

발 간 등 록 번 호
11-1541000-000512-01

보안과제(), 일반과제(○) 과제번호 107015-3

클린라이스 품질기준설정 및 제조시스템개발

(Development of the quality standard and related system for clean rice)

클린라이스 품질측정방법 정립(제1세부)
(Establishment of quality measurement for clean rice)

클린라이스 제조시스템 개발(제2세부)
(Development of related system for clean rice)

한국식품연구원

농림수산식품자료실



0005573



농림수산식품부
Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “클린라이스 품질기준설정 및 제조시스템개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2010년 7월

주관연구기관명 : 한국식품연구원

주관연구책임자 : 김 의 웅 위탁연구기관명 : 국립농업과학원

세부연구책임자 : 김 동 철 위탁과제책임자 : 이 현 동

연 구 원 : 김 훈 연 구 원 : 최 희 석

연 구 원 : 이 세 은 연 구 원 : 김 유 호

연 구 원 : 김 상 숙

연 구 원 : 박 종 대

연 구 원 : 김 창 진 참 여 기 업 명 : 한성공업(주)

연 구 원 : 이 효 재 연 구 원 : 한 종 규

연 구 원 : 한 경 화 연 구 원 : 강 성 열

연 구 원 : 임 소 영 연 구 원 : 최 덕 수

연 구 원 : 변 정 운

연 구 원 : 박 수 진

연 구 원 : 임 은 정

요 약 문

I. 제 목

클린라이스 품질기준설정 및 제조시스템개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구는 정부의 안전한 고품질 쌀 유통정책에 부합되는 클린라이스의 정의, 기준 및 측정방법을 정립하여 쌀의 품질에 맞는 시장유통가격체계가 형성되는데 기여하고, 기존의 건식연미방식 이상의 품질향상이 가능하고 RPC에서 용이하게 적용할 수 있는 클린라이스 제조시스템을 개발하는데 있음

III. 연구개발 내용 및 범위

- 품질측정인자 모델링 및 유효 품질측정인자 검색
- 도정조건별 잔류미강 존재상태 분석
- 잔류미강 제거방식과 원료조건이 품질에 미치는 영향분석
- 품질인자가 저장조건에 미치는 영향 구명
- 클린라이스의 정의, 기준 및 품질측정방법 정립
- 1차시작품의 설계, 제작
- 시작품의 기본성능측정, 보완 및 적정 시스템 운전조건 구명
- 실용화 규모의 시스템 설계 및 제작
- 현장 적응실험 및 보급체계 구축

IV. 연구개발결과

1. 일본에는 日本精米工業会, 全国無洗米協會에서 각각 다른 클린라이스 기준 및 측정방법이 있으며, 아직까지 통일된 기준 및 측정방법이 없는 실정으로 소비자의 혼란을 방지하기 위해 농림수산성 및 米穀公正取引推進協議会 등에서 통일된 기준 및 측정방법을 만들기 위해 노력 중이었다.
2. 탁도측정을 위한 현탁액제조 조건인 진폭, 진동수 및 진동시간별 탁도에 미치는 영향을 측정한 결과, 진폭, 진동수 및 진동시간이 증가할수록 탁도가 높게 나타나 현재 연구결과만으로는 새로운 현탁액 제조조건의 제시가 불가능하였으며, 국내에서 생산되는 진탕기에 대한 조사결과, 일본 신방식(new method) 진폭기준에 맞는 적합한 대상이 없어 진탕기를 제조하거나 기준이 되는 국내산 진탕기를 지정한 다음 호환식을 개발하여 사용하는 방법 등을 고려할 수 있었다.
3. 탁도측정 경력이 13~60개월인 한국식품연구원에 근무하는 연구자에게 RPC에서 제조한 백도 39~42의 범위의 4가지시료를 동일조건으로 제시하여 탁도를 측정한 결과, 측정자 개인별로 3회 반복 측정

하였을 경우 측정오차율은 1.60%, 5명의 측정간의 탁도측정 오차율이 7.63%에 달하고 있어 탁도측정에서 기본적으로 약 9.23%정도의 오차를 포함하고 있었다.

4. 국내에서 시판되고 있는 클린라이스 8점에 대한 품질특성을 측정한 결과, 우리나라 쌀 품위규격기준의 “특”기준을 만족한 제품이 없었고, 건식과 가수정미방식의 평균 백도는 각각 40.7, 45.7이었으며, 평균 탁도는 각각 14.9NTU(32.3ppm), 5.7NTU(14.9ppm)으로서 건식중에는 일본의 2가지 탁도기준인 18.9NTU(40ppm)와 12.6NTU(28ppm)을 만족하지 못한 제품이 33.3% 및 83.3%에 달하였으며, 가수정미방식의 경우 표면에 균열 및 백화현상이 발생하여 외관품위가 저하하였다.
5. 백도 23.2~48.5범위로 도정하면서 탁도와 SEM 검정한 결과, 호분층(Aleurone layer)의 제거정도에 따라 백도 23.2~34.8범위(도정도 3.1~7.4%)에서는 백도 증가에 따라 탁도도 증가하여 백도 34.8에서 탁도는 29.6NTU(60.1ppm)로 최대치를 나타낸 후, 백도의 증가에 따라 탁도가 감소하는 경향을 나타내었고, 백도 42, 탁도 16.0NTU(34.5ppm)에서 미강이 충분하게 제거되었으며, 일본의 2가지 탁도기준인 40ppm(18.9NTU)과 28ppm(12.6NTU)을 만족하기 위해서는 각각 백도 41 및 45이상으로 도정이 필요하였다.
6. 실험용 마찰식정미기(Friction type mill)로 백도 23.2~48.5범위로 제조한 시료를 이용하여 측정한 백도, 탁도, 건고물량, CBB index, 칼라 b값, 단백질 함량 등 클린라이스 주요한 품질인자들을 모델링한 결과, 백도에 따라 단백질함량은 선형적인 관계를 나타낸 반면, 다른 인자들은 비선형적인 관계를 나타내었으며, 결정계수가 높아 건식 및 반건식 클린라이스 제조시스템으로 제조된 시료에서 탁도만의 측정으로도 타 주요 품질인자의 추정이 가능하였다.
7. 도정도가 다른 5가지 시료를 대상으로 건식4, 반건식 2, 가수정미1 등 총 7가지의 잔류미강제거방식을 적용한 결과, 어느 방법을 사용하여도 탁도 및 건고물량은 백도 42전후로 가공하는 것이 필요하였으며, 전분알갱이 사이의 미분가루의 제거를 위해서는 가수정미방식 혹은 점착성이 높은 매체를 사용할 필요가 있었으며, 가수정미방식은 표면의 균열 및 백화현상을 방지하기 위한 수세 및 건조공정조건의 확립이 필요하였다.
8. 5명의 연구원에게 동일시료 12점을 500g씩 제공하였을 때 1회 수세기 평균 가수량은 473.2ml, 수세 시간은 26.0초였고, 이와 같은 정립된 조건으로 도정도별로 제조된 시료를 수세하면서 부유물의 발생수를 측정한 결과, 백도 20.5~37.9까지는 206~2,771개/cm²로 증가하는 경향을 보였으나, 그 이상에서는 오히려 감소하여 백도 39.8~43.9까지는 326~1,600개/cm² 수준을 나타내었고, 현탁액의 b값도 백도의 증가에 따라 감소하였으며, 부유물과 b값을 감안할 경우 백도 42수준에서 현탁액의 칼라가 양호하였다. 또한, 시중유통 쌀 39점을 1회 수세 및 탈수후 측정한 탁도값은 7.5NTU(18ppm)이하로 낮게 나타났다.
9. RPC에 설치되어 있는 상용규모의 건식, 반건식 및 가수정미방식의 클린라이스 제조시스템의 작동조건을 달리하면서 총 12가지 시료를 제조하여 품질특성을 분석한 결과, 도정도 및 싸라기발생을 등의 도정특성은 반건식이 우수하였고, 건식 및 반건식의 경우 백도가 높을수록 싸라기함량 등 품질특성이 낮

아 백도 42수준의 가공은 비효율적이었으며, 백도 42수준의 클린라이스 제조를 위해서는 추가시설의 설치가 필요하였다. 한편, 건식으로 제조된 시료를 이용하여 가수정미방식으로 클린라이스를 제조한 결과, 백도는 46.4~50.0이었으나 함수율은 증가하였으나 정백수율(milling yield)은 감소하였고, 균열 및 백화현상으로 외관품질이 낮았다.

10. RPC에서 건식, 반건식 및 가수정미방식으로 제조한 클린라이스를 10, 20, 30℃에서 저장하면서 식미 및 품질특성을 측정한 결과, 초기 식미는 클린라이스 제조방식과는 무관하게 $p=0.001$ 수준에서 도정도가 높은 시료의 식미가 높았으며, 클린라이스 제조에 물을 많이 사용할수록 저장기간에 따라 식미 저하가 심하였으며, 저장중 도정도가 낮을수록, 클린라이스 제조에 사용하는 물량이 많을수록 지방산가가 많이 증가하여 저장성이 저하하였다.
11. 클린라이스는 씻지않고 취반할 수 있는 쌀로서, 품질인자는 탁도로 표현이 가능하였으며, 호분층의 제거가 충분하고 RPC에서 건식, 반건식 및 가수정미방식으로 제조가 가능한 수준인 ① 탁도 16.0NTU(34.5ppm)수준 이하일 것, ② 쌀 품위규격기준에 적합할 것 등 2가지를 15인으로 구성된 전문가 위원회를 통해 우리나라 클린라이스 품질기준으로 설정하였다.
12. 가슴량 조절장치 및 고압노즐을 활용한 형태의 반건식 횡형 클린라이스 제조시스템 1차 시작품을 제작하여 성능을 측정한 결과, 처리능력은 약 3.2톤/시간으로 목표 처리능력을 만족하였다. 이를 바탕으로 도정특성의 향상 및 백도조절이 가능한 형태의 입형 클린라이스 제조 시스템 2차 시작품을 제작하여 제조조건에 따른 적정 운전조건을 구명한 결과, 가수비율 0.50%, 높은 압력조건에서 탁도값이 12.4NTU(27.7ppm)를 나타내었으며, 도정특성이 우수하여 실용화가 가능하였다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

본 연구에서는 클린라이스와 관련 제반 품질조건의 구명을 통해 기준 및 측정방법을 정립하였고, 반건식 입형 클린라이스 제조시스템을 개발하였다. 이 결과를 논문발표, 특허 및 기술이전, 정책건의, 홍보 및 교육 등에 다음과 같이 활용할 예정이다.

- 클린라이스 기준 및 측정방법 등은 널리 활용될 수 있도록 정부에 정책 건의를 계획하고 있다.
- 한국농업기계학회 2008년 하계학술대회에서 3편을 발표하였으며, 본 연구결과를 약 8부분으로 정리하여 논문으로 투고를 진행하고 있다.
- 클린라이스 제조시스템과 미강을 활용한 클린라이스 제조방법에 대해서는 특허를 준비중에 있으며, 기업에 기술이전을 추진중이다.
- 한국RPC연구회 2008년 정기총회 및 특별세미나, 교육 등을 통해 관련 내용을 전파하고 있으며, 더욱 확대할 예정이다.

Summary

I. Title

Development of the quality standard and related system for clean rice

II. Objectives and significance of the research

This study aims to establish definition, standard and measurement method of clean rice corresponding with safe and high quality rice distribution policies of the government to contribute to formation of an appropriate price on the market to quality of rice, and to develop clean rice related system which can improve quality of rice over that of a previous dry type clean rice related system and be used easily in RPC.

III. Contents and scope

- Modeling of quality measurement factors and researching of valid quality measurement factors
- Analysis of remained bran powder according to milling conditions
- Analysis of effect of removal method of remained bran powder and conditions of raw material on quality
- Determination of effect of quality factors on storage condition
- Establishment of definition, standard and quality measurement method of clean rice
- Design and manufacture of primary proto-type system
- Test and supplementation of performance of proto-type system and determination of optimal operating conditions of system
- Design and manufacture of commercial scale system
- Field test and establishment of supply system

IV. Results and suggestions

1. In Japan two organizations, Japan Rice Millers Association and Musenmai Association of Japan, reported different standards and measurement methods of clean rice and there was no unified standard and measurement method. To prevent confusion of consumers following the two different standards and methods the Japanese ministry of agriculture, forestry and fisheries and special community tried to lay out unified standard and measurement method.
2. When turbidity was investigated according to requirement of manufacture of turbid fluid such as

pitch, frequency and vibration time, wider pitch, higher frequency and longer vibration time increased turbidity due to elution of starch, so only with the results of this study new requirement of turbid fluid could not be shown. As there was no shaker produced in Korea which met the standard of the new method of Japan, we considered to manufacture new shaker or select to use with developing a compatible formula.

3. Researchers of Korea Food Research Institute who had measured turbidity for 13~60 months, examined turbidity of four samples with whiteness of 39~42 manufactured in RPC under same conditions. When each researcher measured turbidity three times repeatedly the measurement error rate was 1.60%, and the error rate of the five researchers reached 7.63%. So, in the measurement of turbidity the error rate was approximately 9.23%.
4. According to measurement of quality characteristics of eight clean rice samples on the market in Korea, no sample met the grade of “Special” of Korea rice grade standard and the average whiteness and the average turbidity of dry type and wet type recorded 40.7 and 45.7, respectively and 14.9NTU(32.3ppm) and 5.7NTU(14.9ppm), respectively. For dry type the samples not meeting the two turbidity requirements of Japan—18.9NTU(40ppm) and 12.6NTU(28ppm)—were 33.3% and 83.3%, respectively, and for wet type their appearance quality was reduced because of crack and chlorosis on the surface.
5. When turbidity and SEM images were examined during milling to be 23.2~48.5 in whiteness, turbidity became higher with higher whiteness according to degree of removal of the aleurone layer by recording the maximal level or 29.6NTU(60.1ppm) at the whiteness level of 34.8 for whiteness of 23.2~34.8(milling degree: 3.1~7.5%), and then it declined with higher whiteness. At the whiteness level of 42.4 and turbidity of 16.0NTU(34.5ppm) remained bran was significantly removed. To meet the two turbidity requirements of Japan or 40ppm(18.9 NTU) and 28ppm(12.6 NTU), milling to be over 41 and 45 in whiteness was necessary, respectively.
6. With samples with whiteness of 23.2~48.5 manufactured through a friction type mill, modeling of major quality factors of clean rice including whiteness, turbidity, dry matter, CBB index, b value of color and protein content was performed. The modeling revealed that whiteness was linearly related with protein content while its correlation with other factors was non-linear. In addition, even in samples produced through dry type or semi dry type clean rice related system due to high determination coefficient the measurement of only whiteness or turbidity could expect levels of other major quality factors.
7. When seven removing methods of remained bran powder consisting of four dry types, two semi dry types and one wet type were utilized with five samples with different degree of milling,

regardless of the method turbidity and dry matter needed a process to be around 42.6 in whiteness, and to remove rice powder among starch particles wet type or use of a highly viscosity material were necessary. For wet type, requirements of washing and drying process to prevent crack and chlorosis should be established.

8. The five researchers measured floating matters with washing 12 same samples of 500g with the average water amount of 473.2ml and the average washing time of 26.0 seconds according to milling degree, and found that floating matters tended to increase by recording 206~2,771/cm² for whiteness of 20.5~37.9 but it decreased to 326~1,600/cm² at higher whiteness levels of 39.8~43.9 to confirm the degree of removal of the aleurone layer. Turbidity measured after one-time washing and drying of 39 rice samples on the market was low by recording less than 7.5NTU(18ppm). In the meantime, when the correlation between moisture content and turbidity was investigated with the 39 samples, lower moisture content was associated with lower turbidity.
9. Totally 12 samples were manufactured through commercial scale dry type, semi dry type and wet type clean rice related system in RPC with different operating conditions, and their quality characteristics were analyzed. dry type and semi dry type could be produced to be 42.2 and 42.3 in whiteness, respectively, and the turbidity of dry type and semi dry type at these whiteness levels was about 15.1NTU(32.7ppm). Between the two turbidity standards of Japan they met one of 18.9NTU(40ppm) but did not the other of 12.6NTU(28ppm). Milling characteristics like degree of milling and broken kernels were superior in semi dry type. In the meantime, when clean rice was manufactured with sample through the dry type in the wet type , its whiteness was 46.4~50.0 and its moisture content increased, but its milling yield decreased and its appearance quality was low because of crack and chlorosis.
10. dry type, semi dry type and wet type clean rice manufactured in RPC was stored at 10, 20, 30℃ and its sensory test and quality characteristics were investigated. The initial value of sensory test was better in samples with higher milling degree($p=0.001$) regardless of manufacture system of clean rice, and value of sensory test declined according to storage period more seriously when more water was used in producing clean rice. Clean rice with lower milling degree during storage and manufactured with more water led to more increase of fatty acid value to decline the quality of storage.
11. As a type of rice which can be eaten without washing, the quality characteristics of clean rice could be presented with turbidity. Two quality standards of clean rice were established in Korea through a community consisting of 15 experts: ① value of turbidity is less than 16.0NTU (34.5ppm) to remove the aleurone layer sufficiently and to be manufactured through dry type,

semi dry type and wet type system in RPC; ② it fits for Korea rice grade standard.

12. A primary proto-type product was produced through semi dry type horizontal clean rice related system using a humidification control module and a fog nozzle, and its performance was tested. Its capacity was approximately 3.2ton/hour to reach the target and the amount of added water amount and sample could be controlled. When optimal operating conditions according to manufacturing conditions were determined by making vertical type clean rice related system which could improve milling characteristics and regulate whiteness, water/rice ratio was 0.50% and turbidity was 13.3NTU(29.3ppm) even under high pressure, so the rice with excellent milling characteristics could be commercialized.

V. Conclusions and utilization

This study established standard and measurement method of clean rice by investigating quality requirements related with clean rice and developed semi dry type vertical clean rice manufacture system. Its outcomes are expected to be used for publication of a paper, patent and technology transfer, suggestion of policies, advertisement and education as follows.

- It is planned to suggest policies to utilize widely the standard and measurement method of clean rice to the government.
- Three papers were presented 2008 summer conference of Korean Society for Agricultural Machinery and around eight parts of this study were arranged to be submitted to journals.
- Patents of manufacturing method using clean rice related system and rice bran are prepared and technology transfer to a company is in process.
- These results were presented in 2008 Regular meeting of the Korea RPC Research Cooperative, special seminar and education programs and their advertisement will be expanded.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	17
A. Significance	17
B. Objectives	19
C. Scope	19
 Chapter 2. Research development status	 20
A. Domestic development status and problems	20
1. Definition of clean rice	20
2. Perception and production status of clean rice	20
a. Perception of clean rice	20
b. Production status on clean rice	23
3. Research status on clean rice	25
a. Research status on clean rice	25
b. Patents and manufacture systems for clean rice	26
B. Overseas development status and problems	29
1. Production status for Japanese clean rice	29
a. Development status for Japanese clean rice technologies	29
b. Japanese clean rice yield	30
2. Definition and standard for Japanese clean rice	33
a. Definition and standard for Japanese clean rice	33
b. Clean rice standard of Musenmai Association of Japan	35
c. Clean rice standard of Japan Rice Millers Association	37
3. Related system for Japanese clean rice	39
 Chapter 3. Results and discussions	 42
A. Enhancement method for clean rice quality measurement	42
1. Determination of correlation between turbidity units	42
a. Methods	42
b. Results	43

2. Effect of suspension manufacture condition on turbidity	46
a. Methods	46
b. Results	48
3. Error ratio of turbidity by examiners and sample deviation	55
a. Methods	55
b. Results	55
4. Establishment of additional quality measurement method	57
B. Effect of clean rice manufacture condition on quality	59
1. Quality characteristics of distributed clean rice	59
a. Materials and methods	59
b. Results	60
2. Analysis of remained bran according to milling conditions	69
a. Materials and methods	70
b. Results	70
3. Analysis of correlation and modeling of quality factor	80
a. Methods	80
b. Results	80
4. Effect of remained bran removing methods on quality	88
a. Materials and methods	88
b. Results	91
5. Turbidity changes according to washing	101
a. Materials and methods	102
b. Results	104
6. Effect of clean rice manufacture condition in RPC on quality	117
a. Materials and methods	118
b. Results	119
7. Effect of clean rice manufacture type on storage characteristics	126
a. Methods	127
b. Results	130
C. Establishment of clean rice standard	152
1. Clean rice standard and measurement method	152

2. Expert advice and improvement	154
D. Development of clean rice related system	156
1. Development of semi dry type clean rice related system	156
a. Methods	156
b. Results	166
2. Development of clean rice related system using bran	176
a. Methods	177
b. Results	180
 Chapter 4. Research goal attainment and contribution to related area	 194
 Chapter 5. Plan for application of research results	 195
 Chapter 6. Collected science & technology information overseas	 196
 Chapter 7. References	 197

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	17
제 1 절	연구개발의 필요성	17
제 2 절	연구개발의 목적	19
제 3 절	연구개발의 범위	19
제 2 장	국내외 기술개발 현황	20
제 1 절	국내 관련기술의 현황과 문제점	20
1.	클린라이스의 정의	20
2.	클린라이스에 대한 인식 및 생산현황	20
가.	클린라이스에 대한 인식	20
나.	클린라이스의 생산현황	23
3.	클린라이스에 대한 연구현황	25
가.	클린라이스 연구현황	25
나.	클린라이스 관련 특허 및 도입된 클린라이스 제조시스템	26
제 2 절	국외 관련기술의 현황과 문제점	29
1.	일본의 무세미 생산현황	29
가.	일본의 무세미 관련기술 발전과정	29
나.	일본의 무세미 생산량	30
2.	일본의 무세미 정의 및 기준	33
가.	일본의 무세미 정의 및 기준	33
나.	全国無洗米協會의 무세미 규격	35
다.	日本精米工業会の 무세미 규격	37
3.	일본의 무세미 제조장치	39
제 3 장	연구개발수행 내용 및 결과	42
제 1 절	클린라이스 품질측정방법의 정립	42
1.	탁도 단위간의 상관관계 구명	42
가.	실험방법	42
나.	결과 및 고찰	43

2. 현탁액 제조조건이 탁도에 미치는 영향	46
가. 실험방법	46
나. 결과 및 고찰	48
3. 측정자 및 시료편차에 의한 탁도측정 오차율	55
가. 실험방법	55
나. 결과 및 고찰	55
4. 기타 품질측정방법의 정립	57

제 2 절 클린라이스 제조조건이 품질에 미치는 영향 59

1. 국내·외 유통 클린라이스의 품질특성	59
가. 재료 및 방법	59
나. 결과 및 고찰	60
2. 도정조건별 잔류미강 존재상태 분석	69
가. 재료 및 방법	70
나. 결과 및 고찰	70
3. 클린라이스 품질인자 모델링 및 상관관계 분석	80
가. 실험방법	80
나. 결과 및 고찰	80
4. 잔류미강제거방식이 품질에 미치는 영향	88
가. 재료 및 방법	88
나. 결과 및 고찰	91
5. 수세에 따른 탁도변화	101
가. 재료 및 방법	102
나. 결과 및 고찰	104
6. RPC규모에서 클린라이스 제조조건이 품질특성에 미치는 영향	117
가. 재료 및 방법	118
나. 결과 및 고찰	119
7. 클린라이스의 제조방식이 저장특성에 미치는 영향	126
가. 실험방법	127
나. 결과 및 고찰	130

제 3 절 클린라이스 기준 설정 152

1. 클린라이스의 기준(안)	152
2. 전문가협의회 의견	154

제 4 절 클린라이스 제조시스템 개발	156
1. 반건식 클린라이스 제조시스템개발	156
가. 실험방법	156
나. 결과 및 고찰	166
2. 미강을 활용한 클린라이스 제조기술개발	176
가. 실험방법	177
나. 결과 및 고찰	180
 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	 194
 제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	 195
 제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	 196
 제 7 장 참고문헌	 197

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

Well-being 시대를 지나 LOHAS(Lifestyles Of Health And Sustainability)시대 도래에 따라 쌀도 단순한 “식량”개념에서 “식품이면서 상품”으로 바뀌면서 “고품질”이외에도 “안정성”과 “품질균일성”이 중요하게 되었다.

2000년 우리나라 국민 1인당 연간 쌀 소비량이 93.6kg이었지만 연차별로 감소하여 2008년에는 75.8kg까지 감소하였지만 쌀 공급량은 큰 차이가 없는 반면 MMA물량으로 수입되는 밥쌀은 매년 증가하여 평년작만 되어도 매년 약 20만톤 내외의 공급과잉이 예상되고 있다. 또한, 우리나라 쌀 시장은 미국, 유럽과 FTA와는 별도로 2015년부터 전면 개방되어 닫힌 시장에서 열린 시장으로 본격 전환되면서 우리 쌀은 시장에서 외국산 쌀과 직접 경쟁해야 하는 시대가 도래되고 있다. 2008년 기준 우리나라 전체 농가의 71%가 생산하고 농업소득의 47%를 차지하는 쌀 산업의 생존과 발전을 위해서는 근본적인 변화가 필요한 실정이다.

이에 따라 대내외 환경변화에 대응할 수 있도록 생산, 유통체계의 선진화가 시급한 실정으로 우리나라 쌀 산업의 산지유통중심이 되고 있는 RPC(Rice Processing Complex, 미곡종합처리장)도 안전한 고품질 쌀 생산을 통한 품질경쟁력 향상과 통합을 통한 규모화로 경쟁력을 강화해야 하는 등의 변화를 요구받고 있다.

정부에서는 ① 최근 쌀의 공급 과잉기조 지속, 수입 개방확대, 소비자의 요구변화, 대형유통업체의 성장 등 쌀 유통환경이 변화됨에 따라 차별화를 위한 쌀 브랜드화가 불가피하며, ② 통합RPC 중심으로 규모화·전문화를 추진해 나가면서 시군단위 대표 브랜드쌀 육성을 통해 국내산 쌀의 품질경쟁력을 향상시키기 위하여 고품질쌀 브랜드육성사업을 추진하고 있다. 2007년부터 추진되어온 고품질쌀 브랜드육성사업은 2019년까지 소비자가 만족하고 신뢰하는 생산·유통거점별 대표브랜드쌀 100개를 육성한다는 목표로 당해 연도에도 8개소(경기여주, 충남보령, 충남공주, 전남영광, 전남무안, 경남함양, 나주봉황, 김천건양)를 선정하여 개소당 30억원의 사업비(정부보조 40%, 지방비보조 20%, 자담 40%)로 처리능력 7.5톤/시간(백미기준)을 생산할 수 있는 가공시설현대화를 지원하고 있다.

그러나 RPC에서는 갈수록 치열해지는 경쟁에 살아남기 위하여 클린라이스나 배아미, 유기농재배미 등 고부가가치가 있는 상품이나 다른 RPC와 차별화되는 상품의 생산에 많은 관심을 갖기 시작하면서 소위 클린라이스에 대한 관심이 높아졌다. 여기서 클린라이스(Clean rice)는 “씻지 않고 취반이 가능한 백미”(Yamashita, 1993)를 말하며, 통상적으로 “무세미(無洗米)”, “씻어나온쌀”, “씻은쌀”, “청결미” 등을 포함하고 있다. 2002년 (주)라이스텍에서 우리나라 최초로 “씻어나온쌀”을 생산한 이후, (주)오뚜기(2004), 김천건양RPC(2006) 등에서 일본에서 수입한 가수정미방식으로, 팔탄농협RPC, 오창농협RPC, 신김포농협RPC, 내수농협RPC 등 수많은 RPC에서 일본에서 수입한 건식연미방식을 설치하면서 다양한

명칭의 클린라이스를 생산하고 있다.

주지하고 있는 바와 같이 클린라이스는 일본에서 시작되었고, 일본에서 정립된 개념이다. 일본에서 클린라이스가 최초로 제조되어 판매된 것은 1991년이었고, 판매가 확대된 것은 1999년부터이며(桂木優治, 2003), 2006년 현재 시중에서 유통되고 있는 쌀중 약 7.0%정도에 달하고 있다. 일본에서 클린라이스가 판매되고 있는 것은 편리성(55%), 환경오염(20%), 부가가치에 비해 가격이 낮고(9%), 식미가 높은(6%) 등의 이유로 매년 생산량이 크게 증가하고 있는 것으로 알려져 있다(米麥データブック, 2004, 日本瑞穂食糧検査協會).

이에 따라 일본에서도 2000년 10월에 설립된 일본의 全国無洗米協會에서 최초로 기준과 측정방법을 설정하였으나, 기준이 지나치게 엄격하여 클린라이스 제조시스템을 생산하는 모든 업체가 회원으로 가입되어 있는 日本精米工業會에서 2001년 10월 훨씬 완화된 클린라이스 기준을 제시하여 클린라이스 품질기준이 2가지가 되었다. 소비자의 혼란을 방지하기 위해 일본 식량청에서는 2가지의 품질기준을 통일된 품질기준 설정을 마련하기 위하여 검토를 시작하였으며, 현탁액의 제조방식은 통일시켰으나 탁도의 상한치 등 기준에 대해서는 통일시키지 못하고 해체되어버렸다. 이에 따라 일본곡물검정협회, 전국미곡협회 등 8개의 단체로 구성된 米穀公正取引推進協議會에서 2003년 6월 “쌀 품질표시 가이드라인”을 제정하여 발표하였으며, 클린라이스에 대해서도 탁도 40ppm이하와 정미품질규격기준에 적합할 것이라는 2가지 항목을 제시하였다. 日本精米工業會에서는 이 기준을 준용하고 있으나 全国無洗米協會에서는 탁도 28ppm 등 새로운 기준을 제시하고 있어 소비자의 혼란은 계속되고 있다. 이에 따라 일본 농림수산성은 종합식료국에서 2006년 10월에 발간한 제 1회 쌀의 농산물검사 등 검토회 자료에서 클린라이스에 대한 검토의견을 제시하는 등 기준을 통일하기 위하여 노력하고 있는 것으로 알려져 있다.

한편, 日本精米工業協會에서는 2001년 무세미 기준을 제시하면서 무세미기 제조시스템을 가수정미가공방식, 특수가공방식, 건식연미방식 등 3가지 방식에서 5개회사 7개 제품을 클린라이스 시스템으로 지정하였으며, 이를 필두로 보다 다양하면서 많은 제품이 생산되고 있는 것으로 알려지고 있다.

우리나라에는 아직까지 클린라이스의 정의, 기준 및 측정방법이 정립되지 않는 상태이다. 그동안 김등(1987)의 습식연미기에 관한 연구가 진행된 이후, 이 등(2000), 권(2001) 및 최(2003) 등의 연구가 진행되었고 다양한 아이디어 차원의 특허도 제출되었다. 그러나 아직까지 RPC 등에서 용이하게 사용할 수 있는 제조시스템이 개발되지 않는 것은 이러한 기준 및 품질측정방법이 정립되지 않은 상태에서 자의적으로 개발된 제조시스템의 성능을 평가하여 시스템의 성능이 정확하게 구명되지 않았기 때문이라고 분석되고 있다.

이러한 여건속에서 일부 RPC에서는 일본에서 클린라이스 제조에 적합하다고 인증받은 시스템을 설치하고, 설치된 시설에서 생산된 쌀에 대해서는 품질검사 없이 자의적으로 유사한 이름을 부착하여 유통하고 있는 실정이며, 이로 인해 지금까지 사용되었던 습식연미기에서 생산된 제품과의 차이점에 대하여 논란이 심각하였다. 더욱이 일본에서 수입되는 건식 클린라이스 제조시스템의 가격이 국내산 습식연미기에 비해 최대 약 10정도까지도 고가로 판매되고 있어도 특별한 조치를 할 수 없는 상태였다.

이에 따라 우리나라에 최소한 기준을 충족시키지 못하는 시스템의 수입의 감소는 물론 클린라이스에

대한 소비자의 신뢰를 높이기 위해서는 클린라이스의 정의, 기준 및 품질측정방법의 정립에 대한 필요성이 급증하였다. 아울러 현재 우리나라에 보급되어 있는 각 클린라이스 제조방식별 특징을 정확하게 파악하고 문제점을 발굴하여 RPC에서 용이하게 적용할 수 있는 클린라이스 제조시스템을 개발할 필요성이 있다.

제 2 절 연구개발의 목적

본 연구는 정부의 안전한 고품질 쌀 유통정책에 부합되는 클린라이스의 정의, 기준 및 측정방법을 정립하여 쌀의 품질에 맞는 시장유통가격체계가 형성되는데 기여하고, 기존의 건식연미방식 이상의 품질향상이 가능하고 RPC에서 용이하게 적용할 수 있는 클린라이스 제조시스템을 개발하는데 있다.

