

본 연구의 내용에는 포함되어 있지 않지만 완벽한 씻지않는쌀 제조공정을 확립하기 위해서는 다음의 쌀뜨물처리공정이 개발되어야 할 것이다. (추후연구개발 요망)

즉 발생하는 쌀뜨물을 원수로 사용하여 중수로 제조하고 다시 처리된 중수를 전해수로 제조하여 밥맛과 살균력을 지닌 원수를 사용하여 씻지않는쌀의 품질과 저장성을 향상시킬 수 있다.

쌀뜨물은 수질오염원으로서 그의 처리 방안이 모색되어야 한다. 현재 취사전 각 가정에서 세미용으로 소비하는 물의 양은 쌀 중량의 약 30배, 밥공장에서는 약 15배 라고 알려져 있다. 만일 평균 20배라고 가정한다면 쌀 1톤당 20킬로리터의 물이 필요하게 된다. 이에 비하여 씻지않는쌀 제조에 소요되는 물량은 쌀중량의 5배량의 물로 씻을 수 있으므로 물의 사용량이 현저하게 줄어든다. 또한 세미후의 쌀뜨물은 고농도이므로 이를 처리하기 위하여 상기공정의 쌀뜨물 처리시스템으로 보내져 규제 허용농도에 적합하게 처리한 후 하천에 방류하거나 Feed back system을 도입하여 재이용 할 수 있다.

제 6 장 쌀의 식미기준 수식화와 한국형 식미판정시스템 개발

여 백

제 6 장 쌀의 식미기준 수식화와 한국형 식미판정시스템 개발

제 1 절 서 설

쌀의 식미측정은 패널을 사용하는 관능검사와 기기를 사용하는 검사방법 두 가지가 있다. 패널을 이용하는 관능검사의 경우 패널의 훈련 및 관리에 많은 시간, 노력 및 비용을 필요로 한다. 이러한 번거로운 관능검사를 대신해 식미를 평가할 수 있는, 식미측정기의 필요성이 대두되었다. 최근 일본에서는 간편하게 기계에 의해 식미를 측정할 수 있는 6~7종의 식미측정기가 시판되어 도정공장, 농협, 미곡판매업자, 생산지 단체 등에서 사용되고 있다.

우리와 비슷한 일본의 경우 식미에 따라 쌀의 시장가격이 결정됨에 비해, 아직 우리나라에는 국내산 쌀 식미에 대한 정보는 찾아보기 힘들며, 최근 김 등(2000)은 국내 쌀가격은 식미와 무관하다고 하였다. 쌀가격이 식미와 관계없이 결정되어질 경우, 소비자들은 비싼값을 치루고도 맛있는 쌀을 구매할 수 없기 때문에 국내산 쌀에 대한 신뢰도가 하락되어 소비자들로부터 외면받을 소지가 있다. 머지 않은 장래의 쌀시장 개방에 따른 외국산쌀의 국내 유입에 대비하여 국내산 쌀의 경쟁력을 향상시켜야 한다. 국내산 쌀 경쟁력 향상은 쌀의 식미향상과 직결됨을 감안할 때 국내산 산지별, 품종별 식미에 대한 식미지도는 국내산 쌀의 경쟁력 강화유도에 필수적이다. 이들 식미지도는 품종과 기후에 따라 달라지므로 매년 식미검사 결과에 따라 조정되어야 한다. 현재, 국내산쌀의 식미에 대한 정보가 전무함을 감안하여, 본 연구에서는 국내산 쌀에 대한 식미지도 작성을 위해 산지별 쌀의

식미값에 의한 분류를 시도하였다.

식미측정기는 정확성과 경제성이 겸비된다면 밥맛을 중요시 하는 우리나라와 일본에서 쌀의 품질관리를 위한 기본적인 기기로 사용될 수 있을 것이다. 현재, 일본에서는 6-7개의 식미측정기가 상용화되고 있으나, 우리나라에서는 아직 자체적으로 개발된 식미측정기가 전무한 실정이다. 본 연구에서는 일본에서 상용화되어 시장에서 볼 수 있는 식미판정기에 대한 현황과 적용성 검토를 하였으며, 식미를 정확하고 간단하게 측정할 수 있는 식미측정 시스템을 구축하였다. 본 연구의 최종 목표인 신뢰성있는 식미측정기 개발을 위해서, 먼저 식미평가를 올바르게 수행하여 축을 만든 후, 그 축을 기준으로 식미측정 시스템을 개발하는데 중점을 두었다. 본 연구에서는 매년 축적된 쌀의 식미자료에 의한 software의 개선을 전제로 대부분의 식미측정기에서 응용하는 NIR을 사용하여 시스템을 개발하였다.

제 2 절 식미측정기술 현황조사

1. 국내의 쌀의 식미관련 미확보 문헌 및 측정기술의 조사

현재 일본에서 시판되는 식미측정기는 6개 회사에서 판매되고 있는데, 그 특징은 표 6-1에 있다. 식미 측정방법은 크게 두가지로 나누어지며, 5개의 제품은 근적외분광 분석을 이용하여 식미와 관련이 높은 성분을 정량한 후, 미리 구해놓은 식미방정식에 대입하여 식미값을 산출하고 있다. 나머지는 쌀의 식미는 주로 aleurone층의 밑부분인 100 μ m의 부분에 분포한다는 가설로부터 밥맛은 밥을 싸고 있는 보수막의 양에 의해서 결정된다는 원리를 토대로 하고 있다. 여기서 보수막이란 밥을 짓는 동안 쌀에서 용출되는 용출물이 농축된 것으로 밥알 표면을 싸고 있는 막이며, 특정 전자파에 의해 측정된 보수막의 두께는 식미를 예측하는 지표가 된다.

최근에는 식미측정 영역으로 기존에 사용하던 근적외선 영역에서 새로이 적외선영역을 시도하고 있다. 현재 일본에서는 각 식미측정기간의 점수호환을 위한 노력을 기울이고 있으며, 그 예로 식미측정기간 점수호환을 위해 1997년 3월 정부, 농민, 식미기 관련업체 3자 회의가 있었다. 미국에서도 쌀의 수입개방과 일본에서의 쌀수입 등의 여건변화에 따라 미농무성 연구소 주관으로 쌀의 도정, 건조, 저장 및 유통조건에 따른 식미의 변화를 분석하고 있으며, 궁극적으로는 한국과 일본의 시장을 겨냥한 쌀을 생산하기 위해 독자적인 식미 측정기의 개발을 추진하고 있다. 일본에서는 1970년대부터 식미측정기의 기술 개발 연구를 수행하여 1980년대 중반 이후 일본을 포함한 미국, 유럽과 한국등에 특허를 출원하였고, 일본에서만 94년까지 46건의 식미기 관련 특허를 출원하였으며, 1990년대 초반부터는 제품을 생산하여 1997년 현재 6개 회사 (그외 2-3개 회사에서 개발중임)에서 제품을 생

산중에 있다. 현재 우리나라에는 식미기 관련 특허 3건중 2건은 일본의 Satake회사에 출원한 것이며, 나머지 1건도 한국과 일본이 공동 출원한 것으로 국내 관련 업체에서는 출원이 전무한 실정이다.

표 6-1. 일본의 식미측정기의 특징

	케 트	시즈오카	구보타	사 다 케	니 래 코	도 요
명 칭	성분분석계	식미분석계	식미분석계	식 미 계	식미품질 분석계	미 도 메 타
형 식	AN-800	GS-2000	K-AS100	SIR10A	6500H0N	MA-30A
측정시료	粒(현미,정미)	粒(현미,정미)	粒(현미, 정미)	정미 粉	粒(현미, 정미)	炊 飯 米
시료량	60g	300g, 350g	250g	10g	120g	33g
측정항목	단 백 질 수 분 아밀로오스 지방산:현미 품질평가치	단 백 질 수 분 아밀로오스 지방산:현미 노화도 점수	단 백 질 수 분 아밀로오스 식 미 치	식 미 치	단 백 질 수 분 아밀로오스 찰 기 식 미 치	味 度 値
측정시간	30 초	60 초	60 초	30초	60 초	120 초
측정방식	근적외 분석 방식	근적외 분석 방식	근적외분석 방식	(전처리요) 근적외 분석 방식	근적외분석 방식	(전처리요) 비색계유사장치
검량선 메모리	4성분x20종	6성분x11종				
소비전력	60W	120W	110W	250W	200W	400W
본체규격	255(W)×440 (D)×380(H)	400 × 340 × 660	370 × 400 × 660	215 × 494 × 428	275 × 460 × 640	450 × 360 × 360
본체중량	14.5kg	26kg	30kg	30kg	20kg	22kg
부속품	프 린 터	프 린 터	PC 프 린 터	PC 전자동분쇄기, 정온장치,크리 너 방음장치 시험용정미계	PC 프 린 터	측정용기:3개 충전기(充填器), 저울 시험용정미기

2. 외국산 식미측정기와 관능검사결과와의 결정계수의 분석

현재 식미측정기는 대부분 일본에서 생산되어 판매되는데, Gawamura 등 (1996)은 일본에서 생산되는 식미기 4점(I, II, III은 근적외선분광방식, IV는 보수막측정방식)의 식미값과 패널에 의한 식미값간의 상관계수를 분석하였다. 그 결과(표 6-2) 식미기에 의한 식미값과 관능검사에 의한 식미값간의 상관계수(r)는 0.31 - 0.45 범위로 나타나, 결정계수(R^2)로 나타낼 경우 0.096 - 0.202범위에 있어, 이들 식미기들의 식미값 총변동에 대한 설명율이 10-20% 범위에 있었다. 각 식미기간 호환성여부를 판단하기 위해 각 식미기의 식미값간 상관계수는 0.23 - 0.52 사이에 있었으며, 식미기들간의 결정계수는 0.05 - 0.27범위에 있었다(표 6-3). 결과적으로 일본에서 시판되는 이들 식미측정기의 문제점으로는 1) 사람들이 평가하는 밥맛의 값과 이들 기계로부터 나온 식미값의 상관관계가 낮은 것과 2) 이들 기계간 점수의 호환이 어렵다는 것을 보여주었다.

표 6-2. 식미기의 식미값과 패널에 의한 식미값간의 상관계수(r)

	식미기			
	I	II	III	IV
상관계수(r)	0.31	0.41	0.39	0.45

표 6-3. 식미기간의 상관계수

식미기	I	II	III
II	0.00		
III	0.46	0.52	
IV	0.24	0.23	0.32

3. 쌀시료의 수집 및 실험방법의 확립

가. 쌀시료의 수집

본 연구에 3년간 사용된 시료의 목록은 표 6-4에 있으며, 이들 시료는 실험에 사용할 때까지 진공 포장용 비닐에 넣어 밀봉한 후 냉장(4℃) 보관하였다.

나. 쌀알의 화상특성

본실험에 사용된 화상분석system 및 분석조건은 김 등(1997)과 동일하였다.

다. 근적외 분광분석법에 의한 품질 측정

백미와 밥의 근적외선분광반사 spectrum은 근적외선분광분석(NIRSystems, Model 6500, Silver Spring, USA.)를 사용하여 각 시료의 400-2500nm를 측정하였다.

표 6-4. 본 실험에 사용된 시료목록(1/5)

번호	시료	번호	시료	번호	시료	번호	시료
1	경기도 여주여주	51	경북 상주합창	101	경남부산두복	151	현미품은1/30℃/11%
2	경기도 여주능서	52	경북 의성금성	102	경기여주여주인증	152	현미품은1/30℃/13%
3	경기도 평택팽성	53	경북영덕(키토산)	103	경기평택송탄	153	현미품은1/30℃/15%
4	경기도 평택송탄	54	경북 예천용궁	104	경기이천이천	154	현미품은1/30℃/17%
5	경기도 화성삼괴	55	경기이천이천	105	경기장호원(인종)	155	현미품은1/30℃/19%
6	경기도 파주월릉	56	경기여주여주	106	경기김포하성	156	현미품은1/40℃/11%
7	경기도 이천이천	57	경기파주단원	107	경기강화화도	157	현미품은1/40℃/13%
8	경기도 안성원곡	58	경기안성안성	108	강원철원김화	158	현미품은1/40℃/15%
9	경기도 김포하성	59	경기용인백암	109	강원철원동송	159	현미품은1/40℃/17%
10	경기도 강화양도	60	경기여주대신	110	강원철원철원	160	현미품은1/40℃/19%
11	강원도 철원갈말	61	경기이천대월	111	충북진천진천	161	현미품은2/0℃/11%
12	강원도 철원김화	62	강원철원철원	112	충북진천진천(특)	162	현미품은2/0℃/13%
13	강원도 철원김화	63	강원철원김화	113	충남논산동부	163	현미품은2/0℃/15%
14	강원도 철원동송	64	강원철원동송	114	충남부여규암	164	현미품은2/0℃/17%
15	강원도 철원철원	65	강원철원갈말	115	충남서천화양	165	현미품은2/0℃/19%
16	강원도 양구대암	66	충남천안성환	116	충남보령남포	166	현미품은2/10℃/11%
17	충북 진천진천	67	충남당진합덕 I	117	충남예산삼교	167	현미품은2/10℃/13%
18	충북 음성음성	68	충남당진합덕 II	118	충남당진우강	168	현미품은2/10℃/15%
19	충남 논산별곡	69	충남서천화양	119	전북고창고창	169	현미품은2/10℃/17%
20	충남 부여세도	70	충남예산고덕	120	전북김제김제	170	현미품은2/10℃/19%
21	충남 부여규암	71	전북고창고창	121	전북김제부량	171	현미품은2/20℃/11%
22	충남 서천화양	72	전북김제부량	122	전북부안백산	172	현미품은2/20℃/13%
23	충남 보령남포	73	전북부안개화 I	123	전북김제진봉인증	173	현미품은2/20℃/15%
24	충남 예산삼교	74	전북부안개화 II	124	전북군산옥구	174	현미품은2/20℃/17%
25	충남 보령주포	75	전북익산함원	125	전북남원남원	175	현미품은2/20℃/19%
26	충남 태안원북	76	전북익산용안	126	전북순창동계	176	현미품은2/30℃/11%
27	충남 당진합덕	77	전북김제김제	127	전남해남화산	177	현미품은2/30℃/13%
28	충남 당진우강	78	전남순천별량	128	전남신안지도	178	현미품은2/30℃/15%
29	전북 남원남원	79	전남해남옥천	129	경북영덕병곡	179	현미품은2/30℃/17%
30	전북 순창동계	80	전남신안지도	130	경북상주합창	180	현미품은2/30℃/19%
31	전북 정읍이평	81	전남신안복신안	131	경북예천용궁	181	현미품은2/40℃/11%
32	전북 고창해리	82	전남장성진원	132	경남진주시봉	182	현미품은2/40℃/13%
33	전북 부안백산	83	전북강진도암	133	전남보성예당	183	현미품은2/40℃/15%
34	전북 부안개화	84	경북의성다인	134	전남보성예당	184	현미품은2/40℃/17%
35	전북부안개화 (EQ2000)	85	경북예천예천	135	전남보성예당	185	현미품은2/40℃/19%
36	전북 김제김제	86	경북상주상주	136	현미품은1/0℃/11%	186	현미품은3/0℃/11%
37	전북 김제죽산	87	경북상주합창	137	현미품은1/0℃/13%	187	현미품은3/0℃/13%
38	전북 김제청하	88	경북구미선산	138	현미품은1/0℃/15%	188	현미품은3/0℃/15%
39	전북 김제백구	89	경북상주상주	139	현미품은0/℃/17%	189	현미품은3/0℃/17%
40	전북 의산용안	90	경북영덕병곡	140	현미품은1/0℃/19%	190	현미품은3/0℃/19%
41	전남 곡성곡성	91	경북청도화양	141	현미품은1/10℃/11%	191	현미품은3/10℃/11%
42	전남 강진도암	92	경북경주안강	142	현미품은1/10℃/13%	192	현미품은3/10℃/13%
43	전남 해남화산	93	경남포항연일	143	현미품은1/10℃/15%	193	현미품은3/10℃/15%
44	전남 해남북일	94	경남거창신원	144	현미품은1/10℃/17%	194	현미품은3/10℃/17%
45	전남 무안해계	95	경남고성고성	145	현미품은1/10℃/19%	195	현미품은3/10℃/19%
46	전남 나주동강	96	경남김해한림	146	현미품은1/20℃/11%	196	현미품은3/20℃/11%
47	전남 장성진원	97	경남밀양상동	147	현미품은1/20℃/13%	197	현미품은3/20℃/13%
48	전남 신안지도	98	경남창녕창녕	148	현미품은1/20℃/15%	198	현미품은3/20℃/15%
49	전남 해남옥천	99	경남하동금남	149	현미품은1/20℃/17%	199	현미품은3/20℃/17%
50	충북 영동삼두	100	경남김해진례	150	현미품은1/20℃/19%	200	현미품은3/20℃/19%

표 6-4. 본실험에 사용된 시료목록(2/5)

번호	시료	번호	시료	번호	시료	번호	시료
201	현미품온3/30℃/11%	229	95년 전복동진	257	96년 충북청원오창	285	98년산전남보성예당 (고시히까리)
202	현미품온3/30℃/13%	230	95년 전복동진	258	96년 충북청원내수	286	98년산전남보성예당 (기누히까리)
203	현미품온3/30℃/15%	231	95년 전복동진	259	96년경기김포양촌	287	98년산전남보성예당 (히도매보래)
204	현미품온3/30℃/17%	232	95년 전복동진	260	96년충남사산대산	288	98년산 충북괴산
205	현미품온3/30℃/19%	233	95년 경기일품	261	96년 충남보령남포만금	289	98년산 충북괴산
206	현미품온3/40℃/11%	234	95년 경기일품	262	96년 경기이천추청	290	96년산 충북괴산
207	현미품온3/40℃/13%	235	95년 경기일품	263	96년 강원철원오대	291	96년산 충북괴산
208	현미품온3/40℃/15%	236	95년 경기일품	264	97년산 강원철원동송오대	292	96년산 충북괴산
209	현미품온3/40℃/17%	237	96년경기이천대월추청	265	97년산 충남당진합덕II	293	96년산 충북괴산
210	현미품온3/40℃/19%	238	97년 강원철원오대	266	97년산전남해남옥천	294	98년산 충북괴산
211	농검시료13%백미	239	96년 전복동진	267	97년산 경북의성다인일품	295	98년산 충북괴산
212	농검시료14%백미	240	97년 전복동진	268	97년산 경북상주합강일품	296	97년산 충북괴산
213	농검시료15%백미	241	95년 전복동진	269	97년산경북구미신산	297	97년산 충북괴산
214	농검시료16%백미	242	94년 전복동진	270	98년산경기여주여주	298	97년산 충북괴산
215	94년산 전복동진 (현미→12분도미)	243	94년 전복동진	271	98년산 경기평택송탄추청	299	97년산 충북괴산
216	95년산 전복동진 (벼→12분도미)	244	95년 전복동진	272	98년산경기강호원	300	98년산 충북괴산
217	96년산 전복동진 (벼→12분도미)	245	96년 전복동진	273	98년산 강원철원동송오대	301	98년산 충북괴산
218	97년산 전복동진 (벼→12분도미)	246	97년 전복동진	274	98년산 강원철원철원오대	302	96년산 충북괴산
219	97년산 고시히까리 (전남보성)	247	94년 전복동진	275	98년산충남부여규암	303	96년산 충북괴산
220	97년산 기누히까리 (전남보성)	248	95년강원철원오대	276	98년산충남서천회암	304	96년산 충북괴산
221	97년산 히도매보래 (전남보성)	249	95년 충북충주추청	277	98년산충남당진우강	305	96년산 충북괴산
222	97년산 전복동진 (벼→12분도미 완전립)	250	95년 전복계화동진	278	98년산 전북김제전봉동진	306	98년산 충북괴산
223	98년산 경북영덕 키토산 칩보미(화성)	251	95년경북의성일품	279	98년산전북군산옥구	307	98년산 충북괴산
224	95년산 전복동진	252	95년전남나주동강동진	280	98년산전북남원남원	308	97년산 충북괴산
225	96년산전북고창심원 동진(곱쌀이)	253	95년 경주안강일품	281	98년산전북순창동계	309	97년산 충북괴산
226	96년산전북정우동진	254	96년강원철원오대	282	98년산 전남신안지도동진	310	97년산 충북괴산
227	97년산전북의성용안	255	96년경기용인백암	283	98년산경북영덕병곡	311	97년산 충북괴산
228	96년경기이천추청	256	96년경기여주여주	284	98년산경북예천송궁	312	98년산 충북괴산