제 3 절 연구개발의 범위

본 연구는 3차년도에 걸쳐 다음과 같은 연구범위에서 실시되었다. 주요 내용은 클린라이스 기준설정, 클린라이스 품질측정방법 정립, 클린라이스 제조시스템 개발 등이며, 세부적인 연구내용은 다음과 같았다.

- 품질측정인자 모델링 및 유효 품질측정인자 검색
- 도정조건별 잔류미강 존재상태 분석
- 잔류미강 제거방식과 원료조건이 품질에 미치는 영향분석
- 품질인자가 저장조건에 미치는 영향 구명
- 클린라이스의 정의, 기준 및 품질측정방법 정립
- 1차시작품의 설계, 제작
- 시작품의 기본성능측정, 보완 및 적정 시스템 운전조건 구명
- 실용화 규모의 시스템 설계 및 제작
- 현장 적응실험 및 보급체계 구축

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내 관련기술의 현황과 문제점

1. 클린라이스의 정의

일반적으로 클린라이스(Clean rice)는 “씻지 않고 취반이 가능한 백미”(Yamashita, 1993)를 말하며, 아직까지 우리나라에서 정확하게 클린라이스에 대한 정의가 없는 실정이다. 또한, 우리나라에서 사용되고 있는 “무세미”, “씻어나온쌀”, “씻은쌀”, “청결미” 등에 대한 공인된 정의, 기준이 없으며, 일부 연구에서 사용하고 있는 정의도 일본의 개념 또는 정의를 그대로 인용한 것에 불과한 실정이다.

또한, 우리나라에서 “무세”(등록번호 4003526710000, 1996. 12. 27, 출원인 옥경호)와 “씻어나온쌀”(등록번호 4005242630000, 2002. 7. 3, 출원인 (주)라이스텍)은 상표등록되어 있고, “무세”의 지정상품 중에 “쌀”이 포함되어 있다. 쌀포장지에 “무세미”를 표기한 민간 RPC가 피소되어 소송(사건번호 대법원 2003다16269)된바 있는 상태로서 “무세미”, “씻어나온쌀”은 일반적인 용어로 사용하기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 통상적으로 사용되고 있는 “무세미(無洗米)”, “씻어나온쌀”, “씻은쌀”, “청결미” 등을 클린라이스로 통칭하였으며, 일본의 정의 및 기준 등의 자료를 인용할 경우 무세미란 용어를 겸용하였다.

2. 클린라이스에 대한 인식 및 생산현황

가. 클린라이스에 대한 인식

농산물유통공사(2007) 「2007년 주요 식량작물 · 화훼 소비패턴」에서 클린라이스에 대한 소비자의 인식조사 결과를 발표하였는데 주요한 내용은 다음과 같았다.

우리나라 소비자의 57.3%는 클린라이스에 대해 알고 있으나, 구입율은 11.2%로서 아직까지는 미미하며, 도시권역이 작을수록 클린라이스 인지도가 높았으며 연령이 낮을수록 클린라이스 구입경험 비율이 높게 나타났다. 클린라이스의 맛과 품질, 안전성, 가격에 대한 만족도는 각각 43.8%, 38.5%, 24.7%, 15.5%로서 전반적으로 낮았으며, 향후 클린라이스를 구입하겠다는 응답은 5.5%, 구입할 의향이 없다는 응답은 68.5% 나타났다. 클린라이스를 구입하지 않으려는 이유로는 결국에는 또 씻게 되고, 일반 백미와 별차이가 없기 때문이라는 응답이 높게 나타나서 향후 가격과 품질에 대한 개선이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

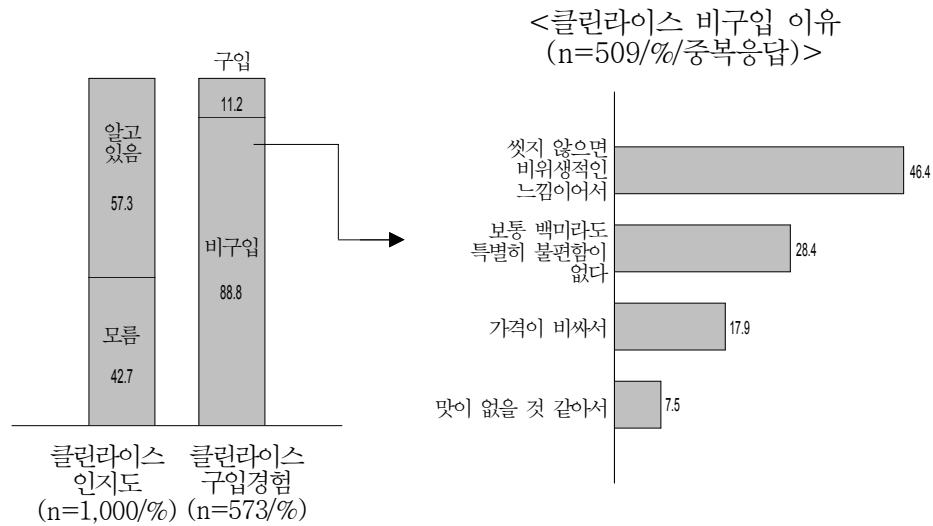


그림 2-1-1. 우리나라에서 클린라이스 인지 및 구입경험

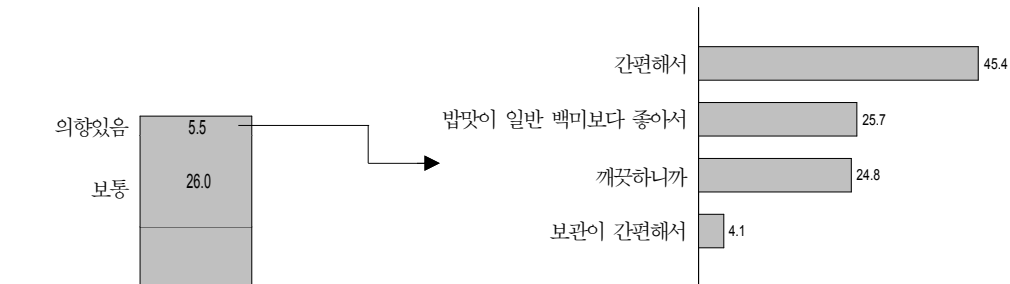
표 2-1-1. 우리나라에서 클린라이스 인지 및 구입경험

구 분		응답자수	클린라이스 인지도		응답자수	클린라이스 구입여부	
			알고 있었다	몰랐다		있다	없다
전 체		(1,000)	57.3	42.7	(573)	11.2	88.8
권역별	수도권	(493)	55.6	44.4	(274)	10.8	89.2
	지방광역시	(405)	57.4	42.6	(232)	11.4	88.6
	중소 도시	(102)	65.1	34.9	(66)	12.0	88.0
주부 연령별	20대 후반	(71)	58.1	41.9	(41)	30.2	69.8
	30대	(298)	62.0	38.0	(184)	12.7	87.3
	40대	(330)	59.9	40.1	(197)	9.9	90.1
	50대 이상	(302)	49.6	50.4	(150)	5.9	94.1
연평균 가구소득	2천 미만	(92)	55.2	44.8	(51)	12.0	88.0
	2천~3천	(332)	53.5	46.5	(178)	9.9	90.1
	3천~4천	(338)	57.4	42.6	(194)	10.1	89.9
	4천 이상	(239)	63.1	36.9	(151)	13.9	86.1

표 2-1-2. 클린라이스에 대한 만족도

구 분		응답자수	맛		품질		안전성		가격	
			만족	평균 (점)	만족	평균 (점)	만족	평균 (점)	만족	평균 (점)
전 체		(64)	43.8	3.31	38.5	3.30	24.7	3.04	15.5	2.61
권역별	수도권	(30)	53.9	3.46	50.1	3.50	30.8	3.08	23.0	2.96
	지방광역시	(27)	38.6	3.21	30.0	3.13	17.1	3.00	8.5	2.31
	중소 도시	(8)	23.6	3.09	23.6	3.16	27.3	3.06	10.5	2.32
주부 연령별	20대 후반	(12)	36.6	3.30	36.7	3.12	9.2	3.02	9.1	2.64
	30대	(23)	47.4	3.28	37.7	3.38	30.1	3.11	13.3	2.69
	40대	(20)	46.2	3.45	46.2	3.47	21.8	2.98	11.7	2.43
	50대 이상	(9)	38.8	3.13	25.9	3.00	38.8	3.03	38.8	2.78
연평균 가구소득	2천 미만	(6)	21.9	3.06	22.0	3.07	0.0	2.81	37.3	2.96
	2천~3천	(18)	26.0	3.00	19.5	3.13	13.0	2.82	13.0	2.37
	3천~4천	(20)	55.2	3.43	43.6	3.28	26.1	3.16	10.1	2.51
	4천 이상	(21)	54.4	3.54	54.4	3.54	40.4	3.19	16.3	2.81

< 클린라이스 구입의향 이유(n=55/%) >



< 클린라이스 비구입의향 이유(n=685/%) >

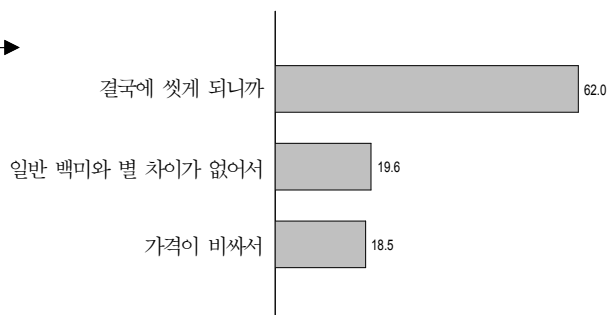


그림 2-1-2. 클린라이스 구입의향 및 그 이유

나. 클린라이스의 생산현황

일반적으로 우리나라에는 클린라이스는 다음과 같은 ① 편리성, ② 환경보호, ③ 저장성, ④ 제품의 다양성 등 4가지 측면에서 장점을 갖춘 것으로 알려져 있다.

① 편리성에 관한 사항

우리나라에서도 1인당 쌀 소비량이 년차별로 점차 감소('01) 88.9kg → ('03) 83.2kg → ('06) 78.8kg → ('09) 74.0kg)하여 2009년 1인당 쌀 소비량이 74.0kg이었으며, 쌀 소비량의 감소 원인으로는 well-being됨에 따른 잡곡 등의 대체, 맛벌이 부부 증가에 따른 외식증가, 결식 등이 지적되고 있으나, 쌀을 씻는 절차와 조리시간이 오래 걸리는 등 편리성에 대한 부분이 중요한 원인중 하나로서 클린라이스는 이의 해결방안중 하나로 거론되고 있다.

② 환경보호에 관한 사항

권(2001)은 가정이나 식당에서 쌀을 씻을 때 백미중량의 약 15~20배에 달하는 세척수가 필요하고, 이 때 발생된 쌀뜨물은 국내 연간 쌀 생산량으로 환산할 경우 약 7,500만~1억톤 정도가 생활폐수로 배출되어 하천, 바다 등의 환경오염을 초래하고 있으므로 클린라이스의 생산으로 이와 같은 환경오염을 방지할 수 있다고 하였다.

③ 저장성에 관한 사항

이 등(2000)은 쌀에서 잔류미강 등을 제거한 클린라이스는 일반 쌀보다 저장성이 높다고 보고하였으나, Kawamura 등(2009)은 클린라이스와 일반 백미를 저장한 결과, 저장온도 20℃에서는 클린라이스의 상미기간이 일반백미보다 짧았지만, 15℃에서는 일반백미보다 상미기간이 길어졌다고 보고하였다. 한편, Yamashita(1993)는 클린라이스는 벼보다 저장성이 높아 벼 저장보다는 클린라이스의 저장 및 유통시스템이 미래의 중요한 기술이 될 것으로 전망하였다.

④ 제품의 다양성에 관한 사항

RPC에서는 기존 도정라인에 클린라이스 제조시스템을 추가로 설치하여 제품을 생산할 수 있는 것으로 인식하고 있다. 특히, 쌀시장의 개방화에 따라 지역간 및 RPC간의 경쟁이 치열해지고 있어 일부 RPC는 클린라이스 등 제품의 다양화가 경쟁에서 우위를 차지할 수 있는 방안중 하나로 간주하여 클린라이스나 배아미 등 다양한 제품의 생산을 검토하고 있다.

한편, 2010년 4월 인터넷 쇼핑몰을 통해 생산되고 있는 클린라이스에 대한 조사결과는 다음 표 2-1-3과 같았다. 표에서 알 수 있듯이 클린라이스는 동일 또는 유사상품의 일반 쌀에 비해 가격이 약 139.3%로 대단히 높았다.

표 2-1-3. 시중 유통중인 클린라이스와 일반미의 가격비교

구분	클린라이스					일반미					비고 A/B× 100 (%)
	제품명	품종	단위 (kg)	가격 (원)	단가 (원/kg) (A)	제품명	품종	단위 (kg)	가격 (원)	단가 (원/kg) (B)	
1	씻어나온 맛있는 오뚜기쌀(골드)	—	20	47,900	2,395	—	—	—	—	—	
	씻어나온 맛있는 오뚜기쌀(명품)	—	10	23,000	2,300						
	씻어나온 맛있는 오뚜기쌀(진품)	—	5	13,900	2,780						
2	씻어나온쌀	—	20	59,800	2,990						
	무농약 씻어나온쌀	—	4	20,500	5,125						
	경기추청 씻어나온쌀 골드	—	5	23,000	4,600						
3	시에나위터로씻 어나온알칼리쌀	일반	4	13,400	3,350						
4	자연과 나눔 씻어나온쌀	일반	10	23,900	2,390						
5	씻어나온 유기농 오리쌀	—	0.8	4,150	5,188	자연애뜰 유기농쌀	—	4	16,300	4,075	118.6
	씻어나온 무농약쌀	—	4	17,900	4,475	초록마을 무농약쌀	—	4	14,900	3,725	129.7
6	무농약-꿈에그린 쌀(무세미)	—	5	22,000	4,400	왕우렁이 청원생명쌀	추청	10	24,500	2,450	187.8
	유기농-꿈에그린 쌀(무세미)	—	5	24,000	4,800	청원 생명쌀	추청	10	26,300	2,630	174.9
7	이천쌀 (건식무세미)	추청	10	35,500	3,550	이천쌀 참결미	추청	10	27,500	2,750	129.1
8	간척지도암쌀 (건식무세미)	—	20	46,900	2,345	한사랑쌀	일반	20	45,000	2,250	104.2
9	해양심층수 코팅쌀(무세미)	오대	4	18,300	4,575	고성 오대미	오대	20	49,800	2,490	219.4
10	깨끗하게 씻어나온쌀	일반	10	24,800	2,480	어진쌀 청결미	일품	10	21,750	2,175	114.0
						어진쌀 일품쌀	일품	10	23,000	2,300	107.8
11	와이즐렉 마음들인 씻어나온 쌀	일품	5	16,500	3,300	다사랑미	일반	20	39,800	1,990	162.1
						삼안안계미	일반	20	42,800	2,140	150.7
	금싸라기 씻어나온쌀	일품	10	31,500	3,150	의로운쌀	일품	20	45,500	2,275	141.8
						금싸라기	일품	20	51,500	2,575	125.2
12	물레방아 씻어나온쌀	새 추청	5	14,800	2,960	물레방아	일반	5	13,800	2,760	107.2
						물레방아 일품미	일반	10	20,900	2,090	141.6
						물레방아골드	칠보	10	25,800	2,580	114.7
평 균					3,534					2,578	139.3

3. 클린라이스에 대한 연구현황

가. 클린라이스 연구현황

우리나라에서 클린라이스의 일종일 수 있는 소위 “청결미기”와 관련된 연구결과가 알려진 것은 김동철(1987)이 최초로서, 그 이후에 Chung 등(1998, 1999)의 연구가 있었으며, 클린라이스와 관련된 의미있는 연구는 3건 정도에 불과한 것으로 조사되고 있다.

최초 연구는 ARPC의 기획과제로 추진된 “벼의 수확후 처리·가공기술 개발(2000, 총괄연구책임자 김동철)의 세부과제로 진행된 “씻지않는쌀 제조설비의 국산화 및 실용화 기술개발”(세부연구책임자 이상효)로서 가수정미방식의 클린라이스 제조시스템을 개발하였다. 그 이후 권기현(2001)은 석사학위 논문으로 가수정미방식에 대해 “씻어나온 쌀 제조기계개발 및 품질평가”, 최희석(2003)은 박사학위 논문으로 정전기방식과 미량가수방식의 조합방식으로 “무세미 가공시스템개발” 등을 연구하였다.

이들 연구는 과학적이며 체계적인 도정관련 품질기준 및 측정방법이 없는 상태에서 진행되어 측정방법간의 차이가 있어 직접적인 비교가 어려웠으며, 제조시스템의 개발에 주력하면서 클린라이스 정의, 기준, 품질측정방법은 정립되지 못하였다. 이상효(2002)는 이 연구에서 개발한 가수정미방식 클린라이스 제조시스템을 이용하여 벤처기업인 (주)라이스텍을 설립하여 “씻어나온쌀”이라는 브랜드로 현재까지 클린라이스를 판매하고 있지만 이 때 개발한 가수정미방식이 자사 이외에 거의 보급되지 못하였다. 한편 최(2003)가 개발한 정전기방식 및 미량가수방식의 조합방식도 클린라이스 제조시설로 실용화되지 못하고 있다.

표 2-1-4. 국내에서 클린라이스 관련된 연구현황

연구수행 기관	연구개발의 내용	연구개발성과의 활용현황
한국식품연구원 (1999~2001)	○ 이상효, 김동철 등, ARPC 과제 - 벼의 수확후 처리·가공기술 개발 ○ 가수방식인 “씻어나온쌀” 제조시스템의 국산화 및 실용화기술	○ (주)라이스텍 창업, 추가적인 시스템 보급부족
한국식품연구원, 성균관대학교(2001)	○ 권기현, 성균관대 석사학위논문 - 씻어나온 쌀 제조기계개발 및 품질평가	○ 가수정미방식의 운영조건 개선
농공학연구소(2002), 성균관대학교(2003)	○ 최희석, 성균관대 박사학위논문 - 무세미가공시스템 개발	○ 반건식연미방식의 미 실용화

나. 클린라이스 관련 특허 및 도입된 클린라이스 제조시스템

클린라이스의 전신이 되는 연미기와 관련되어 조사된 산업재산권(특허 및 실용신안)은 다음 표 2-1-5와 같이 약 11건으로 주로 압축공기나, 브러쉬 및 피복류 사용, 오존수나 이온수 사용이 주를 이루고 있다.

또한, 클린라이스와 관련되어 조사된 산업재산권은 다음 표 2-1-6과 같이 약 9가지 정도로 압축공기에 의한 강제송풍, 건조방법, 세정수, 연미재 등 일반적인 사항이 주류를 이루고 있다.

표 2-1-5. 연미기에 관하여 국내에 등록된 산업재산권 현황

구분	출원인	등록번호	등록일자	발명명칭	주요 특징	비고
특허	가부사카가이샤 아미모토세이사 쿠쇼	10-0642303	06.10.27	연미기	나일론 연미브러쉬원통 형상 겨제거통	
특허	(주)참미래	20-0384236	05.05.04	정미장치를 겸한 배아미 연미 장치	강제 통풍 방식	
특허	오창농업협 동조합	10-0469319	05.01.21	오존을 이용한 백미 제조방법 및 그 장치	오존수, 오존 공기	
실용 신안	서영석, 김주한	20-0300901	03.01.02	기능성 쌀을 생산하는 살균 세척장치	이온수, 은이온수(0.1~0.005 μ m), 기능수, 알카리이온수, 공기	
특허	최종진	10-0362891	02.11.16	압축공기를 이용한 미강분리장치	압축공기	
특허	최희석	10-0362310	02.11.12	건식 연미장치	통기공 로더, 브러쉬	
특허	주식회사 피엔라이스	10-0302140	01.06.30	이온수를 사용한 쌀의 세척방법	산성이온수와 알카리이온수(pH8.5~10.5)	
특허	배근수	10-0284706	00.12.22	수증기와 미강을 이용한 연미기 및 그 연미방법	수증기, 가죽피복	
실용 신안	박은준	20-0039062	88.12.14	연미기	폴리우레탄재의 광택편	소멸 특허
실용 신안	박은준	20-0011043	74.07.05	풍압식연미기	압축 공기, 연미 피혁	

표 2-1-6. 클린라이스에 관하여 국내에 등록된 산업재산권 현황

구분	출원인	등록번호	등록일자	발명명칭	주요 특징	비고
특허 등록	대한민국 농촌진흥청	10-0504247	05.07.20	쌀겨 제거장치	코로나 방전, 정전기, 강제송풍	
특허 공개	이스히즈카 타케시	10-2007-0 008527	07.01.17	무세미(無洗米) 제조방법 및 그 장치	연미재 : 볶은겨, 브러쉬 이온화 에어로 정전기 제거	
특허 공개	토요 라이스 클리닝머신 컴퍼니 리미티드	10-2006-0 016754	06.02.22	무세미의 제조방법 및 그 장치	정백미를 가열, 고압 열풍, 압축공기	
특허 공개	가부시키가이샤 굿도라이프	10-2005-0 015946	05.02.21	연미방법, 연미장치, 연미재, 무세미 제조방법 및 무세미제조장치	건식, 연미재로 탈지장 사용(옥수수알 껍질, 톱밥, 왕겨, 비지 가능)	
특허 등록	가부시키가이샤 야마모토세이사 쿠쇼	10-0465656	04.12.30	정미 장치, 사전 세미 제조 장치, 균평 장치 및 사전 세미제조 설비	세정수, 탈수액(준청수), 온풍건조	
특허 등록	윤종락	10-0401953	03.10.02	건식 무세미 정미장치	압축공기	
특허 등록	(주)바이오세라	10-0361977	02.11.08	무균 무세미와 그 제조방법	활성수, 키토산수용액 (0.1~3%), 원적외선 건조기 (40~80℃)	
특허 등록	배근수	10-0332060	02.03.27	곡물세척방법 및 그 장치	식물성기름 주입장치, 가온송풍장치 초음파 가습장치	
특허 공개	가부시키가이샤 굿도라이프	10-2001-0 092295	01.10.24	탈지겨를 이용한 청정미의 제조장치 및 제조방법	탈지겨, 유지분흡수섬유질(옥수 수수염뿌리)	

우리나라에 설치되어 있는 클린라이스시스템은 국산을 설치한 (주)라이스텍 이외에는 거의 대부분 일본에서 제조된 클린라이스 시스템을 설치하고 있으며, 특히 Satake의 가수정미방식, Yamamoto사의 건식 등이 대표적인 시스템이라고 할 수 있다. 이 외에도 국산의 습식연미기 등을 사용하면서 클린라이스를 제조하고 있는 RPC도 있는 실정이다.

표 2-1-7. 국산 습식연미기와 일본산 건식 클린라이스 제조시스템의 설치조건

구분	모델명	처리능력 (톤/hr)	주요 설치조건		비 고
			풍량(m ³ /min)	정압(mmAq)	
국산 (습식연미기)	HRC-4S(1단)	3.5	70	350	
	HRC-4W(2단)	3.5	70	350	
	YR-50(1단)	3.0	46	350	
	YR-530(1단)	2.0	46	350	
	DRP-200(1단)	4.0	45	500	
	DRP-300(2단)	4.5	70	500	
	VBF-7B(1단)	6.0	40	450	
	KCP40A(1단)	3.0	11	600	
수입산 (건식연미방식)	일본제품	2.4	50	400	
	일본제품	4.0	60	400	
	일본제품	5.0	80	300	

제 2 절 국외 관련기술의 현황과 문제점

1. 일본의 무세미 생산현황

가. 일본의 무세미 관련기술 발전과정

클린라이스의 일종인 “무세미(無洗米)”라는 용어가 최초로 사용된 것은 佐竹利彦(1988)의 “近代精米技術に関する研究”으로 관용어로서 “쌀을 씻지않고 물을 가해서 취반하는 백미를 말한다”로 사용한 것이 최초로 알려져 있다. 그 이전에는 일반적으로 쌀은 과도하게 씻으면 영양성분을 많이 잃게 되고, 쌀을 씻는 시간이 길어지면 쌀이 물을 흡수하여 찌라기가 많아지므로 빠르고 충분하게 씻는 것이 좋다고 알려져 있었으며, 쌀을 씻는 것을 淘洗라는 표현을 사용하였다(二瓶貞一, 1941). 淘洗가 불필요한 백미를 1955년까지는 미곡업계에서는 不淘洗米라는 용어를 사용하였다(桂木優治, 2003).

무세미는 일본에서 개발되고 발전된 기술로서 무세미의 발전과정은 일본 정미기술의 발전과정과 연계되어 있다고 할 수 있다.

표 2-2-1. 일본에서 무세미와 쌀산업계의 동향

年	無洗米(主要裝置)	米穀業界	行政	市場
1991	BG米 JF			
1992	에코라이서			
1993	쿠리키無洗米裝置			
1994		작況不良 品質低下 外國産의 加工	작況不良 品質低下	작況指數 74의 大凶作 平成의 米騒動
1995		작況不良 品質低下	食糧法 作況不良 品質低下	
1996	리플레	表示의 改正	食糧法에 의한 表示	量販店主導型의 米販賣와 外食産業의 躍進
1997	SJR			
1998				
1999	名種裝置	卸의 統廢合	米의 關稅化	
2000	NTWP	無洗米의 販賣擴大	表示의 改正 JAS 法에 의한 表示	米의 過剩在庫價格低下
2001			生産調整研究 米政策改革大綱	食品의 事故 食의 安全安心
2002	無洗米裝置 539個所			
2003				

세계 제 2차 대전 이후인 1955년 일본의 초기 쌀 수급여건이 완화되면서 소비자의 쌀에 대한 기호가 높아졌으며, 배급되는 쌀의 연마 등의 기술적인 문제 및 쌀 유통개선의 문제가 제기되었다. 1960년경부터 고도성장시대로 접어들면서 쌀산업에 필요한 인력확보도 어려워질 뿐 아니라 경영의 합리화를 도모할

필요가 높아졌다. 이에 따라 정미공장도 가계형태의 소형정미에서 대형정미공장으로 근대화가 검토되기 시작하였으며, 1960년대부터 현재의 대형정미공장 형태의 근대화된 정미공장이 건설되기 시작하여 거의 10년에 걸쳐 전국적으로 보급되었다.

1970년대 이후에는 특히 쌀의 품질의 향상을 추구하였으며, 대형 정미공장에서는 도정도가 높고, 찌라기 혼입율이 낮은 것은 물론 이물질이 적은 쌀을 생산하였다. 일본에서 고성능 정미시스템의 개발이 이루어진 시기도 이 시기인 1970년대 초반에서 1980년대까지로서, 쌀을 무세화 처리하기 위한 연미기는 1970년대에 제조되었다. 낮은 도정압력의 마찰식정미기로서 가수하는 습식연미기가 사타케사와 일본정미공업회가 공동으로 개발된 것은 1975년경으로 “클린라이트(クリーンライト)”라는 이름으로 널리 보급되었으며, 현재의 정미공장에도 아직도 사용되는 곳이 많은 것으로 알려져 있다. 1977년에는 배아정미기에 대해 다시 관심을 가지는 소위 제2차 배아정미시대가 되었으며, 이 습식연미기는 배아정미기로도 널리 이용되었다.

1991년에는 사타케사에서 새로운 가수정미방식 무세미장치인 JF(ジフライス)을 개발하여 대형정미공장에 설치되어 현재의 무세미가 시장에 판매되기 시작하였다. 그러나 1993년에는 역사적으로 대홍작이 발생하였고, 1994년에는 약 250만톤의 외국산 쌀이 대량 수입되는 등 무세미가 시장에서 거의 자취를 감추는 등 초기 무세미의 판매는 순조롭지 않았던 것으로 알려져 있다.

1997년을 전후해서 각종 무세미제조장치가 제작되기 시작하였으며, 쌀 산업계에서는 신상품의 하나로 무세미의 판매에 주력하였으며, 소비자에게도 점점 침투되기 시작하였다. 정확한 통계는 없지만 무세미의 판매가 급격하게 신장된 것은 약 2001년부터로 알려져 있으며, 2003년경에는 약 10개사에서 무세미제조장치를 생산하여 약 529개소에 설치된 것으로 알려져 있다.

나. 일본의 무세미 생산량

일본에서의 무세미 생산량은 매년 발행되는 全国瑞穂食糧検査協会 자료(ポケット 米麦データブック)에서 추정할 수 있다. 이 통계자료에서는 무세미를 배아미, 영양강화, 특별재배미 등과 같이 부가가치미의 일종으로 구분하고 있다.

2006년 현재 일본에서의 쌀의 종류별 유통비율은 단일브랜드미가 약 74%, 부가가치미가 약 17%, 브랜딩미(다른 품종을 혼합한 쌀)가 약 7%, 기타 2%수준이었으며, 부가가치미 중에서 무세미가 약 41%로서 전체적인 유통쌀 중에서 무세미는 약 7.0%(17%×41%)수준 정도로 추정되고 있다. 2006년 일본의 총 현미생산량이 856만톤과 수입량 및 재고량을 포함하면 전체적인 공급량은 현미 약 927만톤 규모이며, 정백수율을 90.5%로 감안할 때 쌀 공급량은 약 840만톤 수준으로, 840만톤 가운데 무세미가 7.0% 정도이므로 일본에서 생산 유통되는 무세미는 약 59만톤 수준정도로 추정되었다.

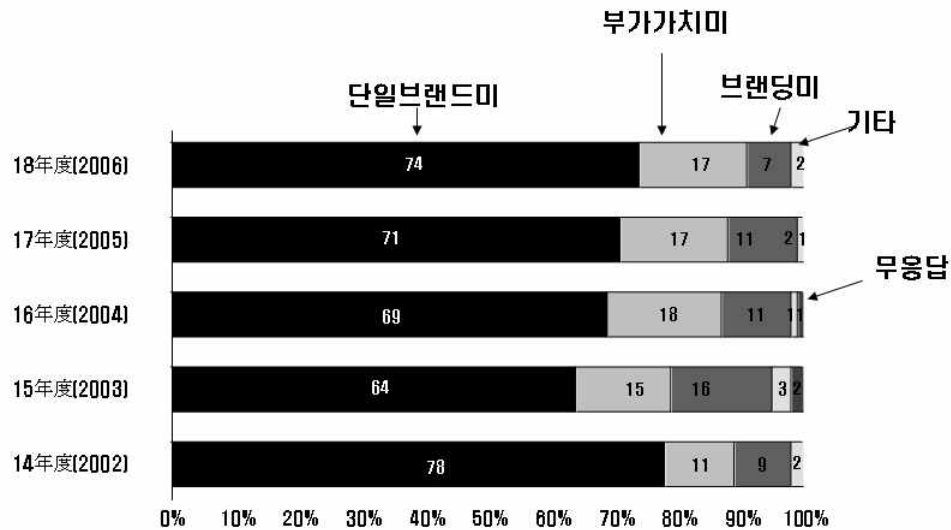


그림 2-2-1. 일본에서 소비자가 구입하는 쌀의 종류
(참고자료: 포켓트 米麦データブック, 全国瑞穂食糧検査協会, 2007)

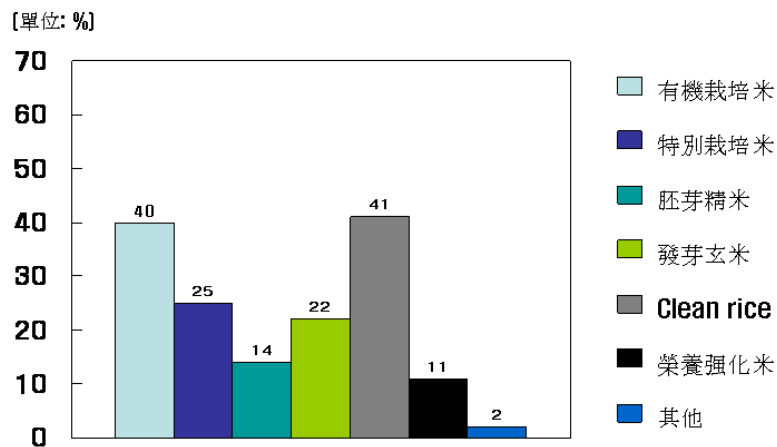


그림 2-2-2. 일본의 부가가치미의 종류



그림 2-2-3. 대형마트에서 판매되고 있는 쌀

일본에서의 무세미 판매가격을 2003년과 2009년에 직접 조사한 결과, 조사수량은 적지만 2003년에 비해 2009년의 쌀값은 약 3~4%정도 하락하였다. 클린라이스 가격은 동일산지 및 동일품종의 일반미에 비해 2003년에는 약 2.7~5.8%정도 높았으나, 2009년에는 약 9.1~10.0%정도 높은 가격으로 판매되고 있었다.

표 2-2-2. 쌀 겔러리(동경, 銀座)에서 판매되고 있는 쌀 가격(2kg, 2003)

구 분	생산지	품 중	가 격(엔)	비 고
일반미	宮城県(미야기현)	히토메보레	1,030	
	山形県(야마카타현)	하에누키	950	
	秋田県(아키타현)	아키타코마치	1,040	
	板木県(토치기현)	코시히카리	900	
	新潟県(니이카타현) 魚沼(우오누마)	코시히카리	1,450	
	新潟県(니이카타현)	코시히카리	1,120	
	宮城県(미야기현)	사사니시키	1,200	
	岩手県(이와테현)	히토메보레	1,030	
무세미	秋田県(아키타현)	아키타코마치	1,100	동일산지, 품종 정미에 비해 5.8%고가
	新潟県(니이카타현)	코시히카리	1,150	동일산지, 품종 정미에 비해 2.7%고가
현미	秋田県(아키타현)	아키타코마치	990	

표 2-2-3. 일본 동경 대형마크에서 판매되는 쌀 가격(2kg, 2009)

구 분	생산지	품 명	가격(엔)	비 고
일반미	宮城県(미야기현)	히토메보레	1,000	
	秋田県(아키타현)	아키타고마치	1,000	
	新潟県(니이카타현)	고시히카리	1,100	
무세미	—	금아미	1,100	
	宮城県(미야기현)	히토메보레	1,100	동일산지, 품종 정미에 비해 10.0%고가
	秋田県(아키타현)	아키타고마치	1,100	동일산지, 품종 정미에 비해 10.0%고가
	新潟県(니이카타현)	고시히카리	1,200	동일산지, 품종 정미에 비해 9.1%고가
	新潟県(니이카타현) 魚沼(우오누마)	고시히카리	1,880	

2. 일본의 무세미 정의 및 기준

가. 일본의 무세미 정의 및 기준

松田智明(1990)은 쌀의 일반표면과 손으로 씻으면 쌀 표면의 SEM 검경을 통해 쌀 표면에는 마찰열에 의해 전분이 호화하여 약 0.01~0.02mm의 호화층(糊化層)이 발생하며, 손으로 씻으면 호화층이 제거되고, 세포벽의 대부분이 파괴되고 전분층이 외부로 노출된다고 하였다. 이에 따라 무세미의 정의는 “무세미 제조장치에 의해 도정과정에서 형성된 미립표면의 호화층을 완전하게 제거하고, 쌀 표면에는 배유 세포벽과 호화되지 않는 전분립만이 존재하고, 기타 어떤 부착물도 보이지 않는 정백미를 말한다”로 하고 있다.

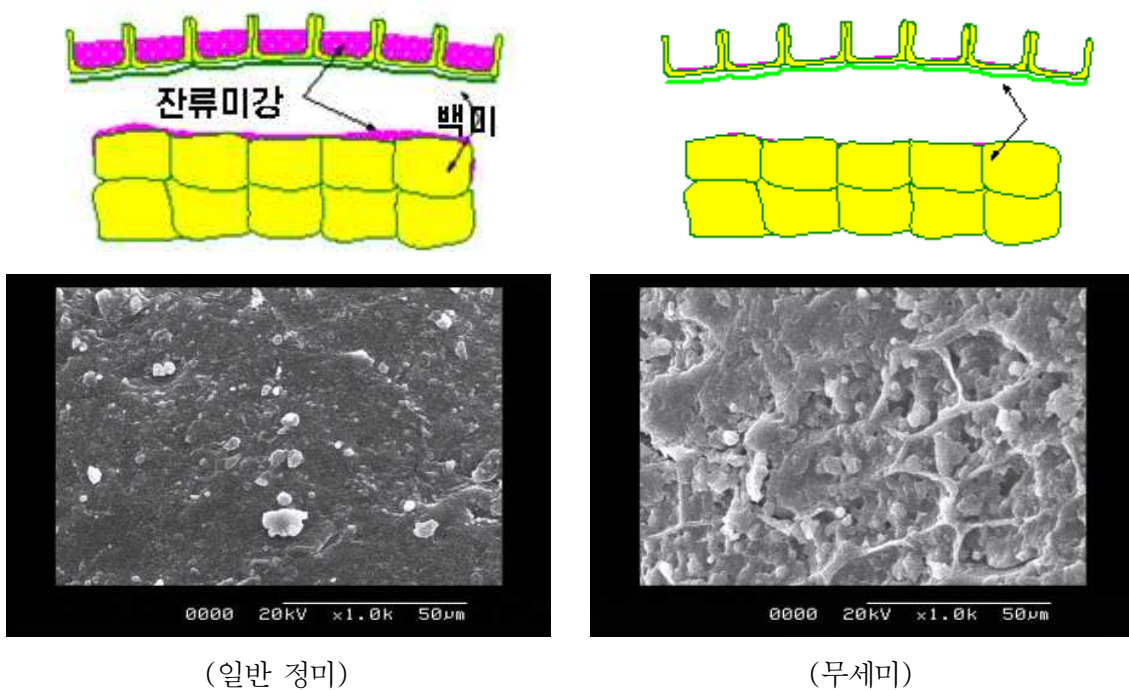


그림 2-2-4. 일본에서 무세미의 정의에 사용되고 있는 개념

일본에는 日本精米工業会, 全国無洗米協會에서 각각 다른 무세미 기준 및 측정방법이 있으며, 아직까지 통일된 기준 및 측정방법이 없는 것으로 알려져 있다. 현재까지 파악된 일본에서의 무세미의 기준과 측정방법과 관련된 내용을 정리하면 다음과 같다.

2000년 10월에 설립된 일본의 全国無洗米協會에서 안전성, 품질 및 제조시의 환경부하에 대하여 각각의 기준을 설립하였던 것이 최초이나 이 기준은 상당히 엄격하여 기준에 적합한 무세미 생산이 어려운 것으로 알려져 있다. 이에 따라 클린라이스 제조시스템을 생산하는 모든 업체가 회원으로 가입되어 있으며, 가장 영향력이 큰 日本精米工業会에서 2001년 10월 훨씬 완화된 클린라이스 품질기준을 제시하여 클린라이스 품질기준이 2가지가 되었다.

이로 인한 소비자의 혼란을 방지하기 위해 일본 식량청에서는 2가지의 품질기준을 통일된 품질기준 설정을 마련하기 위하여 검토를 시작하였으며, 다음 표 2-2-5와 같이 현탁액의 제조방식은 통일(이하 “신방식”으로 표시함)시켰으나 탁도의 상한치 등 기준에 대해서는 통일시키지 못하고 해체되어버렸다.

표 2-2-4. 일본 무세미의 탁도측정을 위한 현탁액제조방법 비교

구 분	全国無洗米協会 (이하 “구방식”으로 표기)	日本精米工業会 (이하 “구방식”으로 표기)	식량청에서 통일하고 米穀公正取引推進協議会 에서 추천한 방식(이하 “신방식”으로 표기)
시료량	8g	20g	5g
가수량	300ml	200ml	400ml
수 온	15℃	15℃	20℃
진동의 진폭	40mm	40mm	40mm
진동의 진동수	150회/분	144~150회/분	150회/분
진동 시간	30초	10분	30초
탁도액의 희석	없음	10배 희석 (원액50ml+증류수450ml)	없음

이에 따라 일본곡물검정협회, 전국미곡협회, 일본정미공업회, 주부연합회, 농업협동조합연합회, 전국주식집하협동조합연합회, 전국미곡소매상업조합연합회, 전국미곡판매사업공제협조합 등 8개의 단체로 구성된 米穀公正取引推進協議회에서 2003년 6월 “쌀 품질표시 가이드라인”을 제정하여 발표하였으며, 식량청에서 2개의 단체와 합의한 현탁액제조방법을 사용하여 무세미에 대한 품질기준으로는 다음 표 2-2-5와 같이 2가지 항목을 제시하였다.

표 2-2-5. 米穀公正取引推進協議회의 “쌀 품질표시 가이드라인”중 무세미에 대한 품질기준

4. 무세미의 품질기준

무세미의 제조에 있어서 다음 사항에 다음 사항을 유의한다.

(1) 품질기준

무세미(일반백미 또는 찰쌀의 경우 씻지않고 취반할 수 있도록 특별하게 제조된 것)의 제조에 있어서 (2)의 탁도측정방법에 의한 계측치를 40ppm이하로 하며, 일반 백미와 동등의 품질을 확보한다.

(2) 탁도측정방법

검사시료 5g 및 수온 20℃의 수도수 400ml을 용기에 넣고, 30초간 진탕(진폭 40mm, 1분에 150회)한 후의 용액에 대하여 일본공업규격 K0101(공업용 물시험방법)을 기준으로 하여 투과광측정법 또는 적분구식광전광도법에 의해 측정한다.

米穀公正取引推進協議会の“쌀 품질표시 가이드라인”중 무세미에 대한 품질기준을 日本精米工業会は 탁도기준 등을 받아들였으나, 全国無洗米協會에서는 별도의 탁도기준을 제시하는 등 2가지 기준이 사용되고 있었으며, 2006년 10월에 발간된 농림수산성 종합식료국에서 발간한 제 1회 쌀 농산물검사 등 검토회 자료에서 무세미에 대한 표시사항에 대하여 다음과 같이 명기하고 있다.

표 2-2-6. 농림수산성('06. 10) “제 1회 쌀 농산물검사 등 검토회” 자료중 무세미 표시사항 관련부분

5. 무세미의 표시

- (1) 본 검토회의에서 무세미에 대한 수요가 증가하고 있고, 무세미의 규격이 복수로서 일반 소비자가 충분하게 이해하기 어려운 실정을 감안할 때 무세미의 정의가 필요한 시기가 되었다는 인식을 나타내었다.
- (2) 이를 위해 독자적인 규격 및 기준을 제정하고 있는 2개의 민간단체로부터 의견을 청취하고, 각각의 무세미 규격의 의도를 인식하고, 공통 또는 소비자에 있어 최소한으로 필요한 사항에 대해 검토한 결과,
 - ① 무세미의 가장 큰 장점은 씻지않고 취반할 수 있다는 편리성이 있을 것
 - ② 영양, 환경, 식미 등 장점표시에서 과학적으로 검증되지 않는 것은 표시하지 않을 것(따라서 정의에서도 제외될 것)
 - ③ 소비자에게는 소비기한이나 위생면에서 불안한 부분이 있으므로 일정 품질유지조건은 필요함
 등에 대해서는 의견이 수렴되었다
- (3) 이들을 근거로 하면,
 - ① 일정 조건에서 측정한 탁도 등에 의해 무세후에 일반정미와 손색이 없는 품질을 나타낼 것
 - ② 영양, 환경, 식미, 제법 등 무세미의 품질과는 직접관계가 없다고 생각되는 사항에 대해서는 정의에서 제외될 것
 - ③ 품질기준 및 품질유지조건 등에 대하여 일반정미와 손색이 없는 것일 것을 기본적 관점으로 무세미의 정의 및 규격을 검토하는 것이 적당하다고 판단되었다.

나. 全国無洗米協會의 무세미 규격

2000년 10월에 설립된 全国無洗米協會에서 당초 기준을 米穀公正取引推進協議회에서 2003년 6월 “쌀 품질표시 가이드라인”을 제정하여 발표한 무세미에 대한 현탁액 제조방법 등을 받아들여 변경(통상 식량청방식의 탁도측정방법으로 표기)된 全国無洗米協會의 무세미 규격은 다음 표 2-2-7과 같다.

표 2-2-7. 특정비영리법인 全国無洗米協會의 무세미 규격

	규 격	기 준
1	씻지않고 취반할 수 있을 것	(1) 손으로 4~5회 씻은 쌀과 같은 수준으로 거의 완전하게 미강이 제거된 것. 식량청 방식의 탁도측정방법으로 측정한 탁도가 28ppm이하일 것
2	항상 품질이 안정하고, 안전하게 제조되어 유통되고 있을 것	(1) 쌀 표면에 균열이 거의 없을 것. 쌀 표면에 균열이 있는 쌀이 10%이하일 것 (2) 식미가 높은 층 조직이 보존되어 있을 것. 식미가 보통 쌀에 비해 같거나 높을 것 (3) 쌀을 열처리하지 않는 것(α화 되지 않는 것) (4) 무세미 처리공정에서 쌀(쌀의 일부 포함), 공기, 물 이외에는 사용·첨가되는 것이 없을 것 (5) 함수율은 원칙적으로 13~15%일 것(단, 일본의 수분규격이 개정될 때까지는 10~4월까지의 상한 15.5%까지 허용함) (6) 내열성세균수가 최저측정치 이하(300/g이하)일 것 (7) 무세미 처리후 쌀은 사람과 전혀 접촉하지 않는 포장공정으로 되어 있을 것 (8) 이물을 제거하는 각종 선별장치가 장착되어 있을 것 (9) 품질관리 매뉴얼이 작성되어 있고, 매뉴얼에 따라 실행되고 있을 것 (10) 정미처리후 장기간 경과되지 않을 것
3	환경으로의 부하를 경감할 것	(1) 무세미 처리공정에서는 부영양화 등 수질오염을 초래하는 오수가 배출되지 않을 것 (2) 무세미 처리공정에서는 환경오염과 관계가 있는 오니(汚泥)가 배출되지 않을 것 (3) 무세미 처리공정에서 부산물은 식품리사이클법을 존중하고, 계속적으로 순환 활용될 것 (4) 무세미 처리에 필요한 에너지 소비가 적을 것. 무세미 처리공정에 필요한 에너지 소비가 CO ₂ 로 환산하여 쌀 1kg당 18.5g 이하일 것
4	인증마크가 올바르게 표시되어 있을 것	(1) 인증마크는 규격에 합격되어 인증된 무세미에만 부착될 것 (2) 인증마크의 표시방법은 협회에서 정한 표시방법에 따를 것

이 기준에서 탁도의 상한선이 28ppm인 것에 대해 全国無洗米協會에서는 2002년산 보통백미 100종류를 한번 씻은 후에 탁도를 측정한 평균치가 28ppm이었기 때문에 米穀公正取引推進協議회의 쌀 품질표시 가이드라인에서의 40ppm보다 낮은 값을 채용하고 있다고 설명하고 있다.

다. 日本精米工業会の 무세미 규격

日本精米工業회는 2001년 10월 검토위원회에서 클린라이스는 “보통의 정미를 클린라이스 장치로 처리하여, 취반시 수세할 필요가 없을 정도로 정제된 정미”로 정의하였으며, 품질기준은 ① 일본에서 정한 정미품 기준에 적합할 것, ② 취반시 수세가 필요하지 않을 정도로 정제되어 있을 것, 또한 전용장치에서 처리하기 전의 정미와 같은 정도의 식미를 가질 것. 단, 건식연미방식의 경우는 2회 정도 씻을 정도의 것으로 규정하였으며, 무세미제조에 관한 지도지침을 통해 무세미의 조건과 품질기준을 제시하였다.

한편, 米穀公正取引推進協議회에서 2003년 6월 “쌀 품질표시 가이드라인”을 제정하여 발표한 이후, 日本精米工業회에서도 “무세미(일반백미 또는 찰쌀의 경우 씻지않고 취반할 수 있도록 특별하게 제조된 것)의 제조에 있어서 40ppm이하로 하며, 일반 백미와 동등의 품질을 확보한다”는 기준을 준용하고 있으며, 이 외의 기준은 유명무실한 상태로 알려져 있다.

표 2-2-8. 日本精米工業会の 무세미 기준(2001년 기준)

(1) 무세미 조건

보통의 백미제조장치 이외에 백미의 무세화처리를 목적으로 하는 전용장치를 구비하고, 이들 장치의 처리를 거쳐 제조된 백미일 것. 전용장치는 미리 공업회의 확인을 받을 것

(2) 품질기준

(가) 국가에서 정한 백미 품위기준에 적합할 것

(나) 취반시 수세가 불필요한 정도로 정제되어 있을 것. 또한 전용장치에서 처리하기 전에 정미와 같은 수준의 식미일 것

(다) 표 2-2-9와 같이 건고물량(乾固物量), 탁도(濁度), 백도와 저장조건일 것

표 2-2-9. 일본정미공업협회(2001)의 클린라이스 품질기준

구 분	건고물량 (g/시료100g)	탁도 (ppm/시료20g)	저장조건	백도
가수정미 및 특수가공방식	<0.6	<70	하절기에 1개월 이상 품질유지	>45
건식연미방식	<0.9	<90		>40

측정자에 따른 측정치에 차이가 발생하는 것을 방지하기 위해 탁도와 건고물량 측정방법은 다음 표 2-2-10과 같이 엄격하게 규정하고 있고, 특히 탁도의 경우 특정제품의 진탕기(야마토과학(주)의 진탕기(SA-31) 사용을 의무화하고 있다. 여기서 보통의 정미기준은 백도(39.4~41.0), 탁도(101~110ppm), 건고물량(1.08~1.38) 등이다.

표 2-2-10. 일본정미공업협회(2001)의 클린라이스 품질측정방법

항 목	측정방법
탁도	이물, 찌라기, 분상질립을 제거한 시료 20g을 15℃의 물 200ml중에 넣고, 야마토과학(주)의 진탕기(SA-31)로 10분간 진탕(144~150cycle/분)하여 현탁액을 제조한 후, 그 현탁액 중 50ml를 채취하여 10배로 희석한 액을 탁도계로 측정함
건고물량	시료 20g을 3점으로 균분한 다음, 각각을 1L 삼각플라스크에 넣고, 물 300ml(15℃)을 가한 다음, 손으로 100회(약 40초) 진동하고, 상등액(현탁액)을 다른 용기에 옮겨 교반하면서 피펫으로 10ml를 채취함. 채취한 현탁액을 알루미늄 캔에 주입한 후 105℃에서 건조하고, 데시케이터에서 방냉한 후 중량을 측정하며, 3개 값에 15를 곱해 시료 100g당으로 환산하여 3점의 평균치를 측정함

3. 일본의 무세미 제조장치

日本精米工業会에서는 2001년 무세미 기준을 제시하면서 무세미기 제조시스템을 가수정미가공방식, 특수가공방식, 건식연미방식 등 3가지 방식에서 5개회사 7개 제품을 클린라이스 시스템으로 지정하였다(週刊 ライス・ビジネス, 2001).

표 2-2-11. 일본의 클린라이스 제조시스템 생산 현황(日本精米工業会, 2001)

방 식	제조회사(모델명)	비 고
가수정미방식	Satake(JR, SJR), Kuriki(무세미장치)	
특수가공방식	Toyo(BG장치), Satake(NTWP)	BG장치는 미강사용, NTWP은 타피오카 전분사용
건식연미방식	Kubota(리프레), Yamamoto(카피카)	

건식연미방식에서 리프레(Kubota사)는 국내에서 OEM으로 제작되어 일본으로 수출되는 기종으로 1대의 정미기에 마찰부와 연삭부가 함께 위치하는 소위 one pass형으로 알려져 있다. 카피카(Yamamoto사)는 정미시스템 이후에 바로 부착하여 사용할 수 있도록 제작된 형태로서 일본에서도 습식연미기의 대용으로도 사용되고 있으며, 국내의 RPC에도 보급되어 습식연미기 대용 또는 클린라이스 제조용으로도 사용되고 있다.

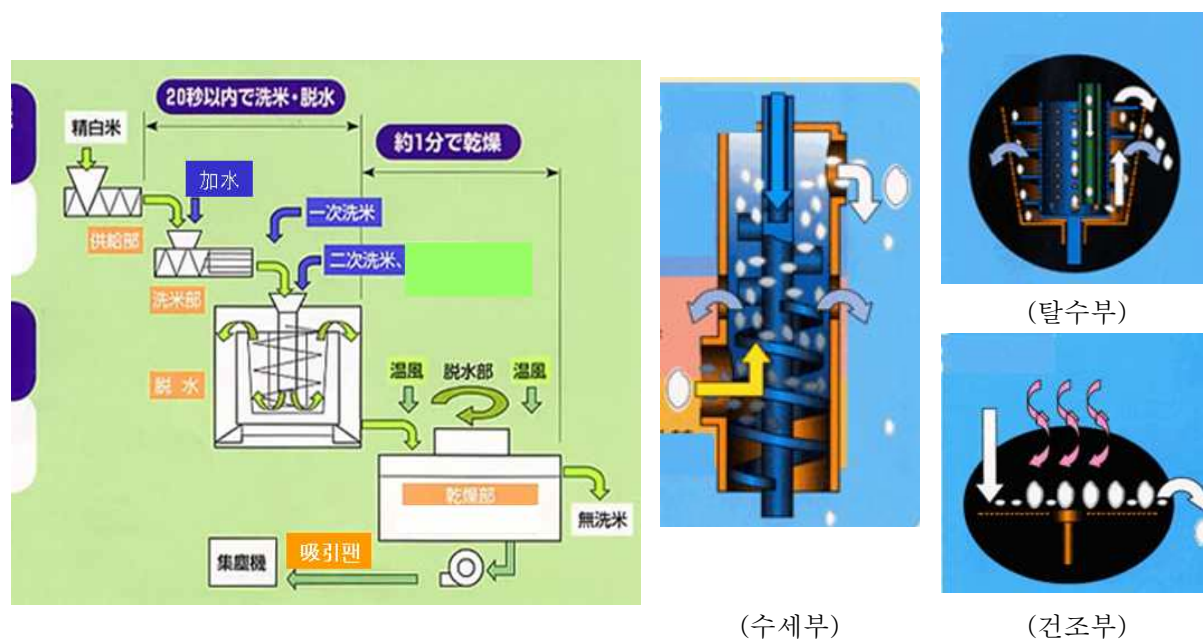


그림 2-2-5. 가수정미방식의 기본 구조

가수정미방식은 Satake, Kuriki는 물론 Shizuoka Seiki 등에서도 생산되고 있는 시스템으로 기본 구조는 그림 2-2-5와 같다. 그림에서 알 수 있듯이 쌀에 수분흡수가 최소가 될 수 있도록 수세와 탈수공정을 약 20초 이내에 완료하여야 하고, 쌀 표면의 균열 등 손상을 방지하기 위해 건조공정도 약 1분 이내에 완료하는 것 등이 가장 큰 기술의 핵심인 것으로 알려져 있다. 일본의 경우 수세에 사용된 물의 처리에는 큰 문제가 없지만 우리나라의 경우에는 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률에 의거하여 폐수량이 $0.01\text{m}^3/\text{hr}$ 이상인 경우 별도의 폐수처리시설을 설치해야 하는 문제가 있다.

특수방식으로는 타피오카 전분과 미강을 이용하여 쌀 표면에 부착되어 있는 잔류미강을 제거하는 방식이 알려져 있다. 타피오카 전분을 사용하는 NTWP방식(Satake사)은 타피오카 전분을 약 100°C 로 가온한 다음, 일정한 중량비(쌀 100, 타피오카 50, 물 5)로 스크류컨베이어에서 5초간 혼합하여 미강을 제거하며, 원통형 선별장치에서 전분을 분리하고 미강을 제거한 다음 재사용하는 방식으로 알려져 있다. 무세미 처리를 통해 쌀 곡온은 약 $3\sim 4^\circ\text{C}$ 정도 상승하며, 타피오카 전분의 손실도 일부 있는 것으로 보고되고 있다. 한편, Toyo사의 BG방식은 소위 “피부미강”(일정 도정도 이상에서 발생하는 미강)을 활용하는 것으로 알려져 있으나 시스템은 외부로 판매하지 않고 자체적으로 임가공하는 형태로서 세부적인 기술에 대해서는 거의 알려져 있지 않다.

이외에도 현재 Shizuoka Seiki, NEC 등 많은 회사에서 클린라이스 제조시스템을 생산하고 있는 것으로 알려져 있으나 정확한 생산현황에 대해서는 신뢰할만한 통계자료가 아직 없는 실정이다



(사용전 타피오카 전분)



(사용후 타피오카 전분)



(타피오카 전분에서 제거된 미강)

그림 2-2-6. 타피오카 전분을 사용하는 NTWP방식

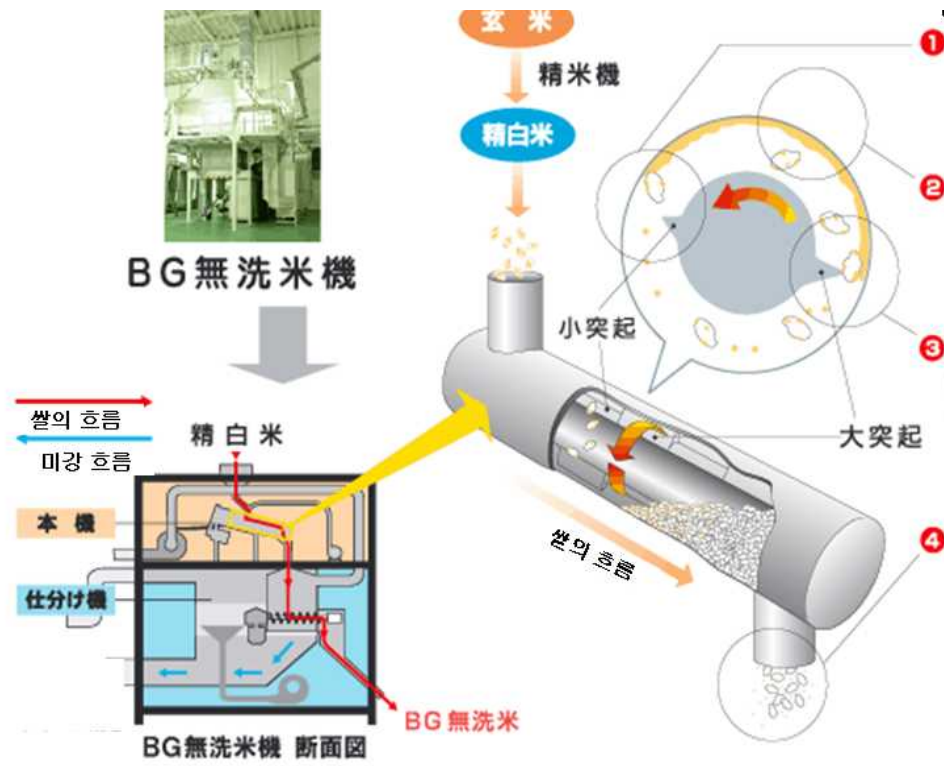


그림 2-2-7. 미강을 활용한 BG무세미기의 구조

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 클린라이스 품질측정방법의 정립

클린라이스의 개념, 기준 및 측정방법을 세계 최초로 제안하고, 클린라이스를 대량으로 생산하고 있는 일본의 日本精米工業会, 全国無洗米協會의 클린라이스의 기준은 탁도이다. 그러나 일본에서 사용되고 있는 탁도단위는 ppm이며, 검사시료 5g 및 수온 20℃의 수도수 400ml을 용기에 넣고, 30초간 진탕(진폭 40mm, 1분에 150회)하여 현탁액을 제조하는 것으로 규정되어 있다.

현재 세계적인 기준이 되는 탁도 단위는 NTU이며, 이로 인해 일반적으로 판매되고 있는 탁도계의 측정치 단위도 NTU로서 ppm단위의 탁도를 측정하는 측정장치를 찾아보기가 어려운 실정으로 상호간의 변환식개발이 필요한 실정이다. 또한, 국내에서 생산되는 진탕기를 조사하여도 일본의 현탁액 제조방법에 적합한 모델을 찾기 어려운 실정으로 진폭 및 진동수가 탁도에 미치는 영향에 대한 조사가 필요하며, 동일 방법 및 기기를 사용하여도 측정자에 따라 측정치의 차이가 발생하여 재현성 등의 문제가 있는 경우가 많아 측정자에 따른 평균적인 오차율에 대한 검토가 필요한 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 탁도 단위간의 상관관계를 구명하고, 현탁액제조방법이 탁도에 미치는 영향을 분석하였으며, 5명의 실험자에 의한 탁도측정 오차범위를 측정하였다. 그 결과는 다음과 같았다.

1. 탁도 단위간의 상관관계 구명

가. 실험방법

경기도 화성소재 RPC에서 2007년산 현미(추청, 함수율 14.3%)를 구입하여 색채선별기로 비정립을 제거한 다음, 마찰식정미기(VP-21T, Yamamoto, Japan)을 이용하여 백도 23.2~48.5범위로 도정하여 공시하면서 탁도를 측정하였다.

현탁액은 日本精米工業会の 구방식 제조방식과 동일한 방법으로 제조한 다음, ppm과 NTU단위의 탁도를 측정할 수 있는 측정장치를 이용하여 탁도를 측정하였으며, 이 때 사용된 탁도계는 NTU단위의 탁도를 측정할 수 있는 탁도계(2100N Turbidimeter, HACH, U.S.A.)와 ppm단위의 탁도를 측정할 수 있는 탁도계(NODA TUSHIN, Japan)이었다. 또한, 현탁액은 日本精米工業会の 구방식 제조방식과 동일한 방법으로 제조한 다음, 탁도계(2100N Turbidimeter, HACH, U.S.A.)를 이용하여 탁도를 측정하여 상관관계를 분석하였다. 동일시료에 대해 3회 반복 측정하여 평균치를 사용하였다.



(2100N Turbidimeter, HACH, U.S.A.)



(NODA TUSHIN, Japan)

그림 3-1-1. 탁도단위(NTU, ppm)별 측정장치

나. 결과 및 고찰

(1) 탁도 단위간의 상관관계

탁도(Turbidity, 濁度)는 물이 흐린 정도를 정량적으로 나타낸 지표로서 빛의 통과에 대한 저항도이다. 물의 탁도는 반정량적인 방법과 광학탁도계를 사용하는 정량적인 방법으로 나누며, 광학탁도계는 분산복사를 측정하는 방법과 복사량의 감소를 측정하는 방법으로 나눌 수 있다. 세부적인 측정방법은 한국 산업규격 KS M 9166(수질-탁도 측정방법, 1998), ISO 7027(1999)에 명기되어 있으며, 이 기준에는 탁도단위를 ppm을 사용하고 있다.

그러나 그동안 ppm이 주로 사용되었던 탁도단위가 최근 NTU로 변화되었고, 탁도 측정장치도 대부분 NTU를 기본 단위로 사용하고 있으나, 현재까지 ppm과 NTU의 상호 호환이 어려운 상태로서 본 연구에서 탁도의 단위를 결정하고, 상호 환산방법을 검토할 필요가 있었다. 이에 따라 탁도와 관련된 문헌, 기준의 검색은 물론 ppm과 NTU와의 상호 환산방법에 대한 실험결과의 획득을 위해 노력하였으며, 그 결과는 다음과 같았다.

탁도 단위는 다음 표 3-1-1과 같이 탁도 측정의 표준기기인 잭슨 캔들 탁도계(The Jackson Candle Turbidimeter)의 단위인 JTU, 수처리에서 사용되는 포르마진(Formazine, $C_2H_4N_2$) 네펠로메트릭(Nephelometric) 단위인 FNU, Kaolin 표준 탁도단위인 ppm, 미연방환경보호국에서 공인된 방식인 Nephelometer로 측정한 탁도 단위인 NTU 등이 있으며, 각 탁도간 환산치는 다음 표 3-1-2와 같았다. 미연방환경보호국(Environmental Protection Agency)에서 사용한 Nephelometer로 측정한 탁도 단위인 NTU(Nephelometric Turbidity Unit)에 의거 우리나라에서도 1996년부터 환경부 고시(제 1999-16호) “먹는 물 수질공정시험방법”에서 기준을 탁도 단위를 NTU를 사용하도록 규정하고 있으며, 일본의 산업규격 JIS K 0400-9-10(Water quality-Determination of turbidity 영문판)에는 NTU로 명기되어 있다.

그러나 표 3-1-2의 탁도단위별 환산표에서 알 수 있듯이 ppm과 NTU간에는 환산치가 존재하지 않

으며, 동일 측정기에서 동시에 측정이 불가능하므로 상호환산은 실험식에 의존할 수밖에 없는 실정이다.