표 6-4. 본실험에 사용된 시료목록(3/5)

번호	시료	번호	시료	번호	시료	번호	시료
313	98년산 증복괴산	335	97년산 증복괴산 일품	357	97년산 증복괴산 일품	379	98년산전복김제동진 쇄미:정미=7%:93%
314	96년산 증복괴산	336	98년산 증복괴산 추청	358	97년산 증복괴산 일품	380	98년산전복김제동진 쇄미:정미=15%:85%
315	96년산 증복괴산	337	98년산 증복괴산 추청	359	97년산 증복괴산 일품	381	98년산전복김제동진 쇄미:정미=25%:75%
316	96년산 증복괴산	338	96년산 증복괴산 추청	360	98년산 경기양평양평	382	98년산전복김제동진 쇄미:정미=40%:60%
317	96년산 증복괴산	339	96년산 증복괴산 추청	361	98년산 경기이천이천추청	383	98년산전복김제동진 쇄미:정미=50%:50%
318	98년산 증복괴산	340	96년산 증복괴산 추청	362	98년산 경기이천장호원추청	384	98년산전복김제동진 쇄미:정미=4%:96%
319	98년산 증복괴산	341	96년산 증복괴산 추청	363	98년산 강원철원김화오대	385	98년산전복김제동진 쇄미:정미=7%:93%
320	97년산 증복괴산	342	98년산 증복괴산 추청	364	98년산 전북김제진봉동진	386	98년산전복김제동진 쇄미:정미=15%:85%
321	97년산 증복괴산	343	98년산 증복괴산 추청	365	98년산 전남나주동강동진	387	98년산전복김제동진 쇄미:정미=25%:75%
322	97년산 증복괴산	344	97년산 증복괴산 추청	366	98년산 전남북신안동진	388	98년산전복김제동진 쇄미:정미=40%:60%
323	97년산 증복괴산	345	97년산 증복괴산 추청	367	98년산경북영덕키토산 (칠보미화성)	389	98년산전복김제동진 쇄미:정미=50%:50%
324	98년산 증복괴산	346	97년산 증복괴산 추청	368	97년산 증복일품 (복백실험용)	390	99년산경기이천백사
325	98년산 증복괴산	347	97년산 증복괴산 추청	369	96년산전북고창심원동진(곰 팡이#225)	391	99년산경기이천대월
326	96년산 증복괴산	348	98년산 증복괴산 일품	370	98년산 전북군산옥구(#279)	392	99년산경기이천대월
327	96년산 증복괴산	349	98년산 증복괴산 일품	371	98년산 전북순창동계(#281)	393	99년산경기이천신동
328	96년산 증복괴산	350	96년산 증복괴산 일품	372	98년산전복김제동진 쇄미:정미=4%:96%	394	99년산경기화성우정
329	96년산 증복괴산	351	96년산 증복괴산 일품	373	98년산전복김제동진 쇄미:정미=7%:93%	395	99년산경기김포화성
330	98년산 증복괴산 일품	352	96년산 증복괴산 일품	374	98년산전복김제동진 쇄미:정미=15%:85%	396	99년산경기용인원삼
331	98년산 증복괴산 일품	353	96년산 증복괴산 일품	375	98년산전복김제동진 쇄미:정미=25%:75%	397	99년산경기평택청북
332	97년산 증복괴산 일품	354	98년산 증복괴산 일품	376	98년산전복김제동진 쇄미:정미=40%:60%	398	99년산경기안성미양
333	97년산 증복괴산 일품	355	98년산 증복괴산 일품	377	98년산전복김제동진 쇄미:정미=50%:50%	399	99년산경기안성공도
334	97년산 증복괴산 일품	356	97년산 증복괴산 일품	378	98년산전복김제동진 쇄미:정미=4%:96%	400	99년산경기여주농서

표6-4. 본 실험에 사용된 시료목록(4/5)

번호	시료	번호	시료	번호	시료	번호	시료
401	99년산경기여주북내	438	99년산경남의령의령	500	99년산경기여주여주	521	99년산전남보성보성
402	99년산강원횡성우천	439	99년산경남함안군북	501	99년산경기여주대신	522	99년산전남복신안
403	99년산강원원주문막	440	99년산경남산청차왕	502	99년산경기평택송탄	523	99년산전남곡성곡성
404	99년산강원양구농면	441	98년산전남산안지도	503	99년산 파주북파주	524	99년산경북기도산철보미
405	99년산강원양구방산	442	97년산전북동진	504	99년산강원철원김화	525	99년산경북예천용궁
406	99년산강원철원철원	443	96년산강원철원오대	505	99년산강원철원동송	526	99년산경북영덕영덕
407	99년산강원철원동송	444	98년산전북김제진봉동진	506	99년산강원고성금강	527	99년산경남진주진양
408	99년산강원철원철원	445	98년산전북순창동계	507	99년산강원철원철원	528	99년산경기이천경호원
409	99년산충북청원기덕	446	98년산경기장호원	508	99년산충북진천진천	529	99년산경기양주남면
410	99년산충북청원강의	447	98년산전북군산옥구	509	99년산충북보은보은	530	99년산경기여주능서
411	99년산충북청원기덕	448	97년산경북의성대인	510	99년산충남당진우강	531	99년산경기평택송탄
412	99년산충북보은탄부	449	95년산전북동진	511	99년산충남당진합덕	532	99년산경기평택안중
413	99년산충북보은탄부	450	97년산전북김제익산	512	99년산충남보령남포	533	99년산경기경화양도
414	99년산충북진천이월	451	97년산경기용인백암	513	99년산충남논산연무	534	99년산경기강화교동
415	99년산충북진천진천	452	98년산강원철원김화	514	99년산충남시산신지	535	99년산경기화성삼피
416	99년산충남예산오가	453	97년산경북경주안강	515	99년산전북김제진봉	536	99년산경기김포화성
417	99년산전북부안하서	454	97년산경기강화양도	516	99년산전북김제진봉	537	99년산강원철원김화
418	99년산전북김제제황산	455	97년산경북상주합창	517	99년산전북부안계화	538	99년산강원양구대입
419	99년산전북고창공음	456	97년산경기이천대월	502	99년산경기평택송탄	539	99년산강원철원철원
420	99년산전북정읍이평	457	95년산전북동진	503	99년산파주북파주	540	99년산충북추풍령
421	99년산전북군산하회	458	95년산전북동진	504	99년산강원철원김화	541	99년산충북음성금양
422	99년산전북진주완산	459	95년산전북동진	505	99년산강원철원동송	542	99년산충남당진석문
423	99년산전북완산이서	460	98년산충남당진우강	506	99년산강원고성금강	543	99년산충남아산영인
424	99년산전남남해남옥천	461	96년산경기이천추청	507	99년산강원철원철원	544	99년산충남당진고대
425	99년산전남남해남옥천	462	98년산경기여주	508	99년산충북진천진천	545	99년산충남홍성갈산
426	99년산전남나주	463	97년산충남보령주포	509	99년산충북보은보은	546	99년산충남보령주포
427	99년산경북안동풍산	464	97년산전북부안계화 동진	510	99년산충남당진우강	547	99년산충남부여규암
428	99년산경북예천용궁	489	경기이천장호원	511	99년산충남당진합덕	548	99년산충남태안원북
429	99년산경북김천김천	490	경기여주여주인동미	512	99년산충남보령남포	549	99년산충남태안태안
430	99년산경북상주외서	491	강원철원동송오대	513	99년산충남논산연무	550	99년산 충남예산삼교
431	99년산경북문경문경	492	강원철원철원 오대	514	99년산충남시산신지	551	99년산 충남동서천
432	99년산경북성주	493	전북 김제 진봉	515	99년산전북김제진봉	552	99년산 충남시산운산
433	99년산경북울진온정	494	전남보성특수미	516	99년산전북김제진봉	553	99년산 전북김제김제
434	99년산경북영천	496	99년산경기안성원곡	517	99년산전북부안계화	554	99년산전북김제광활
435	99년산경남고성구단	497	99년산경기이천이천	518	99년산전북이산합덕	555	99년산전북강수장수
436	99년산경남고성고성	498	99년산경기이천장호원	519	99년산전남해남옥천	556	99년산전북순창동계
437	99년산경남함양함양	499	99년산경기이천신둔	520	99년산전남해남화산	557	99년산전북군산옥구

표 6-4. 본실험에 사용된 시료목록(5/5)

번호	시료	번호	시료	번호	시료	번호	시료
558	99년산전북남원남원	568	99년산경북안동풍산	578	97년산전북부안계화	588	97년산경남밀양산동
559	99년산전북부안부안	569	99년산전북남원남원	579	97년산전북김제김제	589	97년산경남부산두북
560	99년산전북고창해리	570	99년산전북남원남원	580	97년산전북김제백구	590	99년산강원횡성우천
561	99년산전북익산합열	571	96년산경기이천추청	581	97년산전남나주동강	591	99년산강원철원철원
562	99년산전남영암서호	572	96년산충남서산대산	582	97년산전남신안지도	592	99년산전북김제진봉
563	99년산전남나주동강	573	97년산경기안성원곡	583	97년산충남천안성환	593	99년산울산농소냉각쌀
564	99년산전남무안혜계	574	97년산충남논산벌곡	584	97년산충남서천화양		
565	99년산전남담양금성	575	97년산충남보령주포	585	97년산전남신안지도		
566	99년산전남강진도암	576	97년산전북부안백산	586	97년산전남신안복신안		
567	99년산경북영주안정	577	97년산전북부안계화	587	97년산경남포항연일		

라. 백미의 색도 및 백도의 측정

쌀의 색도는 원통형 용기(41mm × 12.5mm, dia × height)에 담아 Minolta(CR200, Japan)색도계를 이용하여 L, a, b값을 측정하였으며, 백미의 백도는 백도계(Whiteness tester, Kett Electronic Lab. Japan)로 측정하였다.

마. 쌀밥의 관능적 품질특성분석

1) 패넬

본 실험에 사용된 패넬요원 30명은 지난 5년간 밥의 관능적 품질평가에 참가했던 훈련된 전문 품질평가요원으로, 수집된 54점 백미시료의 관능적 특성(윤기, 색, 밥 이외의 냄새강도, 밥 특유의 맛 강도, 경도, 탄력성, 낱알의 응집성, 부착성)과, 외관, 향, 맛, 조직감, 전반적인 품질을 평가(표6-5 쌀밥의 관능적 품질특성분석을 위한 검사표)하였다.

2) 취반

쌀 800gram을 수압수세미(PR-7J, Aiho, Japan)을 이용하여 세미한 후

쌀의 수분함량에 따라 가수량을 조정한 후 (쌀 수분함량 14%기준, 가수량 1.45배) 30분간 침지한 후 전기밥솥(삼성전기, 850J)을 이용하여 취반하였다. 취반이 끝난 후 15분간 뜸을 들인 후 예비실험을 통해 확립해 놓은 방법으로 밥시료를 혼합 냉각하였다.

표 6-5. 밥의 관능적 품질평가에 사용된 검사표

이름 : _____

날짜 : 2000 . . .

먼저, 물로 입가심을 하신후, 왼쪽의 시료부터 평가해주시시오. 각 항목에 대한 귀하의 의견을 가장 잘 표현한 난에 시료번호를 적어주시시오.

외관 윤기의 정도 () () () () () () () () () () () () 없음 대단히 색의 강도 () () () () () () () () () () () () 없음 대단히 강함	외관의 품질 () () () () () () () () () () () () 대단히 대단히 낮 다 높 다
향 밥이외의 냄새 강도 () () () () () () () () () () () () 없음 대단히 강함	냄새의 품질 () () () () () () () () () () () () 대단히 대단히 낮 다 높 다
맛 밥 특유의 맛강도 () () () () () () () () () () () () 없음 대단히 강함	맛의 품질 () () () () () () () () () () () () 대단히 대단히 낮 다 높 다
조직감 경도 () () () () () () () () () () () () 없음 대단히 강함 탄력성 () () () () () () () () () () () () 없음 대단히 강함 낱알의 응집성 () () () () () () () () () () () () 없음 대단히 강함 부착성 () () () () () () () () () () () () 없음 대단히 강함	조직감의 품질 () () () () () () () () () () () () 대단히 대단히 낮 다 높 다
전반적인 품질 () () () () () () () () () () () () 대단히 대단히 낮 다 높 다	
의견:	

3) 관능검사용 밥의 제시

전문패널요원은 한번에 3개의 밥 시료를 평가하였으며, 54점 밥시료의 준비순서는 무작위로 정하였으며, 흰색 사기용기(8.5x 5cm)에 ice cream scoop을 이용하여 약 50gram의 밥($27\pm 5^{\circ}\text{C}$)을 담아 뚜껑을 덮어 세자리 무작위수를 달아 제시하였다.

바. 식미관련 이화학적 특성 분석

1) 수분함량

백미의 수분함량은 공기오븐법으로 135°C 에서 측정 후(135°C 법) 105°C 법으로 환산하였다.

2) 조지방, 조회분, 조단백질, 아밀로우스함량

백미의 조지방과 조회분 함량은 AOAC방법에 의해 측정하였으며, 조단백질 함량은 단백질 자동 분석기(Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Tecator, Sewden)를 사용하여 semi-micro kjeldahl방법으로 측정하였고, 백미의 아밀로스 함량은 Juliano(1971)의 방법에 의하여 측정하였다.

3) 무기질(Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, P, Zn)함량

백미의 무기질 전처리는 AOAC방법에 의한 건식법으로 하였으며, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, P, Zn의 표준물질(1,000ppm)은 inductively coupled plasma-atomic emission spectrophotometer (ICP-AES, Jobin Yvon JY138 Ultrace)용으로 High Purity Standard사 제품을 사용하였다.

4) 밥의 색도, 텍스처 및 수분의 측정

밥의 색도와 텍스처 측정용 시료는 12g의 밥을 원통형 용기(41mm×12.5mm, 지름×높이)에 담아 일정한 모양을 만들어 사용하였다. 밥의 색도(L, a, b)는 Minolta(CR300, Japan)색도계를 사용하였으며, 밥의 수분은 밥의 색도 측정 후 동일 시료를 사용하여 AOAC방법에 의해 측정하였다. 밥의 텍스처 특성은 Texture analyser(model TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)를 이용하여 Bourne 등에 의해 기술된 2 bite compression에 의해 springiness, gumminess, cohesiveness, adhesiveness, hardness, chewiness를 측정하였다. 측정조건은 plunger diameter 25mm를 이용하여 crosshead speed 10 mm/sec.로 시료를 2번 60% compression하였다.

5) 아밀로그래프 특성 및 DSC특성

쌀가루의 아밀로그래프 특성은 쌀을 Cyclotec Sample Mill (Tectator, Sweden)을 이용하여 가루로 분쇄한 후 Viscograph (Model PT 100, Brabender, Germany)를 이용하여 Medcalf와 Gilles (Medcalf와 Gilles, 1965)의 방법으로 측정되었다. 쌀가루의 DSC특성은 쌀가루 15mg과 증류수 30 μ l (1 : 2 w/w)를 알루미늄 팬 (hermetic aluminum pan)에 넣고 밀봉한 후 DSC (DSC7, Perkin-Elmer, U.S.A.)를 이용하여 측정하였다. 30 $^{\circ}$ C부터 130 $^{\circ}$ C까지 10 $^{\circ}$ C/min의 속도로 가열하여 얻은 흡열 peak로부터 상전이 (phase transition)의 개시온도, 상전이 정점온도 및 상전이 엔탈피를 구하였다.

6) 보수막 측정방법의 개발

밥의 보수막 측정방법을 개발하기 위한 기초자료로서 밥의 건조특성 및 취반중 밥물의 전분량의 변화를 측정하였다.

사. 묘사분석패널의 훈련

40 명의 예비패널로부터 24개의 삼점검사로 이루어진 선발검사 후 15명을 선발하여 1차훈련을 하였다. 1차훈련은 1.5시간/회, 3회/주, 3개월간 진행되었으며, 훈련내용은 관능검사 원리, 관능적 특성과 강도, 묘사용어에 대한 정의와 표준물질의 결정이 포함되었다. 2차 훈련 후 각 패널요원의 수행능력을 Cross 등(1978)의 방법에 따라 F값과 평균값 그래프에 의한 순위에 의해 10명의 패널 선정하여 2차훈련을 실시하였다. 쌀밥의 관능적 특성과 강도에 대한 안정된 재현성 있는 평가를 할 때까지 2개월간의 2차 훈련 후 훈련중 확립한 표준시료를 이용하여 도정도별 밥의 묘사분석을 수행하였다.

제 3 절 식미판정기개발을 위한 database구축

1. 쌀의 이화학적 특성 및 밥의 조직감 분석

가. 쌀의 이화학적 특성

1) 쌀의 일반성분

산지별 품종별 수집된 '97년산 54점의 유통백미시료의 수분함량은 최고 17.11% (#39 전북김제백구)와 최저 13.69%(#42 전북강진도암)사이에 분포하였다(표 6-6). 조단백질함량은 최저 5.64%(#16)이었고 최고 7.27%(#39)로 일반적인 단립종의 단백질함량범위에 있었다. 조지방함량은 최저 0.31%, 최고 0.79%(#8)였으며, 회분함량은 최고 0.57%(#7), 최저 0.35%(#3)의 범위에 있었다. 쌀의 경우 미강층이 남아있을수록 지방함량과 회분함량이 많아진다. 아밀로우스함량의 경우 최고 29.60%(#4) 최저 20.32%(#48)의 범위에 있어 54점 시료간 아밀로우스함량에 차이를 보여주었다.