표 3-1-1. 탁도 단위

단 위	내 용
NTU (Nephelometric Turbidity Unit)	<ul style="list-style-type: none"> · EPA(Environmental Protection Agency;미연방환경보호국)에서 공인된 방법으로 매우 널리 사용하는 방법임 · Nephelometer를 사용하여 탁도를 측정하는 단위를 말함 · 산란광과 탁도(계량화된량)간의 관계를 나타내기 위해 산란광의 측정은 입사광의 90도에서 이루어지며, 표준물질로 포르마진이라는 우유처럼 생긴 고분자물질을 사용함 * 먹는물 기준(1999년 2월 11일개정)은 탁도를 NTU단위로 측정하여 수질기준을 1NTU 이하로 할 것을 규정하고 있음[먹는 물 수질공정시험 방법(2002.6.21고시, 환경부) 탁도 측정방법]
ppm (Parts per Million)	<ul style="list-style-type: none"> · Kaolin 표준탁도 : 극소 함유량의 단위로 ppm을 도(°)로 사용함 · 도는 카오린으로 표준화한 광전분광광도계, 광전광도계로 측정하는 측정 단위임
FTU (Formazin Turbidity Unit)	<ul style="list-style-type: none"> · 포르마진 탁도 단위로 적외선 광원을 채택한 Nephelometer를 사용하여 탁도를 측정함
FAU (Formazin Attenuation Units)	<ul style="list-style-type: none"> · 수처리에서 사용하는 포르마진 광량감쇠단위로 주로 0°산란각에서 측정한 값으로 ISO 7027에 의함
FNU (Formazin Nephelometric Units)	<ul style="list-style-type: none"> · 수처리에서 사용하는 포르마진 네펠로메트릭 단위로 주로 90°산란각에서 측정한 값으로 ISO 7027에 의함
ASBC(American Society of Brewing Chemist)	<ul style="list-style-type: none"> · 미국 양조화학자 협회 단위임
JTU (Jackson Turbidity Unit)	<ul style="list-style-type: none"> · 잭슨 탁도 단위계로 측정하였을 경우 사용하는단위임. 눈금있는 Mass-Cylinder를 촛불 위에 올려놓은 상태에서 Mass-Cylinder에 액체를 넣게 되면 탁도에 따라서 불꽃이 보이는 눈금이 달라지는 원리를 이용함 · 일반적으로 육안법으로 구한 결과와 기기법에서 Formazin 표준을 사용하면 40 JTU가 40 NTU와 거의 같아짐(American Water Works Association Research Foundation, 1998)
EBC (European Brewery Convention)	<ul style="list-style-type: none"> · 유럽양조협회 단위임
TE/F (Tribungseinheit/Formazine)	<ul style="list-style-type: none"> · 독일 포르마진 탁도단위로 현재는 FNU로 대체되었음

표 3-1-2. 탁도 단위간의 환산표

구분	1 FNU, 1 NTU, 1 FTU	1 ASBC	1 EBC
FNU, NTU, FTU	1	0.057	4
ASBC	17.5	1	70
EBC	0.25	0.014	1

본 연구에서는 동일시료를 사용하여 ppm과 NTU를 측정할 수 있는 장치를 이용하여 상호환산 실험식을 개발하였다.

도정도가 다른 동일 시료를 사용하여 ppm 및 NTU 단위의 측정장치에서 측정한 탁도간의 상관관계는 다음 그림 3-1-2와 같았으며, 식(3-1-1)과 같이 나타낼 수 있었다.

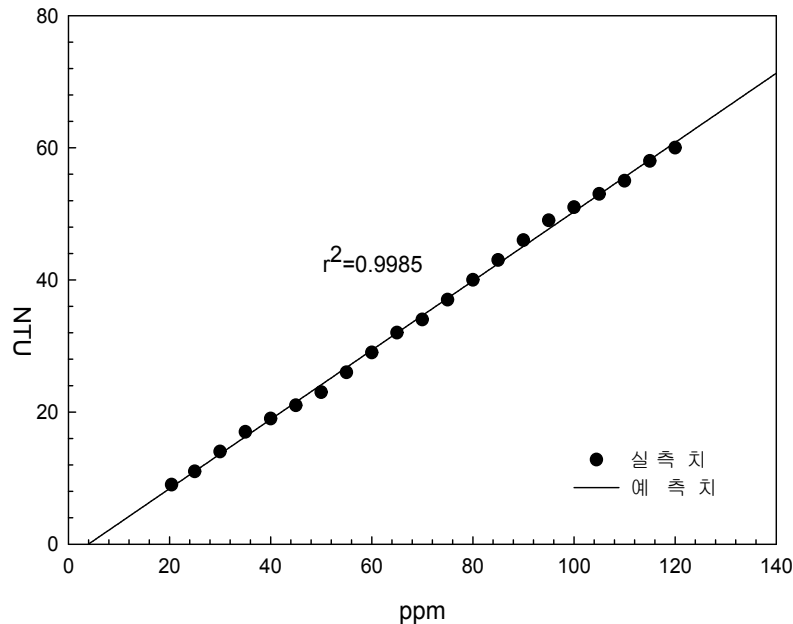


그림 3-1-2. 탁도 단위인 ppm과 NTU의 관계

$$NTU = y_0 + a \times ppm \quad \dots\dots\dots (3-1-1)$$

여기서, $a = 0.5239$, $y_0 = -2.0659$

(2) 일본의 현탁액 제조방법간의 상관관계

日本精米工業会和 全国無洗米協會는 각각 다른 현탁액 제조방법을 사용하였으나, 식량청의 주도하에 2민간단체의 현탁액 제조방식을 통일한 이래 2003년 6월에 발표된 米穀公正取引推進協議会の 가이드라인에 따라 동일한 현탁액 측정방법을 사용하게 되었다.

그러나 우리나라에서는 대부분의 연구자들이 2001년 이후부터 현재에 이르기까지 주로 日本精米工業会的 현탁액 제조방식과 탁도측정방법을 주로 사용하여 왔으며, 이로 인해 2가지 방법간의 호환식의 개발이 필요하였다. 전술한바와 같이 日本精米工業会的 현탁액 제조방식을 구방식, 식량청의 주도하에 합의 되고 米穀公正取引推進協議会的 가이드라인에 따른 현탁액 제조방식을 신방식으로 칭하였다.

본 실험은 도정도와 제조방법이 다른 39점의 시료를 사용하여 구방식과 신방식으로 측정하여 상관관계를 측정한 결과는 다음 그림 3-1-3과 같이 구방식에 비해 신방식의 탁도는 낮은 값을 나타내었으며,

2방식간의 관계는 다음 식(3-1-2)와 식(3-1-3)과 같이 나타낼 수 있었다. 표 및 그림에서 알 수 있듯이 2가지 방식간의 상관관계 $r^2 = 0.9362$ 로 높아 상호 측정방법에 의해 측정한 값은 호환이 가능할 것으로 판단되었다.

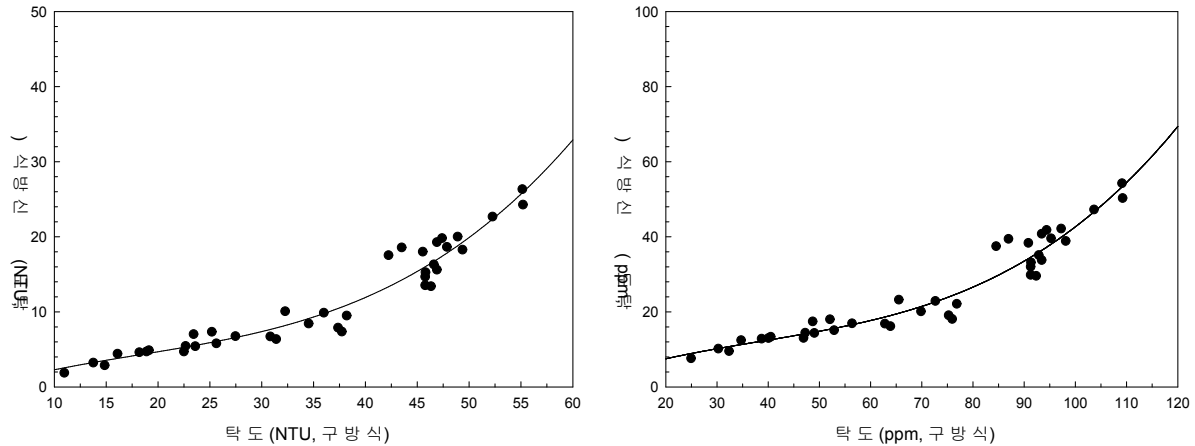


그림 3-1-3. 일본의 탁도측정방법간의 상관관계

$$NTU_{new} = y_0 + a \times NTU_{old} + (b \times NTU_{old})^2 + (c \times NTU_{old})^3 \quad (r^2 = 0.9362) \dots\dots\dots (3-1-2)$$

여기서, y_0, a, b, c : 실험상수 ($y_0 = -1.4046, a = 0.4865, b = -0.0143, c = 0.0002628$)

$$ppm_{new} = y_0 + a \times ppm_{old} + (b \times ppm_{old})^2 + (c \times ppm_{old})^3 \quad (r^2 = 0.9362) \dots\dots\dots (3-1-3)$$

여기서, y_0, a, b, c : 실험상수 ($y_0 = -0.7302, a = 0.5509, b = -0.0084, c = 0.000072348$)

2. 현탁액 제조조건이 탁도에 미치는 영향

가. 실험방법

(1) 진동수 및 진동시간이 탁도에 미치는 영향

탁도측정을 위해서는 현탁액을 제조하며, 현탁액 제조방법에 따라 동일 시료에서 탁도값에 큰 차이를 나타내게 된다. 이에 따라 日本精米工業会(구방식)에서는 현탁액 제조에 특정모델(야마토과학(주)의 진탕기(SA-31))를 사용하도록 지정하였으며, 신방식에서는 현탁액 제조에 진폭 40mm, 진동시간 150회/분을 기본으로 하고 있다.

국내에서 생산되는 진탕기(shaker)중에서 진폭과 진동시간을 신방식의 기준에 정확하게 맞출 수 있는 제품을 찾아볼 수 없어 현재 우리나라에서 쌀의 탁도를 측정하는 연구소 등에서는 대부분 야마토과학

(주)의 진탕기(SA-31)(단종되었음)와 유사한 형태의 일본산 진탕기를 구입하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 향후 국내산 진탕기의 사용에 필요한 기본자료를 획득하기 위하여 진동수, 진동시간 및 진폭이 탁도에 미치는 영향을 측정하였다.

본 연구에서는 일본의 신방식에서 현탁액 제조에 사용되는 기본조건이 되고 있는 진폭 40mm, 진동시간 150회/분을 구현할 수 있는 진탕기를 이용하여 진동수 및 진동시간을 변화하면서 탁도를 측정하였다. 실험에 사용된 진탕기는 단종된 야마토과학(주)의 진탕기(SA-31)의 대용으로 사용되는 Recipro Shaker(SR-25, TAITEC, Japan)로서, 진폭은 40mm로 고정되어 있으나 진동수와 진동시간은 임의 조절이 가능하였다. rpm조건을 150회/분으로 고정하고, 진동시간을 10, 20, 30, 40, 50, 60초 등 6수준으로 하였으며, 진동수에 따른 탁도는 진탕시간을 30초로 고정하고, rpm을 100, 125, 150, 175, 200, 225 회/분 등 6수준으로 하였다.

실험에 사용한 백미 시료는 2009년 12월 김천건양RPC에서 정미시스템(Satake Cor., NCP, Japan)에서 제조된 것으로, 백도는 39, 40, 41, 42 수준이었다. 시료는 밀봉하여 5℃로 유지되는 냉장고에 보관하였으며, 실험 12시간전에 실온에 방치한 후 사용하였다. 탁도는 탁도계(2100N Turbidimeter, HACH, U.S.A.), 현탁액의 칼라는 UV-spectrophotometer(V-650, JASCO, Japan)를 이용하여 측정하였다.

(2) 진폭이 탁도에 미치는 영향

통상적으로 국내에서 시판되고 있는 진탕기의 진동수와 진동시간은 조절되지만 진폭은 거의 고정되어 있다. 일본 신방식의 현탁액 제조에 사용되는 기본조건인 진폭 40mm, 진동시간 150회/분을 구현할 수 있는 기준진탕기 Recipro Shaker(“A”라고 명기, SR-25, TAITEC, Japan)의 경우에도 동일하다. 따라서 본 연구에서는 진폭이 다른 국내산 진탕기를 이용하여 진폭이 탁도에 미치는 영향을 측정하였다.

실험에 사용한 진탕기는 기준진탕기인 A와, A와 유사하게 회전없이 좌우로만 운동하는 국내산 2종류의 진탕기(“B”라고 명기, SB-20, Jeio Tech Co., Ltd, 한국), 진탕기(“C”라고 명기, VS-1205SW1, Vision Scientific Co., Ltd, 한국) 등 3개 제품으로 하였다(그림 3-1-4).

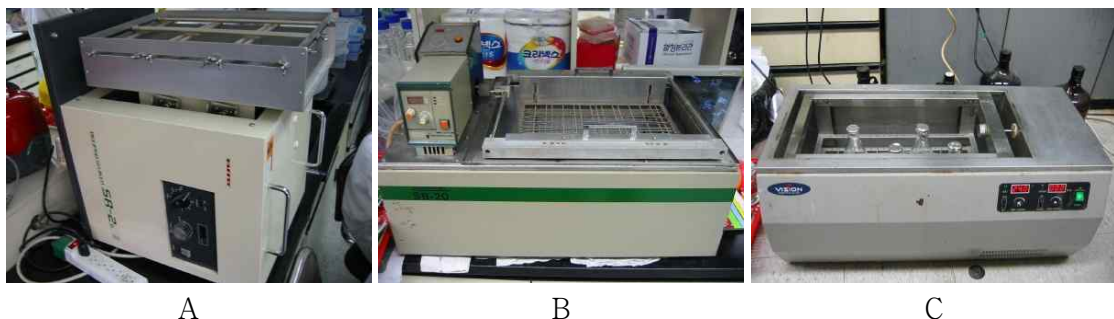


그림 3-1-4. 실험에 사용한 진탕기

3종류의 진탕기의 진동수(cycle/min을 rpm으로 표기)를 기준 진동수인 150회/분에 맞도록 각 진탕기에 부착된 회전수조절기로 150으로 조정하였으며(단, C는 예비실험을 통해 rpm 조절기 207로 조정), 실

제 측정된 rpm은 각각 149, 144, 146을 나타내었다.

표 3-1-3. 진탕기의 운동방향 및 진폭

비 고	A	B	C
운동방향	좌우(회전없음)	좌우(회전없음)	좌우(회전없음)
진폭(cm)	4.0	1.9	2.6

실험에 사용한 시료는 백도 38, 42, 46인 백미로서 경기 화성지역에서 구입한 충청현미를 마찰식정미기(VP-31T, Yamamoto, Japan)를 이용하여 가공한 후, 밀봉하여 5℃ 저온저장고에 저장한 후 실험 24시간 전에 실온에 방치한 후 공시하였다. 탁도는 탁도계(2100N Turbidimeter, HACH, U.S.A.), 현탁액의 칼라는 UV-spectrophotometer(V-650, JASCO, Japan)를 이용하여 측정하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 진동수 및 진동시간이 탁도에 미치는 영향

① 진동수에 따른 탁도 변화

진동수에 따른 탁도와 현탁액의 칼라(b값)의 변화는 그림 3-1-5과 그림 3-1-6과 같았다.

그림에서 알 수 있듯이 탁도는 백도 39~42범위의 백미에서 진동수가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으나 증가폭은 일정하지 않았다. 진동수 증가에 따른 탁도 증가폭을 확인하기 위하여 그림 3-1-5의 각 백도별 시료에서 진동수별로 측정한 탁도값의 평균치를 이용하여 진동수와 탁도간의 관계를 살펴본 결과는 다음 그림 3-1-7, 다음 식(3-1-4) 및 식(3-1-5)과 같았으며, 식(3-1-4)와(3-1-5)을 1차미분한 결과는 다음 그림 3-1-8과 같았다.

$$Tu_{NTU} = y_0 + a x + b x^2 + c x^3 \dots\dots\dots (3-1-4)$$

여기서, Tu_{NTU} : 탁도(NTU)

x : 진동수(cycle/분)

$$y_0=-93.6597, a=2.1140, b=-0.0123, c=2.3837e-005$$

$$Tu_{ppm} = y_0 + a x + b x^2 + c x^3 \dots\dots\dots (3-1-5)$$

여기서, Tu_{ppm} : 탁도(ppm)

x : 진동수(cycle/분)

$$y_0=-174.4623, a=4.0290, b=-0.0235, c=4.5430e-005$$

식 및 그림에서 알 수 있듯이 진동수에 따라 탁도는 진동수 100~120회/분까지는 진동수에 따라 탁

도가 크게 증가하였지만, 진동수 120회/시간 이상에서는 진동수가 증가하여도 탁도는 크게 변화하지 않았다.

모든 백도의 백미에서 진동수가 증가할수록 현탁액의 칼라 b값은 탁도와 유사한 경향을 나타내었는데, 진동수에 따라 현탁액은 진동수 100~120회/분까지는 진동수에 따라 크게 증가하였지만, 진동수 120회/시간 이상에서는 진동수가 증가하여도 b값은 크게 변화하지 않았다.

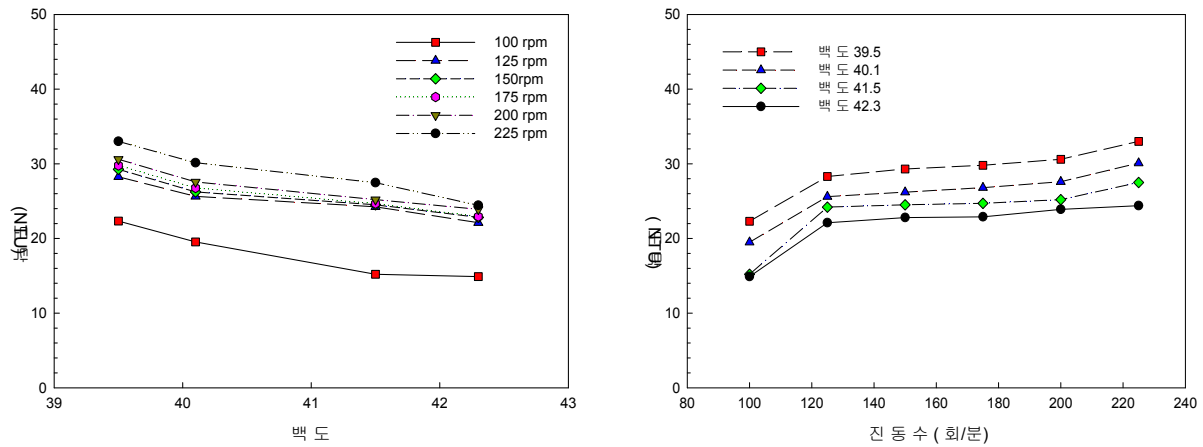


그림 3-1-5. 진동수에 따른 탁도변화

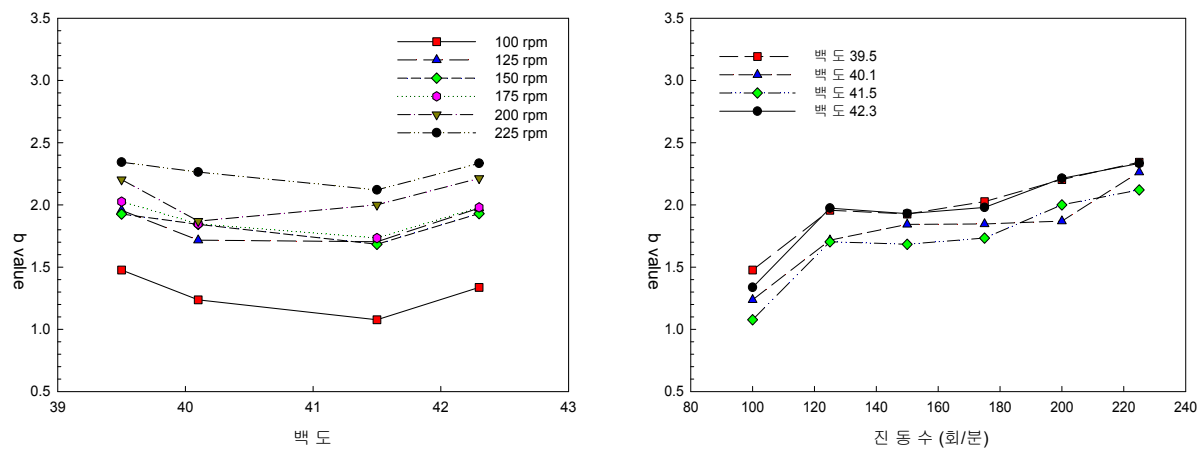


그림 3-1-6. 진동수에 따른 현탁액의 칼라(b값) 변화

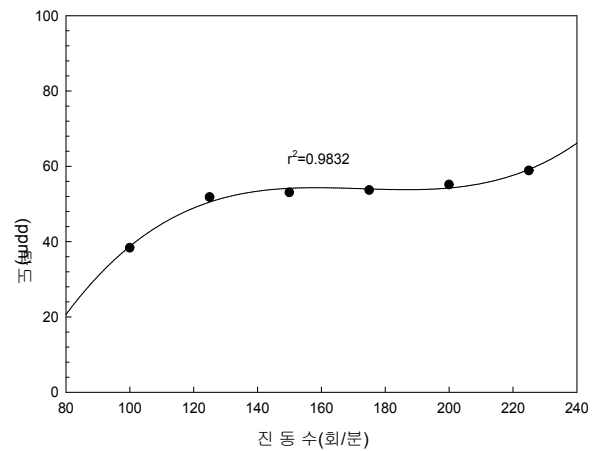
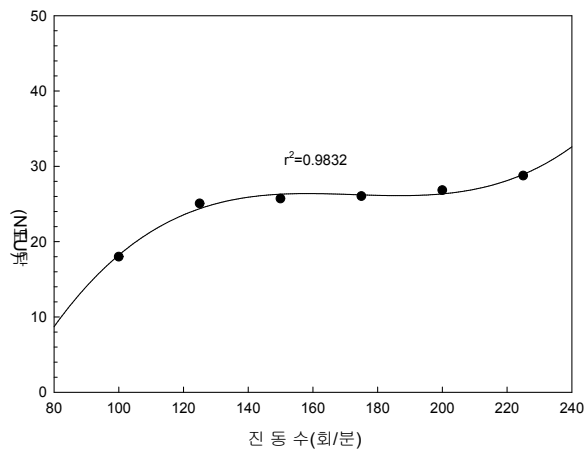


그림 3-1-7. 진동수에 따른 백도 39~42범위의 백미의 평균 타도

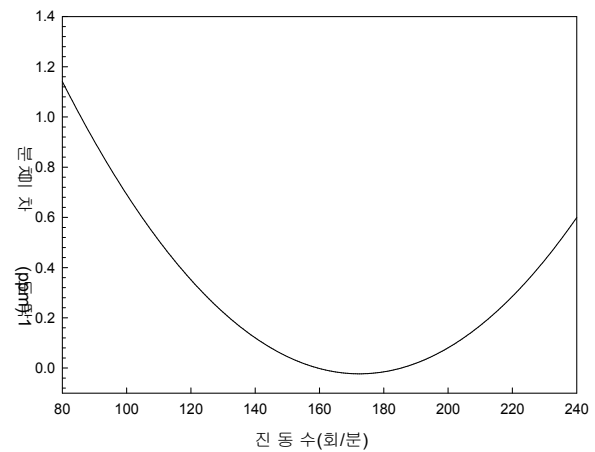
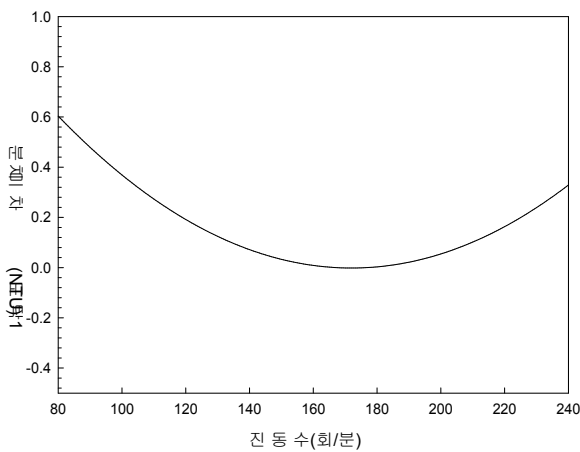


그림 3-1-8. 진동수에 따른 백도 39~42범위의 백미의 평균 타도 증가폭

② 진동시간에 따른 타도 변화

진동시간에 따른 타도와 현탁액의 칼라(b값)의 변화는 그림 3-1-9와 그림 3-1-10과 같았다.

그림에서 알 수 있듯이 타도는 모든 백도의 백미에서 진동시간이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며, 백도 39~42범위에서 백도가 낮을수록 타도가 높게 나타났다. 진동시간 증가에 따른 타도 증가폭을 확인하기 위하여 그림 3-1-9의 각 백도별 시료에서 진동시간별로 측정된 타도값의 평균치를 이용하여 진동시간과 타도간의 관계를 살펴본 결과는 다음 그림 3-1-11, 다음 식(3-1-3) 및 식(3-1-4)와 같았으며, 식(3-1-6)과 식(3-1-7)을 1차미분한 결과는 다음 그림 3-1-12와 같았다.

$$Tu_{NTU} = y_0 + a x + b x^2 \dots\dots\dots (3-1-6)$$

여기서, Tu_{NTU} : 타도(NTU)

x : 진동시간(초)

$y_0=8.3283$, $a=0.5954$, $b=-0.0041$

$$T_{u_{ppm}} = y_0 + a x + b x^2 \dots\dots\dots (3-1-7)$$

여기서, $T_{u_{ppm}}$: 탁도(ppm)

x : 진동시간(초)

$y_0=19.9129$, $a=1.1348$, $b=-0.0078$

식 및 그림에서 알 수 있듯이 진동시간에 따라 탁도는 진동시간 10~60초까지는 진동시간에 따라 탁도가 증가하였지만, 증가폭은 진동시간이 길어질수록 감소하였다.

모든 백도의 백미에서 진동시간이 증가할수록 현탁액의 칼라 b값은 탁도와 유사한 경향을 나타내었는데, 진동시간에 따라 현탁액은 진동시간 10~60초까지는 진동시간에 따라 b값은 증가하였지만, 증가폭은 진동시간이 길어질수록 감소하였다.

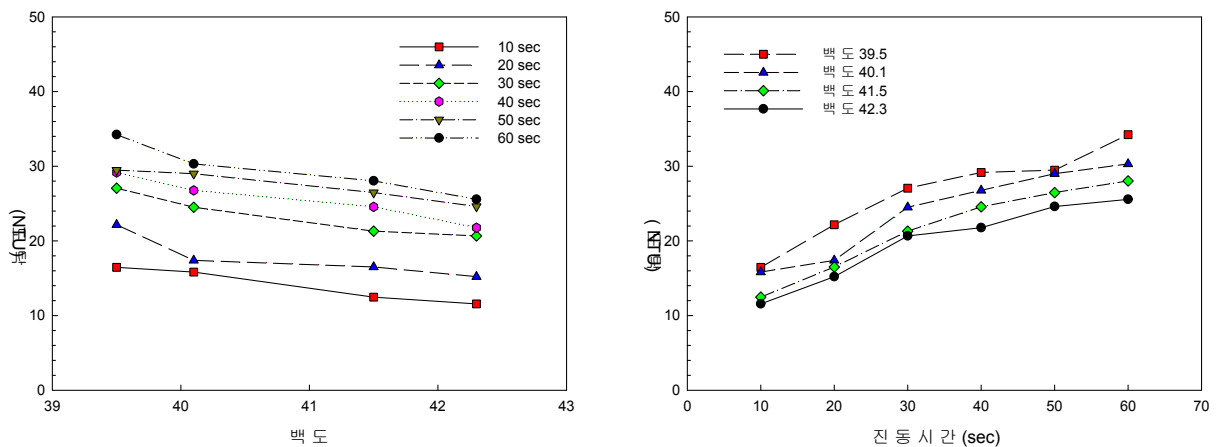


그림 3-1-9. 진동시간에 따른 탁도변화

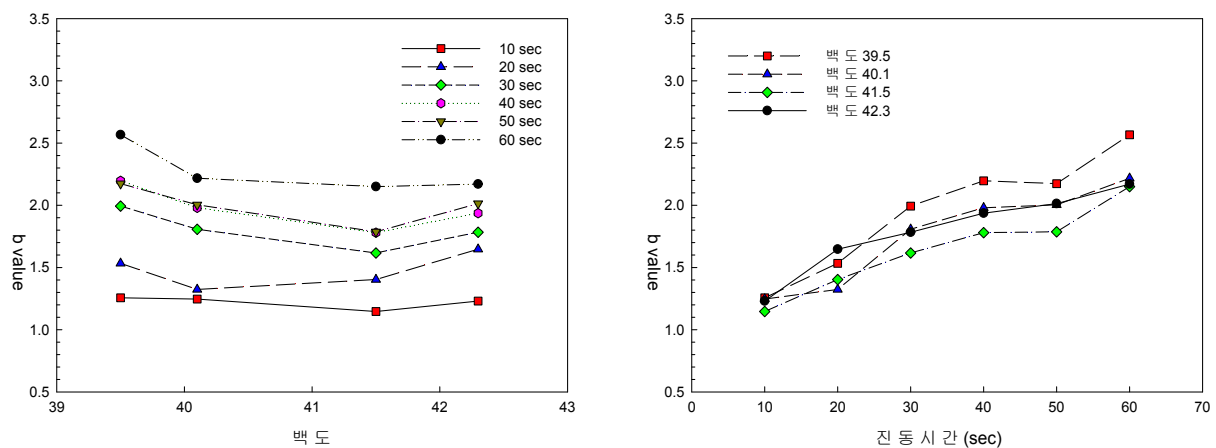


그림 3-1-10. 진동시간에 따른 현탁액의 칼라(b값)변화

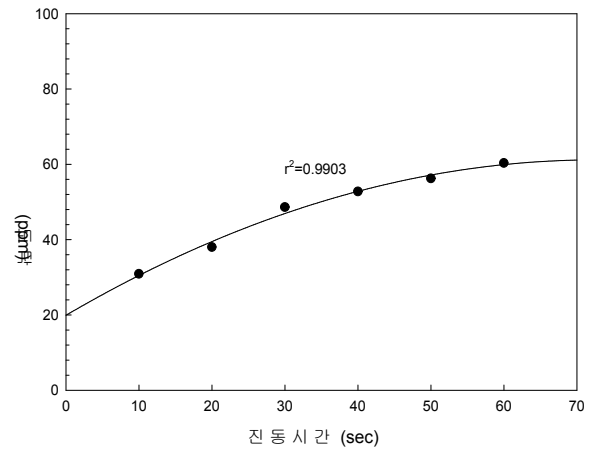
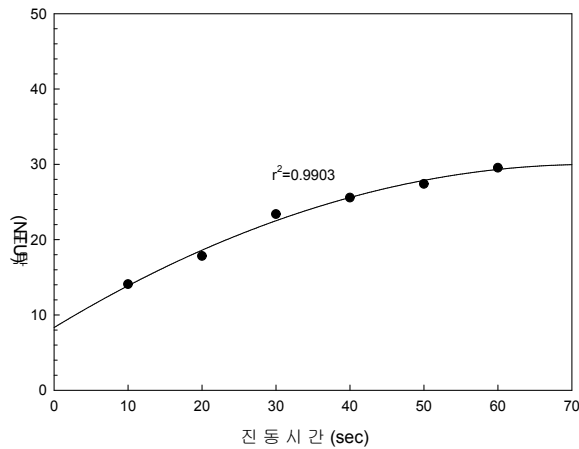


그림 3-1-11. 진동시간에 따른 백도 39~42범위의 백미의 평균 타도

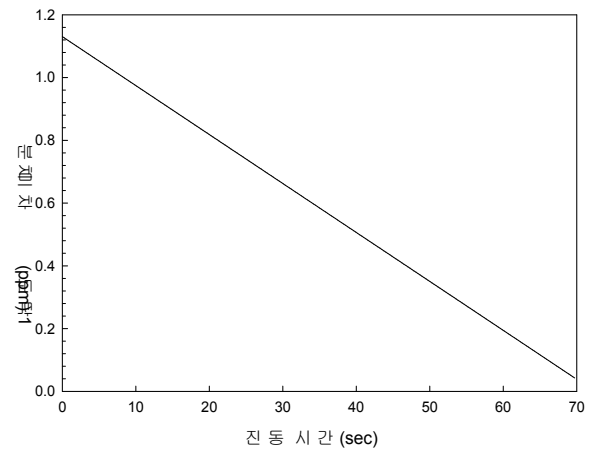
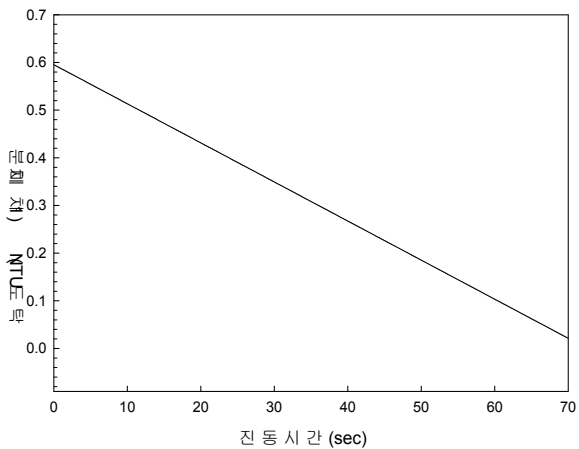


그림 3-1-12. 진동시간에 따른 백도 39~42범위의 백미의 평균 타도 증가폭

(2) 진폭이 타도에 미치는 영향

표 3-1-4에서 알 수 있듯이 진탕기의 진폭이 각각 다르므로 동일조건으로 환산하기 위하여 다음 식 3-1-8과 같은 이동거리 개념을 도입하였다.

$$\text{이동거리(m)} = \text{진동수(회/sec)} \times \text{진폭(m)} \times \text{진동시간(sec)} \dots\dots\dots (3-1-8)$$

도입된 이동거리 개념을 기준으로 각 진탕기별 소요 진동시간을 산정한 결과는 다음 표 3-1-4와 같았고, 백도 42.4인 쌀을 시료로 한 경우의 이동거리별 타도와 쌀 및 현탁액의 칼라(b값)의 변화는 다음 그림 3-1-13과, 그림 3-1-14와 같았으며, 각 진탕기의 동일 이동거리에서 측정된 타도값은 다음 표 3-1-5와 같았다.

표 및 그림에서 알 수 있듯이 이동거리가 증가할수록 탁도 및 현탁액의 b값은 계속 증가하는 경향을 나타내었으며, 약 20분 이상 진탕시킬 경우 SEM 검경이 어려울 정도의 백화현상이 발생하고 강도가 저하하였다. 따라서 진동시간이 길어지면 쌀 표면의 잔류미강뿐만 아니라 전분이 지속적으로 용출되는 것을 알 수 있었으며, 적절한 조건의 현탁액 제조조건이 필요하다는 것을 알 수 있었다. 한편, 동일 이동거리에서도 진폭이 적은 순서인 B, C, A진탕기 순서로 탁도가 높게 나타났으며, $p=0.001$ 수준에서 진탕기 종류별로 유의적인 차이가 있어 일정조건의 진폭을 결정하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

따라서 일본의 탁도측정방법을 준용하여 국내산 진탕기를 클린라이스 품질측정에 사용할 경우에는 진폭 40mm의 진탕기를 제조하거나, 상호 탁도를 측정하여 호환식을 개발하여 사용하는 것이 필요하였다.

표 3-1-4. 동일 이동거리별 진탕 소요시간

이동거리(m)	소요 진탕시간(sec)		
	A	B	C
23.8	240	523	377
59.6	600	1,307	942
119.2	1,200	2,614	1,884
178.8	1,800	3,921	2,826
238.4	2,400	5,228	3,768
298.0	3,000	6,535	4,710
357.6	3,600	7,842	5,652
417.2	4,200	9,149	6,595
476.8	4,800	10,456	7,537
536.4	5,400	11,763	8,479

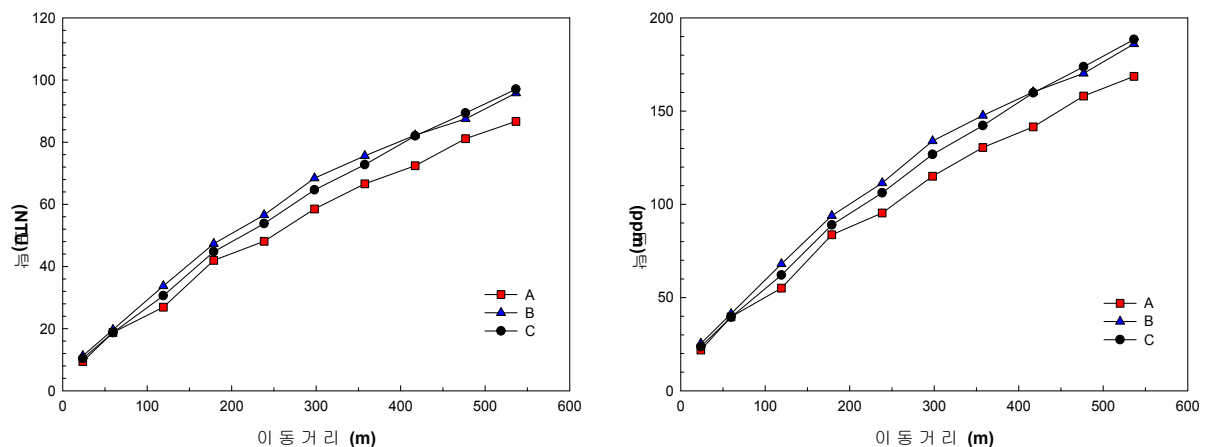


그림 3-1-13. 이동거리에 따른 탁도 변화(백도 42.4)

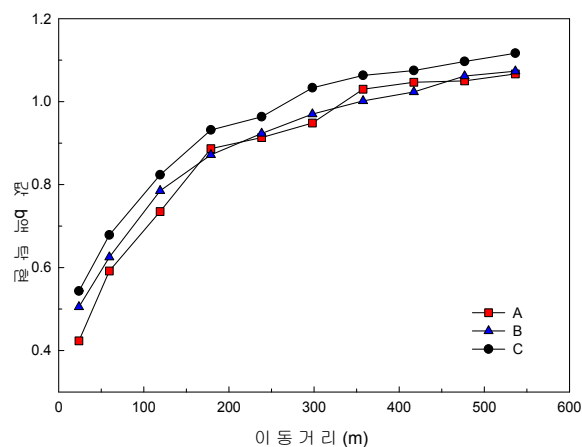
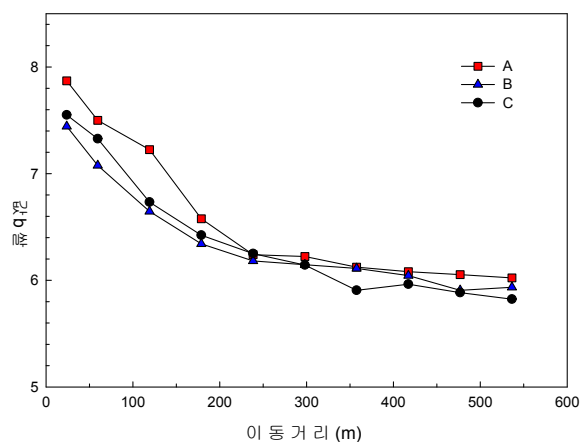


그림 3-1-14. 이동거리에 따른 쌀 및 현탁액의 b값 변화(백도 42.4)

표 3-1-5. 이동거리에 따른 탁도 변화(백도 42.4)

이동거리 (m)	탁도(NTU)			탁도(ppm)		
	A	B	C	A	B	C
23.8***	9.4 ^{1)c}	11.3 ^a	10.4 ^b	21.9 ^c	25.4 ^a	23.7 ^b
59.6**	18.8 ^b	19.6 ^a	18.7 ^b	39.6 ^b	41.3 ^a	39.5 ^b
119.2***	26.9 ^c	33.7 ^a	30.6 ^b	55.0 ^c	68.0 ^a	62.1 ^b
178.8***	42.0 ^c	47.3 ^a	44.7 ^b	83.7 ^c	93.9 ^a	88.9 ^b
238.4***	48.1 ^c	56.6 ^a	53.8 ^b	95.3 ^c	111.5 ^a	106.2 ^b
298.0***	58.5 ^c	68.4 ^a	64.6 ^b	115.1 ^c	134.0 ^a	126.8 ^b
357.6***	66.6 ^c	75.6 ^a	72.8 ^b	130.5 ^c	147.6 ^a	142.2 ^b
417.2***	72.4 ^b	82.2 ^a	82.0 ^a	141.6 ^b	160.2 ^a	159.8 ^a
476.8***	81.1 ^c	87.5 ^b	89.4 ^a	158.1 ^c	170.2 ^b	173.8 ^a
536.4***	86.7 ^c	95.8 ^b	97.1 ^a	168.7 ^c	186.0 ^b	188.4 ^a

1) 3번 반복 실험의 평균값

abc row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

3. 측정자 및 시료편차에 의한 탁도측정 오차율

가. 실험방법

동일한 방법으로 탁도를 측정하여도 측정자 및 시료내에서의 편차에 의해 오차가 어느 정도 발생하는지를 살펴보기 위하여 한국식품연구원에서 탁도를 측정한 경력이 풍부한 5명의 연구자에게 백도별로 제조된 4가지 동일한 시료를 제공하여 3회 반복하여 탁도를 측정하고, 그 결과를 이용하여 측정자의 탁도 측정 재현성은 물론 측정자 상호간의 측정오차율을 계산하였다.

실험에 사용한 백미 시료는 2009년 12월 김천건양 RPC에서 정미시스템(Satake Cor., NCP, Japan)에서 제조된 백도 39, 40, 41, 42 수준의 시료였으며, 탁도 측정에 참여한 연구원은 탁도측정 경력이 16, 12, 60, 34, 13개월된 연구원이었다. 현탁액 제조방식은 신방식을 이용하였으며, 탁도 측정에는 탁도계(2100N Turbidimeter, HACH, U.S.A.)를 이용하여 측정하였다.

나. 결과 및 고찰

탁도측정시 동일한 방법으로 제조된 동일 시료를 사용하여도 난알 성상의 차이, 불균일 도정발생여부 등 시료편차에 따라 탁도값에 차이가 발생할 수 있으며, 측정자의 숙련도 등에 따라서 차이가 발생할 수 있다. 그러나 그 차이가 시료중 난알간의 차이에서 기인한 것인지 측정자의 숙련도에서 기인한 것인지 구분하는 것은 불가능하였다.

따라서 본 연구에서는 탁도 측정 경력이 풍부한 5명의 연구원에게 동일한 방법으로 제조된 백도 39~42(39.5~42.3)의 범위의 4가지 동일시료를 희분하여 측정자에게 제공하고 각각 일본 신방식에 의거하여 3반복하여 탁도를 측정한 결과는 표 3-1-6과 같았다.

또한, 각 측정자간의 탁도 측정오차는 표 3-1-7과 같았으며, 동일 측정자가 동일시료를 이용하여 3반복하여 탁도를 측정할 때 측정자 개인별로 발생하는 오차는 다음 표 3-1-8과 같았다.

표에서 알 수 있듯이 5명의 측정자가 동일 시료로 탁도를 측정할 때 3반복하는 과정에서 발생하는 오차율은 평균 1.60%(1.02~2.47%)로 비교적 낮은 수준이었으나, 5명의 측정자간 탁도 측정오차율은 평균 7.63%(6.20~8.91%)수준으로 비교적 크게 나타났다. 즉, 동일 시료로 동일한 측정방법을 사용하여 측정하여도 측정자 및 시료편차에 따라서는 평균 7.63%의 오차가 발생할 수 있음을 알 수 있었다. 전술한바와 같이 이 측정오차율은 측정자간의 오차는 물론 시료편차에서도 기인할 수 있다.

따라서, 측정에 참여한 연구원의 탁도 측정경력이 13~60개월로 비교적 풍부하였음에도 불구하고 측정자 개인별 재현성의 차이인 1.61%와, 측정자간의 오차율이 7.63%에 달하고 있는 점을 고려할 때 탁도측정에서 기본적으로 약 9.24%정도의 오차는 포함하고 있다고 할 수 있다.

표 3-1-6. 동일시료를 사용한 5명의 측정자별 탁도

시료백도	반복수	측정자별 탁도(NTU)				
		a	b	c	d	e
39.5	1	28.5	28.3	27.0	30.2	28.0
	2	28.7	28.5	27.5	29.8	27.7
	3	28.5	28.4	27.4	29.5	28.5
40.1	1	24.7	26.4	25.2	26.7	25.1
	2	24.8	26.5	26.0	26.4	25.1
	3	24.9	26.5	25.4	26.4	25.9
41.5	1	21.8	22.7	20.7	22.5	22.4
	2	22.3	22.4	20.5	22.7	22.2
	3	21.7	22.5	20.8	22.6	22.3
42.3	1	20.9	20.7	20.3	21.3	21.7
	2	20.8	21.1	20.1	21.6	21.1
	3	20.8	20.8	20.2	21.6	21.4

표 3-1-7. 동일시료를 사용한 5명의 측정자별 탁도 측정오차율

시료백도	측정자별 평균 탁도(NTU)							측정자 탁도최대치- 최소치(NTU) (B)	측정자별 측정오차율 (%)(B)/ (A)×100)
	a	b	c	d	e	평균 (A)	표준편차		
39.5	28.57	28.40	27.30	29.83	28.07	28.43	0.92	2.53	8.91
40.1	24.80	26.47	25.53	26.50	25.37	25.73	0.74	1.70	6.61
41.5	21.93	22.53	20.67	22.60	22.30	22.01	0.79	1.93	8.79
42.3	20.83	20.87	20.20	21.50	21.40	20.96	0.52	1.30	6.20
평균(C)	24.03	24.57	23.43	25.11	24.28	24.28	—	1.87	7.63

표 3-1-8. 개인별 탁도측정 오차발생율

시료백도	개인별 반복측정 최대-최소치(NTU)					
	a	b	c	d	e	평균
39.5	0.20	0.20	0.50	0.70	0.80	—
40.1	0.20	0.10	0.80	0.30	0.80	—
41.5	0.60	0.30	0.30	0.20	0.20	—
42.3	0.10	0.40	0.20	0.30	0.60	—
평균(D)	0.27	0.25	0.45	0.38	0.60	—
개인별 오차 발생율(%) ((D)/(C)×100)	1.14	1.02	1.92	1.49	2.47	1.61

4. 기타 품질측정방법의 정립

본 연구 이전의 본 연구진의 선행연구를 참고로 하여 클린라이스의 품질측정에 필요한 측정방법을 다음과 같이 정립하였다.

- ① 함수율(% , w.b.) : 10g 곡립-135℃-24시간 건조법으로 측정한 후 5g분쇄-105℃-5시간 표준 측정법으로 환산하였으며, 환산식은 다음 식(3-1-9), 식(3-1-10)과 같았다.

$$\text{현미} : M_{105} = 100 - 1.0122(100 - M_{135}) \dots\dots\dots (3-1-9)$$

$$\text{백미} : M_{105} = 100 - 1.0133(100 - M_{135}) \dots\dots\dots (3-1-10)$$

여기서, M_{105} : 105℃로 환산한 함수율(% , w.b.)

M_{135} : 135℃로 측정한 함수율(% , w.b.)

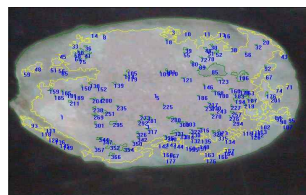
- ② 백도 : 백도계(CR 300-3, kett, Japan)를 이용하여 동일시료에 대해 5회 반복 측정하여 최대값과 최소값을 제외한 3회 측정치의 평균값을 사용하였으며, 색도는 색도계(CM-2500d, Konica Minolta Sensing, INC., Japan)를 이용하여 L a b값을 측정하였으며, 동일 시료에 대해 5회 반복 측정한 후 최대 및 최소값을 제외한 3회의 평균치를 사용하였다.

- ③ 배아잔존율 : 김 등(2005)의 방법과 동일하게 정상립 5g을 채취하여 배아가 남아있는 립과 배아가 남아있지 않은 립으로 구분하였으며, 배아가 남아있는 립 중에서 배아의 흔적만 있는 것은 질량의 1/2를 곱하고, 원형에 가까운 상태로 남아있는 립은 질량 그대로 계산한 후, 5g중 남아 있는 배아의 양을 계산하였다.

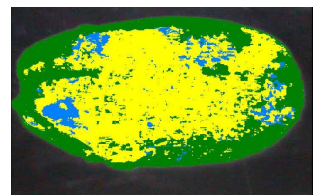
- ④ 동할을 및 수중균열립 : 정립 250립을 대상으로 미립투시기(동할립측정기)(DC-50, 静岡製鉄株式会社, Japan)측정후 5회의 평균치를 사용하였으며, 수중균열립은 정립만을 이용하여 상온의 물에 쌀의 곡립을 침지한 후 침지시간 5분 간격으로 30분까지 수중균열립의 발생여부를 측정하였다.
- ⑤ 건고물량 : 日本精米工業協會의 품질측정방법과 동일하게 이물, 싸라기, 분상질립을 제거한 시료 20g을 3점으로 균분한 다음, 각각을 500ml 삼각플라스크에 넣고, 물 300ml(15℃)을 가한 다음, 각 진탕기에 장착한 후 이동거리에 맞추어 진탕하고, 상등액을 다른 용기에 옮겨 교반하면서 피펫을 이용하여 10ml를 채취하였다. 채취한 액을 알루미늄 용기에 주입한 후 105℃에서 건조하고, 데시케이터에서 방냉한 후 중량을 측정하였다. 3개 값에 15를 곱해 시료 100g당으로 환산하여 3점의 평균치를 측정하였다.
- ⑥ 쌀의 표면특성 : 깨끗한 타월로 쌀 표면에 부착된 미분 및 미강을 제거한 후에 일반 확대경(JAI, CV-M77, Japan)으로 90배 확대하여 표면에 상처가 발생하였는지를 측정하였으며, 정밀한 표면구조는 sputter coater(Spi supplies, USA)를 이용하여 10~30nm의 두께로 gold-palladium으로 도금한 후, 도금된 시료를 주사전자현미경(Scanning electron micrographs, SEM, S2380N, Hitachi, Japan)을 이용하여 가속전압 20kV에서 1,000배율로 촬영하여 확인하였다.
- ⑦ CBB(Colored bran balance) index : 김 등(2007)의 방법과 동일하게 NMG시약으로 곡립을 염색처리한 후에 일반확대경(JAI, CV-M77, Japan)을 이용하여 영상을 획득하고, 획득한 이미지는 소프트웨어(Image Pro Plus. version 4.5.0.19, U.S.A.)를 이용하여 그림 3-1-15와 같이 과피는 진한 녹색, 호분층은 진한 청색, 그리고 전분층은 노란색의 가상의 색(pseudo color)를 설정한 다음, 과피(A), 호분층(B) 및 전분층(C)으로 구분된 영역의 면적을 Image analyzer(HAROX, HK-2200(MD3), Japan)로 산출하고 과피와 호분층의 면적비율에서 CBB index는 식(3-1-11)과 같이 구하였으며, 50립의 CBB index를 측정하여 최대치와 최소치의 차를 도정편차로 사용하였다.



a) NMG 시약처리된 낱알



b) 각 부분의 면적산출



c) 가상의 색으로 영역구분

그림 3-1-15. 화상처리를 이용한 CBB index 측정방법

$$\text{CBB index} = \frac{(A+B)}{(A+B+C)} \times 100 \dots\dots\dots (3-1-11)$$

- ⑧ 표면균열 : 화상측정기(Zoom video microscope, INU, Korea)를 이용하여 쌀 단립의 표면을 측정(×90) 측정하여 표면의 균열여부를 육안으로 확인하였다.

제 2 절 클린라이스 제조조건이 품질에 미치는 영향

우리나라에는 아직 클린라이스의 정의, 품질기준 및 측정방법이 정립되어 있지 않는 상태에서 일본에서 제작된 클린라이스 제조시스템에서 생산된 제품을 클린라이스로 시판하고 있어 낮은 품질과 높은 가격으로 인해 소비자의 선호도가 떨어지고 있다.

본 연구에서는 국내에서 시판되고 있는 클린라이스의 품질을 측정하고, 클린라이스의 정의 및 품질기준에 필요한 도정조건별 잔류미량의 존재상태 분석, 품질인자의 모델링 및 상관관계분석, 잔류미량 제거방식이 품질에 미치는 영향, 수제조건별 탁도변화, RPC 규모에서 클린라이스 제조조건별 품질특성, 클린라이스 제조방식이 저장특성에 미치는 영향 등 기술적인 사항에 대하여 검토하였다. 그 결과는 다음과 같았다.

1. 국내의 유통 클린라이스의 품질특성

가. 재료 및 방법

본 연구에서는 현재 국내에서 판매되고 있는 8개의 클린라이스 제품과 2개의 일본산 클린라이스 제품을 구입(표 3-2-1)하여 클린라이스의 품질을 측정하였다. 국내 제품은 경기도 성남시 분당소재의 대형 유통업체에서 구입하였고, 일본제품은 일본 현지에서 구입하여 사용하였다. 시료 구입 후 5℃에 저장하였으며, 실험 하루전에 실온에 방치한 후 품질특성을 분석하였다. 품질특성은 함수율, 백도, 색도, 탁도, 건고물량, CBB index, 표면특성(표면상처, SEM 검경), 동할율, 품위분석, 배아잔존율, 수중균열립 등을 측정하였으며, 측정방법은 전술한바와 동일한 방법을 사용하였다.

표 3-2-1. 품질특성의 분석에 사용된 국내·외 유통중인 클린라이스 제품

클린라이스 제조방식	시료	제품명	품종	도정일자	비 고
건식	A	깨끗이 씻어나온 쌀	추청	2007.12.12	
	B	금싸라기 씻어나온 쌀	일품	2007.12.05	
	C	진상골 이천쌀	추청	2007.12.04	
	D	경기고유미	추청	2007.12.27	
	E	임금님표 맛있는 알칼리쌀	추청	2007.12.31	
	F	おぼろづき	오바로즈키	2007.12.10	일본산
가수정미방식	G	씻어나온 참농쌀	일반계	2007.12.07	
	H	씻어나온 맛있는 오투기쌀	일반계	2007.12.03	
	I	씻어나온 쌀	일반계	2007.12.05	
특수방식(BG Type)	J	ゴシヒガリ	고시히까리	2007.12.06	일본산

나. 결과 및 고찰

(1) 클린라이스의 품위특성

국내에 유통중인 클린라이스는 대부분 RPC에서 생산되지만 대형 식품회사에서 생산하는 제품도 있다. RPC에서는 상품의 다양화 차원에서 도정라인에 바로 사용할 수 있는 건식을 비교적 선호하는 반면, 도정라인이 없는 식품회사에서는 가수정미방식으로 클린라이스를 생산하고 있다. 통상적인 클린라이스 가격도 RPC에서는 수율저하, 시스템의 설치 등에 소요되는 비용을 고려하여 일반 브랜드 쌀보다는 약 105%정도 고가로 판매하지만, 식품업체에서는 RPC에서 쌀을 구입하여 클린라이스를 제조하므로 원가상승은 물론 광고비 등으로 인해 가격이 비교적 약 140%내외의 고가로 판매되고 있다(김 등, 2003).

현재 국내에서 판매되고 있는 8개의 클린라이스 제품과 2개의 일본산 클린라이스 제품의 품위는 다음 표 3-2-2와 같았다.

표에서 알 수 있듯이 연미중 가수하지 않는 건식 클린라이스의 평균 함수율은 15.3%로서, 가수하여 쌀을 세척한 후 건조하는 가수정미방식 클린라이스의 평균 함수율인 15.8%보다 0.5% 낮았다. 찌라기율은 건식 클린라이스가 1.9%인데 비해 가수정미방식 클린라이스는 5.3%로서 3.4%의 차이가 있었으며, 이외에도 가수정미방식 클린라이스에는 분상질립 및 피해립 등이 건식에 비해 많이 포함되어 있어 전반적인 품위는 가수정미방식 클린라이스가 건식 클린라이스에 비해 낮았다.

표 3-2-2. 국내·외 유통중인 클린라이스의 품위

시 료	구 분	함수율 (%)	품 위(%)				
			정 립	찌라기	분상질립	피해립	열손립
A	건식	15.7	93.7	1.6	2.4	2.2	0.0
B	건식	14.4	85.3	1.4	11.3	2.1	0.0
C	건식	15.7	95.3	1.0	3.1	0.6	0.0
D	건식	15.6	93.4	1.3	4.1	1.2	0.0
E	건식	15.9	95.6	1.3	1.4	1.7	0.0
F	건식	14.7	92.0	5.2	1.2	1.7	0.0
G	가수정미방식	15.4	82.4	8.4	7.7	1.5	0.0
H	가수정미방식	15.7	89.6	2.6	5.4	2.5	0.0
I	가수정미방식	16.4	83.5	5.0	6.3	5.1	0.0
J	BG	15.0	95.3	2.5	1.0	1.3	0.0
평 균	건식	15.3	92.6	1.9	3.9	1.6	0.0
	가수정미방식	15.8	85.1	5.3	6.5	3.0	0.0
	BG	15.0	95.3	2.5	1.0	1.3	0.0

한편, 국내외에 유통되는 클린라이스의 품위를 표 3-2-3의 우리나라 쌀의 품위규격기준(규격번호 7011)에 적용하여 품위를 구분하면 “특”에 해당되는 클린라이스는 없었으며, “상”에 해당되는 클린라이스는 5가지(C, D, E, F, J), “보통”에 해당되는 클린라이스는 5가지(A, B, G, H, I)로 나타났다. 현재의 클린라이스의 가격을 고려할 때 클린라이스의 품위가 지나치게 낮아 품위향상에 노력할 필요가 있었다.

표 3-2-3. 쌀 품위 규격 기준(규격번호 : 7011)

품위 \ 항목	최고 한도 (%)					
	수분	싸라기	분상질립	피해립	열손립	기타이물
특	16.0	3.0	2.0	1.0	0.0	0.1
상	16.0	7.0	6.0	2.0	0.1	0.3
보통	16.0	20.0	15.0	6.0	0.5	1.0

건식 6가지, 가수정미방식 3가지의 클린라이스 제품으로 건식과 가수정미방식 전체의 품위를 추정하는 것은 대단히 어렵지만 가수하여 건조하는 가수정미방식 클린라이스 제조방식에서 가수 및 건조조건에 따라 함수율을 포함하여 싸라기발생율의 증가 등 외관품위 저하가 발생할 가능성은 높을 것으로 판단되었다. 또한 RPC에서 도정후반에 원료의 이동없이 직접 제조한 건식 클린라이스에 비해, RPC에서 벼를 구매(이동)하여 제조하는 가수정미방식 클린라이스는 도정수율의 저하, 싸라기발생율의 증가 등이 발생할 가능성이 높은 것으로 판단되었다.

(2) 클린라이스의 품질특성

현재 국내에서 판매되고 있는 8개의 클린라이스 제품과 2개의 일본산 클린라이스 제품의 품질은 다음 표 3-2-4와 같았다.

표에서 알 수 있듯이 클린라이스의 백도는 건식, 가수정미방식 및 BG Type 모두 40이상이었으며, 건식 클린라이스는 평균 40.7로서 통상적인 고품질 쌀의 도정기준인 백도 40과 비슷한 수준이었다. 한편, 가수정미방식과 BG type의 클린라이스의 평균 백도는 각각 45.7, 46.9로서 日本精米工業会(구방식)의 백도기준(45이상)을 만족하였다. 그러나 가수정미방식에서 백도가 42.9로서 백도가 낮은 제품도 있었을 뿐만 아니라, 제품간 백도차이가 심하게 발생하였는데 주요 원인은 낮은 도정도와 건조후에 분말형태로 나타나는 잔류미강이나 미분 입자에 의한 소위 “백화현상” 등으로 판단되었다.

이 외에도 클린라이스 제품의 칼라(b값)은 건식이 11.37로서 가수정미방식 10.25, BG type의 10.14에 비해 높았으며, 배아잔존율도 건식이 19.6%로서 가수정미방식 9.9%에 비해 높아(BG type의 배아잔존율 21.9%는 도정시스템과 관련하여 검토가 필요하나 정확한 도정시스템을 확인하기 어려움) 건식이

가수정미방식에 비해 잔류미강의 제거 및 도정도가 낮은 것을 알 수 있었다. 그러나 동할율은 의외로 건식 클린라이스가 평균 22.6%로서 가수정미방식 클린라이스 20.4%보다는 높게 나타났으며, 이는 원료조건 및 씨라기발생율과 관련하여 검토가 필요하였다.

표 3-2-4. 국내외 유통중인 클린라이스의 품질특성

시료	제조방식	백도	색도			배아잔존율(%)	동할율(%)	탁도		건고물량(g/100g)
			L	a	b			(NTU)	(ppm)	
A	건식	41.5	73.79	-0.87	11.09	9.9	32.0	13.5	29.6	0.30
B	건식	39.9	74.09	-0.61	11.63	35.5	25.3	9.8	22.6	0.11
C	건식	38.7	72.56	-0.63	11.86	21.7	14.0	14.9	32.1	0.20
D	건식	42.4	73.33	-0.85	10.55	15.7	20.7	15.7	33.8	0.19
E	건식	40.3	70.39	-0.68	11.68	19.8	24.0	20.8	43.4	0.34
F	건식	41.2	72.66	-1.05	11.43	15.0	19.3	19.9	41.8	0.40
G	가수정미방식	42.9	73.31	-0.80	10.78	14.6	18.0	6.7	16.7	0.08
H	가수정미방식	49.0	76.38	-0.98	9.74	4.3	20.0	4.3	12.3	0.05
I	가수정미방식	45.7	74.89	-0.83	10.22	10.8	23.3	6.2	15.7	0.02
J	BG	46.9	76.20	-0.96	10.14	21.9	14.7	6.0	15.4	0.03
평균	건식	40.7	72.80	-0.78	11.37	19.6	22.6	15.8	33.9	0.26
	가수정미방식	45.9	74.9	-0.87	10.25	9.9	20.4	5.7	14.9	0.05
	BG	46.9	76.20	-0.96	10.14	21.9	14.7	6.0	15.4	0.03

클린라이스의 탁도는 건식이 평균 15.8NTU(33.9ppm), 가수정미방식이 평균 5.7NTU(14.9ppm), BG Type이 6.0NTU(15.4ppm)로서 건식은 日本精米工業会の 품질기준인 18.9NTU(40ppm)을 만족하였지만, 日本全国無洗米協會의 품질기준인 12.6NTU(28ppm)은 만족하지 못하였다. 가수정미방식과 특수가공방식인 BG type은 日本精米工業会 및 日本全国無洗米協會의 품질기준을 모두 만족하였다.

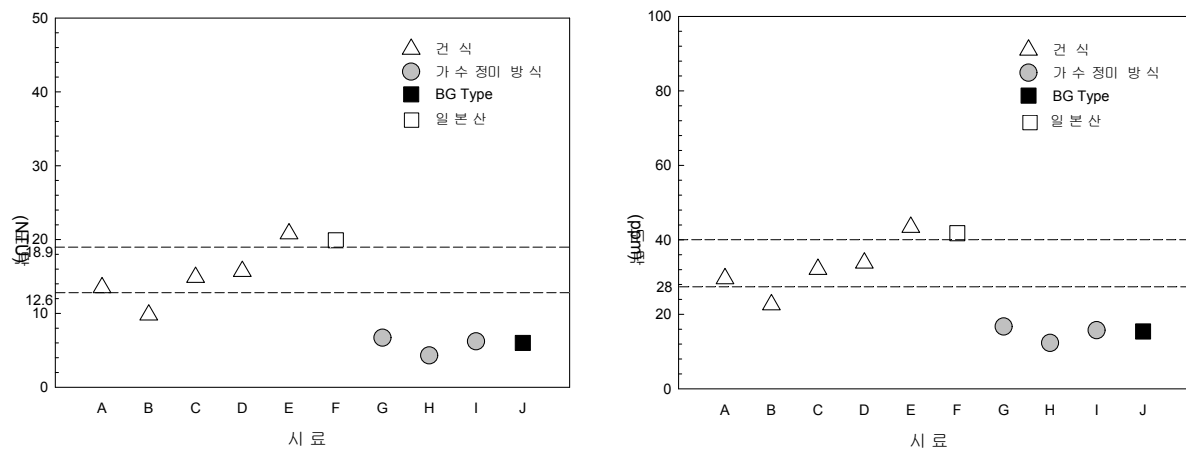


그림 3-2-1. 국내외 유통중인 클린라이스 제품의 탁도

한편, 건고물량은 건식 클린라이스가 평균 0.26g/100g, 가수정미방식의 클린라이스가 평균 0.05g/100g, BG Type의 클린라이스가 0.03g/100g로서 日本精米工業協會(구방식)의 품질기준인 0.6과 0.9g/100g을 모두 만족하는 것으로 나타났다.