2) 무기질(Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, P, Zn)함량

본실험에 사용된 54점 백미의 무기질(Na, Ca, Fe, P, K, Mg, Zn, Cu, Mn)함량분석결과 이들 무기질 성분 중 Na, Ca, Fe은 시료에 따라 함량에 커다란 차이를 보였다. Na의 경우 최고 9.01mg (#25), 최저 2.22mg(#21), 밥의 경도에 영향을 주는 무기질 성분으로 알려져 있는 Ca의 경우 최고 10.04mg(#34), 최저 3.38mg(#8)의 범위에 있었다. Fe의 경우 최고 2.920mg(#39), 최저 0.329mg(#44)로 시료에 따라 커다란 차이를 보였으며, P의 경우 최고 137mg(#11), 최저 84.6mg(#53)의 범위에 있었다. K의 경우 최고 364mg(#13), 최저 60.4mg(#22)의 범위에 있었으며, Mg의 경우 최고 39.7mg(#11), 최저 19.5mg(#53)의 범위에 있었다. Zn의 경우 최고 2.072mg(#49),

최저 1.386mg(#2), Cu는 최고 2.994mg(#44), 최저 2.386mg(#23), Mn은 최고 29.8mg(#44), 최저 24.7mg(#17)으로 비교적 좁은 범위에 분포하고 있었다.

나. 밥의 조직감분석

Texturometer의 2 bite compression에 의한 54점 밥시료의 hardness, adhesiveness, springiness 측정결과, 54점 밥시료는 hardness와 adhesiveness에 커다란 차이가 있었다. 밥의 hardness의 경우 최고 3,200g(#35), 최저 1892g(#11), adhesiveness의 경우 최고 626(#12), 최저 309(#1, #6)의 범위에 있었고 springiness는 최고 0.82(#20), 최저 0.69(#21)의 비교적 좁은 범위에 있었다. 본 실험에 사용된 밥시료의 cohesiveness는 최고 0.25(#12), 최저 0.20(#38)로 비교적 시료간에 적은 차이를 보인 반면, gumminess는 최고 707(#35), 최저 428(#16), chewiness는 최고 564(#35), 최저 326(#21)의 범위에 존재함으로써 시료간 차이를 보여주었다.

표 6-6. 산지별 쌀시료의 일반성분: 수분 단백질, 지방, 회분, 아밀로우스(1/2)

시 료		일반성분(%)				
		수 분	단 백 질	지 방	회 분	Amylose conc.(620nm)
경 기 도	1.여주여주	15.45	6.08	0.66	0.44	25.85 ^c
	2.여주능서	16.68	5.74	0.55	0.38	26.86 ^b
	3.평택팽성	15.98	6.33	0.55	0.35	27.07 ^b
	4.평택송탄	15.45	5.92	0.56	0.36	29.60 ^a
	5.화성삼괴	15.24	6.47	0.50	0.53	24.03 ^{efg}
	6.파주월릉	15.67	6.20	0.60	0.55	24.64 ^{def}
	7.이천이천	15.34	6.14	0.67	0.57	23.49 ^{ghijkl}
	8.안성원곡	14.66	6.63	0.79	0.54	25.60 ^{cd}
	9.김포화성	15.98	5.82	0.64	0.47	25.66 ^{cd}
	10.강화양도	14.81	6.25	0.64	0.43	25.41 ^{cd}
강 원 도	11.철원갈말	15.54	6.40	0.62	0.47	24.86 ^{de}
	12.철원김화	15.25	5.75	0.57	0.39	22.78 ^{hijklmnop}
	13.철원김화	15.39	6.63	0.58	0.45	23.19 ^{ghijklmn}
	14.철원동송	16.28	5.89	0.56	0.42	27.11 ^a
	15.철원철원	15.55	6.12	0.66	0.49	27.23 ^b
	16.양구대암	14.08	5.64	0.51	0.54	23.57 ^{ghij}
충 청 북 도	17.진천진천	15.80	6.00	0.57	0.51	21.16 ^{rs}
	18.음성음성	15.89	6.27	0.52	0.49	23.08 ^{ghijklmn}
	50.영동삼두	14.76	6.44	0.46	0.46	22.20 ^{mnopq}
충 청 남 도	19.논산벌곡	15.04	6.54	0.47	0.42	26.57 ^b
	20.부여세도	15.46	6.77	0.54	0.53	23.03 ^{ghijklmnn}
	21.부여규암	16.52	6.20	0.38	0.45	23.05 ^{ghijklmn}
	22.서천화양	15.71	6.48	0.33	0.43	21.77 ^{pqr}
	23.보령남포	14.13	6.87	0.45	0.56	22.43 ^{klmnopq}
	24.예산삼괴	14.40	6.20	0.48	0.46	23.66 ^{fghi}
	25.보령주포	14.22	6.96	0.36	0.45	23.74 ^{gh}
	26.태안원북	14.17	6.34	0.54	0.47	24.07 ^{efg}
	27.당진합덕	15.09	5.91	0.44	0.49	23.63 ^{fghi}
28.당진우강	15.25	6.43	0.46	0.49	23.58 ^{ghij}	

표 6-6. 산지별 쌀시료의 일반성분: 수분, 단백질, 지방, 회분, 아밀로우스(2/2)

일반성분 (%)		수 분	단 백 질	지 방	회 분	Amylose conc.(620nm)
시 료						
전라북도	29.남원남원	15.43	6.40	0.51	0.49	22.20 ^{ppqir}
	30.순창동계	16.08	6.42	0.38	0.39	22.40 ^{klmnopq}
	31.정읍이평	15.86	6.75	0.39	0.39	22.50 ^{klmno}
	32.고창해리	15.05	6.59	0.52	0.44	22.36 ^{klmnopq}
	33.부안백산	16.17	6.85	0.42	0.37	23.43 ^{ghijkl}
	34.부안계화	16.55	7.20	0.60	0.45	25.22 ^{cd}
	35.부안계화	15.49	6.51	0.52	0.46	21.77 ^{pqr}
	36.김제김계	15.47	6.41	0.38	0.36	22.29 ^{lmnopq}
	37.김제죽산	16.18	7.00	0.46	0.46	24.95 ^{cde}
	38.김제청하	16.57	6.92	0.32	0.40	25.52 ^{cd}
	39.김제백구	17.11	7.27	0.31	0.48	24.08 ^{efg}
40.익산용안	15.21	6.27	0.32	0.38	25.61 ^{cd}	
전라남도	41.곡성곡성	14.34	6.38	0.54	0.53	24.83 ^{cde}
	42.강진도암	13.69	6.66	0.35	0.40	24.77 ^{cde}
	43.해남화산	16.74	6.31	0.47	0.48	21.57 ^{qr}
	44.해남북일	15.88	6.36	0.49	0.40	23.25 ^{ghijklmn}
	45.무안해제	14.04	6.89	0.62	0.42	23.14 ^{ghijklmn}
	46.나주동강	15.24	6.95	0.44	0.43	22.85 ^{hijklmnop}
	47.장성진원	15.57	6.58	0.42	0.43	23.73 ^{fgh}
	48.신안지도	15.74	7.12	0.48	0.38	20.32 ^f
	49.해남옥천	15.46	6.30	0.39	0.44	20.74 st
경상북도	51.상주합창	15.12	6.13	0.46	0.43	22.50 ^{ijklmnopq}
	52.의성급성	15.06	6.49	0.59	0.41	21.89 ^{ppqr}
	53.영덕(키토산)	16.37	6.35	0.36	0.40	22.96 ^{ghijklmno}
	54.예천용궁	14.95	6.09	0.45	0.37	23.05 ^{ghijklmn}

2. 쌀 및 밥의 화상분석 및 근적외선 분광분석특성

가. 쌀시료의 화상특성

'97년산 54점 시료의 전반적인 화상 특성(면적, 장단축비, 장축길이, 단축길이, 둘레길이)결과, 윗면 쌀알 화상의 면적이 최고 13.46mm² (#11 강원철원갈말)였으며, 최저 11.05mm²(#8 경기안성원곡)이었다. 장단축비의 경우 최고 1.74(#11 강원철원갈말), 최저 1.63(#22 충남서천화양), 장축길이의 경우 최고 5.51mm(#11 강원철원갈말), 최저 4.96mm(#23 충남보령남포), 단축길이의 경우 최고 3.04mm(#11 강원철원갈말, #14 강원철원동송, #15 강원철원철원, #22 충남서천화양), 최저 2.81mm(#8 경기안성원곡)의 범위에 있었다. 둘레길이의 경우 최고 14.46mm(#11 강원철원갈말), 최저 13.21mm(#23 충남보령남포)의 범위에 있었다. 전반적으로 경기안성원곡 및 충남 보령남포쌀은 쌀알이 적은 시료였으며, 강원철원갈말, 강원철원동송, 강원철원철원, 충남서천화양의 쌀 시료는 쌀알이 큰 것으로 나타났다.

나. 근적외선분광분석특성

식미값(전반적인 품질)이 높은 쌀 50점과 식미값이 낮은 쌀의 근적외선 분광 평균 원 spectrum은 그림 6-1에 있으며, 이들 스펙트럼의 차이는 그림 6-2에 있다. 이들 스펙트럼을 1차 미분한 후 두 평균스펙트럼의 차이는 그림 6-3에 있으며, 2차 미분한 후 차이는 그림 6-4에 있다. 이 결과 식미값이 낮은 쌀과 높은 쌀의 차이는 원 스펙트럼 보다 1차 혹은 2차 미분하였을 때 모든 파장대역에서 안정적인 차이를 보여주었다. 이 결과를 토대로 본 연구에서의 식미판정 system은 원 스펙트럼보다는 1차 혹은 2차 미분을 사용하고, 일정대역의 스펙트럼보다는 전 파장의 스펙트럼을 사용하였다.

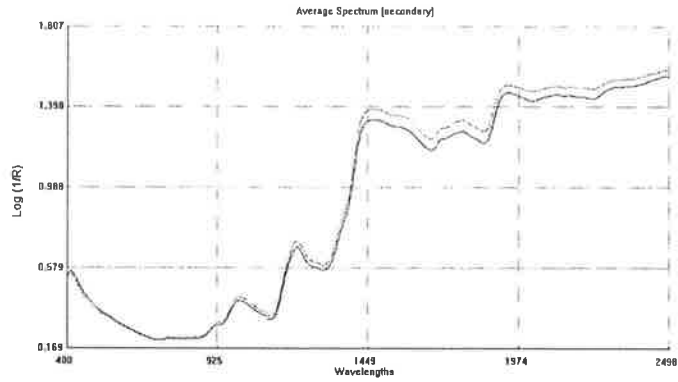


그림 6-1. 전반적인 품질이 높은 쌀(위)과 낮은 쌀(아래)
각 50점씩의 평균 spectrum

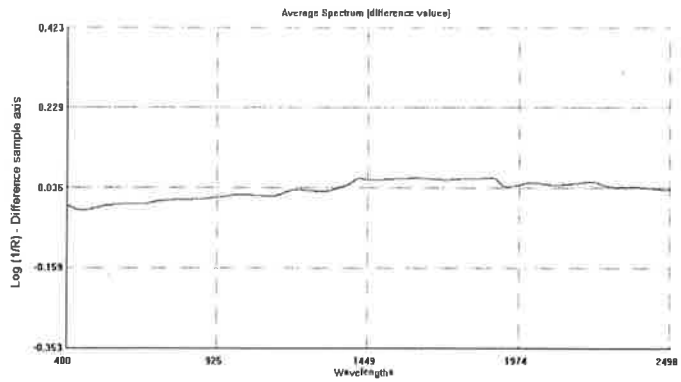


그림 6-2. 전반적인 품질이 높은쌀과 낮은쌀
각 50점씩의 평균 spectrum의 차이

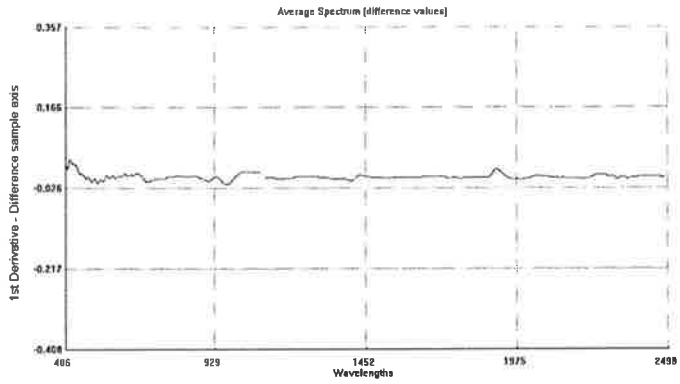


그림 6-3. 전반적인 품질이 높은쌀과 낮은쌀의 평균 1차 미분 spectrum의 차이

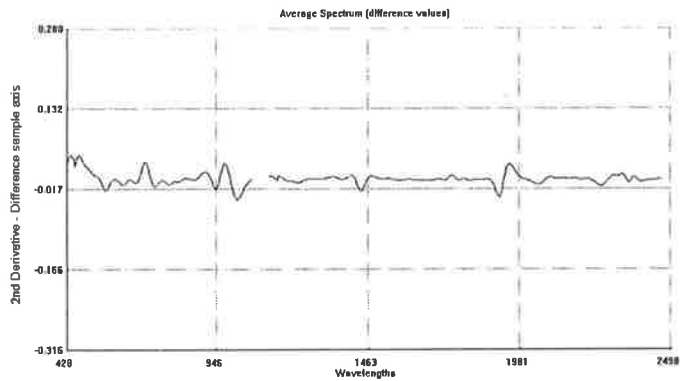


그림 6-4. 전반적인 품질이 높은쌀과 낮은쌀의 평균 2차 미분 spectrum의 차이

3. 쌀밥의 관능적 품질 분석

'97년산 54점 밥시료의 외관, 냄새, 맛, 조직감 및 전반적인 품질분석 결과 외관의 품질이 가장 높았던 시료는 #49였으며, 가장 외관의 품질이 낮았던 시료는 #41로서 그 점수는 7.46 ~ 4.83의 범위에 있었다. 냄새의 품질이 가장 높았던 시료는 #53으로 7.04의 점수를 얻었으며, 냄새의 품질이 가장 낮았던 시료는 #46으로서 5.42의 점수를 얻었다. 맛의 품질은 최고 6.90(#40) 최저 5.23(#25), 조직감의 품질은 최고 6.83(#49), 최저 4.57(#35)의 범위에 있었으며, 전반적인 품질이 가장 높았던 시료는 #40으로 7.14점이었고 최저는 4.57점으로 #35이었다.

4. 쌀밥의 보수막특성 분석

가. 취반과정과 보수막 형성

1) 밥물의 건조특성과 고형분 함량

밥물의 건조특성과 고형분 함량을 측정하기 위한 건조실험 결과 5시간 건조 후 거의 수분이 제거되었다. 쌀 100g 취반 중 채취한 전체 시료 중의 수용성 전분 양은 16분 이후 취반 말기에는 밥물 중 수용성전분함량을 일정량 유지하고 있었다.

2) 쌀의 함량과 밥물 중 수용성 전분량과의 관계

취반 과정 중 쌀의 양에 따라서도 수용성 전분의 양의 변화를 측정한 결과(그림 6-5) 쌀의 첨가량에 따라 밥물 중 전분의 양은 비례적으로 증가하였으나 100g 이상이 되면 그 증가폭이 완만하였다.

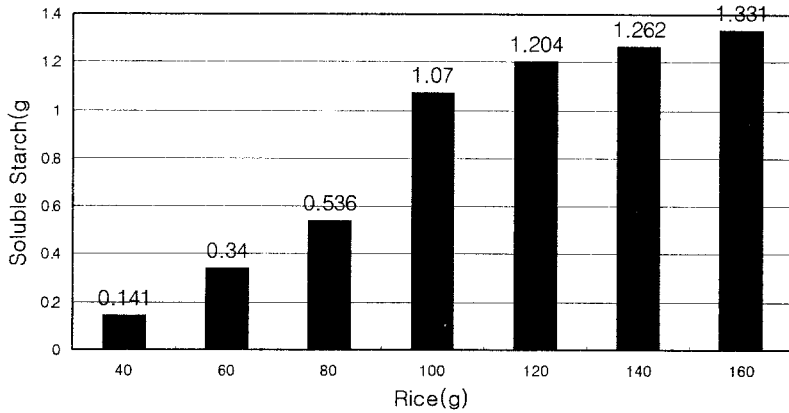


그림 6-5. 쌀 양에 따른 밥물에서의 수용성 전분의 양

나. 밥물의 유변 특성

100g의 쌀(전북동진, 98년)과 물 120ml을 비이커(Pyrex)에 넣고 Hot plate로 가열하여 취반 도중 각각의 시간별로 채취한 밥물의 점도를 측정한 결과(그림 6-6) 취반시간이 길어질수록 밥물의 점도가 높아지는 것은 취반 과정 중 연속적으로 밥물에 수용성 건물이 용해되어 나온다고 판단되어지며, 이들의 점도특성은 뉴우톤 유체에 가까운 거동을 보였다.

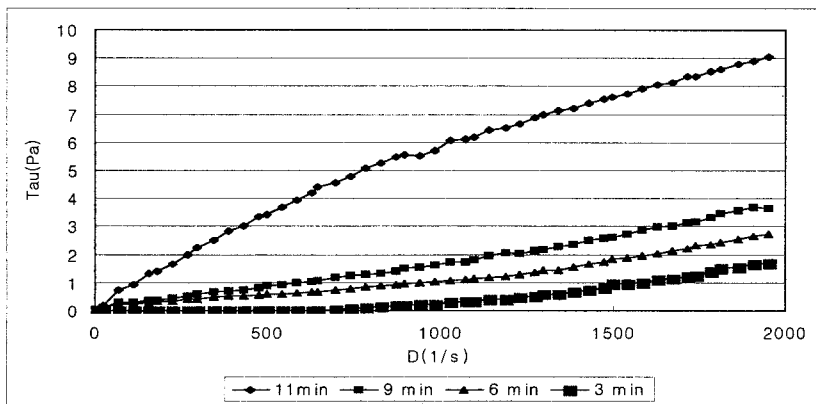


그림 6-6. 취반시간별 밥물의 점도특성

밥물 중의 수용성 탄수화물이 취반 되어지면서 점점 농축되어 밥알의 표면에 보수막을 형성에 유리한 유체특성을 보였다. 취반시간에 지남에 따라서 밥물에 수용성 탄수화물의 양이 증가하여 밥물의 농도가 높아지는 것을 측정하기 위하여 Rheologic system을 사용하여 밥물의 물성을 측정한 결과 (그림 6-7) 취반시간이 긴 11min 시료의 Storage modulus(G')는 가열되는 기간동안 58℃에서 갑자기 증가하는 것을 볼 수 있었다. G'과 G''(loss modulus)의 비 값인 $\tan \delta$ 는 64℃에서 0.6이하의 값을 나타냈으며, 위의 결과는 취반시간에 길어지면서 밥물에 점차적으로 수용성 탄수화물의 양이 증가한다는 것을 보여주었다.