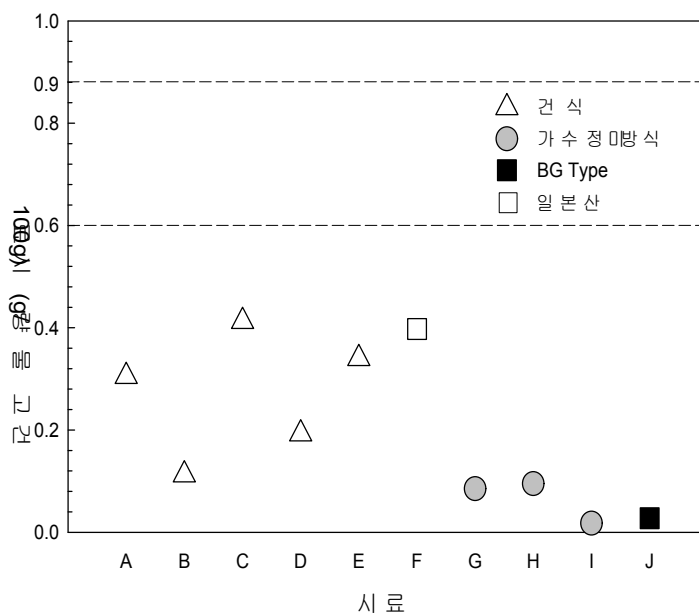


그림 3-2-2. 국내·외 유통중인 클린라이스의 건고물량

클린라이스의 표면특성은 그림 3-2-3, 3-2-4와 같았다. 그림 3-2-3에서 알 수 있듯이 건식에 비해 가수정미방식의 표면상태는 다소 광택이 적고, 매끄럽지 못하였으며, 그림 3-2-4의 SEM검경 (×1,000)에서 알 수 있듯이 건식의 경우에는 표면이 매끄러워 호분층의 세포벽(벌집구조)이나 전분알갱이 사이의 공간관찰이 어려운 반면, 가수정미방식은 전분입자 또는 호분층의 세포벽 구조를 뚜렷하게 관찰할 수 있었다(I시료의 경우 호분층의 세포벽구조가 관찰됨).

가수정미방식 시료중(G, H)의 경우에는 BG type의 J시료에 비해 전분알갱이 사이의 공간이 뚜렷하지 않을 뿐 아니라 작은 입자가 다수 관찰되어 잔류미강(도정된 전분분말 포함)의 제거가 불충분하고, 또한 이로 인해 빛이 산란하는 소위 “백화현상”이 발생할 수 있을 것으로 판단되었다. 가수정미방식은 쌀을 수세한 후 건조하므로 이 과정에서 쌀 표면에서의 수분의 흡습 및 건조과정중 흡습 및 건조속도와 쌀 내부에서의 수분확산속도 차이에 의해 동할 또는 표면에 미세한 균열이 발생할 수 있는데 이와 같은 현상은 그림 3-2-4에서 충분하게 관찰되었다.

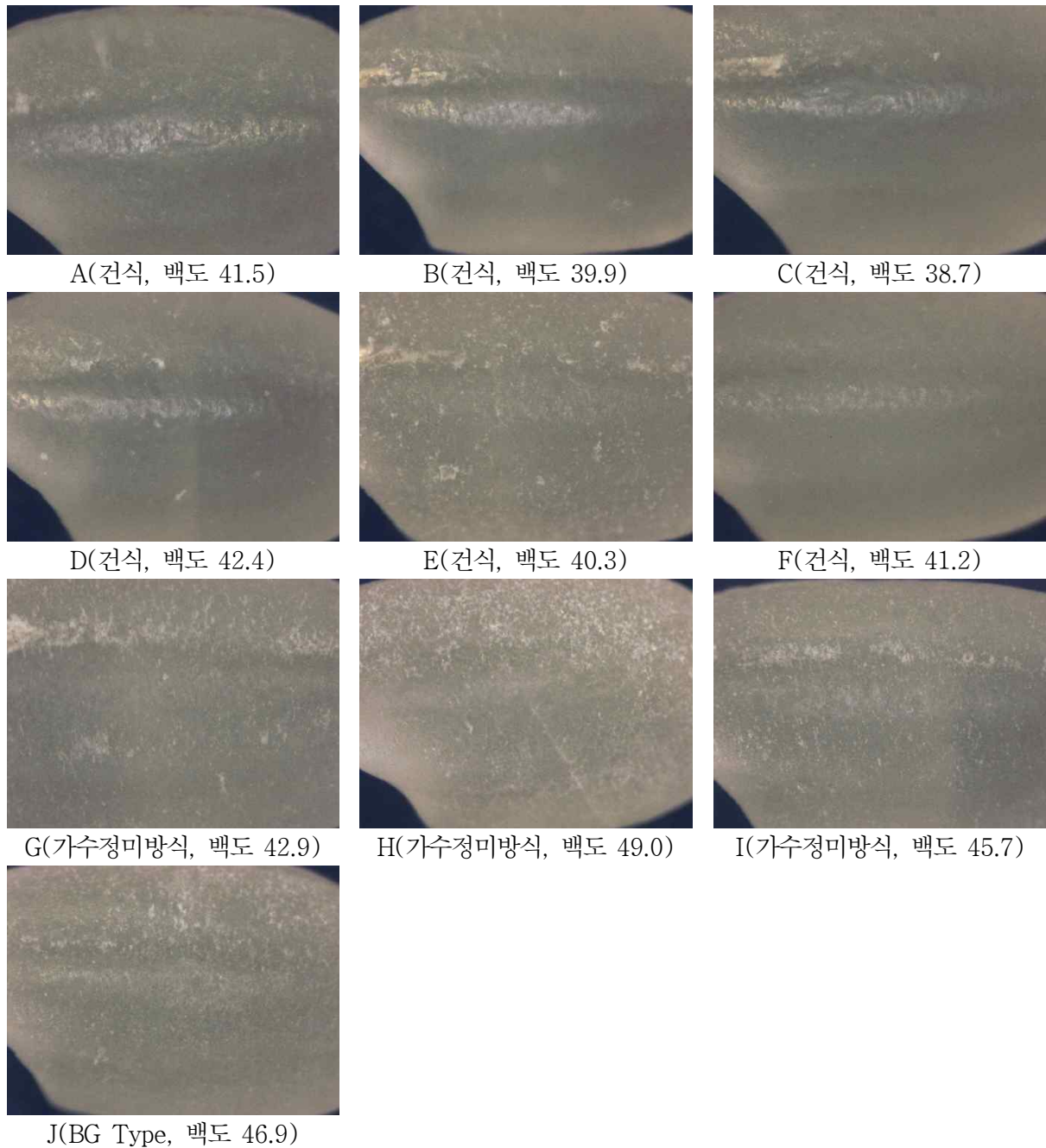


그림 3-2-3. 국내외 유통중인 클린라이스의 단립의 외관(×90)

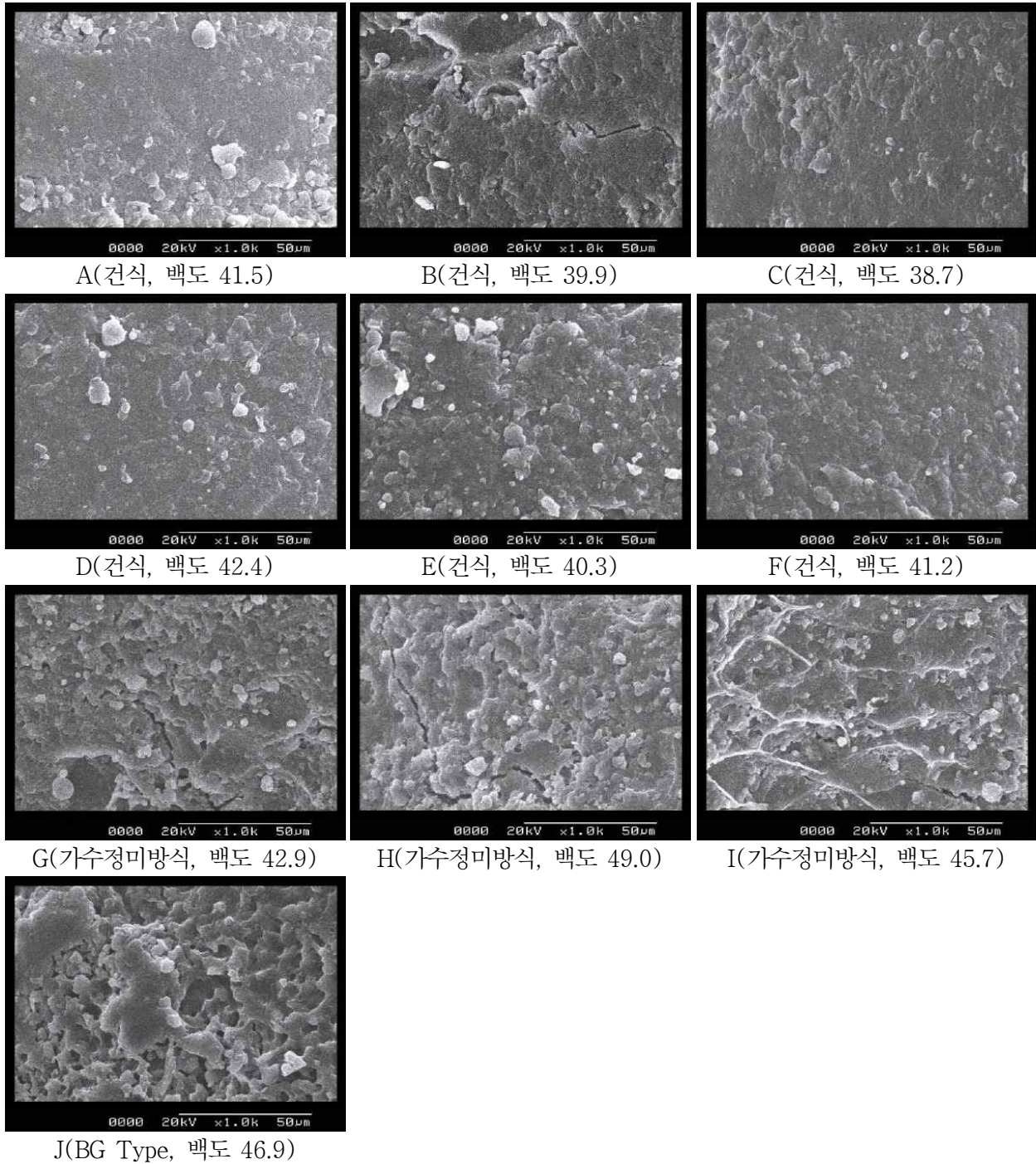




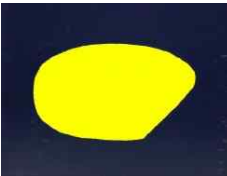
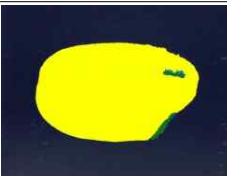
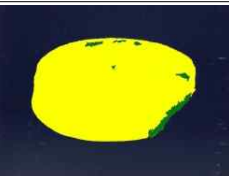
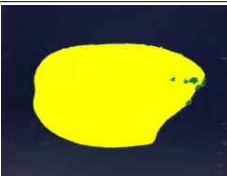


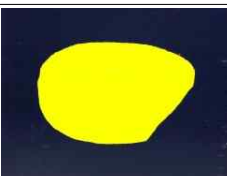
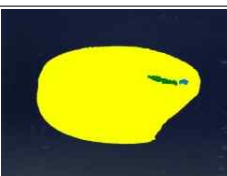
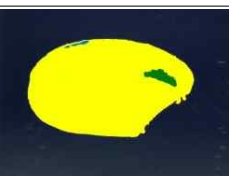
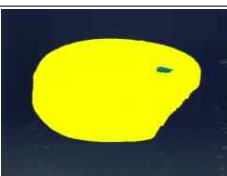


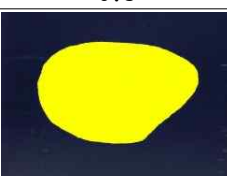


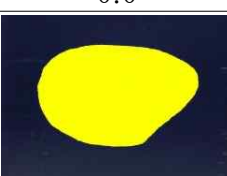
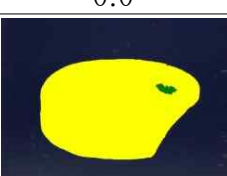
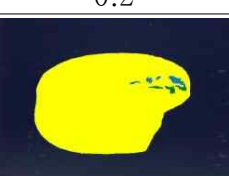
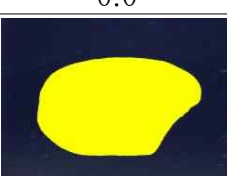
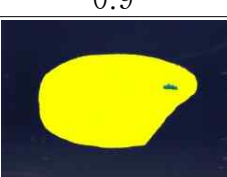
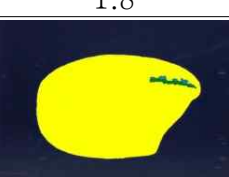
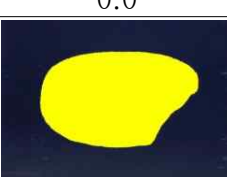
그림 3-2-4. 국내외 유통중인 클린라이스의 표면 SEM 검경($\times 1,000$)

클린라이스의 CBB index는 건식이 평균 0.7로서 가수정미방식의 평균 0.9, BG Type의 1.5보다는 적었으며, 도정편차도 건식이 평균 1.5로서 가수정미방식의 평균 2.1, BG type의 3.2에 비해 적었다. 클린라이스를 제조하기 직전의 쌀의 품질특성을 확인할 수 없어 정확한 도정도의 확인이 불가능하지만 앞의 백도, 표면상태 및 CBB index 등을 종합적으로 고려할 때 가수정미방식에 사용된 쌀은 충분하게 도정되지 않은 상태에서 “백화현상”에 의해 백도가 높게 나타남을 알 수 있었다.

수중균열립은 그림 3-2-6, 3-2-7에서와 같이 침지시간의 경과에 상관없이 가수정미방식으로 제조된 클린라이스에서 건식으로 제조된 클린라이스에 비해 다소 높게 나타났으며, 주요 원인은 수세와 건조 과정에서 발생된 표면의 균열로 인한 것이 주요 원인으로 판단되었다.

표 3-2-5. 국내외 유통 클린라이스의 CBB index 및 도정편차

시 료	제조방식	백도	전분층 면적(%)	CBB index (미강층+호분층)			표준 편차	CBB index 최대값 (A)	CBB index 최소값 (B)	도정편차 (A-B)
				계	미강층	호분층				
A	건식	41.5	99.6	0.4	0.1	0.3	0.4	0.9	0.0	0.9
B	건식	39.9	98.3	1.7	1.5	0.2	0.7	2.8	0.7	2.2
C	건식	38.7	99.7	0.3	0.2	0.1	0.3	0.7	0.0	0.7
D	건식	42.4	98.8	1.2	0.5	0.8	0.6	2.5	0.5	2.0
E	건식	40.3	99.2	0.8	0.3	0.5	0.8	2.7	0.0	2.7
F	건식	41.2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2
G	가수정미방식	42.9	99.2	0.8	0.3	0.5	0.5	1.8	0.0	1.8
H	가수정미방식	49.0	99.5	0.5	0.3	0.2	0.5	1.6	0.0	1.6
I	가수정미방식	45.7	98.5	1.5	0.7	0.7	0.9	2.8	0.1	2.8
J	BG Type	46.9	98.5	1.5	0.6	0.8	0.9	3.2	0.0	3.2
평균	건식	40.7	99.3	0.7	0.4	0.3	0.5	1.6	0.2	1.5
	가수정미방식	45.9	99.1	0.9	0.4	0.5	0.6	2.1	0.0	2.1
	BG Type	46.9	98.5	1.5	0.6	0.8	0.9	3.2	0.0	3.2

시 료	대표적인 난알의 CBB index			
	평균	최대	최소	도정편차
A				0.9
	0.4	0.9	0.0	
B				2.2
	1.7	2.8	0.7	
C				0.7
	0.3	0.7	0.0	
D				2.0
	1.3	2.5	0.5	
E				2.7
	0.8	2.7	0.0	
F				0.2
	0.0	0.2	0.0	
G				1.8
	0.9	1.8	0.0	
H				1.6
	0.4	1.6	0.0	


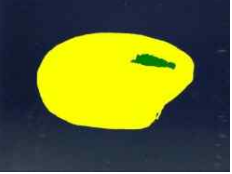
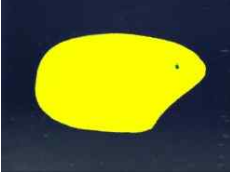
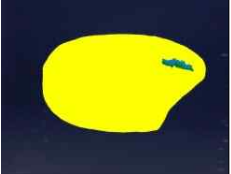


백도	대표적인 난알의 CBB index			
	평균	최대	최소	도정편차
I				2.8
	1.4	2.8	0.1	
J				3.2
	1.4	3.2	0.0	

그림 3-2-5. 국내외 유통중인 클린라이스의 CBB index 및 도정편차

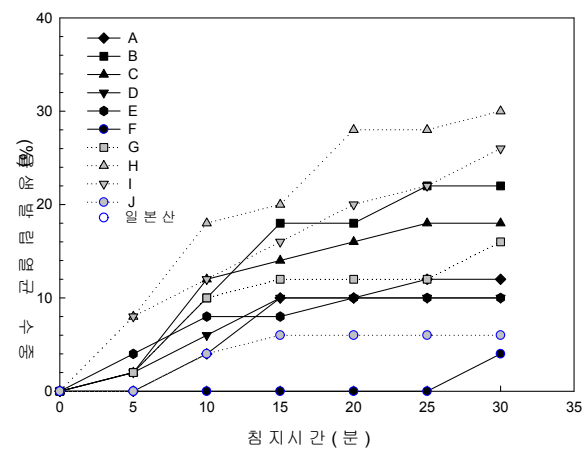


그림 3-2-6. 국내외 유통중인 클린라이스의 침지시간별 수용성단백질 발생율





























































시 료	침지시간(min)					
	5	10	15	20	25	30
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						
H						
I						
J						

그림 3-2-7. 국내외 유통중인 클린라이스의 침지시간별 수중균열립의 표면특성(단립)

2. 도정조건별 잔류미강 존재상태 분석

클린라이스의 주요한 품질기준이 되고 있는 쌀의 탁도, 건고물량, 백도 등은 잔류미강(일부 미분가루 포함)의 제거정도에 영향을 받게 되며, 특히 잔류미강에는 쌀 표면에 부착된 미강뿐만 아니라 호분층에 존재하는 작은 미강입자도 포함된다. 따라서 클린라이스의 품질에 영향을 미치는 인자를 분석하기 위해

서는 쌀의 도정조건에 따른 잔류미강의 제거특성의 파악이 필요하나 아직까지 여기에 대한 연구보고는 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 현미를 도정하면서 도정정도에 따른 탁도, 건고물량, 칼라, 단백질함량, CBB index 및 표면특성 등 전반적인 품질특성을 측정하였다.

가. 재료 및 방법

2007년산 추청현미를 경기도 화성시 소재 농협RPC에서 구입하여 시험용 마찰식정미기(VP-31T, Yamamoto)를 사용하여 과피, 호분층, 배유층 등의 상태를 확인할 수 있도록 백도 23.2~48.5범위로 도정하여 공시하면서 품질특성을 측정하였다.

품질특성은 백도, 탁도, 건고물량, 칼라, 단백질함량, CBB index 및 쌀 표면특성으로 전술한 방법으로 측정하였고, 3반복 측정하여 평균치를 사용하였다. 단백질함량은 성분측정기(Infratec 1241 Grain Analyzer, Foss Tecator, Sweden)를 이용하여 측정(RI205045 백미모드에서 300g의 시료를 사용하여 측정)하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 도정도에 따른 백도변화

다음 그림 3-2-8은 도정도 3.1~15.3% 범위에서 도정도에 따른 백도변화를 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 도정도가 증가할수록 백도는 증가하는 경향을 나타내었으며, 도정도 8%수준까지 도정도 증가에 따라 백도의 증가폭이 컸으나, 그 이후로는 다소 완만히 증가하였다. 백도 45 이상에서는 도정도가 증가하여도 백도 증가폭은 대단히 적었으며, 도정도 15.3%에서는 백도가 48.5이었다.

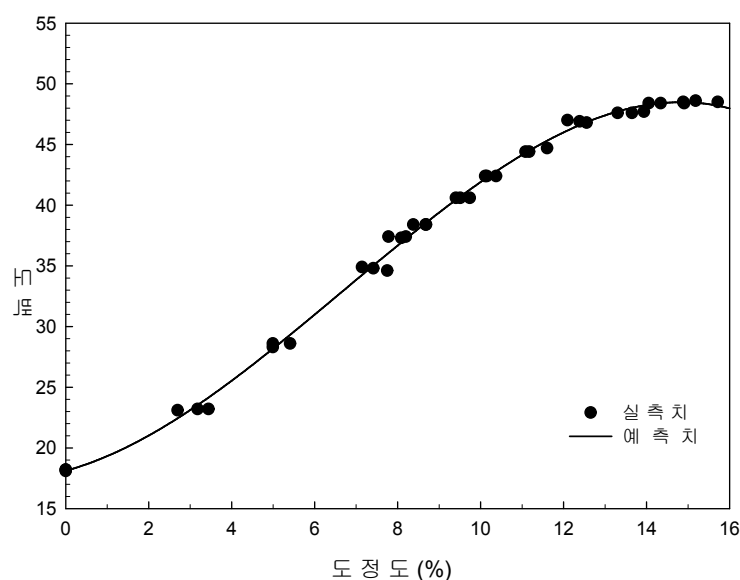


그림 3-2-8. 도정도에 따른 백도 변화

(2) 백도에 따른 탁도, 건고물량 및 표면상태 변화

다음 그림 3-2-9, 그림 3-2-10은 백도 및 도정도에 따른 탁도변화를 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 백도 23.2~34.8범위(도정도 3.1~7.8%)에서는 백도가 증가할수록 탁도도 증가하여 백도 34.8에서 탁도는 39.0NTU(78.4ppm)로 최대치를 나타낸 후, 백도의 증가에 따라 탁도가 감소하는 경향을 나타내었으며, 백도 40.6~42.4, 탁도 21.7~15.3NTU(45.4~33.3ppm) 사이에서 호분층이 충분하게 제거되었으며, 실험범위 중 가장 높은 백도 48.5에서 탁도는 9.6NTU(22.4ppm)로 최저점을 나타내었다.

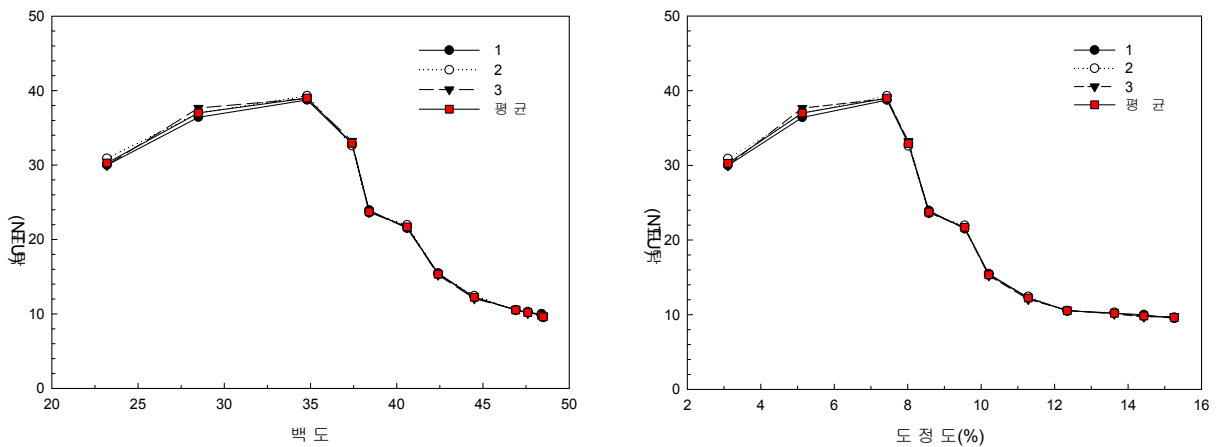


그림 3-2-9. 백도 및 도정도에 따른 탁도(NTU) 변화

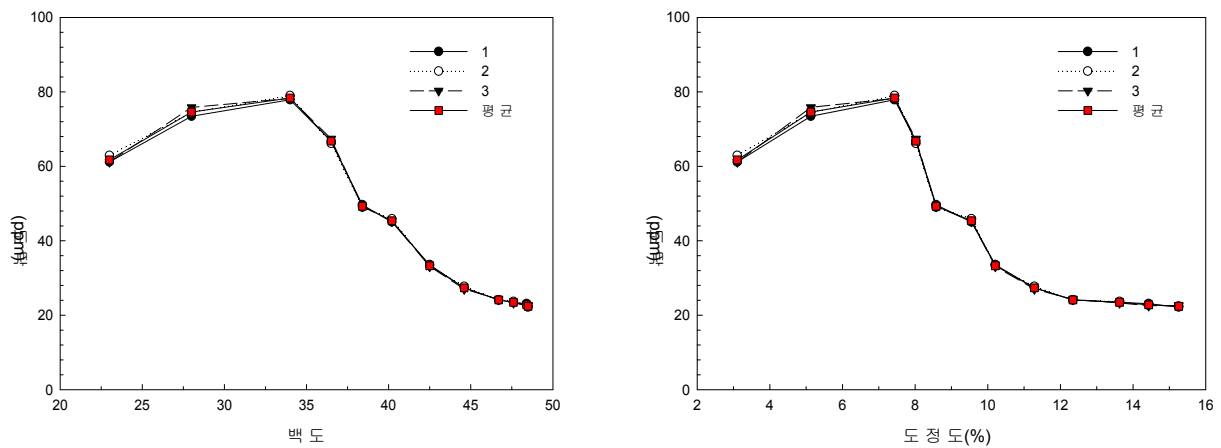


그림 3-2-10. 백도 및 도정도에 따른 탁도(ppm) 변화

이와 같이 탁도가 증가한 후 감소하는 경향을 나타낸 것은 다음 그림 3-2-11 및 그림 3-2-12에서 알 수 있듯이 호분층의 제거정도와 밀접한 관계를 가진 것으로 판단된다. 즉, 도정이 진행되면서 과피가 제거되면 호분층이 노출되기 시작하는데, 호분층은 세포벽의 형상이 일정하지 않아 최대 많은 호분층 세포벽이 파괴되어 있을 때 최대 탁도를 나타내다가, 호분층이 점차 제거되면서 탁도가 감소하는 것을

알 수 있었다.

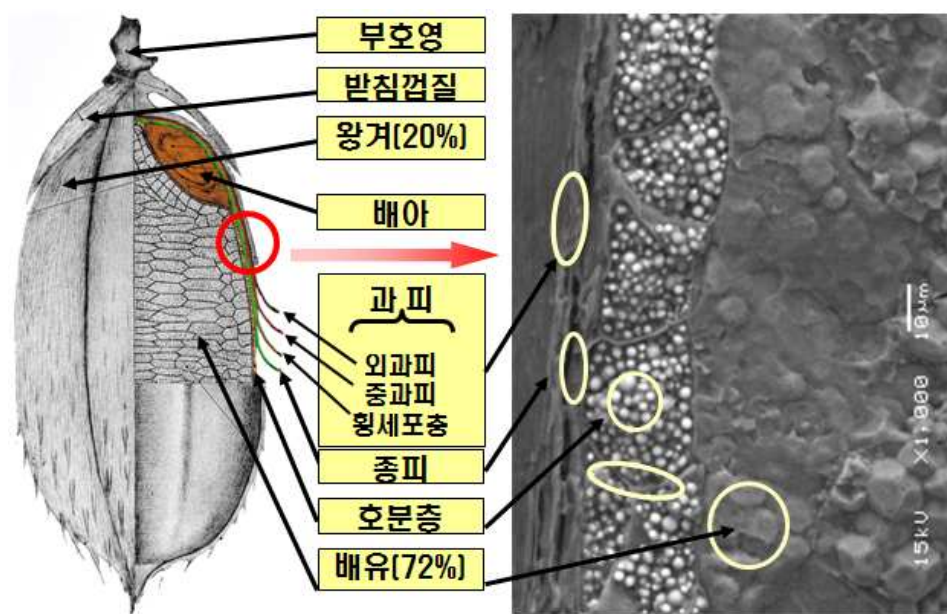
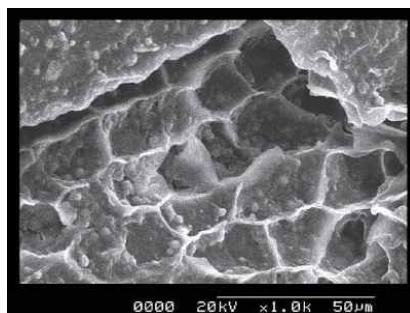
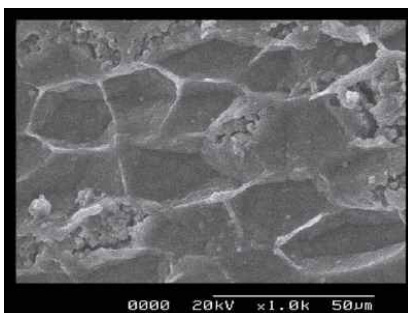


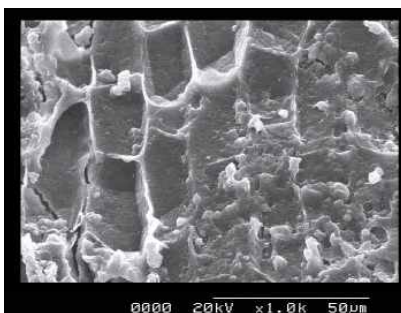
그림 3-2-11. 쌀 표면구조(×1,000)



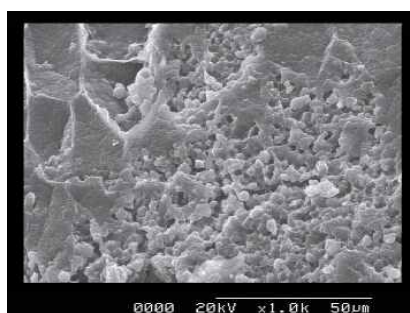
백도 23.2



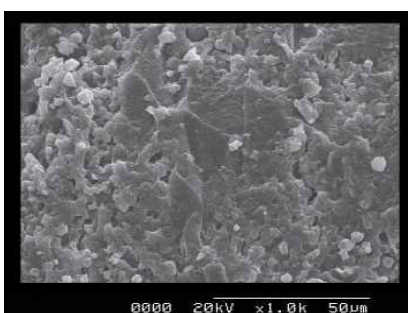
백도 28.5



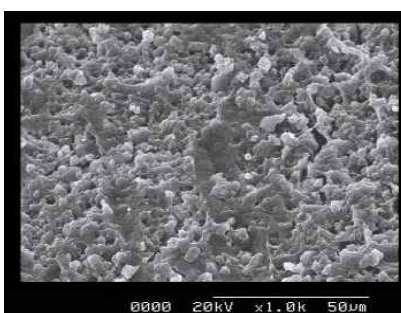
백도 34.8



백도 37.4



백도 38.4



백도 40.6

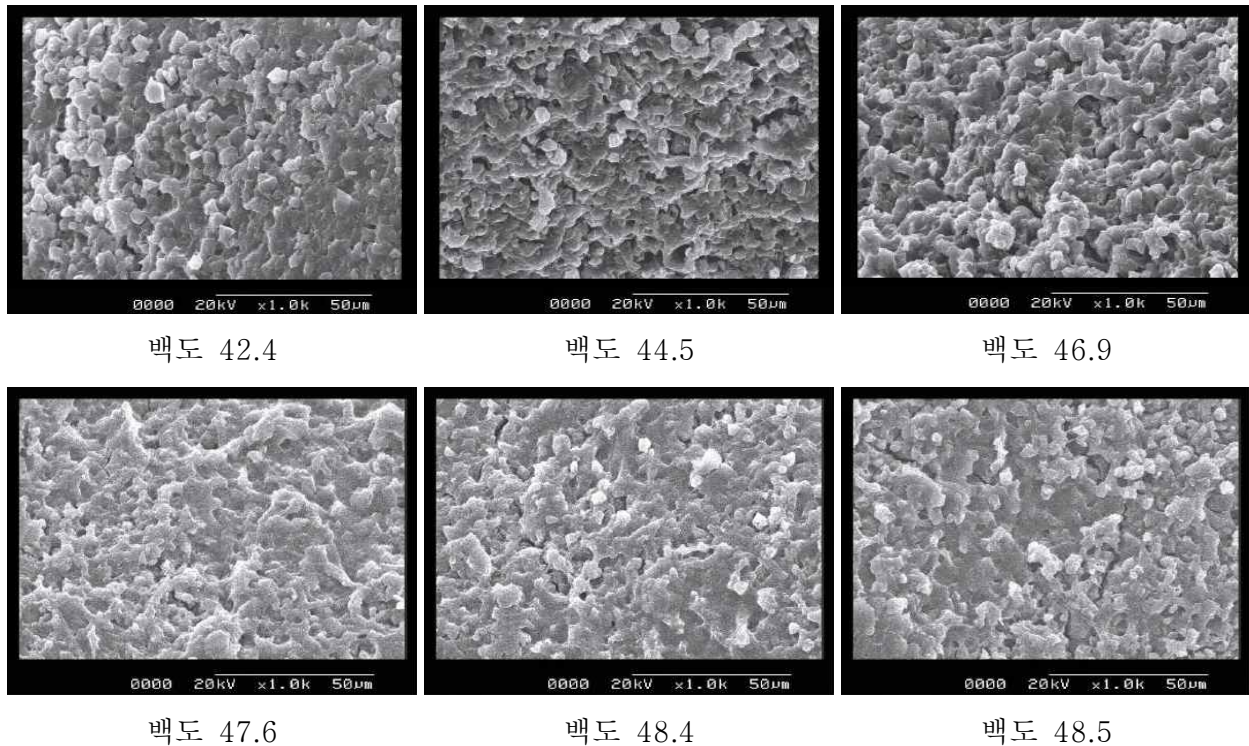


그림 3-2-12. 백도별 시료를 수세, 건조한 다음 SEM 검경한 쌀 표면상태(×1,000)

한편, 日本精米工業会の 클린라이스 탁도기준 40ppm(18.9NTU)에 적합하기 위해서는 백도 41수준이 상으로 도정하는 것이 필요하였으며, 日本全国無洗米協會의 클린라이스 탁도기준 28ppm(12.6NTU)에 적합하기 위해서는 백도가 약 45이상이 되도록 도정하는 것이 필요할 것으로 판단되었다. 현재 농협RPC의 도정기준이 40 ± 1 수준임을 감안할 때 일본의 2가지 백도기준을 만족하기 위해서는 농협RPC의 도정기준 이상으로 도정할 필요가 있었다.