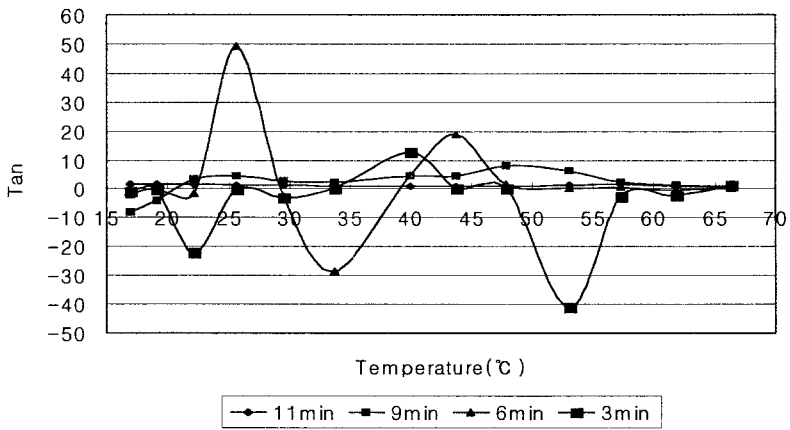


그림 6-7. 가열 중 밥물의 유체특성

제 4 절 관능검사를 위한 특성별 표준물질의 확립

1. 쌀밥의 특성별 표준물질의 확립

패널훈련 중 확립된 쌀밥의 정량적 묘사분석 및 패널훈련을 위한 특성의 정의 및 평가방법은 표 6-7에 있으며, 각 특성별 표준물질은 표 6-8에 있다.

2. 도정도별 밥의 묘사분석

정백도(8.0~14.0%)가 다른 쌀밥에 대해 23가지 관능적 특성을 평가한 결과(표 6-9) 정백도를 달리한 시료들간에 금속성 향미와 입안에 남는 정도를 제외한 모든 특성들에 있어 유의적 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 관능적 특성 중 색에 있어서 정백도에 따라 시료간의 차이가 매우 크게 나타났는데, 정백도가 증가할수록 쌀밥의 색깔이 연해지는 것을 알 수 있다. 윤기와 부푼 정도는 정백도가 증가할수록 높은 값을 나타내었으며, 정백도가 12.5%인 경우에 가장 높은 값을 나타냈으나 11% 이상 도정한 시료들 간에는 유의적인 차이가 없었다. 정백도에 따른 쌀밥의 향미 특성 차이를 살펴보면, 삶은 계란 흰자 향미는 8% 도정한 경우에 가장 낮은 값을 나타냈고 12.5% 도정시에 가장 높은 값을 나타냈다. 구수한 향미, 생쌀의 향미, 젖은 마분지 향미와 벗짚 향미는 정백도가 가장 낮았을 때 가장 높은 값을 나타냈고, 정백도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 텍스처 특성 중 멍치는 정도, 부착성, 덩어리 응집성과 이에 박히는 정도는 정백도가 증가할수록 높은 값을 나타냈고 경도는 낮은 값을 나타냈다. 걸끄러운 정도는 시료간에 유의적인 차이는 크지 않았지만 정백도가 가장 큰 시료가 가장 낮은 값을 나타냈고,

도정이 가장 덜 된 시료가 가장 높은 값을 나타냈다.

표 6-7. 쌀밥에 대한 묘사특성 용어의 정의 및 평가방법

외관(appearance)

- 색깔(color) : 밥 색깔의 강한 정도
- 윤기(glossiness) : 밥알 표면의 반짝거리는 정도
- 밥알의 온전도(intactness of grains) : 밥알이 원래의 형태를 유지하고 있는 정도
- 부푼 정도(plumpness) : 밥알이 부푼 정도

향미(flavor)

- 삶은 계란 흰자 향미(boiled egg white) : 삶은 계란의 흰자에서 나는 황과 관련된 냄새
- 구수한 향미(puffed corn) : 강냉이에서 나는 구수한 향미
- 우유향미(dairy) : 살균된 우유에서 나는 냄새
- 생쌀의 향미(raw rice) : 생쌀에서 나는 날곡식과 관련된 냄새
- 젖은 마분지 향미(wet cardboard) : 약간 산패된 지방 및 젖은 마분지에서 나는 냄새
- 벼짚 향미(hay-like) : 마른 벼짚에서 나는 케케묵은 냄새
- 금속성 향미(metallic) : 물과 관련된 무기질과 금속의 냄새
- 단맛(sweet taste) : 혀에서 느끼는 당의 맛, 어금니로 5회 이상 씹은 밥에서 느끼는 단맛의 정도
- 쓴맛(bitter taste) : 혀에서 느끼는 카페인, 퀴닌 등의 쓴 물질의 맛

텍스처(texture)

- 몽치는 정도(degree of agglomeration) : 젓가락으로 시료를 가볍게 흐트릴 때, 밥알간의 흠어지지 않고 서로 붙으려는 정도
- 부착성(adhesiveness) : 밥알이 입술에 달라붙는 정도
- 겉끄러운 정도(roughness) : 입안에 한 숟가락 정도의 밥을 넣고, 밥알을 혀로 1~2회 굴릴 때 느껴지는 촉감

- < 단계 1 > 입 안에 한 숟가락 정도의 밥을 넣고 어금니로 두 번 씹는다.
 - 경도(hardness) : 어금니로 밥알을 씹었을 때 드는 힘
 - 응집성(cohesiveness) : 어금니로 밥알을 천천히 씹을 때 밥알이 변형되는 정도
 - 내부 촉촉함(inner moisture) : 밥알을 씹은 후, 밥알 내부에서 나온 수분의 양
- < 단계 2 > 입 안에 한 숟가락 정도의 밥을 넣고 어금니로 세 번 이상 씹는다.
 - 덩어리 응집성(cohesiveness of mass) : 밥알을 씹었을 때 밥알끼리 몽치는 정도
 - 씹힘성(chewiness) : 밥을 삼킬 수 있을 정도로 분쇄하는 데 요구되는 씹음수
- < 단계 3 > 입 안에 한 숟가락 정도의 밥을 넣고 어금니로 세 번 이상 씹은 후 삼킨다.
 - 이에 박히는 정도(toothpacking) : 어금니의 안에 밥이 달라붙는 정도
 - 입안에 남는 정도(residuals) : 밥을 삼킨 후 입안에 남아있는 입자의 정도

표 6-8. 쌀밥의 관능적 특성에 대한 표준물질

관능적 특성	표준물질	
	약	강
외관(appearance)		
색깔(color)	백지(white paper)	현미밥(가수량 1.7배)
윤기(glossiness)	생쌀(raw rice)	참쌀밥(가수량 1.1배)
향미(flavor)		
삶은 계란 흰자 향미		삶은 계란 흰자
구수한 향미		강냉이
우유 향미		멸균 우유
생쌀의 향미		생쌀
젖은 마분지 향미		젖은 마분지
벗짚 향미		벗짚
금속성 향미		스테인레스 수저
단맛		2.0% 설탕 용액
쓴맛		0.05% 카페인 용액
텍스처(texture)		
뭉치는 정도	현미밥(가수량 1.7배)	참쌀밥(가수량 1.1배)
부착성	현미밥	참쌀밥
결끄러운 정도	스틱 치즈	현미밥
경도	두부	소세지
응집성	삶은 계란 흰자	참쌀밥
내부 촉촉함	식빵	두부
덩어리 응집성	어묵	참쌀밥
씹힘성	햄	후랑크푸르트 소세지
이에 박히는 정도	도토리묵	식빵
입안에 남는 정도	도토리묵	식빵

표 6-9. 도정도별 쌀밥의 묘사분석 결과

Attributes	Degree of milling (%)				
	8%	9.5%	11%	12.5%	14%
Appearance					
color	11.34 ^a	8.91 ^b	7.31 ^c	5.71 ^d	4.43 ^e
glossiness	5.32 ^c	7.83 ^b	9.18 ^a	9.93 ^a	9.58 ^a
intactness of grains	10.84 ^a	9.51 ^b	8.05 ^c	6.95 ^d	5.39 ^e
plumpness	5.62 ^c	6.92 ^b	8.46 ^a	9.46 ^a	9.22 ^a
Flavor					
boiled egg white	5.28 ^c	6.83 ^{ab}	6.64 ^b	7.99 ^a	7.46 ^{ab}
puffed corn	10.02 ^a	8.06 ^b	7.44 ^b	5.42 ^c	4.66 ^c
dairy	5.09 ^b	7.04 ^a	6.70 ^a	7.61 ^a	7.16 ^a
raw rice	9.48 ^a	7.73 ^b	7.13 ^b	5.68 ^c	5.07 ^c
wet cardboard	10.19 ^a	8.22 ^b	7.33 ^c	5.39 ^d	4.56 ^d
hay-like	10.49 ^a	8.43 ^b	7.43 ^c	5.61 ^d	5.18 ^d
metallic	7.32 ^a	7.25 ^a	6.79 ^a	6.68 ^a	6.60 ^a
sweet taste	4.66 ^d	6.06 ^c	7.14 ^b	8.63 ^a	9.29 ^a
bitter taste	8.81 ^a	7.55 ^{ab}	7.12 ^{bc}	5.73 ^c	6.31 ^{bc}
Texture					
degree of agglomeration	4.49 ^c	6.77 ^b	7.62 ^b	9.75 ^a	10.23 ^a
adhesiveness	5.03 ^c	7.15 ^b	7.44 ^b	9.38 ^a	9.85 ^a
roughness	8.27 ^a	7.20 ^{ab}	7.02 ^{ab}	7.80 ^{ab}	6.72 ^b
<stage 1>					
hardness	10.46 ^a	8.41 ^b	7.50 ^c	4.96 ^d	3.94 ^e
cohesiveness	5.24 ^d	7.50 ^{bc}	7.33 ^c	9.09 ^a	8.73 ^{ab}
inner moisture	4.76 ^c	6.99 ^b	7.11 ^b	9.74 ^a	9.66 ^a
<stage 2>					
cohesiveness of mass	4.86 ^d	6.70 ^c	7.96 ^b	9.88 ^a	10.27 ^a
chewiness(number of	18.18 ^a	15.90 ^b	15.75 ^b	13.93 ^c	14.40 ^{bc}
chews)					
<stage 3>					
toothpacking	5.36 ^c	7.42 ^b	7.88 ^{ab}	8.87 ^a	8.91 ^a
residuals	7.54 ^a	7.39 ^a	7.61 ^a	7.15 ^a	7.12 ^a

Means of four replicates: Means with the same letter in the same row are not significantly different (Tukey test, $p < 0.05$).

제 5 절 식미판정기 개발을 위한 식미영향인자의 확립

1. 관능적 품질특성과 이화학적 특성, 조직감 및 보수막 특성과의 상관분석

가. 관능적 특성과 이화학적 특성

1) 복백립과 정상립의 비교

침지시간에 따른 쌀알의 무게변화 및 수분흡수율 변화(그림 6-8)에서 복백립은 정상립에 비해 침지시간에 따라 더 많은 수분을 흡수하였다. 전자현미경에 의한 정상립과 복백립의 단면(그림 6-9) 관찰결과, 정상립의 단면은 복백립의 단면에 비해 조밀하였다. USDA rice inspection guide의 쌀의 규격에서는 복백립%에 따라 등급이 달라지는데, 등급이 달라지는 복백립%의 밥의 관능적 특성에의 영향은 표 6-10에 있다. 국내쌀의 미국쌀 규격에 의한 등급결정요인으로 복백립과 쉼으로 발표되었으나, 이들 복백립의 밥맛에 대한 영향은 아직 밝혀진바 없다. 본 실험결과, USDA 5등급인 복백립 10%까지는 거의 차이가 없음을 보여주고 있다.

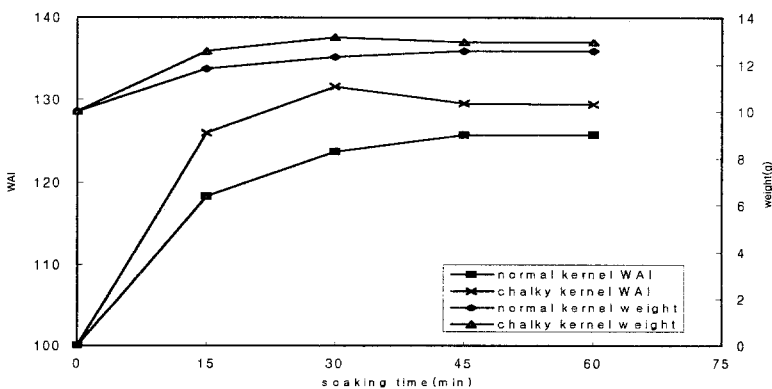
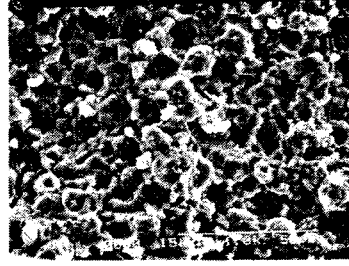
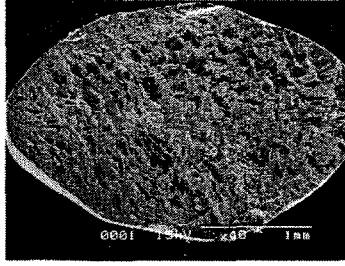
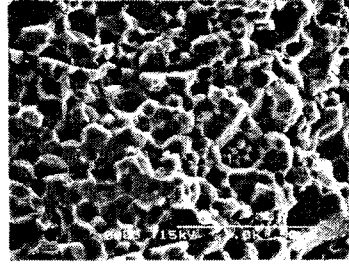
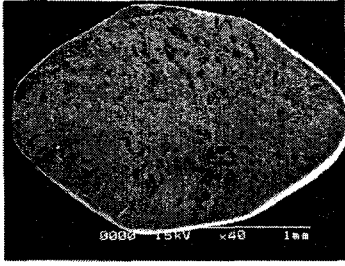


그림 6-8. 침지시간에 따른 복백립과 정상립의 무게 및 수분흡수(WAI)변화



(1)

(2)

그림 6-9. 정상립(위)과 복백립(아래)의 단면(1)과 내부구조(2)

나. 밥의 관능적 품질특성과 쌀의 이화학적 특성 및 밥 조 직감과 의 상관관계

쌀의 이화학적 특성과 밥의 관능적 품질특성과의 상관계수(표 6-11)를 살펴 보면 일반성분 중에서 단백질함량이 비교적 식미에 영향이 크고 쌀알의 물리적 특성 중에서 쌀의 백도와 b값, 그리고 기기적 방법에 의한 밥 조직감특성 중 밥의 경도가 식미가 커다란 영향을 줄 수 있는 인자로 나타났다.

표 6-10. 복백립 함량(%)에 따른 밥의 관능적 품질에의 영향

관능적 특성		완전립:복백립 (%)					
		100:0	96:4	94:6	92:8	90:10	85:15
외관	윤기 정도	7.25	7.16	7.18	6.84	7.19	6.54
	색의 강도	3.33	3.35	3.54	3.25	3.47	3.55
향	밥 이외의 냄새 강도	2.59	2.94	3.03	2.81	2.61	3.13
맛	밥 특유의 맛 강도	6.60	6.72	6.57	6.32	6.25	6.20
조식감	경도	5.15	5.25	4.80	5.17	5.05	5.08
	탄력성	6.22	5.58	5.67	5.68	5.79	5.85
	날알의 응집성	5.99	5.81	5.88	5.70	5.89	5.99
	부착성	6.20	6.24	6.30	5.91	6.33	6.04
품질	외관**	7.33 ^a	7.03 ^a	7.04 ^a	6.71 ^a	6.95 ^a	6.25 ^b
	냄새	7.29	7.08	6.93	7.00	7.29	6.74
	맛	6.85	6.90	6.80	6.47	6.73	6.41
	조식감*	6.77 ^a	6.73 ^a	6.45 ^{ab}	6.14 ^b	6.56 ^{ab}	6.09 ^b
	전반적*	6.84 ^a	6.76 ^{ab}	6.56 ^{ab}	6.25 ^{ab}	6.54 ^{ab}	6.08 ^b

*, ** 각각 p=0.05, 0.01 수준에서 유의적인 차이가 있음.

표 6-11. 쌀의 이화학적 특성과 관능적 품질간의 상관계수(r)

	외관의 품질	냄새의 품질	맛의 품질	조직감의 품질	전반적인 품질
수 분(쌀)	0.108	0.116	-0.014	-0.122	-0.036
지 방	-0.125	0.116	0.085	0.010	-0.004
단백질	-0.308*	-0.300*	-0.357**	-0.398**	-0.395**
회 분	-0.252	0.0002	-0.016	-0.097	-0.099
백 도	0.505***	0.292*	0.383**	0.428*	0.474***
L	-0.149	-0.184	-0.206	-0.212	-0.207
a	0.142	-0.097	-0.122	-0.017	-0.017
b	-0.787***	-0.511***	-0.605***	-0.660***	-0.717***
Hardness	-0.482***	-0.391**	-0.444***	-0.475***	-0.522***
Adhesiveness	0.013	0.045	0.011	0.059	0.029
Sringiness	0.061	0.359**	0.080	0.033	0.068
Cohesiveness	0.269*	0.264	0.294*	0.173	0.269*
Gumminess	-0.195	-0.135	-0.158	-0.321*	-0.274*
Chewiness	-0.202	-0.095	-0.125	-0.283*	-0.248
수 분(밥)	0.169	0.164	0.256	0.339	0.280*

다. 보수막과 조직감, 식미와의 관계

보수막이 존재하는 일반 밥에 비하여 보수막이 없는 밥은 밥알의 부착도가 낮아서 쫄쫄한 느낌이 사라지며 또 밥의 윤기가 사라져 식미를 감소시킨다.

1) 밥물과 밥의 건조와의 관계

밥물이 밥알의 보수막 형성에 기여할 수 있다는 가정 하에 보수막의 존재 여부를 판별하기 위한 건조실험결과 밥물에 의하여 정상적으로 지어진 밥과 밥물을 제거하고 동일한 양의 온수로 대체하여 취반을 완료한 밥의 건조곡선을 비교하였을때 밥물이 제거된 밥의 건조속도가 높았다(그림 6-10).

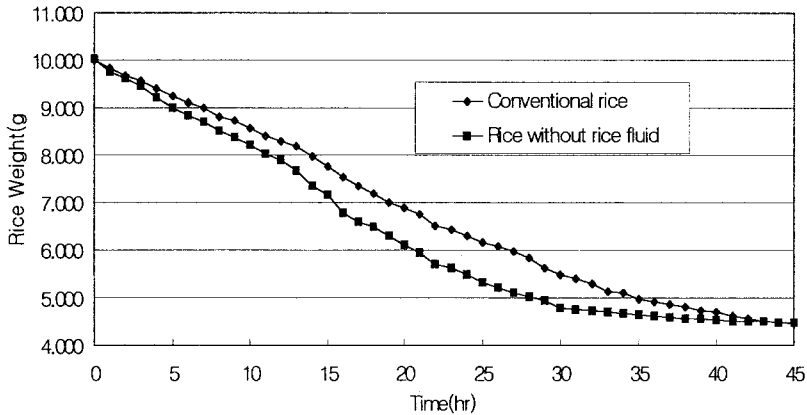


그림 6-10. 밥물의 유무에 따른 밥의 건조속도변화

2) 밥물 유무에 따른 건조상수의 차이

이상의 두 밥의 건조곡선으로부터 산출된 건조 속도상수(k)를 비교한 결과 정상적인 밥알의 건조상수 k 는 -0.1297 이고 밥물이 제거된 밥알의 건조상수 k 는 -0.0881 이었다. 즉 밥물을 제거한 밥의 수분 손실률이 정상적인 밥에 비해 약 1.47배 높았으며, 밥물의 역할이 밥의 수분함량을 보존하는 보수막으로 그 기능을 발휘하고 있음을 보여주었다. 이것은 보수막이 밥알의 표면을 Coating하여 수분의 발산을 억제하여 주기 때문으로 판단되며 보수막 형성의 k 값은 그림 6-11에 있다.

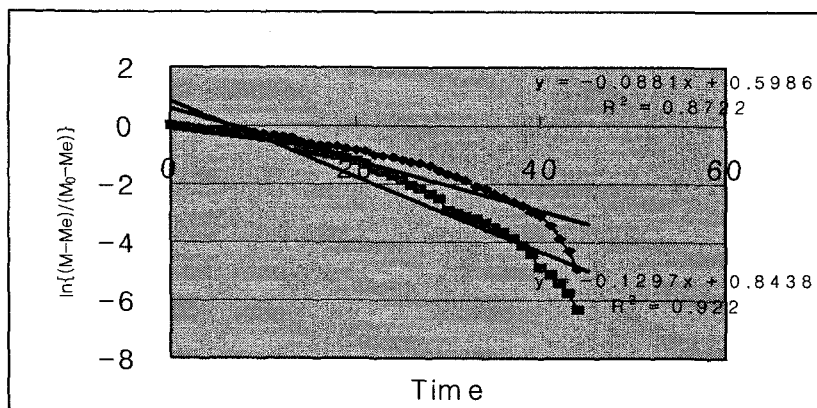


그림 6-11. 건조상수결정을 위한 그림

3) 취반 과정 중 밥의 용적과 밥물의 용적 변화

취반 과정 중 밥과 밥물의 양적 변화가 보수막 형성과 밀접한 관계가 있으므로 그 관계를 취반 시간에 따른 밥의 부피와 밥물의 양의 변화를 비교한 결과 밥의 부피가 안정화되는 시간과 밥물의 양이 안정화되는 시간에 차이가 있었으며, 그 시간은 2-3분이었다(그림 6-12). 이 시간은 보수막의 안정화에 소요되는 시간으로 해석된다. 이것은 coating된 밥알이 팽윤되는 현상이 지속되는 과정으로 밥의 뜸들이는 과정으로 볼 수 있었으며, 결과적으로 밥의 뜸들이기는 보수막을 안정화시켜 보습성을 높일 수 있는 것으로 추측할 수 있었다.

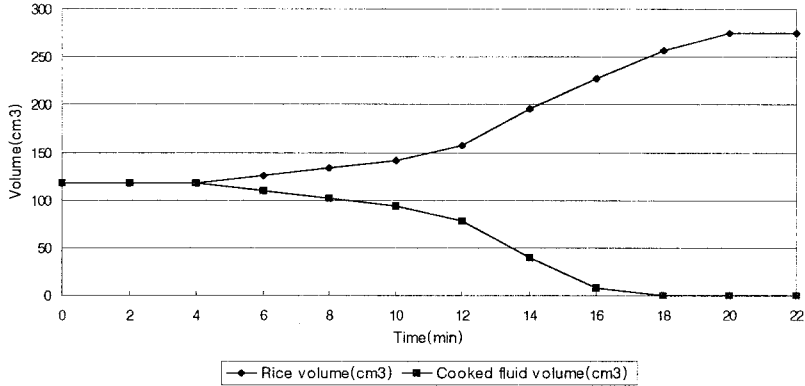


그림 6-12. 취반중 쌀의 부피와 밥물 부피의 변화

라. 조직감측정에 있어 관능검사와 기계적 측정결과의 상관분석

저장형태 및 저장기간을 달리한 쌀로 취반한 쌀밥의 관능적 특성과 texturometer로 측정된 텍스처 특성간의 상관관계를 분석한 결과(표 6-12), 경도에 있어서 관능검사 결과와 기계적 측정 결과가 높은 양의 상관관계를 보였다. 그러나 기계적으로 측정된 부착성, 응집성 및 껌성은 각각의 관능검사 결과치와 유의적인 상관관계를 나타내지 않았다. 특히, 부착성 및 응집성의 경우, 관능검사 결과에서는 시료들끼리 유의적 차이를 보였으나, texture analyzer 측정시에는 유의적 차이를 보이지 않았다.

표 6-12. 각 조직감 특성에 있어서 관능검사와 기계적 측정값간의 상관계수

Sensory evaluation	TPA				
	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess
Degree of agglomeration	-0.7355	0.8552**	-0.2142	-0.2563	-0.7593
Adhesiveness to lips	-0.3064	0.3868	-0.0393	-0.3228	-0.3977
Smoothness	-0.5249*	0.5986	-0.0701	-0.3403	-0.6532*
Hardness	0.8936***	-0.6360	0.2672	0.2715	0.7395
Cohesiveness	-0.6249	0.7175	-0.3232	-0.3104	-0.7007
Inner Moisture	-0.6488	0.6744	-0.2530	-0.3620	-0.7426
Chewiness	0.4816	-0.4498	0.1910	0.4436	0.6278

*, P<0.05; **, P<0.01; ***, P<0.001

2. 관능적 품질특성과 화상분석, 근적외선분광분석특성과의 상관관계

가. 화상특성과 관능적 품질과의 관계

정상립과 복백립의 화상특성은 표 6-13에 있다. 정상립에 비해 복백립은 외형적으로 윗면화상의 면적, 장단축비, 장축길이, 단축길이, 둘레길이, 원형도에서 차이가 있었다. 복백립은 정상립에 비해 면적, 장축길이, 장축길이, 둘레길이가 길었다. 산지별 품종 유통백미 54점의 화상특성과 밥의 관능적 품질특성과의 상관분석결과(표 6-14), 쌀알의 화상특성과 밥의 관능적 특성과는 상관이 매우 낮았다. 즉, 쌀알의 외형적 특성은 밥맛과 관계가 적음을 나타내고 있다.

표 6-13. 복백립과 정상립의 화상특성

	Chalky kernel	Normal kernel
Area(mm ²)***	10.2	12.1
Aspect***	1.83	1.79
Maximum diameter(mm)***	4.75	5.16
Minimum diameter(mm)***	2.48	2.73
Perimeter(mm)***	12.3	13.4
Roundness*	1.18	1.18

*, *** significantly differ at p=0.05 and 0.001 respectively.

표 6-14. 쌀의 이화학적 특성과 관능적 품질간의 상관계수(r)

		외관의 품질	냄새의 품질	맛의 품질	조직감의 품질	전반적인 품질
윗	면 적	0.278*	0.061	0.115	0.113	0.156
	장단축비	0.184	0.324*	0.247	0.118	0.174
	장축길이	0.335*	0.155	0.183	0.153	0.219
	단축길이	0.252	-0.038	0.072	0.101	0.133
	둘레길이	0.376**	0.263	0.288*	0.160	0.278*
면	원형도	0.096	0.255	0.208	0.054	0.139
	적색도	-0.208	-0.227	-0.205	-0.069	-0.181
	녹색도	-0.168	-0.174	-0.174	-0.036	-0.145
	청색도	-0.067	-0.176	-0.156	-0.006	-0.090

나. 밥의 관능적 품질과 근적외선 분광분석특성과의 상관분석

'97년산 54점 쌀시료의 근적외선분광스펙트럼과 전반적인 품질과의 회귀 분석관계는 다음(6-15)와 같다. 전반적인 관능적 품질을 예측하기 위한 근적외분광spectrum을 이용한 분석 회귀분석 조건으로 Math treatment는 2, 2, 1, 1, 그리고 Scatter Corrected는 normal MSC를 선택하였을 때 R^2 값이 0.765인 회귀식을 얻을 수 있었다.

표 6-15. 근적외선 분광스펙트럼과 전반적인 품질과의 회귀분석관계

	Coefficient	Data point	Wavelength(X_n)	F
B(0)	18.495			
B(1)	-7592.649	208	818	16.82
B(2)	-1134.610	596	1594	18.98
B(3)	-1920.840	637	1676	32.21
B(4)	390.799	846	2094	35.61
B(5)	-484.516	885	2172	47.42
B(6)	-4702.071	464	1330	24.94

제 6 절 쌀의 재배년도에 따른 특성차이 검증

1. 동일 품종, 산지의 재배년도에 따른 관능적, 이화학적, 광학적특성과 조직감의 차이 비교

가. 재배년도 및 저장형태에 따른 쌀 및 쌀가루의 이화학적 특성

재배년도 및 저장형태에 따른 쌀의 일반성분은 표 6-16에 있으며, 저장형태에 따른 유의적인 차이는 없었지만, 저장기간이 증가할수록 수분함량이 감소한 반면, 단백질, 조지방, 조회분의 함량은 상대적으로 증가하는 경향을 보였다. 저장에 따른 6가지 쌀가루 시료의 물 결합능력을 비교한 결과(표 6-17) 저장기간이 증가함에 따라 물 결합능력이 감소하였고, 특히 저장 2년까지는 물 결합능력에 차이를 보이지 않다가 저장 3년째에 감소하였다. 재배년도 및 저장형태에 따른 쌀밥의 기계적 텍스처 측정결과 (표 6-18), 저장기간이 증가할수록 경도(hardness), 부서짐성(fracturability), 껌성(gumminess)이 유의적으로 증가하였으며, 부착성(adhesiveness)이 감소하는 경향을 보였다. 그리고 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness), 복원성(resilience)에 있어서는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 경도의 경우, 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나 저장 1년과 2년 사이에는 유의적 차이를 보이지 않다가 저장 3년째에 유의적으로 경도가 증가하였다.

표 6-16. 재배년도 및 저장형태에 따른 쌀의 일반성분¹⁾

Storage form	Storage period (year)	Moisture	Crude protein ²⁾	Crude lipid	Crude ash
Paddy rice	1	16.00 ^a	4.21 ^c	0.36 ^b	0.22 ^{ab}
	2	14.67 ^b	5.38 ^a	0.39 ^b	0.19 ^b
	3	14.47 ^{bc}	5.55 ^a	0.49 ^{ab}	0.36 ^a
Milled rice	1	15.90 ^a	4.78 ^b	0.45 ^{ab}	0.21 ^{ab}
	2	14.87 ^b	4.95 ^b	0.51 ^{ab}	0.28 ^{ab}
	3	13.97 ^c	5.60 ^a	0.61 ^a	0.26 ^{ab}

¹⁾ Average of duplication

²⁾ $N \times 5.95$

표 6-17. 쌀가루의 물 결합능력¹⁾

Storage form	Storage period (years)	Water binding capacity (%)	
		Paddy	Milled rice
Paddy rice	1	214.84 ^a	208.18 ^b
	2	218.48 ^a	208.61 ^b
	3	202.28 ^c	205.68 ^{bc}

¹⁾ Means of duplicates. means with the same letter are not significantly different ($p < 0.05$).

표 6-18. 재배년도 및 저장형태에 따른 기기적 측정에 의한
Texture profile¹⁾

Storage form	Storage period	Attributes						
		HD (g)	FR (g)	AD (gs)	SP	CO	GU (g)	RE
Paddy rice	1	1828.4 ^b	1828.4 ^b	-352.8 ^a	0.76 ^a	0.19 ^a	328.9 ^d	0.10 ^a
	2	1899.5 ^b	1899.5 ^b	-380.6 ^a	0.75 ^a	0.18 ^a	348.4 ^{cd}	0.10 ^a
	3	2187.6 ^a	2187.6 ^a	-443.9 ^b	0.77 ^a	0.20 ^a	423.5 ^a	0.09 ^a
Milled rice	1	2020.9 ^{ab}	2020.9 ^{ab}	-379.6 ^a	0.74 ^a	0.18 ^a	358.6 ^{bcd}	0.10 ^a
	2	2077.6 ^{ab}	2077.6 ^{ab}	-405.5 ^{ab}	0.76 ^a	0.19 ^a	396.1 ^{abc}	0.11 ^a
	3	2167.5 ^a	2167.5 ^a	-385.0 ^a	0.76 ^a	0.18 ^a	398.6 ^{ab}	0.10 ^a

¹⁾Means of 3 replicates. means with the same letter in the same column are not significantly different (Duncan's multiple range test, p<0.05).

HD, hardness; FR, fracturability; AD, adhesiveness; SP, springiness; CO, cohesiveness; GU, gumminess; RE, resilience

2. 표준물질과 전문패널을 이용한 품종 및 저장년도별 밥의 묘사분석

표준물질과 전문패널을 이용한 품종 및 저장년도별 밥의 묘사분석결과는 표 6-19에 있다. 쌀밥의 묘사분석 결과, 외관의 경우 저장기간이 증가할수록 밥알의 온전도가 증가하는 반면, 윤기, 투명도 및 부푼정도가 증가하였다. 향미 특성의 경우, 저장기간이 증가할수록 산패취, 쌀겨향미 및 젖은 마분지 향미가 증가하였고, 구수한 향미, 우유 향미, 삶은 계란 흰자 향미 및 단맛이 감소하였다. 또한 이러한 결과는 저장 형태와 상관없이 동일하였다. 텍스처 특성의 경우 저장기간이 증가함에 따라 경도와 씹힘성이 증가하였고, 입술 부착성, 매끄러운 정도, 응집성 및 내부 촉촉함이 감소하였다. 멍치는 정

도의 경우 시료들간에 유의적 차이를 보이지 않았다.

표 6-19. 재배년도별 저장형태에 따른 밥의 관능적 묘사특성¹⁾

Storage period (year)	Paddy			Milled rice		
	1	2	3	1	2	3
Appearance						
Color	5.59 ^b	3.85 ^c	10.15 ^a	4.60 ^{bc}	10.20 ^a	9.23 ^a
Glossiness	9.61 ^a	9.36 ^a	6.26 ^b	9.90 ^a	4.28 ^c	5.74 ^b
Transparency	8.72 ^a	9.44 ^a	6.41 ^b	8.37 ^a	4.80 ^c	6.43 ^b
Intactness of grains	6.83 ^{ab}	8.03 ^{ab}	8.71 ^a	7.53 ^{abc}	7.98 ^{ab}	8.00 ^{ab}
Plumpness	9.80 ^a	8.43 ^a	5.84 ^b	9.70 ^a	6.79 ^b	5.39 ^b
Flavor						
Puffed corn	10.46 ^a	8.38 ^b	4.29 ^d	9.94 ^a	7.05 ^c	4.74 ^d
Rancidity	3.77 ^d	4.89 ^c	10.04 ^a	4.03 ^{cd}	7.33 ^b	9.91 ^a
Dairy	9.11 ^a	8.23 ^{ab}	4.41 ^c	9.19 ^a	6.99 ^b	4.49 ^c
Boiled egg white	8.87 ^a	7.10 ^b	6.73 ^b	7.35 ^{ab}	6.88 ^b	6.53 ^b
Rice bran	4.38 ^c	5.23 ^c	9.69 ^a	4.26 ^c	6.82 ^b	9.64 ^a
Wet cardboard	4.26 ^c	5.42 ^c	10.02 ^a	4.85 ^c	7.50 ^b	9.51 ^a
Sweet taste	8.69 ^a	7.49 ^b	3.91 ^d	8.33 ^a	6.24 ^c	3.81 ^d
Texture						
Degree of agglomeration	9.19 ^a	8.07 ^{ab}	5.33 ^a	7.66 ^{bc}	6.02 ^{cd}	6.31 ^{cd}
Adhesiveness to lips	8.41 ^{ab}	8.08 ^{abc}	6.38 ^c	8.85 ^a	7.69 ^{abc}	7.03 ^{bc}
Smoothness	9.13 ^a	8.22 ^a	4.68 ^b	8.62 ^a	5.85 ^b	5.29 ^b
Hardness	5.02 ^{cd}	6.15 ^{bc}	9.66 ^a	4.61 ^d	7.31 ^b	8.92 ^a
Cohesiveness	8.72 ^a	7.91 ^{ab}	5.76 ^c	8.88 ^a	6.99 ^{bc}	6.43 ^{bc}
Inner moisture	9.01 ^a	8.19 ^a	5.05 ^b	9.19 ^a	6.30 ^b	5.53 ^b
Chewiness (number of chews)	18.25 ^{cd}	18.56 ^{bc}	20.92 ^a	16.83 ^d	19.94 ^{abc}	20.19 ^{ab}

¹⁾ Means of 4 replicates. means of the same letter in the same row are not significantly different (Tukey's studentized range test, p<0.05).

제 7 절 물성 측정법 개발

1. 물성에 영향을 주는 인자의 측정법 개발

밥의 물성에 영향을 주는 인자로서 밥알의 보수막을 들수있으며, 본 연구는 보수막측정 방법개발을 중심으로 수행하였다. 밥알의 보수막 측정 방법은 보수막 형성밥물의 양으로부터 쌀알의 모양을 완전한 타원체라고 가정 하에 밥알 표면적을 산출하여 구하였다.

가. 타원체 밥알의 표면적

1) 밥알의 장축과 단축의 길이

쌀 100g에 물 120ml를 넣고 30분간 침지한 후 Hot plate에서 16분간 가열 하여 취사가 끝난 후 100개의 밥알을 무작위로 선택하여 장축과 단축의 길이를 구하여 평균 장축의 길이 a 와 단축의 길이 b 를 구하였다.

2) 타원체의 표면적

타원체의 표면적은 다음과 같은 식(6-1)에 의하여 산출하였다.

$$y = \frac{4\pi b}{a^2} \int_0^a \sqrt{a^4 + (b^2 - a^2)x^2} \dots\dots\dots (6-1)$$

위 식에서 y 는 타원체의 단축, x 는 타원체의 장축, a 는 장축의 값, b 는 단축의 값을 나타낸다. 이 식은 MATLAB(The MathWorks, Inc. Version5.1)을 이용하여 적분값을 구하였으며, 사용 방법은 다음과 같다.

- » s1=' f(x)';
- » int(s1, 0, a)

s_1 은 식의 정의, $f(x)$ 는 구하고자 하는 식, int 는 적분을 수행하는 함수이고 인자로서 위에서 정의된 s_1 과 구분적분의 범위인 $(0, a)$ 를 넣어주어 적분값인 타원의 표면적의 넓이를 구하였다.

3) 밥알의 표면적

식(6-2)를 이용하여 밥알의 표면적을 구하였다.