한편, 백도변화에 따른 건고물량의 변화도 탁도와 유사한 경향을 나타내었는데 백도 23.2~34.8범위에서는 백도가 증가할 때 건고물량도 증가하여 백도 34.8범위에서 0.6g/100g 수준으로 정점을 기록하였고, 그 이후부터는 백도가 증가할수록 건고물량이 감소하는 경향을 보였으며, 최종적으로는 백도 48.5에서는 약 0.1g/100g 수준을 나타내었다.

본 연구에서는 쌀을 마찰식정미기로 도정한 후 별도로 미강을 제거하지 않았으나, 이 상태로도 日本精米工業会の 클린라이스 가수정미방식 건고물량 기준인 0.6g/100g를 모두 충족하였다. 이 결과에서 건고물량에 대한 기준은 비교적 느슨하다는 것을 알 수 있었다.

이상과 같이 백도(도정도)의 증가에 따른 탁도 및 건고물량의 변화형태는 앞서서도 언급한 바와 같이 도정과정중 호분층의 제거정도에 따라 탁도 및 건고물량이 증가하다가, 호분층이 완전히 제거되어 배유만 남을 경우 전분입자 사이에 작은 공간에 극히 소량의 잔류미강 또는/및 전분가루만이 남아 탁도 및 건고물량이 감소하는 것을 알 수 있었다.

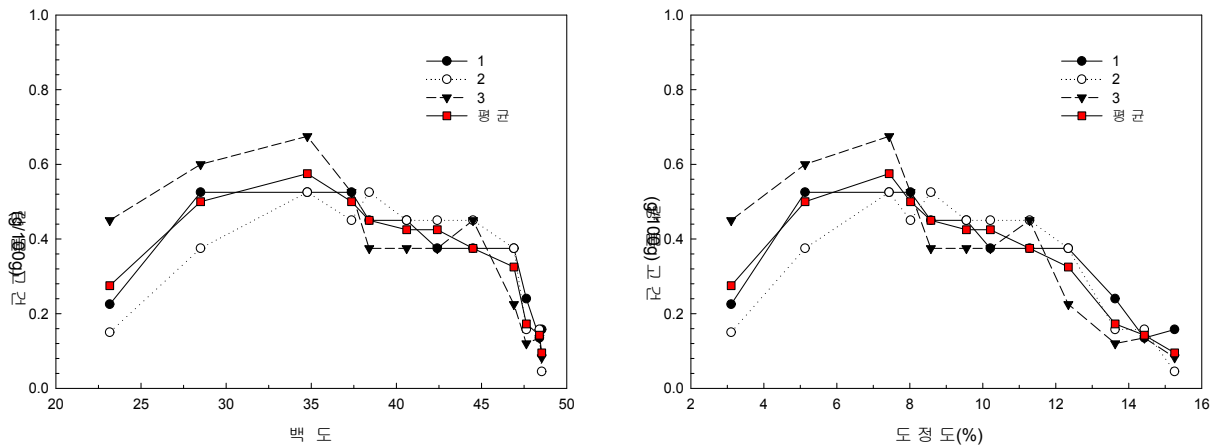


그림 3-2-13. 백도 및 도정도에 따른 건고물량 변화

(3) 백도에 따른 칼라, 단백질함량, CBB index

일반적으로 Lab 칼라체계에서 b값은 yellow를 나타내며(그림 3-2-14), 통상적으로 도정이 진행될수록 b값은 감소하게 되는데, 김 등(2005)은 b값과 백도와는 선형적인 관계($r^2 = 0.990$)를 나타낸다고 보고하였다. 앞의 도정도에 따른 백도변화와 동일하게 도정도(백도)가 증가할수록 b값은 감소하는 경향을 나타내었는데, 초기 현미의 b값은 23.35이었지만 백도 34.8까지 급격히 감소하여 13.09이었으며, 그 이후로는 다소 완만한 추세로 감소되어 최종 백도 48.5에서는 b값이 9.59를 나타내었다.

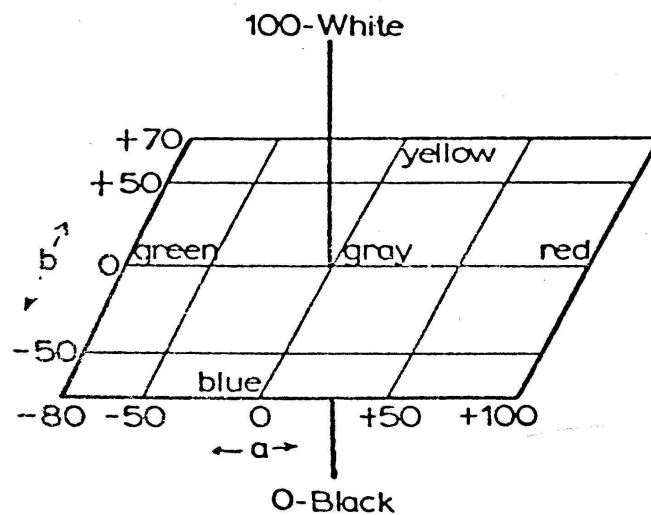


그림 3-2-14. 3차원 공간에서 L, a, b에 의한 색의 표현

성분측정기로 백도에 따른 단백질 함량을 측정된 결과, Miller 등(1979)등의 연구결과와 동일하게 백도가 증가할수록 단백질 함량은 감소하는 경향을 보였으며, 이는 일반적으로 호분층, 종피, 과피 및 배유층 순서로 단백질함량이 적은 것이 주요한 원인으로 판단되었다. 백도 48.4에서 단백질함량이 5.2%이었

으며 최종백도 48.5에서도 단백질함량이 5.2%로 더 이상 감소하지 않았다.

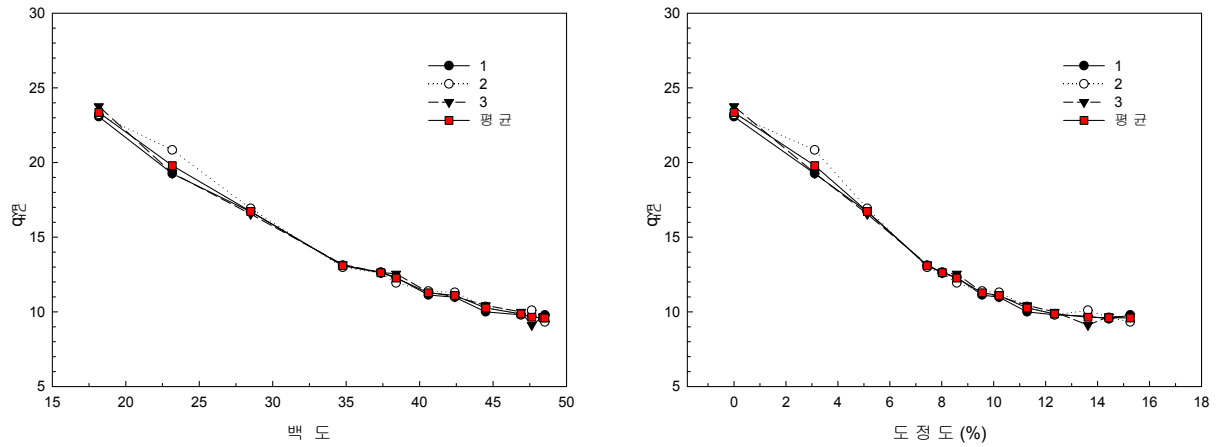


그림 3-2-15. 백도 및 도정도에 따른 b값 변화

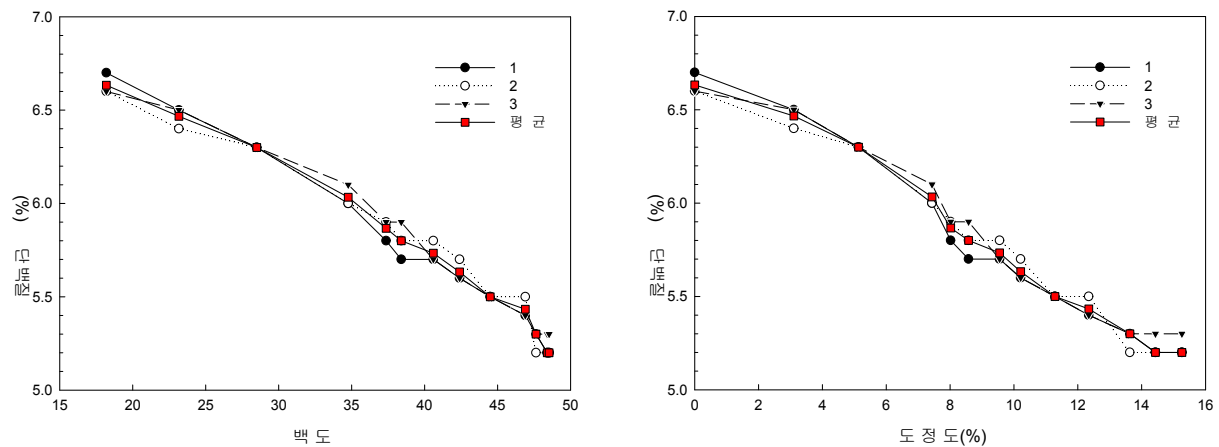


그림 3-2-16. 백도 및 도정도에 따른 단백질함량 변화


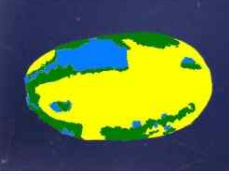
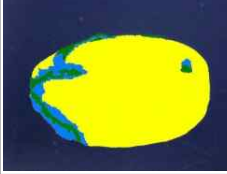


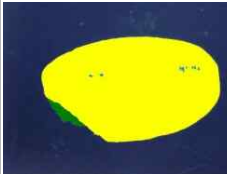
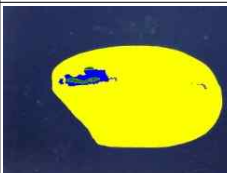
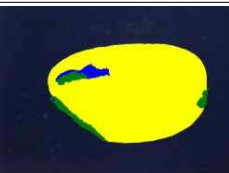
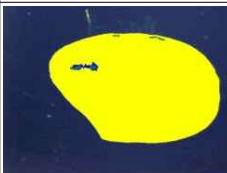
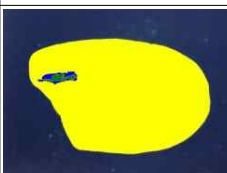
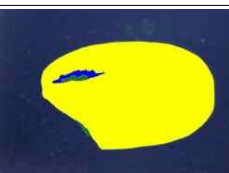
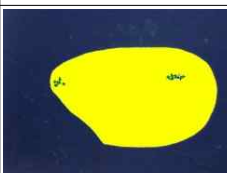
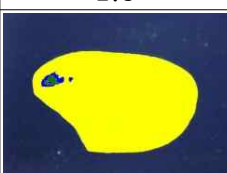
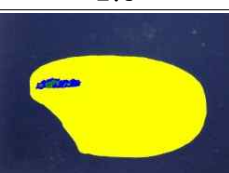
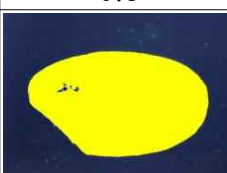
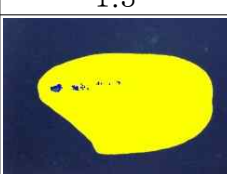
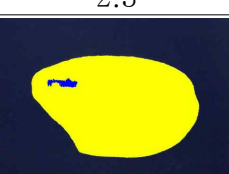
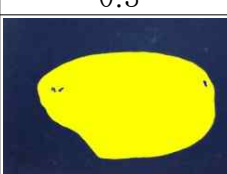
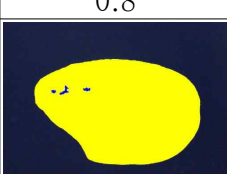
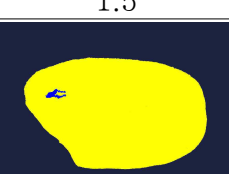
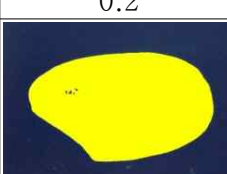
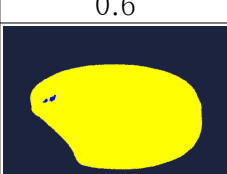
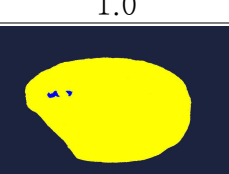
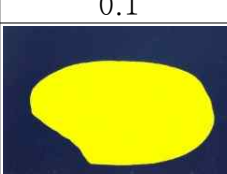
미강이 남아있는 부분의 면적비인 CBB index는 백도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었는데, 통상적으로 농협RPC의 도정기준으로 알려진 백도 40부근에서는 골부분에 약간의 미강이 남아있어 CBB index는 약 0.8정도를 나타내었다. 도정이 많이 진행된 백도 46.9부터 48.4까지는 CBB index값이 0.1로 변함이 없었으며, 최종 백도 48.5에서는 CBB index가 0.0 수준이었다. 그러나 부적절한 도정배분이나 배아 부착을 등에 따라 발생되는(김 등, 2008) 난알간의 CBB index차이 즉, 도정편차(搗精偏差, milling difference)는 백도 40.6일 때 1.3, 백도 44.5일 때 0.6, 백도 48.5일 때 0.2로 나타났으며, 도정편차가 많이 발생할수록 호분층의 제거가 부족한 난알이 존재하여 탁도 및 건고물량이 증가할 수 있어 도정편차의 저하 등 도정조건의 개선이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

백도별로 가공된 쌀의 표면을 SEM 검정한 결과(그림 3-2-12), 백도가 증가할수록 호분층 영역의 감소가 현저하여 백도 40.6에서는 호분층이 매우 적은 영역에서만 남아있었으며, 백도 42.4에서는 호분

층이 거의 남아있지 않았다. 그러나 주지하는 바와 같이 각 낱알에서 SEM 검경으로 확인할 수 있는 부분의 면적이 대단히 적어 SEM 검경만으로는 전체적인 표면상태를 모두 나타낼 수는 없지만, 앞의 항에서 측정한 CBB index와 조합할 경우 백도별 호분층의 제거여부를 충분히 관찰할 수 있을 것으로 판단되었다.

통상적으로 RPC에 사용되는 정미시스템은 연삭+마찰+습식연미방식이 주류를 이루어 있으며, 습식연미방식도 마찰식정미기와 같이 낱알간, 곡물과 금망간의 마찰력을 이용하는 구조이므로 연삭+마찰+습식연미방식에서 골부분까지 완전하게 도정하는 것은 수율측면에서 대단히 불리할 수 있다. 또한, 도정시 정미시스템의 종류, 운전조건 등에 따라 함수율의 변화, 도정편차의 발생 등으로 정백수율에 큰 영향을 받아 다소 차이는 있지만 본 연구결과만을 고려할 때 도정조건으로는 백도 38.4~40.6(CBB index 1.3~0.8)수준, 호분층의 완전한 제거측면에서는 백도 40.6~42.4수준(CBB index 0.8~0.6)수준이 적절할 것으로 판단되었다.

백도	도정도	전분층 면적(%)	CBB index (미강층+호분층)			표준 편차	CBB index 최대값 (A)	CBB index 최소값 (B)	도정편차 (A-B)
			계	미강층	호분층				
현미(18.2)	0.0	0.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23.2	3.1	77.2	22.8	12.2	10.6	8.5	34.9	14.1	20.8
28.5	5.1	94.0	6.0	3.7	2.3	2.4	10.1	2.3	7.8
34.8	7.4	96.3	3.7	1.7	2.0	2.0	7.6	0.9	6.7
37.4	8.0	98.5	1.5	0.4	1.1	0.7	2.5	0.5	2.0
38.4	8.6	98.7	1.3	0.4	0.9	0.8	2.3	0.3	2.0
40.6	9.6	99.2	0.8	0.1	0.8	0.5	1.5	0.2	1.3
42.4	10.2	99.4	0.6	0.0	0.5	0.4	1.0	0.1	0.9
44.5	11.3	99.7	0.3	0.0	0.3	0.2	0.6	0.0	0.6
46.9	12.3	99.9	0.1	0.0	0.1	0.2	0.5	0.0	0.5
47.6	13.6	99.9	0.1	0.0	0.1	0.1	0.4	0.0	0.4
48.4	14.4	99.9	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	0.3
48.5	15.3	100.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2

백도	대표적인 낱알의 CBB index			
	평균	최대	최소	도정편차
23.2				20.8
	22.8	34.9	14.1	
28.5				7.8
	6.0	10.1	2.3	
34.8				6.7
	3.7	7.6	0.9	
37.4				2.0
	1.5	2.5	0.5	
38.4				2.0
	1.3	2.3	0.3	
40.6				1.3
	0.8	1.5	0.2	
42.4				0.9
	0.6	1.0	0.1	
44.5				0.6
	0.3	0.6	0.0	



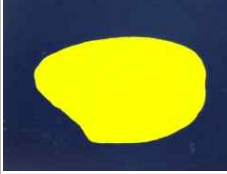
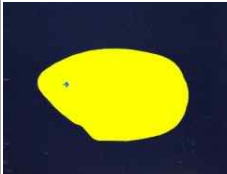

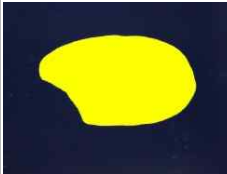
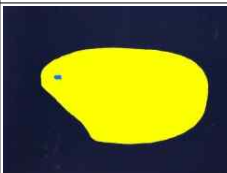
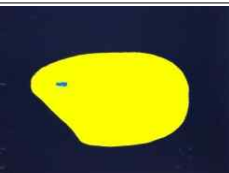

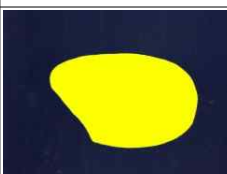
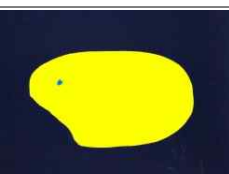
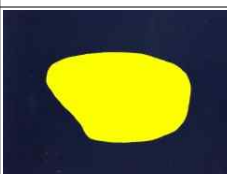
백도	대표적인 낱알의 CBB index			
	평균	최대	최소	도정편차
46.9				0.5
	0.1	0.5	0.0	
47.6				0.4
	0.1	0.4	0.0	
48.4				0.3
	0.1	0.3	0.0	
48.5				0.2
	0.0	0.2	0.0	

그림 3-2-17. 백도에 따른 CBB index 변화

(4) 기타 도정특성

다음 그림 3-2-18, 3-2-19 및 3-2-20은 각각 백도 및 도정도에 따른 함수율, 동할율 및 찌라기 발생율의 변화를 나타낸 것이다.

그림에서도 알 수 있듯이 함수율은 백도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였는데, 초기 현미의 함수율은 14.3%이었으며, 도정이 완료된 백도 48.5에서는 함수율이 11.5%로 도정으로 인한 함수율의 손실은 2.8%로 대단히 크게 나타났다. 일반적으로 건조의 원리에서 알 수 있듯이 벼의 함수율이 낮을수록 현미 및 백미 함수율은 다소 상승하는 것이 원칙이나 가공과정에서 곡온상승과, 방냉과정에서 수분이 증발하여 함수율이 낮게 나타난다. 특히 본 연구에서는 백도 40수준일 경우 도정도는 10.2%수준으로 김 등(2007)의 약 9.5%에 비해 0.7%정도가 높게 나타났는데 여기에는 함수율의 저하가 큰 영향을 미친 것으로 판단되었다.

한편, 백도 40수준까지 함수율이 다소 완만하게 감소하다가 그 이후에는 함수율의 감소폭이 다소 크게 나타났는데, 이는 백도를 증가시키기 위해 시험용 정미기를 다수통과하면서 상승된 곡온으로 인해 발생된 것으로 판단되었다.

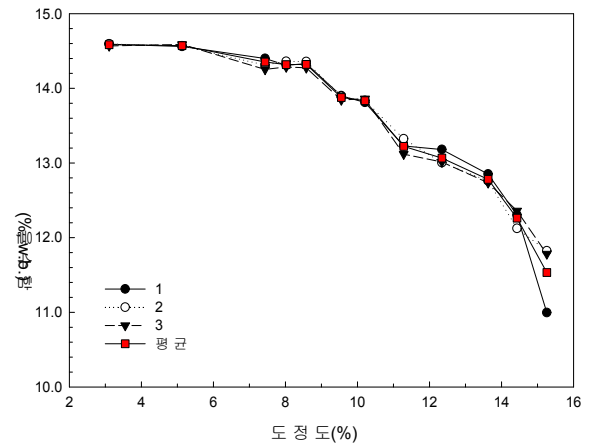
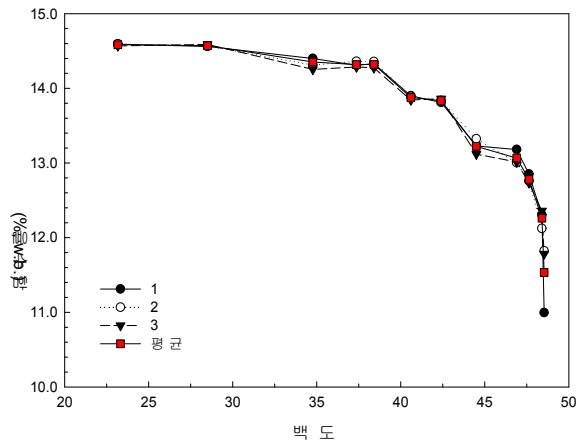


그림 3-2-18. 백도 및 도정도에 따른 함수율 변화

현미 동할립은 도정중 쉽게 찌라기가 되며, 도정 중 급격한 곡온의 상승은 동할발생의 원인이 되기도 한다. 그림 3-2-10은 도정중 백도증가에 따른 동할율의 변화를 나타낸 것으로서 5.3%이었던 현미 동할율에 비해 도정과정중 동할율의 변화는 일정하지 않았으며, 특히, 백도 44.5에서 13.3%로 상승하였고, 백도 48.5에서 9.3%로 감소하였다.

통상적으로 찌라기는 곡립의 강도(剛度, hardness)가 도정압력보다 낮을 때 발생하는데 도정이 진행될수록 곡온이 상승하므로 찌라기발생율은 증가한다. 그림 3-2-11은 도정과정중 백도증가에 따른 찌라기발생율을 나타낸 것으로서 본 실험에서 사용한 연속적인 도정으로는 백도 40이상에서 급격하게 찌라기가 발생하였다.

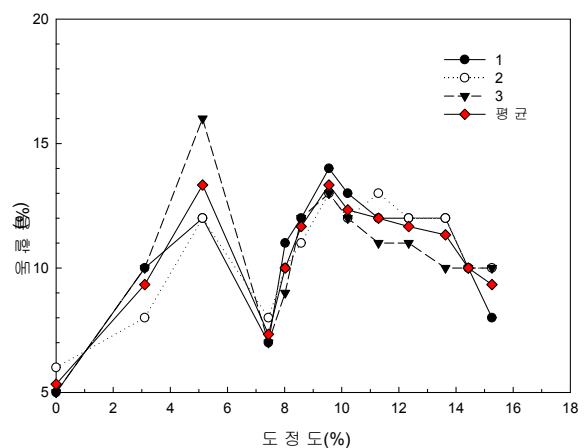
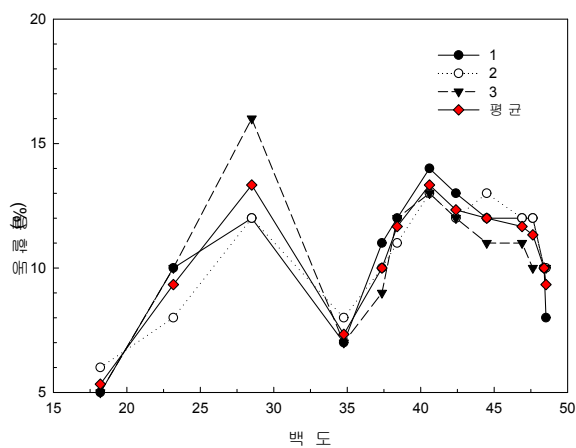


그림 3-2-19. 백도 및 도정도에 따른 동할율의 변화

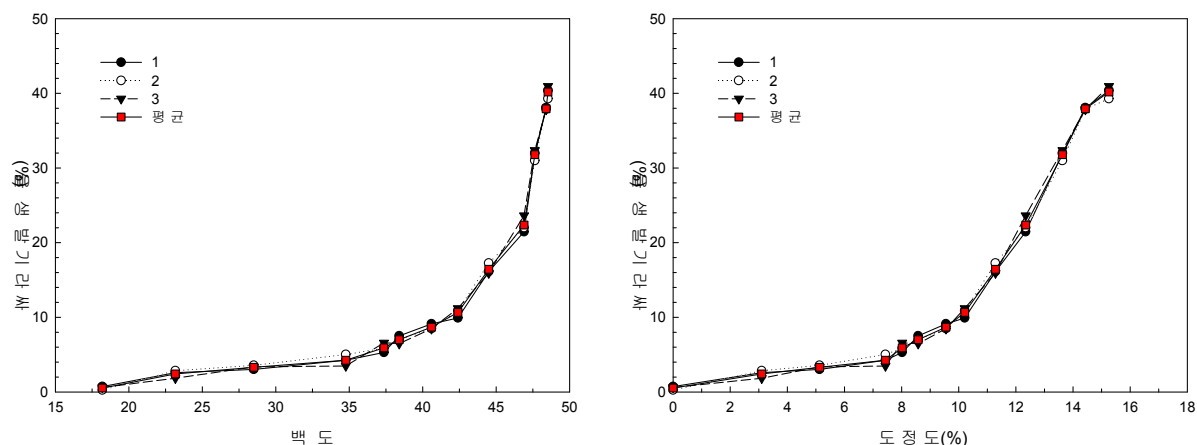


그림 3-2-20. 백도 및 도정도에 따른 찌라기 발생율의 변화

3. 클린라이스 품질인자 모델링 및 상관관계 분석

가. 실험방법

클린라이스의 품질기준이 될 수 있는 품질측정인자는 크게 도정정도, 잔류미강의 상태와 양, 외관품질로 구분할 수 있으며, 도정정도에는 백도(도정도), 칼라(b값), CBB index 및 호분층의 제거여부가 포함될 수 있고, 잔류미강의 상태와 양에는 탁도와 건고물량이 포함될 수 있으며, 쌀의 외관품질에는 균열립, 백화현상, 찌라기율, 수중균열립 및 동할립 등이 포함될 수 있다.

이러한 인자중에서 객관적으로 수치화가 어려운 항목은 호분층의 제거여부, 균열립, 백화현상, 수중균열립 등이며, 원료의 상태에 크게 영향을 받는 항목은 동할립, 찌라기율 등을 들 수 있다. 따라서 객관적으로 클린라이스의 품질기준이 될 가능성이 높은 항목으로는 백도, 칼라(b값), CBB index, 탁도 및 건고물량 등을 들 수 있다.

따라서 본 연구에서는 클린라이스의 품질기준이 될 가능성이 높은 항목간의 상관관계를 전술한 “도정조건별 잔류미강 제거 특성”결과를 활용하여 검토하였다. 이를 위하여 도정도와 백도, 백도와 칼라인자간, 탁도와 건고물량간 등 품질인자를 통계프로그램(Sigmaplot)을 이용하여 모델링하였으며, 그 결과는 다음과 같았다.

나. 결과 및 고찰

(1) 도정도와 백도, 백도와 칼라(b값), 단백질함량과의 관계

도정도와 백도와의 관계는 우리나라 도정기준을 제시하였던 김 등(2004, 2005)의 결과와 동일하게 다음 식(3-2-1)의 Sigmoid type으로 표현이 가능하였으며, 결정계수 0.9925로 모델이 도정도에 따른

백도변화를 잘 나타낼 수 있었다. 따라서 정미시스템의 종류, 도정조건, 원료 현미 품종, 백도 및 비정립 혼입비율 등에 따라 다소 차이는 있지만 백도 측정만으로도 도정도는 추정이 가능할 것으로 판단되었다.

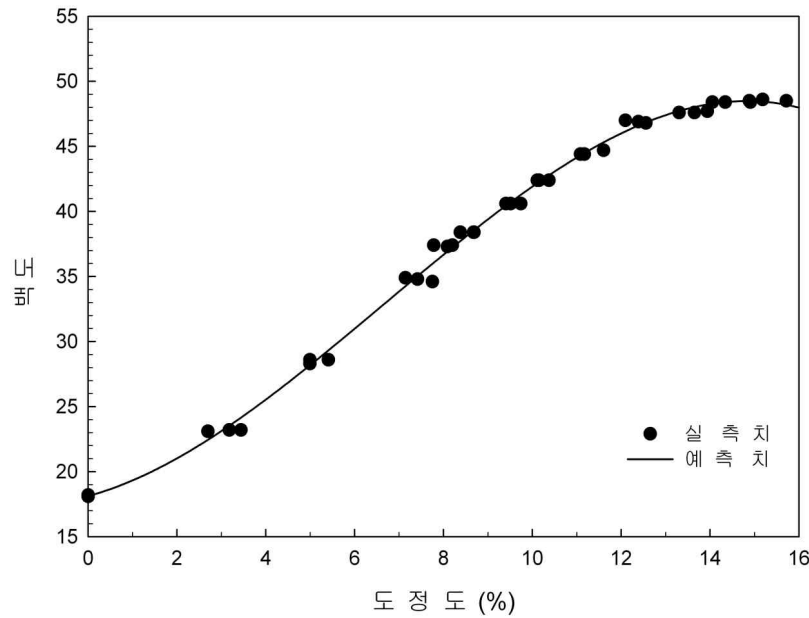


그림 3-2-21. 도정도에 따른 백도 변화

$$W = \frac{a}{1 + \exp\left(-\frac{(x-x_0)}{b}\right)} \quad (r^2=0.9925) \dots\dots\dots (3-2-1)$$

여기서, W : 백도(-)

x : 도정도(%)

a, b, x_0 : 실험상수 ($a=56.3309, b=5.3048, x_0:4.5970$)

한편, 일반적인 칼라시스템에는 Lab, RGB, XYZ 등이 있으며, 각 칼라시스템의 칼라인자간에는 일정한 관계가 있어 서로 변환이 가능하며, 상호간의 변환식도 잘 알려져 있다. 한편, 쌀의 색깔을 나타내는 백도도 칼라를 나타내는 칼라인자중의 하나로서 통상적으로 미강제거 여부에 사용되는 b값과의 환산이 가능하며, 김 등(2005)은 2차 다항식으로 표현이 가능한 것으로 보고하고 있다.