나. 보수막 형성실험의 밥물 양 산출

1) 보수막 형성 시점 결정

시간에 따른 밥물의 양을 구하였을때 16분에 만곡점이 나타났으며, 밥물의 양도 변화가 없어지는 16분에서 보수막을 형성하는 밥물의 양을 구하는 보수막 형성 시점으로 하였다.

2) 보수막 형성에 사용된 밥물의 양 측정

보수막 형성 실험에 해당되는 밥물의 양(V_{RD})은 7.85ml이었다. 보수막을 형성하는 밥물의 양을 산출하기 위해서 보수막의 수분함량과 밥알의 수분함량이 같다고 가정한 후 밥알의 수분함량을 구하여 보수막 형성에 쓰인 밥물의 양을 산출하였다.

3) 최종 밥 수분함량과 보수막 형성 시점(16분)의 밥물 수분함량

일정한 양의 밥을 건조기에서 건조하여, 건물량과 증발된 수분의 양을 구하여 밥알의 수분함량을 구하였으며, 이때 밥알의 수분함량을 H_R 라고 하였다. 따라서 보수막의 수분함량도 H_R 과 같다. 밥물의 건조를 통하여 16분에 채취한 밥물의 수분함량을 H_{RF} 라고 하였다.

$$H_R = \frac{W_R - W_{RF}}{W_R} \times 100 \dots\dots\dots (6-2)$$

여기서, W_R : 시료의 양

W_{RF} : 건물량

4) 보수막 형성에 관여한 밥물의 양

쌀밥의 수분함량과 보수막의 수분함량이 같다는 것을 이용하여 16분에 채취한 밥물 중 얼마가 보수막 형성에 관여하였는지 구하였다. 보수막의 수분함량이 H_R 이고 16분에서의 밥물의 건물량과 보수막의 건물량이 같으므로 이것을 이용하여 보수막에 있는 수분의 양을 구하였다.

$$W_{MF} = \frac{W_{DF} \times H_R}{1 - H_R} \dots\dots\dots (6-3)$$

여기서, W_{MF} : 보수막 수분량

W_{DF} : 보수막 건물량

16분에 채취한 밥물에서 보수막의 수분의 양을 빼면 손실된 수분의 양이며, 이때 손실된 수분의 밀도는 1이므로 손실된 수분의 양(g)은 곧 손실된 수분의 양(ml)이 된다. 결과적으로 건조에 쓰인 일정량의 밥물의 손실된 수분의 양을 16분에 얻은 전체 밥물에서의 손실된 수분의 양으로 환산하면 보수막에 쓰인 밥물의 양을 구할 수 있었다.

다. 보수막의 두께 결정

1) 밥알의 총 표면적 계산

100g의 쌀로 한 밥알의 총 표면적을 다음 식 (6-4)에 의해 구하였다.

$$A_T = A_G \times N \quad \dots\dots\dots (6-4)$$

여기서, A_T : 총 밥알의 면적,

A_G : 밥 낱알의 표면적,

N : 총 낱알 수

2) 보수막의 두께 계산

보수막의 두께 (δ)는 다음 식 (6-5)에 의해 구하였다.

$$\delta = \frac{V_T}{A_T} \quad \dots\dots\dots (6-5)$$

여기서, V_T : 보수막 형성에 쓰인 밥물의 양,

A_T : 밥알의 총 표면적

라. 밥알의 보수막의 측정

1) 쌀 100g으로 한 밥알 전체의 표면적

가) 밥알의 장축과 단축의 길이

쌀알 100개를 무작위로 선택하여 장축, 단축의 길이를 측정하여 평균을 구하였다.

장축의 평균길이 $a = \underline{0.7058} \text{ cm}$, 단축의 평균길이 $b = \underline{0.3169} \text{ cm}$

나) 타원체의 표면적

이것을 식(1)을 통하여 쌀알 하나의 표면적을 구하였다. MATLAB (The MathWorks, Inc. Version 5.1)을 이용하여 풀어준 결과는 다음과 같으며 결과적으로 밥알 하나의 표면적은 0.5925 cm^2 이었다.

$$s1 = '4 * \pi * 0.1585 / 0.3529^2 * \sqrt{(0.3529^4 + (0.1585^2 - 0.3529^2)^2)}$$
$$\gg \int (s1, 0, 0.3529) ans = 0.59250373904433662680899866782676$$

2) 보수막 형성에 관여한 밥물의 양 산출

가) 최종 밥의 수분함량

실험에서 10.037g의 밥알을 건조하였을때 4.49g에서 함량에 도달하였으며, 최종 밥알의 수분함량은 다음과 같았으며, 보수막의 수분함량은 55.2655%이었다.

$$\frac{10.037 - 4.49}{10.037} \times 100 = 55.2655\%$$

나) 보수막 형성시점(16분)에서의 밥물의 수분함량

취반 도중 16분에 채취한 밥물 5ml(5.434g)를 건조한 최종 건물량은 0.664g이며, 16분에서의 밥물의 수분함량은 아래에 있다.

$$\frac{5.434 - 0.664}{5.434} \times 100 = \underline{\underline{87.78\%}}$$

다) 보수막 형성에 관여한 밥물의 양

보수막의 수분함량이 55.2655%이고 보수막의 건물양(=밥물의 건물양)이 0.664g이므로 이것을 이용하여 보수막의 수분의 양을 구하였다,

$$\text{보수막의수분의양} = \frac{0.664 \times 0.552655}{1 - 0.552655} = 0.82031$$

16분에 채취한 5ml의 수분의 양이 4.77g(=5.434g-0.664g)이므로 보수막 형성에 쓰이지 않은 수분의 양은 3.95g(=4.77g-0.82g)이었으며, 결과적으로 5ml의 밥물에서 수분 3.95ml가 없어졌다. 즉, 5ml의 밥물 중 1.05ml의 밥물만이 보수막 형성에 관여한 것으로 나타났다. 16분에 얻은 총 밥물의 양 7.85ml 중 보수막 형성에 관여한 밥물의 양은 아래와 같다.

$$V_T = \frac{1.05 \text{ ml} \times 7.85 \text{ ml}}{5 \text{ ml}} = 1.5485 \text{ ml}$$

3) 보수막의 두께 결정

가) 밥알 전체의 표면적 계산

쌀 100g의 평균 쌀알의 수는 4609.7개였으며, 전체 쌀알의 표면적은 2731.2 cm² 이었다.

$$A_T = A_G \times N = 4609.7 \times 0.5925 = \underline{2731.2} \text{ cm}^2$$

나) 보수막의 두께 계산

이때의 보수막의 두께는 밥알의 보수막의 두께는 5.667 μm 로 나타났다.

$$\delta = \frac{V_T}{A_T} = \frac{1.5485 \text{ cm}^3}{2731.2 \text{ cm}^2} = 5.667 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

제 8 절 객관적이고 간편한 식미평가방법의 개발 및 관능검사 지침서 마련

1. 묘사기법을 이용한 신뢰성있는 식미평가방법의 개발 가. 재료 및 방법

1) 실험재료

두 기관(한식연, 이화여대) 차이검증실험에서는 전북김제진봉농협의 동진(수분함량 13.6%)을 사용하였으며, 지침서작성을 위한 묘사분석결과와 관능적 품질검사결과와 회귀분석 실험을 위한 시료로서, 지난 2년간의 실험 결과 식미수준이 상, 중, 하 군인 시료 총 24점을 무작위로 선택하여 사용하였다.

2) 실험방법

가) 차이검증시험

한국식품개발연구원의 관능적 품질평가결과와 이화여대에서 실시한 밥의 묘사분석 결과를 연결시키기 위해 먼저 이두기관에서 제조한 밥이 차이가 없다는 것을 검증하기 위해서 두기관의 밥 두시료의 차이를 삼점검사를 통해 검사하였다. 두 기관의 취반조건은 가수량 1.45배, 15분간의 뜸, 방냉시간 및 방법이 동일하였으며, 밥솥종류(10인용 vs. 5인용), 수세방법(수압식 세미기 vs. 일반 세미방법), 시료량(800 vs. 500 gram)에서 차이가 있었다. 차이검증은 두 밥시료의 차이여부를 30명의 차이식별 패널을 이용하여 삼점검사를 실시하였다.

나) 간편한 식미평가방법의 개발

본 실험에 사용된 계획은 randomized complete block design으로 이화여대의 묘사분석 실험과 동시에 동일한 실험계획으로 한식연에서 밥의 관능적 품질평가를 실시하였다. 한국식품개발연구원에서 수행한 관능적 품질검사 결과와 이화여대에서 실시한 밥의 묘사분석 결과를 SAS를 이용하여 회귀분석함으로써, 밥의 전반적인 품질에 영향을 주는 묘사특성을 선별하여 회귀함수와 함께 간편한 식미평가방법을 제시하였다.

나. 결과

1) 두기관 (한국식품개발연구원 vs. 이화여대)에서 수행한 실험의 차이검증

한국식품개발연구원과 이화여대에서 취반한 두 밥시료의 삼점검사 결과 30명의 응답자중 11명의 정답자수가 나옴으로써 두기관에서 제조된 밥은 차이가 없음을 보여주었다. 즉, 두 기관에서 동시에 취반하여 실험을 할 경우 문제가 없음을 보여주었다.

2) 간편한 식미평가방법의 개발

가) 묘사분석결과와 밥의 전반적인 품질과의 회귀분석

묘사분석 기법을 이용한 관능적 특성 결과와 관능적 품질 평가 결과를 다중 회귀분석한 결과(표 6-22) 전반적인 품질에 영향을 주는 주요한 묘사 특성들로는 외관 특성 중에서 색 (-0.223), 향미 특성으로는 삶은 계란 흰자 향미 (+0.239), 그리고 텍스처 특성으로는 표면의 촉촉함 (+ 0.225)과 깔깔한 정도 (-0.289)가 있었다. 전반적인 품질이 우수하게 평가될수록 색이 희고, 삶은 계란 흰자 향미가 많이 나고, 표면이 촉촉하고, 깔깔한 정도가 약했다 ($R^2=0.78$). 간편한 식미평가방법은 밥의 전반적인 품질을 소수의 패널(보통 10명이내)을 이용하여 색, 삶은 계란 흰자 향미, 표면의 촉촉함과 깔깔한 정

도를 측정하여 그 값을 아래의 회귀방정식에 대입하여 간단하게 산출해 낼 수 있는 방법이다.

표 6-20. 밥의 관능적 품질특성과 묘사특성과의 다중회귀결과

Quality attribute ($\hat{Y}^{(2)}$)	R-square (R^2)	Fitted regression model
\hat{Y}_5	0.78	6.249 - 0.223 YE + 0.239 EG + 0.225 SF - 0.289 RH

¹⁾ Models were evaluated using PROC STEPWISE (SAS Institute)

²⁾ \hat{Y}_5 ; overall quality, respectively. $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$ ($i = 1, \dots, 5$)
 YE, yellowness; EG, boiled egg white; SF, moist on surface; RH, roughness

2. 쌀밥의 품질 평가를 위한 관능검사 지침서

가. 시료 준비 및 제시

변형된 묘사분석에 의해 쌀밥의 관능적 품질을 평가하기 위한 시료는 다음 과 같이 제조한다. 쌀시료 500 g은 손수세 (5회 반복)나 수압수세미기 (PR-7J, Aiho, Co. Ltd., 農川, Japan)로 세미한다. 취반시 가수량은 쌀 (수분함량 14% 기준)과 물의 비율이 1:1.45이며, 이때 사용되는 물은 식수용 정수기를 통과시킨 물을 사용한다. 가수 후 실온에서 30분간 침지하고 난 다음 취사/보온 겸용 전기보온밥솥 (NZF-076T, 삼성전자, 서울)을 이용하여 취반한다. 취반이 끝난 후 15분간 뜸을 들인다. 뜸을 들인 후 밥솥 가장자리 1 cm를 제외한 중심부의 밥만을 유리 용기 (지름 25 cm x 높이 9 cm)에 옮겨, 이지창을 이용하여 밥알이 부서지지 않게 주의하면서 5번 골고루 섞은

후, 5분간 방치하는 조작을 3회 반복하여 밥의 온도가 $28\pm 5^{\circ}\text{C}$ 가 되도록 상온에서 식힌다. 각 패널에게 제시될 시료는 밥을 ice cream scoop (직경 5 cm, 세장 유통, 서울)을 이용하여 일정량 (약 40 g) 취하여 흰색 개인용 사기 용기(지름 9 cm, 높이 4 cm)에 담고 뚜껑을 덮은 후 세 자리 무작위 code를 달아 준비한다. 관능검사는 칸막이가 설치된 개인검사대에 실시한다. 시료제시순서는 랜덤화 완전 블록 실험계획법 (randomized complete block design)에 의하며, 이때, 시료이외에 평가시 입을 행굴 수 있도록 정수기를 통과시킨 물과 빨는 컵을 제시한다.

나. 훈련방법 및 표준물질

패널요원은 8-12명으로 하며, 훈련은 표준물질(표 6-21), 묘사용어별 정의가 있는 검사표 (표 6-22)를 이용해 모든 패널요원이 동일한 결과를 보일 때까지 진행한다. 훈련횟수는 약 30분정도 소요되는 패널, 1-2회정도로 하고, 훈련 후 본 검사를 실시한다.

표 6-21. 쌀밥의 관능적 특성에 대한 표준 물질

관능적 특성	표준물질	
	약	강
외관 (Appearance) 색 (Yellowness)	백지(white paper)	연한 노란색 색지
향미 (Flavor) 삶은계란흰자 향미 (Boiled egg white)	쌀밥 50g + 삶은 계란 흰자 1/2개	
텍스처 (Texture) 갈갈한 정도 (Roughness)	참쌀밥(가수량 1.1배)	현미밥 (가수량 1.7배)

표 6-22. 쌀밥의 품질평가를 위한 검사표

이름 :

날짜 :

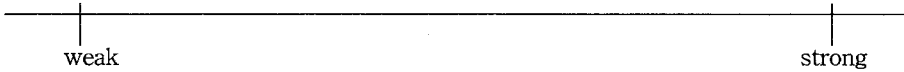
외관(Appearance)

색(Yellowness) : 밥 색깔의 노란 정도



향미(Flavor)

삶은 계란 흰자 향미(Boiled egg white) : 삶은 계란의 흰자에서 나는 향미



텍스처(Texture)

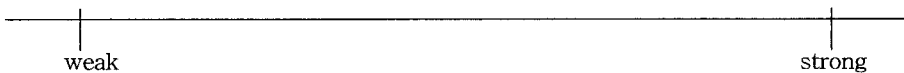
단계 1 : 밥을 젓가락으로 떠서 입술에 댄다.

표면의 촉촉함(Moist on surface) : 입술에서 느끼는 밥알 표면에 있는 물의 양



단계 2 : 밥을 젓가락으로 떠서 입안에 넣고 혀로 2-3회 굴린다.

깔깔한 정도(Roughness) : 밥을 입에 넣고 혀로 밥알을 굴릴 때 밥알의 표면에서 느껴지는 깔깔한 정도



의견:

감사합니다!

다. 평가 절차 및 내용

1) 평가절차

가) 시료를 맛보기 전 정수로 입을 충분히 가신다.

나) 왼쪽에 제시된 시료부터 맛을 보고 향미, 텍스처의 순으로 평가하며 (평가지는 표 6-22), 패널들이 1회에 맛보는 시료의 양은 약 6-7 g으로 관능검사원들은 시료를 맛보고 각 특성의 해당강도를 척도 상에 수직선을 그려 표시하고, 시료번호를 기입한다. 시료를 섭취하기 싫은 패널요원들은 시료를 맛본 후 뱉어내도록 한다.

다) 다음 시료를 평가하기 전 다시 정수로 입을 가신다.

2) 패널시 유의사항

검사에 참여하는 패널은 검사전 향기가 없는 비누로 손을 씻도록 권장하며, 향수나 화장품, 입안세척제의 사용을 금지시키고, 관능검사 30분전부터 껌이나 음식물 섭취를 제한시킨다. 패널요원들은 패널시간을 엄수하도록 하며, 검사전, 검사물 취급방법 및 평가속도에 대해 명확히 이해시키고, 검사원 모두 동일한 방법으로 각 시료를 맛보도록 한다. 평가하는데 있어 검사물간의 시간간격을 충분하고 동일하게 하여 시료간에 존재할 수 있는 맛의 상호작용을 최대한 감소시킨다.

3) 결과분석

각 특성특성값으로부터 전반적인 품질은 다음의 식에 의해 산출한다.

$$\text{전반적인 품질} = 6.249 - 0.223 \text{ 색의 강도} + 0.239 \text{ 삶은계란흰자향미} + 0.225 \text{ 표면의 촉촉함} - 0.289 \text{ 깔깔한정도}$$

3. 검사 기관에 따른 지침서 사용에 의한 결과의 일관성 검증

가. 실험재료 및 방법

본 실험에 사용된 시료는 99년산 경기이천장호원, 98년산 경북영덕키토산, 97년산 전남신안북신안 세 시료였으며, 지침서 사용의 일관성검증을 위해 두 기관(한국식품개발연구원과 이화여대)에서 동일한 방법에 의해 실시되었다. 본 실험에 참가한 한국식품개발연구원 패널요원 15명과 이화여대 패널 8명은 대부분 관능검사 유경험 패널들이었다. 패널훈련은 각 특성별 개발된 표준물질(표 6-21)을 제시하며 실시하였다. 밥시료의 준비 및 제시, 검사방법 및 검사지는 지침서에 의하였다. 전반적인 품질은 지침서에서 제시한 식에 의해 각 묘사특성(색의 강도, 삶은계란흰자향미, 표면의 촉촉함, 짙은갈색정도)값에 의해 전반적인 품질을 산출하였으며 두 기관의 차이검증은 t-test에 의하였다.

나. 결과

두 기관에서 수행한 밥관능검사 결과는 각각 표 6-23와 표 6-24에 있다. 두 기관에서의 시료에 따른 평가경향은 거의 일치하였으며, t-test결과 두 기관의 점수간 차이는 없는 것으로 나타나, 검사장소에 따른 지침서 사용결과는 일관성이 있음을 보여주었다. 그러나 이 두 기관 모두 관능검사를 실시하는 기관이므로, 관능검사에 대한 지식이 없는 기관이 아님을 감안할 때, 이 지침서는 좀 더 많은 기관에서의 사용에 의한 일관성검증 및 수정작업이 필요하다고 판단된다.

표 6-23. 품질평가를 위한 쌀밥의 관능적 특성(한식연)

특 성		시 료	99년산	98년산	97년산
			경기이천장호원	경북영덕키토산	전남신안북신안
색의 강도***			2.82 ^b	7.59 ^a	8.31 ^a
삶은 계란 흰자향미***			10.59 ^a	6.67 ^b	4.09 ^c
텍스처	표면의 촉촉함***		11.64 ^a	7.42 ^b	3.79 ^c
	깔깔한 정도***		3.12 ^c	7.06 ^b	11.68 ^a
전반적인 품질*** ¹			9.87 ^a	5.77 ^b	3.26 ^c

^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

^{***} 시료간 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

¹ $6.249 - 0.223 \text{ YE} + 0.239 \text{ EG} + 0.225 \text{ SF} - 0.289 \text{ RH}$ 식에 의해 산출됨
(YE : yellowness, EG : boiled egg white, SF : moist on surface, RH : roughness)

표 6-24. 품질평가를 위한 쌀밥의 관능적 특성(이화여대)

특 성		시 료	99년산	98년산	97년산
			경기이천장호원	경북영덕키토산	전남신안북신안
색의 강도***			3.90 ^b	9.11 ^a	9.82 ^a
삶은 계란 흰자향미***			10.92 ^a	6.85 ^b	5.12 ^c
텍스처	표면의 촉촉함***		10.95 ^a	7.00 ^b	4.15 ^c
	깔깔한 정도***		3.96 ^c	8.15 ^b	10.93 ^a
전반적인 품질*** ¹			9.31 ^a	5.07 ^b	3.06 ^c

^{abc} column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

^{***} 시료간 p=0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

¹ $6.249 - 0.223 \text{ YE} + 0.239 \text{ EG} + 0.225 \text{ SF} - 0.289 \text{ RH}$ 식에 의해 산출됨
(YE : yellowness, EG : boiled egg white, SF : moist on surface, RH : roughness)

제 9 절 쌀의 식미기준 수식화 및 식미판정 시스템 개발

1. 종합적인 식미측정식

가. 식미판정기준의 수식화

종합적인 식미판정식을 수립하기 위하여 총 292점의 쌀 및 밥의 관능특성과 이화학적, 광학적특성 및 조직감특성을 측정하였다. 쌀의 이화학적 특성으로는 쌀의 수분, 아밀로우스, 단백질함량, 광학적 특성으로는 쌀의 백도, 색도(L, a, b), 밥의 이화학적, 광학적 특성으로는 수분함량, Texture Analyzer에 의한 조직감 특성 (경도, 탄력성, 응집성, 부착성, 검성), 밥의 색도(L, a, b)을 측정하였다. 이들 자료 중 패널에 의한 전반적인 품질과 쌀과 밥의 이화학적, 광학적, 조직감 특성과 상관분석을 하여 얻은 결과 중 밥의 전반적인 품질과 상관이 있는 주요특성들과의 상관계수는 표 6-25에 있으며, 전반적인 품질과 이들 주요 특성들과 다중회귀분석결과 다음 식 (6-6)과 같이 표현할 수 있다. 이 결과 밥의 전반적인 품질에 가장 커다란 영향을 주는 인자로는 쌀의 성분이 아니라 쌀의 b값과 밥의 경도로 나타나, 물리적 특성이 밥의 전반적인 품질에 커다란 영향을 준다는 것을 보여주었다.

$$\begin{aligned} \text{밥의 전반적인 품질} &= -0.50 \text{ 쌀의 b값} - 0.24 \text{ 밥의 경도} + 0.11 \text{ 밥의 수분} \\ &= -0.07 \text{ 쌀의 수분} - 0.05 \text{ 쌀의 단백질} - 0.05 \text{ 쌀의} \\ &\quad \text{아밀로우스} - 0.008 \text{ 쌀의 백도} \\ & \quad (R^2=0.2668) \dots\dots\dots (6-6) \end{aligned}$$

표 6-25. 밥의 전반적인 품질과 쌀과 밥의 이화학적, 광학적, 조직감 특성과의 상관계수

	전반적인 밥의 품질		전반적인 밥의 품질
쌀의 수분	0.112	쌀의 b값	-0.423
쌀의 단백질	-0.013	밥의 경도	-0.253
쌀의 아밀로우스	0.007	밥의 수분	0.201
쌀의 백도	0.294		

나. 종합적인 식미판정식

위의 결과를 stepwise회귀분석한 결과, 밥의 전반적인 품질은 쌀의 b값과 밥의 경도에 의해 나타낼 수 있었다. 쌀의 b값은 밥의 전반적인 품질 총변동의 약 20%를 설명할 수 있으므로 근적외분석방법에 의한 식미시스템에 간단한 b값측정을 추가로 붙였을때 밥의 전반적인 품질 총변동의 90%는 설명될 수 있다.

$$\text{밥의 전반적인 품질} = -0.45 \text{ 쌀의 b값} - 0.30 \text{ 밥의 경도} (R^2 = 0.26)$$

2. 우리나라 식미지도의 구축

매년 10대 주요품종이 변하고 있으며, 10대 품종이 차지하는 비율이 감소하고, 매년 품종의 다양화를 이루고 있다. 쌀의 식미는 그 지방 그 해의 자연적인 재해, 생산자의 품질관리에 의해 커다란 차이를 보일 수 있으므로 식미지도의 구축은 매년 산지별 품종별 쌀 시료의 식미에 대한 자료에 대한 지속적인 실험을 전제로 한다. '99년산 국내 산지별 쌀의 식미값에 의한 분류는 표 6-26에 있다.

표 6-26. '99년산 국내산지별 쌀의 식미값에 의한 분류

지역		품질등급	지역		품질등급	지역		품질등급						
경기도	평택	안중	A	충청도	원주	문막	E	전라도	해남	화산	C			
		송탄	B		보은	보은	A			육천동안	C			
		청북	B		청원	강의	A		나주	나주	B			
	이천	강호원	A			가덕	A			동강	E			
		대월일품	B		진천	이월	C		무안	해계	C			
		대월추청	E			진천대안	C			담양	금성	D		
		이천	B			진천청결미	C		보성		보성	D		
		신문	C		음성	금왕	D			특수미	C			
		백사	D		추풍령		D		곡성	곡성	D			
		안성	공도		A	동서천				A	강진	도암	D	
	미양		B		예산	삼교	A		북신안	동진		E		
	양성		C			오가	A			김제	황산대산	D		
	원곡		E		보령	남포	B		광활		D			
	김포	하성	C		서산	주포	C		김제		D			
		용인	원삼			B	인지		B		진봉	E		
	여주	여주	B		홍성	운산	D		성주	동진	A			
		대신	C			갈산	B			울진	은전	B		
		능서	C		당진	고대	C		안동	풍산	D			
		북내	D			석문	D			문경	문경일품	B		
	강화	교동	B			우강	D		영주	안정	B			
		양도	C		논산	합덕	D		키토산칠보미동진		C			
	화성	우정	C			태안	연무		D	영천	화영	C		
		삼피	C		대안		태안		D	영덕	병곡칠보미	C		
	파주	북파주	B				원북		E		김천	김천일품	D	
		양주	남면			E	규암		E	상주	외서일품	D		
	강원도	철원	김화오대		A	전라도	영인		E	경상도	의령	의령일품	A	
			김화		C		완주		이서남평/대산			A	고성	고성
			동송		B				부안		하서동안	A		구탄화영
철원중생종			B	전주	부안		D	예천			용궁진상미	A		
철원흙진주			C		완산대산		A		용궁일미		A			
철원			D	정읍	이평동안		B	함안	군북남평		C			
고성			금강		A		순창		동계		B	산청	차황일미	C
		대암	B	남원	남원		B	함양	함양추청		D			
양구		동면	C	고창	공음대산		B		진주		진양오대	E		
		방산	D		해리		C							
횡성		우천	E	군산	회현		C							

(A= 전반적인 품질 7.5이상 B=7.0이상 C=6.5이상 D=6.0이상 E=6.0미만)

3. 개발된 식미측정 함수와 외국의 식미측정기에 의한 결과 비교 분석

현재 수입된 외국산 식미측정기의 수행능력을 측정한 결과는 다음과 같다. 쌀 시료로는 농촌 진흥청을 통해 수집된 1996년산 산지별 품종별 벼 38점을 10분도로 도정한 백미를 사용하였으며, 표준시료로서는 전북 동진을 사용하였다. 본실험에 사용된 식미기는 식미분석계(A:GS-2000, Shizuoka Seiki Inc., 일본), 식미계(B: CTA-10A, Satake Inc., 일본), 도요 미도메타(C: MA90-A, 동양정미기제작소, 일본)였으며, 식미기 A와 B는 근적외선분석방식이며, 식미기 C는 비색계 유사방식이었다.

수입 식미기 A, B, C에 의한 식미값과 밥의 관능적 품질 전문 패널에 의한 38점 시료에 대한 전반적인 품질점수는 표 6-27에 있으며, 이들 국내에 수입된 식미기와 패널에 의한 전반적인 품질과의 상관계수(r)는 표 6-28에 있다. 패널에 의한 전반적인 품질과 식미기 A, B, C와의 상관계수는 각각 0.39, 0.52, 0.30으로 나타나, 이들 식미기의 식미값과 패널에 의한 식미값이 상관이 거의 없음을 보여주고 있다. 또한 식미기 A와 식미기 B값간의 상관계수는 0.57, 식미기A와 식미기 C간의 상관계수는 0.55였으며, 식미기 B와 식미기 C와의 상관계수는 0.26으로 나타나, 식미기간에도 거의 상관이 없음을 보여주고 있다.

본 결과는 Gawamura 등(1996)의 연구결과와 일치하는 결과로서 현재 생산되어 판매되는 식미기로부터 나온 식미값과 사람들이 평가하는 식미값간의 상관관계가 낮으며, 이들 식미기 점수의 호환이 어렵다는 것을 재차 입증해 주었다.

표 6-27. 외국산 식미측정기에 의한 식미값과 패널에 의한 식미값

Cultivated region	Cultivar	Eating quality by				
		Taste panel	Rice taster			
			A	B	C	
1	Kyunggi	Juan	4.41	46	35	61
2	Kyunggi	Daean	6.07	64	57	62
3	Kyunggi	Hwaseung	4.94	72	59	58
4	Kyunggi	Bongkwang	5.33	63	59	54
5	Kyunggi	Chuchung	5.69	70	71	55
6	Kyunggi	Ilpum	5.80	63	54	52
7	Kwangwon	Odae	5.18	63	48	53
8	Kwangwon	Jinmi	5.41	71	57	60
9	Kwangwon	Hwaseung	4.89	81	65	68
10	Kwangwon	Bongkwang	5.34	81	67	61
11	Chungbook	Ilpum	6.93	80	61	64
12	Chungbook	Hwaseung	5.26	86	66	62
13	Chungbook	Odae	6.06	71	62	55
14	Chungbook	Chuchung	5.33	86	73	64
15	Chungnam	Dongjin	4.41	73	61	55
16	Chungnam	Chuchung	4.80	71	65	57
17	Chungnam	Nakdong	4.44	67	55	48
18	Chungnam	Ilpum	6.07	76	60	61
19	Chungnam	Anjung	4.94	67	62	55
20	Chungnam	Gaehwa	3.36	59	45	54
21	Chunbook	Dongjin	4.89	63	49	48
22	Chunbook	Gaehwa	3.65	53	38	43
23	Chunbook	Youngnam	3.14	57	35	48
24	Chunbook	Palgong	4.75	65	52	37
25	Chunnam	Gaehwa	5.26	63	43	49
26	Chunnam	Mangum	5.06	69	35	53
27	Chunnam	Hwaseung	4.79	76	41	54
28	Chunnam	Gumnam	3.57	65	55	43
29	Chunnam	Unjang	5.87	74	61	51
30	Kyungbook	Hwaseung	3.78	75	35	66
31	Kyungbook	Odae	4.32	56	35	52
32	Kyungbook	Dongjin	5.28	70	35	58
33	Kyungnam	Hwaseung	4.52	72	45	55
34	Kyungnam	Hwayoung	4.82	73	42	53
35	Kyungnam	Dongjin	4.00	69	55	52
36	Kyungnam	Tamjin	6.48	74	61	53
37	Kyungnam	Youngjin	5.94	65	54	50
38	Jeju	Youngnam	5.55	57	58	46

표 6-28. 패널에 의한 식미값과 외국산 식미기(A, B, C)에 의한 식미값들간의 상관계수(r)

	Rice taster		
	A	B	C
Taste panel	0.39*	0.52***	0.30
Rice taster A		0.57***	0.55***
Rice taster B			0.26

*, *** significant at p=0.05 and p=0.001 respectively

패널에 의한 전반적인 품질과 식미기 A, B, C와의 상관계수는 각각 0.39, 0.52, 0.30으로 나타나, 이들 식미기의 식미값과 패널에 의한 식미값이 상관이 거의 없음을 보여주고 있다. 또한 식미기 A와 식미기 B값간의 상관계수는 0.57, 식미기A와 식미기 C간의 상관계수는 0.55였으며, 식미기 B와 식미기 C와의 상관계수는 0.26으로 나타나, 식미기간에도 거의 상관이 없음을 보여주고 있다. 그러나 2차년도 실험결과 개발된 식미함수의 R²값이 0.766 (r=0.87)임을 감안할 때, 외국의 식미측정기에 비해 현재 개발된 식미함수의 신뢰성이 높다고 판단된다.

4. 종합적인 식미측정 함수의 검증 및 보완

2년간 측정된 시료중 152점을 보정시료군으로 하여 식미값과 근적외선 분광분석에 의한 식미값간의 상관관계를 나타낸 그림은 그림 6-13에 있다.

이 회귀분석결과는 비교적 적은 SECV(0.582)와 비교적 높은 R²(0.766)을 보여주어 근적외분광분석에 의한 식미함수의 가능성을 낙관적으로 보여주었다. 그러나 이결과는 식미점수가 나쁜 시료군의 시료가 적어, 이 함수의 정

확성을 높이기 위해서는 식미가 낮은 시료군에 대한 자료의 축적이 필요하였다.

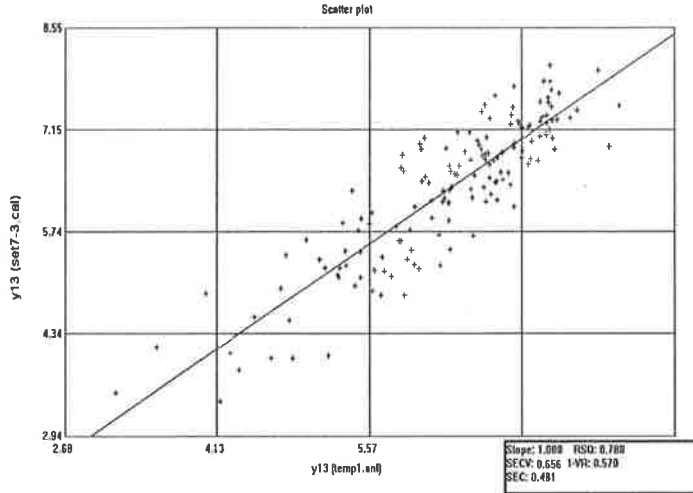


그림 6-13. 관능검사에 의한 전반적인 밥의 품질과 쌀의 근적외선 spectrum에 의한 식미값간의 회귀분석

전반적인 품질이 낮은 시료군으로써 '96년도산과 '97년도산 일품과 추청을 도정도(90.4, 88.8, 97.2, 85.6; 12, 14, 16, 18분도)별로 제조(총 시료 494점 중, 시료번호 288-359)한 후 관능적 품질평가를 3번 반복 실시하여 시료군을 보완하였다.

5. 객관적인 한국형 식미측정 시스템의 확립

확립된 근적외선 분광분석에 의한 식미측정시스템의 조건은 다음과 같다. 프로그램으로는 WINISI II(Foss NIRSystems, Inc., Silver Spring, MD, USA)을 사용하였고, 파장대역은 400-2500nm 모두를 사용하였으며, 400-1098nm까지는 2nm간격으로, 1100-2498nm까지는 10nm간격으로 scanning 한 후 2차미분하여 modified PLS를 하였다. 식미측정시스템 확립을 위해 근적외선 분광자료로 축적되어온 409점 시료중 136점을 임의로 선택하여 calibration file로 하였으며, 136점을 validation file로 하여 식미측정시스템을 판정식을 검증하였다. 회귀식에 의한 보정과 검증결과는 표 6-29과 그림 6-14에 있다. 최종 식미측정시스템의 회귀식의 R^2 값은 0.795로 현재 상용되고 있는 식미측정기($R^2=0.25$ 이하)에 비해 비교적 정확하게 쌀의 식미를 측정해주는 것으로 나타났다.

패널에 의한 쌀의 식미검사는 하루에 검사할 수 있는 시료 수(최고 6점의 시료)의 제한과 패널관리로 인한 많은인력, 시간, 및 금전을 필요로 함에 비해 근적외선분광분석방법에 의한 식미시스템과 쌀의 색도측정은 하루에 측정할 수 있는 시료 수의 제한을 받지않고, 패널관리에 필요한 많은 인력, 시간 과 금전을 필요로 하지 않기 때문에 경제적인 방법이라 판단된다.

본 실험결과 확립된 식미판정시스템은 매년 새로이 재배되는 쌀에 의한 식의 조정이 필수적이므로 정확한 식미판정시스템이 되기 위해서는 지속적인 자료축적이 이루어져야 한다. 본 실험결과는 근적외선분광분석자료이외에 쌀의 단백질 아밀로우스등 성분이 아닌 색도를 추가적으로 측정함으로써 쌀의 식미를 보다 정확하게 측정할 수 있다는 것을 보여주었다.

표 6-29. 최종 식미측정시스템의 보정과 검증결과

sec	R ²	F	secv	1-VR	sev	bias	sec(c)
0.456	0.795	10.36	0.626	0.611	0.826	0.048	0.827

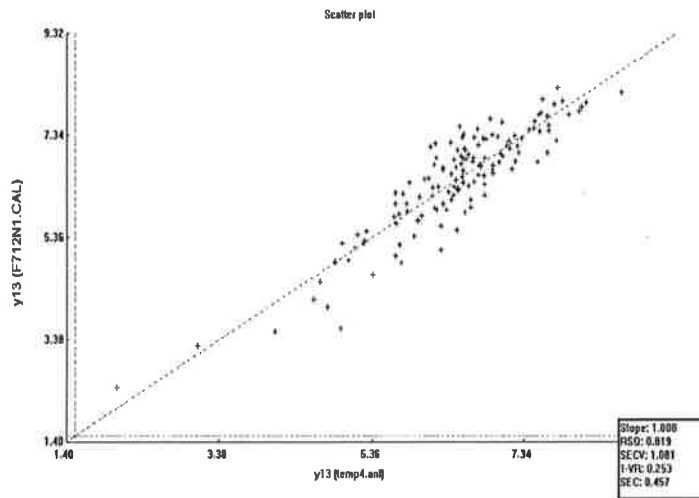


그림 6-14. 최종 식미측정시스템에 의한 관능검사에 의한 전반적인 밥의 품질과 쌀의 근적외선spectrum에 의한 식미값간의 회귀분석

참 고 문 헌

여 백

참 고 문 헌

1. 강길진, 김관, 김성곤. 1991. 쌀의 열 수 가용성 물질과 밥의 텍스처 관계. 한국식품과학회지 23(498)
2. 고헌균, 김만수. 1981. 곡물의 물리특성에 관한 연구. 한국농업기계학회지, 6(2)
3. 고헌균, 노상하, 정종훈. 1984. 벼의 물리적 및 열적 특성에 관한 연구. 한국농업기계학회지, 9(2)
4. 고헌균 외 12인. 1994. 미곡종합처리장, 한국농업기계학회 '94기술강습회, 348-369.
5. 권태완, 김동철, 신명곤. 1987. 미곡의 종합처리 가공기술 개발에 관한 연구. 한국과학기술원 연구보고서.
6. T. W Kwon, D. C. Kim, M. G. Shin, G. S. Kim. 1988. Development and Dissemination of Practical Storehouse at Farm Level. KAIST Report.
7. 권태완. 1991. 쌀의 과학과 이용. 한국 조리과학회 임시 총회 및 춘계 학술 발표회 초록 : 3-13.
8. 금동혁. 1986. 벼 건조과정 분석에 필요한 자료 및 관식. 한국농업기계학회지, 11(2)
9. 금동혁, 박호석, 韓忠洙外 3人. 1994. 米穀綜合處理場 理論과 實務. 농협 전문대학.
10. 금동혁, 김동철, 김병삼, 김의웅, 남궁배, 정진웅. 1995. 청과물 퇴적층

- 에서의 정압강하. 한국농업기계학회. 20(4)
11. 김광옥, 김상숙, 성내경, 이영춘. 1993. 관능검사 방법 및 응용. 신광출판사.
 12. 김광옥, 민봉기, 신명곤, 장경아, 홍성희. 1996. 취반미의 관능적 특성에 따른 쌀의 분류 및 쌀전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지. 28:44.
 13. 김동철, 신명곤, 민봉기. 1988. 미곡종합처리 가공기술 개발에 관한 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서.
 14. 김동철, 민봉기, 신명곤. 1990. 미곡종합처리 가공기술 개발에 관한 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서.
 15. 김동철, 신명곤, 민봉기. 1991. Changes in Quality Characteristics Brown Rice During Storage. 한국영양식량학회지, 20(3)
 16. 김동철, 신명곤, 민봉기, 최홍식. 1991. Effect of Temperature on Sorption Hysteresis of Short Grain-Rough Rice. 한국영양식량학회지, 20(3)
 17. 김동철. 1992. 미곡종합처리기술의 현황과 발전방향. 한국식품개발연구원. 한-일 학술발표회.
 18. 김동철, 이세은, 정문철, 김병삼. 1992. 기존 시설을 활용한 미곡의 산물건조저장 방안에 관한 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서.
 19. 김동철, 이세은, 정문철, 김병삼. 1993. 미곡종합처리장 보급활성화에 관한 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서.
 20. 김동철, 장동일, 장홍일. 1994. The Analysis Optimum Locations of Rice Processing Complex. 한국농업기계학회지, 22(6)

21. 김동철, 김상숙, 민봉기. 1998. 수입식미기의 국내적용성검토. 한국농화학회지. 41(7) : 560-562.
22. 김동철, 김상숙, 김의웅, 이세은. 2000. The relationship between sensory quality and market price of rice in Korea. Food Sci. and Biotech. 9(2) : 195-198.
23. 김동철, 김상숙, 김의웅, 이세은. 2000. Physicochemical characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice. Cereal Chem. 77(3) : 376-379.
24. 김상숙, 류미라, 민봉기, 신명곤, 홍성희, 이영주. 1993. 한국산쌀의 품질특성구명에 관한 연구. 한국식품개발연구원보고서 E1215.
25. 김상숙, 민봉기, 신명곤, 이해란, 홍성희. 1994. 산지 및 품종별 벼구분 수매를 위한 쌀의 식미평가. 한국식품개발연구원보고서 E1264-0528
26. 김상숙, 민봉기, 신명곤, 홍성희. 1994. 패널요원의 수행능력평가에 사용된 분산분석, 상관분석, 주성분분석결과의 비교. 한국식품과학회지. 26:57
27. 김상숙, 김영진, 성내경, 조진숙. 1997. Authentication of rice by three sided image analysis of kernels using two mirror. Cereal Chem. 74(3) : 212-215
28. 노은숙, 안승요. 1989. 밥의 텍스처와 쌀 아밀로오스의 분자량에 관한 연구. 한국식품과학회지 21:486
29. 문성식, 이경희, 조래광. 1994. 한국산쌀의 품질측정에 있어서 근적외 분광법의 응용. 한국식품과학회지 26:178.
30. 민봉기, 홍성희, 신명곤, 1992. 쌀밥의 취반시 취반용량별 최적가수율 규명에 관한 연구. 한국식품과학회. 24:623.

31. 민봉기, 신명곤, 이영주, 1993. 전기보온 밥솥으로 보온한 쌀밥의 관능적 특성. 한국 식품과학회. 25:487.
32. 민봉기, 신명곤, 정 진, 홍성희. 1994. 밥의 압출시험에 의한 취반가수량 결정에 관한 연구. 한국식품과학회지 26:98.
33. 박윤서, 윤운중, 이영진, 전재근, 황선욱. 1995. 밥블럭을 이용한 쌀밥의 경도 및 부착성의 측정법. 한국농화학회지 38:398.
34. 박종민. 곡립의 치수, 표면적 및 체적에 관한 연구. 충남대학교 석사
35. 박호석외 5인. 1994. 미국종합처리장의 이론과 실무, 농협대학.
36. B. Y. Lee, I. H. Yoon, Iwasaki Tetsuya, Komoi Ikuji and Obara Tetsujiro. 1989. Cooking quality and texture of Japonica-Indica breeding type and Japonica type, Korean rice. Korean J of Food Sci. Technol. 21:613
37. 이상효. 1997. 무수세미의 품질특성에 관한 연구보고서, 한국식품개발연구원.
38. 이성범. 1982. 분풍 연삭식 정미기의 정백능력에 관한 실험적 연구. 서울대학교 석사학위논문.
39. Lee, S.J. and Chun, J.K. 1986. Formation of Coating Film on Rice Surface during Cooking and Artificial Coating Method with Glutinous Rice Powder, J. Korean Agr. Chem. Soc., 29(3) : 241.
40. Lee, S.H. 1990. Physicochemical properties and estimation of palatability of Korean rice. Chungang Uni. Ph.D thesis.
41. Lee, Y.E., and Elizabeth M.O. 1991. Physicochemical factors affecting cooking and eating qualities of rice and the ultra structural

- changes of rice during cooking. J. Korean Soc. Food Nutr., 26(6): 637.
42. 주용재. 1993. 정부양곡보관창고 활성화 방안. 단국대학교 식량개발연구소.
 43. 한충수의 2인. 1994. 韓國産米の品質改善に關する研究(1報), 近赤外分光法による生モミからの 玄米・精白米のダンパク質含量と歩留の推定, 53회 일본농업기계학회 연차대회, 201-202.
 44. 한충수의 2인. 1994. 韓國産米の品質改善に關する研究(2報), 近赤外分光法による玄米・精白米 のダンパク質含量と食味値の推定, 53회 일본농업기계학회 연차대회, 203-204.
 45. 한충수의 3인. 1995. 현미의 경도특성에 관한 연구, 한국농업기계학회 '95동계 학술 논문발표.
 46. 谷預佳. 1992. 종합형 식미분석시스템 식품가공기술(일본) 12:41
 47. 堀野俊郎. 1990. 米の ミネラル 成分と 食味. Pages 67-86. 稻 の 米. 農林水産省農業研究センター
 48. Nishimura, M., Yamaguchi, F., Ohuchi, K., and Hamamura, K. 1985. Evaluation of the eating quality of recent rice varieties and line in Hokkaido. Res. Bull. Hokkaido Natl. Agr. Exp. Stn. 147:77
 49. Saika, K.G. 1998. 쌀뜨물공해와 BG무세미의 개발, Japan Food Science, 33-38.
 50. 山下律池. 1992. 産地施設のコストエジニウリグ, 농업기계학회.
 51. 森高眞太郎 등. 1973. 穀類に關する研究(第2報). 精米溫度と食味の關係. 武田研究所報, 32(3) : 400-403.

52. 松田智明. 1989. 米と飯の 微細構造. 米飯の 技術とその 利用. 工業技術會 : 57-81
53. 食糧廳. 1991. 米の 食米 試験 実施要領
54. 新潟縣農林水産部, 1978, 共同育苗施設と乾燥貯藏施設の設置基準
55. Yamauchi, F., Ouchi, K., and Hamamura, K. 1982. Studies on the chemical composition of rice kernels produced in Hokkaido. Res. Bull. Hokkaido Natl. Agr. Exp. Stn. 134:139.
56. Yanase, H., Ohtsubo, K., Ishima, T., and Sagawa, H. 1985. Relation between rice milling methods and palatability of cooked rice(Part 2). Rept. Natl. Food Res. Inst. 47:1
57. Yanase, H., and Ohtsubo, K. 1986. Relation between rice milling methods and palatability of cooked rice(Part 3). Rept. Natl. Food Res. Inst. 49:1
58. Yasumatsu, K., Moritaka, S., and Kakinuma, T. 1964. Effect of the change during storage in lipid composition of rice on its amylogram. Agri. Biol. Chem. 28:265
59. Yasumatsu, K., Moritaka, S., and Wada, S. 1966. Studies on cereals Part IV. Volatile carbonyl compounds of cooked rice. Agr. Biol Chem., 30:478
60. Okabe, M. 1978. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. J. of Texture Studies. 10:131
61. Iwaki, T. 1989. Palatability of cooked rice. J. of Jap. Soc. Food Engineerig. 9:287

62. 日本穀物検定協會. 1990. 米の食米 ranking(1989年産)
63. 정미의 품위기준. 1980. 일본 식량업체 637호. .
64. 日本食糧研究所. 1969. 米の品質と貯藏利用. 33. 全農施設資材部, 1987, 共乾施設 のてびき, 第Ⅲ分冊
65. 日本精米工業會. 1975. 大型精米技術の進歩(1). 1-117.
66. 雜賀慶二. 1992. 쌀의 맛 측정의 원리와 응용. 식품가공기술(일본) 12:44
67. 全農施設資材部. 1991. 共同乾燥施設の經營收支試算方法について(補正版), 全體施設・資材部 資料
68. 佐佐木康之. 1989. 稻の栽培條件と品質. 稻の米. 農林水産省農業研究センター. : 49-66.
69. 佐竹利彦. 1990. 近代精米技術に関する研究. 東京大出版部.
70. 竹生新治郎. 1991. 米の食味. 全國米穀協會.
71. 川村周三, 伊藤和彦, 池内義則. 1982. 搗精特性に與える玄米物性の影響, 北海道大學邦文紀要 13(4) : 467-476.
72. 川村 周三. 1989. 米の搗精と精白米の品質および食味(1報), 精米工場における基礎調査, 北海道大學邦文紀要 16(4) : 375-382.
73. 川村 周三. 1990. 米の搗精と精白米の品質および食味(2報), 搗精特性, 北海道大學邦文紀要 17(1) : 25-49.
74. 川村周三 等. 1991. 近赤外分光法と官能試験法とによる米の食味評價. 日農機誌 53(6) : 93-96
75. 川村 周三. 1991. 米の搗精と精白米の品質および食味(3報), 精白米の品

- 質および食味, 北海道大學邦文紀要 17(3) : 228-261.
76. 川村 周三. 1991. 米の搗精と精白米の品質および食味(4報), 最適搗精方法と最適玄米條件, 北海道大學邦文紀要 17(4) : 517-530.
77. Kawamura, S., Nasuga, M., Kouno, S., and Itoh, K. 1996. Instrument analysis and Sensory test for rice taste evaluation. 농업기계학회지. 58(4) : 95-104.
78. Kawano, S., Iwamoto, M. 1992. Principle of evaluating quality of rice. J. of Jap. Soc. Food Engineering. 12:15
79. Tsugita, T., Ohta, T., and Kato, H. 1983. Cooking flavor and texture of rice stored under different conditions. Agr. Biol. Chem. 47:543
80. Takashi, T., Tadao, O., and Hiromichi, K. 1980. Volatile components after cooking rice milled to different degrees. Agr. Biol. Chem. 44:835
81. 河野燈夫. 岩元睦夫. 1992. 쌀의 식미계의 원리에 관하여. 식품가공기술(일본). 12:15
82. 夏賀元康, 川村周三, 伊藤和彦. 1992. 近赤外分光法による穀物成分測定の精度(第1報) 北海道産小麥の水分, ダンパク質, 灰分について. 日農機誌 54(1) : 89~96
83. 河賀元康. 1993. 近赤外分光法による穀物の品質測定に関する研究. 北海道大學 農學部 學位論文
84. 丸山悦子. 1984. 調理の操作. 調理科學 近畿支部
85. 後藤清和. 1985. 農産物の測定と計測方法の基準化に関する総合的研究

86. Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
87. Anon. 1969. The merits of drying or cool storage for grain. Getreidetrocknung oder Kuehlkonservierung, Tageszeitung-fuer-Brauerei, 66 (5) : 14.
88. Banks, P. J. 1970. Combined heat and moisture transfer in air flow through porous beds. Prediction by analogy with heat transfer. (In Weight losses in foodstuffs during chilling, freezing, storage and transport.), Bulletin-of-the-International-Institute-of-Refrigeration Annexe No. 1970-3 : 39-45
89. Baudet, J. J. 1976. Ventilation of grain. Bulletin-CETIOM No.63 : 3-16.
90. Boser-F. 1976. Refrigerated grain storage. Muehle-Mischfuttertechnik, 113 (34) : 467-468.
91. Bourne, M.C. 1965. Measure of Shear and Compression Components of Puncture tests : 282.
92. Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. Food Technol. : 32, 62.
93. Champagne, E. T., Lyon, B.G., Min, B. K., Vinyard, B. T., Bett, K. L., Barton, F.E., II, Webb, B. D., McClung, A. M., Moldenhauer, K.A., Linscombe, S., McKenzie, K. S., and Kohlway, D. E. 1998. Effects of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice. J. Cereal Chem. 75 : 181-186.
94. Champagne, E. T., Bett, K. L., Vinyard, B. T., McClung, A. M.,

- Barton, F. E., II, Moldenhauer, K., Linscombe, S., and McKenzie, K. 1999. Correlation between cooked rice texture and Rapid Visco Analyser Measurements. *Cereal Chem.* 76 : 764-771.
95. Del Mundo, A. M., Kosco, D. A., Juliano, B. O., Siscar, J. J. H., and Perez, C. M. 1989. Sensory and instrumental evaluation of texture of cooked and raw milled rices with similar starch properties. *J. Texture Stud.* 20 : 97-110
96. Gorbunov, A.V., Zdorov, A.B., Novoselov, S.V. 1987. Prospects for utilization of cold storage for grain. *Kholodil'naya-Tekhnika*, 1: 30-35.
97. Henderson, S. M. 1954. The causes and characteristics of rice cracking. *Rice J*, 57(5) : 16-18.
98. Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylose, *Cereal Science Today*, 16 : 334.
99. Juliano, B.O., Onate, L.U., and Del Mundo, A.M. 1972. Note: Amylose and Protein contents of milled rice as eating quality factors. *Philipp. Agric.* 56:44
100. Juliano, B.O. 1979. The chemical basis of rice grain quality. *Chemical Aspects of Rice Grain Quality*, Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Laguna. : 69-90
101. Juliano, B.O., Donald, B.B. 1985. The rice grain and its gloss composition. in *Rice Chemistry and Technology*. Juliano, B.O.(Ed.) 2nd Ed. Am. Assoc. of Cereal Chemists, Inc., St. Paul : 17-57
102. Lyon, B. G., Champagne, E. T., vinyard, B. T., Windham, W. R.,

- W.R., Barton, F. E., II, Webb, B. D., McClung, A. M., Moldenhauer, K.A., Linscombe, s., Mckenzie, K. S., and Kohlwey, K. E. 1999. Effect of Drying conditions, final moisture content, and degree-of-milling on cooked rice texture. *Cereal Chem.*, 76:56-62
103. Lyubarskii, L., Skorovarov, M., Malin, N. 1974. Improving the operational efficiency of coolers in grain driers. *Mukomolno-elevatornaya u-Kombikormovaya-Promyshlennost'*, No. 5 : 14-15.
104. Meilgaard, M., Civille, G. V., and Carr, B. T. 1991. Descriptive analysis techniques, *Sensory Evaluation Techniques*, 2nd ed. CRC Press : 187-199
105. Meullenet, J.F., Gross, J., marks, B. P., and Daniels, M. 1998. Sensory profiling of cooked rice and its correlation to instrumental parameters using an extrusion cell. *Cereal Chem.*, 75:714-720.
106. Morey, R.V. , Gustafson, R.J. , Cloud, H.A., Walter, K.L. 1978. Energy requirements for high - low temperature drying. *Transactions of the ASAE*, 21 (3) : 562-567.
107. Muehlbauer-W. 1982. Recent trends in drying, refrigerated storage and storage of cereals and maize. *Muehle+-Mischfuttertechnik*, 119 (29) : 397-399
108. Reyes, V.G. and Jindal, V.K. 1989. A small sample back extrusion test for measuring texture of cooked rice. *J of Food Quality*, 13:109
109. Rhind, O. and U. Tin. 1933. The effect of temperature on the breakage of rice in milling. *Indian J. Agric. Sci.*, 3 : 658.

110. Ryazantseva, M., Nagornaya, L., Khlebyankie, A. 1977. Economic efficiency of cooling rice during storage. *Mukomol'no-elevatornaya-u-Kombikormovaya-Promyshlennost'*, 2 : 13-14
111. Sanderson D.B., Muir W.E.; Sinhad, R.N., Tuma, D., Kitson, C.I. 1989. Evaluation of a model of drying and deterioration of stored wheat at near-ambient conditions. *Journal of Agricultural-Engineering-Reserch*, 42(3)
112. SAS. 1988. *SAS User's Guide: Statistics ver 6.03*, SAS institute Inc., Cary, NC.
113. Satake, T. 1989. Apparatus for evaluating the quality of rice grains. U.S. Patent 4,8096,764
114. Sebestyen-EJ. 1972. Developments in cold storage of cereals. *Milling*, 154 (1) : 22, 24.
115. Sullivan-SO, Sebestyen-EJ. 1973. Problems of grain preservation in storage facilities. *Journal-of-Flour-and-Animal-Feed-Milling*, 155 (5) : 12-15, 23.
116. Sulzer-Escher GmbH. 1993. *Granifrigor-its technology of application*.
117. United Kingdom, Electricity Council. 1974. Grain drying and storage. *Farm electric - Hand book*, No. 21 : 124.
118. Varnava A. and S. Navarro. 1995. Longterm hermetic storage of barley in PVC-covered concrete platform under mediterranean conditions. *Post-Harvest Biology and Technology* 6.
119. Winham, W. R., Lyon, B. G., Champagne, E. T., Barton, F. E., II,

Webb, B. D., McClung, A. M., Moldenhauer, K. A., Linscombe, S., and McKenzie, K. S. 1997. Prediction of cooked rice texture quality using near-infrared reflectance analysis of whole-grain milled samples. *Cereal Chem.* 74:626-632.