본 연구에서도 칼라 b값과 백도는 김 등(2005)의 결과와 유사하게 다음 그림 3-2-22 및 식 (3-2-2)과 같이 비선형식으로 나타낼 수 있었으며, 그림과 식에서 알 수 있듯이 2가지 인자는 높은 상관관계를 나타내어 백도 또는 칼라 b값중 하나의 값만 측정하여도 다른 하나의 칼라인자의 예측은 가능한 것으로 나타났다.

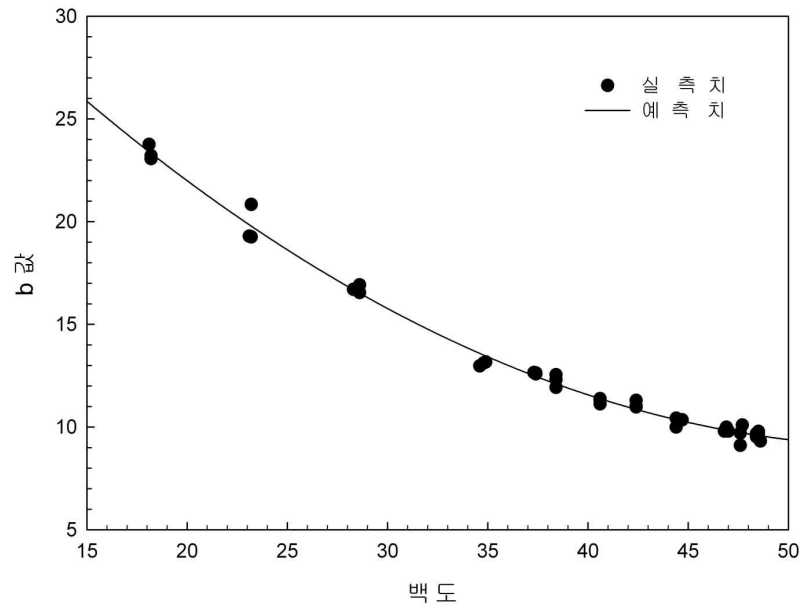


그림 3-2-22. 백도에 따른 b값의 변화

$$B = a \exp^{-bx} \quad (r^2=0.9934) \quad \text{.....} \quad (3-2-2)$$

여기서, B : $b \text{ value}(-)$

x : 백도(-)

a, b : 실험상수($a=39.9539, b=0.0304$)

한편, 통상적으로 단백질함량은 호분층, 종피, 과피 및 배유순서로 단백질함량이 적으므로 도정이 진행될수록 전체적인 단백질함량은 감소하게 되는 것으로 알려져 있다(Shams-Ud-Din 등, 1978). 본 연구에서도 동일하게 백도와 성분분석기로 측정한 단백질함량의 변화는 다음 그림 3-2-23 및 식(3-2-3)과 같이 1차 다항식으로 표현이 가능($r^2=0.9581$)하였다.

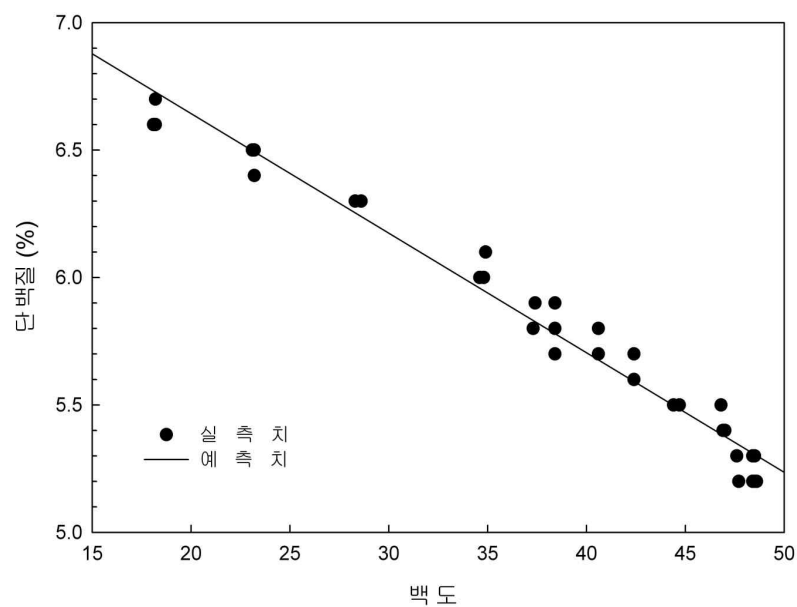


그림 3-2-23. 백도에 따른 단백질함량의 변화

$$P = y_0 + ax \quad (r^2=0.9581) \dots\dots\dots (3-2-3)$$

여기서, P : 단백질함량(%)

x : 백도(-)

a, y_0 : 실험상수($a = -0.4300, y_0 = 29.5292$)

(2) 백도와 탁도 및 건고물량의 관계

전술한바와 같이 백도가 증가할수록 호분층 면적비가 감소하는데 도정이 불충분하여 호분층이 남아있는 경우, 호분층의 벌집구조에 존재하는 미강 알갱이는 세척된 물에 불순물처럼 떠오르며 실제 탁도계의 탁도 측정에도 큰 영향을 미치게 된다.

따라서 백도의 증가에 따른 탁도의 변화는 다음 그림 3-2-24, 식(3-2-4) 및 식(3-2-5), 백도의 증가에 따른 건고물량의 변화는 다음 그림 3-2-25 및 식(3-2-6)과 같이 비선형식으로 나타낼 수 있었으며, 결정계수도 각각 0.9671, 0.7561로 비교적 높게 나타나 백도로서 탁도와 건고물량의 추정은 가능하였다. 한편, 탁도와 건고물량의 관계는 다음 그림 3-2-26, 식(3-2-7) 및 식(3-2-8)과 같이 비선형적인 관계를 나타내었으며 결정계수가 0.5120으로 나타났다.

탁도와 건고물량의 결정계수가 다소 낮았으나 건고물량과 백도, 백도와 탁도와의 결정계수가 높았고, 전술한바와 같이 대부분의 백도조건에서 건고물량 측정치가 일본의 관련기준을 만족하는 점 등을 감안할 때 별도로 건고물량을 측정하지 않더라도 백도 또는 탁도측정만으로도 어느 정도 추정이 가능할 것으로 판단되었다.

$$T_n = y_0 + a \exp \left[-0.5 \left(\frac{x - x_0}{b} \right)^2 \right] \quad (r^2=0.9671) \dots\dots\dots (3-2-4)$$

여기서, T_n : 탁도(NTU)

x : 백도(-)

a, b, x_0, y_0 : 실험상수($a = 34.1479, b = 7.5353, x_0 = 30.5392, y_0 = 7.2325$)

$$T_p = y_0 + a \exp \left[-0.5 \left(\frac{x - x_0}{b} \right)^2 \right] \quad (r^2=0.9671) \dots\dots\dots (3-2-5)$$

여기서, T_p : 탁도(ppm)

x : 백도(-)

a, b, x_0, y_0 : 실험상수($a = 65.0824, b = 7.5353, x_0 = 30.5392, y_0 = 17.8243$)

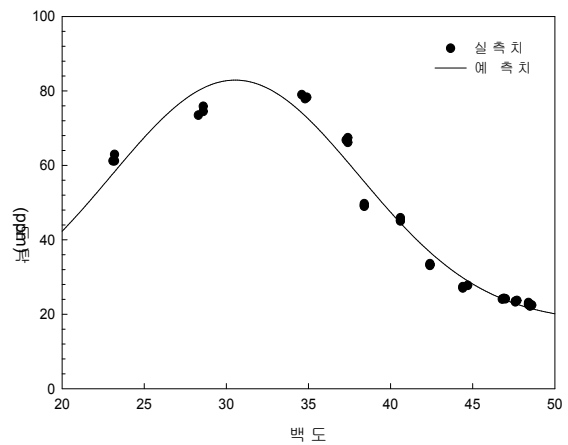
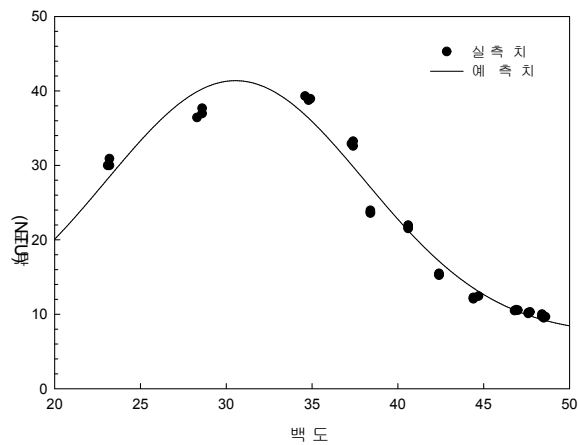


그림 3-2-24. 백도에 따른 탁도의 변화

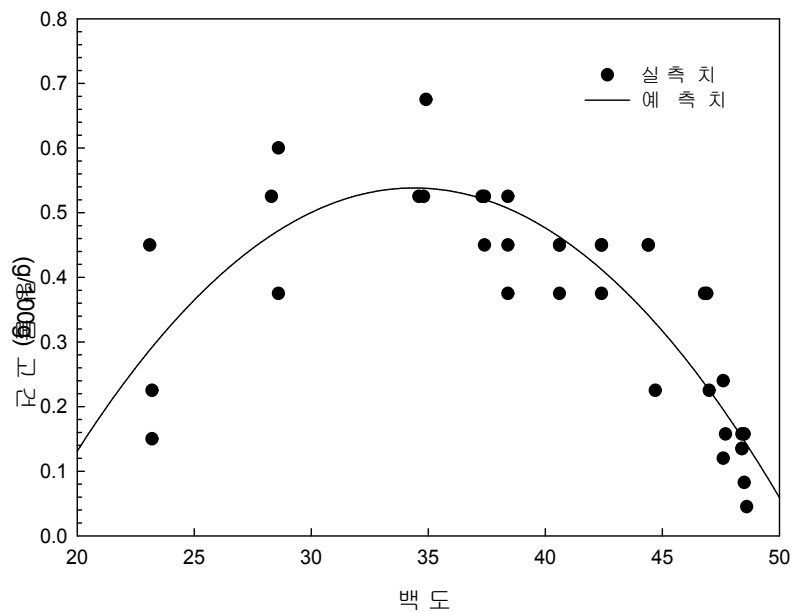


그림 3-2-25. 백도에 따른 건고물량의 변화

$$R = y_0 + a \times \exp \left[-0.5 \left(\frac{x - x_0}{b} \right)^2 \right] \quad (r^2 = 0.7561) \quad \dots\dots\dots (3-2-6)$$

여기서, R : 건고물량(g/100g)

x : 백도(-)

a, b, x_0, y_0 : 실험상수 ($a = 1041.7762, b = 514.6952, x_0 = 34.3920, y_0 = -1041.2379$)

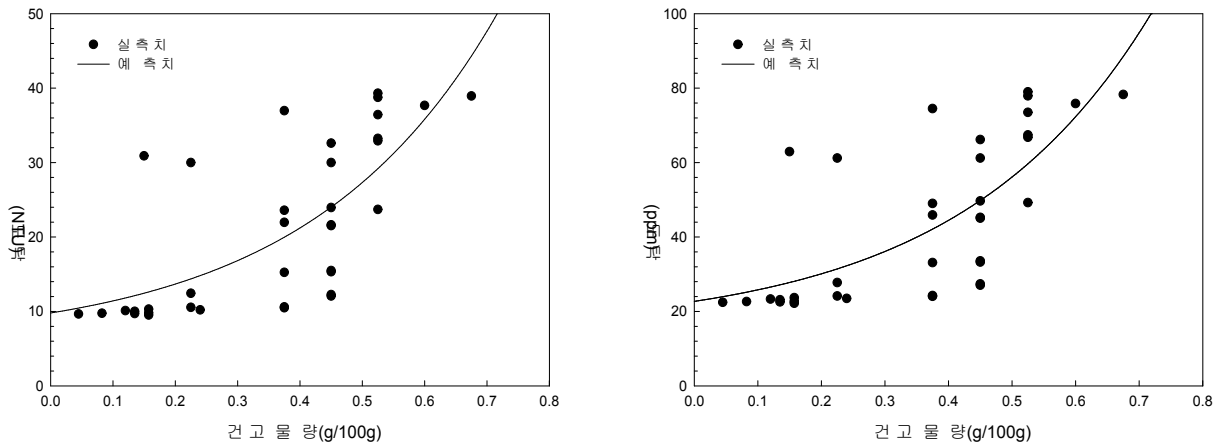


그림 3-2-26. 탁도 및 건고물량과의 관계

$$Tn = y_0 + a \exp^{bx} (r^2 = 0.5120) \dots\dots\dots (3-2-7)$$

여기서, Tn : 탁도(NTU)

x : 건고물량(g/100g)

y_0, a, b : 실험상수 ($y_0 = 5.6490, a = 4.1442, b = 3.3088$)

$$Tp = y_0 + a \exp^{bx} (r^2 = 0.5120) \dots\dots\dots (3-2-8)$$

여기서, Tn : 탁도(ppm)

x : 건고물량(g/100g)

y_0, a, b : 실험상수 ($y_0 = 14.8064, a = 7.8985, b = 3.3088$)

(3) CBB index와 백도, 탁도 및 건고물량의 관계

CBB index는 쌀 전체 면적중 미강(과피, 종피, 호분층)이 남아있는 면적의 비로서 미강의 존재 여부에 따라 영향을 받는 백도, 탁도 및 건고물량에는 영향을 미칠 수밖에 없다. 그림 3-2-27은 CBB index와 백도와의 관계를 나타낸 것으로서 높은 상관관계($r^2 = 0.9986$)를 나타내어 백도 측정만으로도 CBB index의 추정은 가능할 것으로 판단되었다. 그러나 이와 같은 높은 상관관계는 마찰식정미기로 도정한 직후의 쌀에 대한 것으로서 수세 및 건조과정을 거쳐 백화현상이 발생하는 가수정미방식의 클린라이스에 적용하기가 어려울 뿐 아니라, 백도의 측정만으로는 도정편차의 발생여부를 파악하기 어렵다.

$$CI = a \exp^{-bx} (r^2 = 0.9986) \dots\dots\dots (3-2-9)$$

여기서, CI : CBB index(-)

x : 백도(-)

a, b : 실험상수 ($a = 18690.4808, b = 0.9985$)

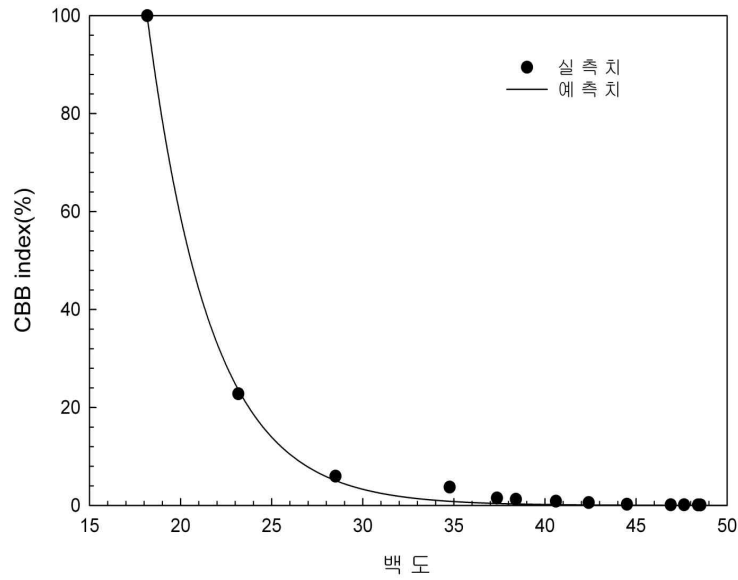


그림 3-2-27. 백도에 따른 CBB index의 변화

CBB index와 탁도의 관계는 다음 그림 3-2-28, 식(3-2-10) 및 식(3-2-11), CBB index와 건고물량과의 관계는 다음 그림 3-2-29 및 식(3-2-12)과 같이 비선형식으로 나타낼 수 있었으며, 결정계수도 각각 0.9256, 0.8945로 비교적 높게 나타나 CBB index로 탁도와 건고물량의 추정이 가능할 것으로 판단되었다.

$$Tn = \exp \left[-0.5 \left(\frac{\ln \left(\frac{x}{x_0} \right)^2}{b} \right) \right] (r^2=0.9256) \dots\dots\dots (3-2-10)$$

여기서, Tn : 탁도(NTU)

x : CBB index(-)

a, b, x_0 : 실험상수 ($a = 36.3198, b = 2.3585, x_0 = 7.2022$)

$$Tp = \exp \left[-0.5 \left(\frac{\ln \left(\frac{x}{x_0} \right)^2}{b} \right) \right] (r^2=0.9173) \dots\dots\dots (3-2-11)$$

여기서, Tp : 탁도(ppm)

x : CBB index(-)

a, b, x_0 : 실험상수 ($a = 72.5486, b = 2.5570, x_0 = 7.5534$)

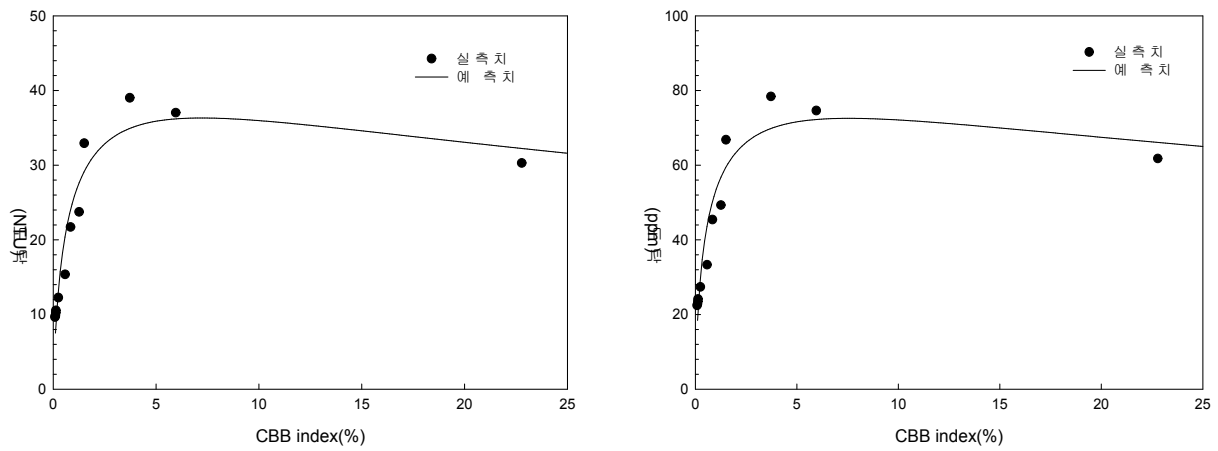


그림 3-2-28. CBB index에 따른 탁도의 변화

$$R = a \exp(-0.5(\ln(x/x_0)/b)^2) \quad (r^2=0.8945) \quad \dots\dots\dots (3-2-12)$$

여기서, R : 건고물량($g/100g$)

x : CBB index(-)

a, b, x_0 : 실험상수($a = 0.5327, b = 2.5472, x_0 = 4.6720$)

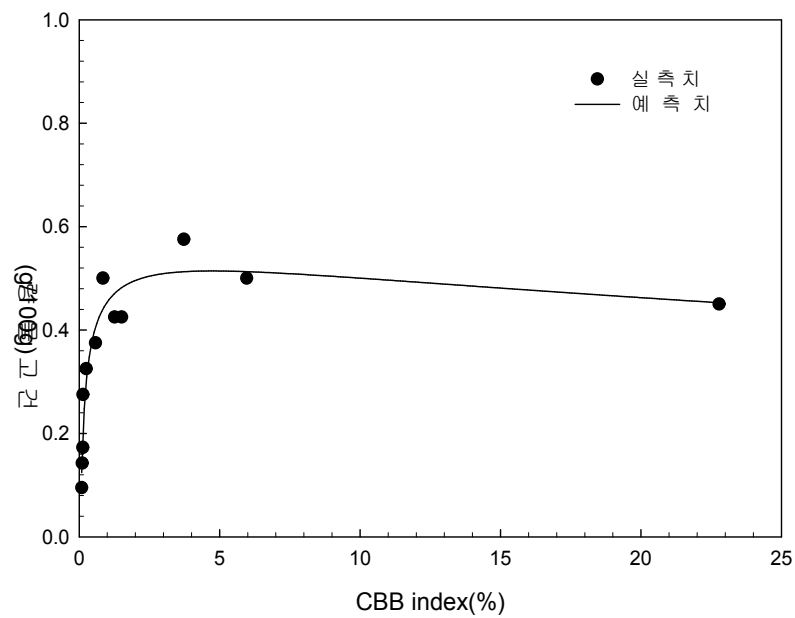


그림 3-2-29. CBB index에 따른 건고물량의 변화

(4) 유효품질인자의 검색

백도, 탁도, 건고물량, CBB index, 칼라 b값, 단백질 함량 등 클린라이스 주요 품질인자가 될 수 있는 인자를 모델링한 결과, 백도에 따라 단백질함량은 선형적인 관계를 나타낸 반면, 다른 인자들은 비선형적인 관계를 나타내었으나 결정계수가 높았으며, 실험에 사용한 시료가 건식으로 제조된 것임을 감안할 때 건식 및 반건식클린라이스 제조시스템으로 제조된 시료는 인자간의 관계에서 탁도의 측정만으로도 다른 주요 품질인자의 추정이 가능하였다.

4. 잔류미강제거방식이 품질에 미치는 영향

일본에서 상용으로 판매되고 있는 클린라이스 제조장치는 건식, 가수정미방식과 특수방식이며, 특수방식에는 타피오카전분 및 미강을 사용하는 방법 등이 있다. 이중에서 미강을 사용하는 BG type은 일본 Toyo사에서 자체적으로 무세미를 제조하여 판매하고 있는 실정으로 특허 및 세부적인 기술이 알려져 있지 않다.

한편, 클린라이스 제조시스템의 특허를 분석한 결과, 미강을 제거하는 방식은 수세, 정전기, 고압공기, 기타 브러쉬 등을 사용하는 방법이 제시되어 있으나 각 방법별로 미강제거 정도가 체계적으로 구명되어 있지 않는 상태이며, 특히 도정정도와 관련하여 잔류미강을 제거하는 방식의 효과에 관한 종합적인 연구는 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 동일 현미시료를 사용하여 도정도를 달리하여 도정한 다음, 건식, 반건식 및 가수정미방법중 일반적으로 알려져 있는 7가지 방식을 이용하여 이들 방식이 쌀 표면에서의 잔류미강을 어느 정도 제거할 수 있는지와 이때 품질특성을 구명하였다. 세부적인 실험 결과는 다음과 같았다.

가. 재료 및 방법

(1) 도정조건별 시료제조 및 품질분석

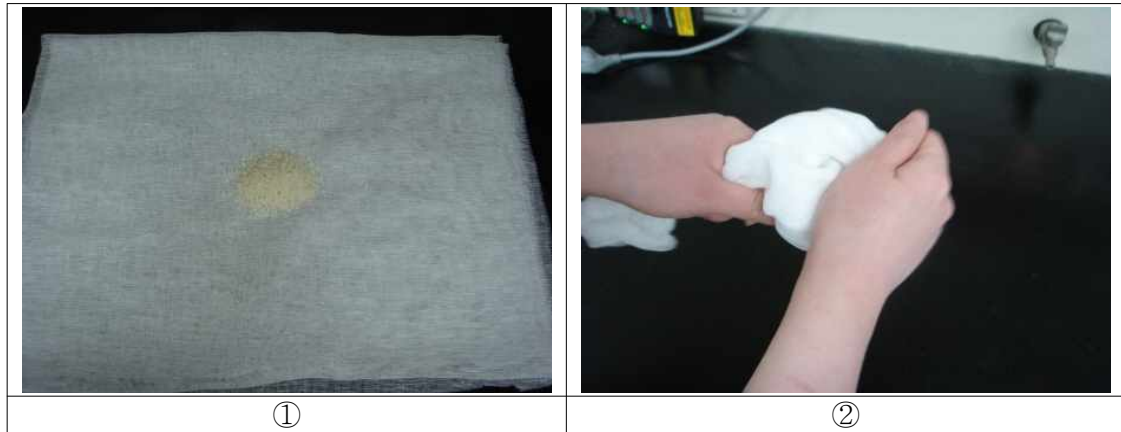
2008년산 추청 품종으로 수라청농협RPC에서 현미상태로 구입(함수율 15.5%)하여 색채선별기 1회 통과시켜 비정립을 제거한 정립만을 이용하여 마찰식정미기(VP-31T, Yamamoto, Japan)로 통과횟수와 압력을 변화시키면서 백도 35~45수준(도정도 6.5%~10.9%)으로 가공하였다. 가공된 쌀은 5℃ 저온저장고에 저장한 후 실험 24시간 전에 실온에 방치한 후 사용하였다. 품질분석은 전술한 방법과 동일하게 실시하였다.

(2) 미강의 제거

물을 사용하지 않는 건식 4방식, 반건식 2방식, 가수정미 1방식 등 총 7가지 방식으로 표면의 미강을

제거하였으며, 각 방식별 세부적인 미강 제거방식은 다음과 같았다. 이때 각 미강제거방법은 예비실험을 통해 실험방법을 결정하였다.

- ① 건식 A : 거즈를 이용한 연미방식과 유사한 형태로 백미 시료 약 20g을 거즈로 감싼 후 60초간 비벼서 미강을 제거하였다.



- ② 건식 B : 고압공기방식과 유사한 형태로 다공망에 백미 시료 약 20g을 넣은 후 에어콤프레샤를 활용하여 60초간 분사하여 미강을 제거하였다.



- ③ 건식 C : 브러쉬방식과 유사한 형태로 쌀이 통과하지 않는 Sieve위에 백미 시료 약 20g을 투입한 후 부드러운 솔을 이용하여 60초간 미강을 제거하였다.



- ④ 건식 D : PE필름연미 후 강제통풍방식과 유사한 형태로 일반적인 건식무세미기와 유사한 원리로서 지퍼백에 쌀 20g을 넣고 지퍼백을 감싼 후 손바닥을 활용하여 60초간 잘 비빈 후, 20초간 드라이기 찬바람으로 미강을 제거하였다.



- ⑤ 반건식 A : 반습식 거즈를 이용한 연미방식과 유사한 형태로 습공기선도의 결로발생조건에 맞도록 시료를 냉각후(-20℃) 온도 30℃, 습도 90%로 셋팅된 아크릴 박스안에 60초간 방치후 표면에 발생된 결로를 거즈로 감싼 후 60초간 비벼서 미강을 제거하였다.



- ⑥ 반건식 B : 습식연미방식과 유사한 형태로 일반적인 습식연미기, 소위 “청결미기”와 유사한 원리로서 쌀이 통과하지 않는 Sieve위에 시료 약 20g을 올린 다음 분무기를 사용하여 Sieve 위·아래에서 한번씩 분무한 후 거즈로 시료를 감싼 후 60초간 비벼서 미강을 제거하였다.



- ⑦ 가수정미 A ; 가수정미방식과 유사한 형태로 일반적인 가수정미방식과 유사한 원리로서 용기에 증류수 약 5L를 채운 다음, 시료 약 20g을 철망에 넣고 물속에서 5초간 혼든 후 곧바로 꺼내어 거즈로 5초간 표면에 묻은 물기를 제거한 후 드라이기를 이용하여 40℃온도로 60초간 건조하였다.



나. 결과 및 고찰

(1) 탁도 및 건고물량의 변화

그림 3-2-30은 시료의 도정도와 백도와의 관계를 나타낸 것이다. 전술한 항까지는 백도를 중심으로 서술하였지만 클린라이스제조과정중에 백도 및 도정도가 변화하지만 특히 백도변화가 크므로 이하 도정도를 기준으로 서술한다.

그림 3-2-31과 그림 3-2-32는 미강제거방법에 따른 탁도의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 전항의 결과와 유사하게 도정도 7.8%를 정점으로 백도가 증가할수록 모든 실험구에서 탁도값은 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 미강제거방법별로는 가수정미A(가수정미방식과 유사한 형태), 건식A(거즈를 이용한 연미방식), 반건식B(습식연미방식과 유사한 형태) 및 반건식A(반습식 거즈를 이용한 연미방식과 유사한 형태)순서로 탁도가 높게 나타났으며, 이외의 미강제거방식은 거의 유사한 탁도치를 나타내었다.

全国無洗米協會의 탁도기준 28ppm(12.6NTU)을 기준으로 할 때, 가수정미A 및 건식A 등 2가지 방식이 모든 도정조건에서 만족하였으며, 반건식B와 반건식A 등 2가지 방식은 도정도 9.5%이상에서 만족한 것으로 나타났다. 이 이외의 건식B(고압공기방식과 유사한 형태), 건식C(브러쉬방식과 유사한 형태) 및 건식D(PE필름 연미후 강제통풍방식과 유사한 형태) 등의 방식에서는 이 탁도기준을 만족하기 위해서는 보다 높은 도정이 필요하였다.

한편, 日本精米工業會 탁도기준 40ppm(18.9NTU)를 기준으로 할 때에는 가수정미A, 건식A, 반건식B 및 반건식A는 실험에 사용한 모든 백도조건(도정도)에서 만족하였으며, 이 이외의 건식B, 건식C 및 건식D 등의 방식에서는 이 탁도기준을 만족하기 위해서는 도정도 9.5%수준 이상이 필요하였다.

이상의 결과에서 7가지 미강제거방식에서 가수정미A 방식은 실험범위내 모든 백도에서 클린라이스 기준을 만족하였으나, 그러나 건식A, 반건식B, 반건식C 방식 등은 일정이상의 도정도의 유지가 필요하여 클린라이스 원료의 관리가 필요하였다.

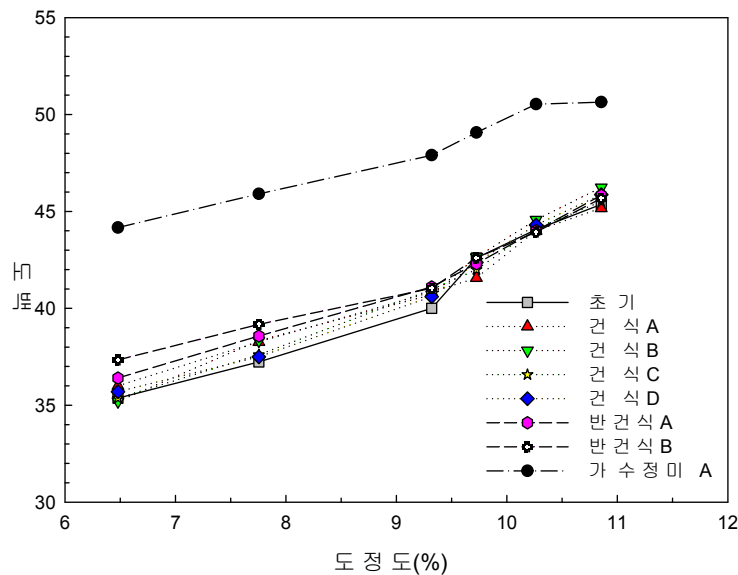


그림 3-2-30. 도정도 및 미강제거방법에 따른 다른 백도변화

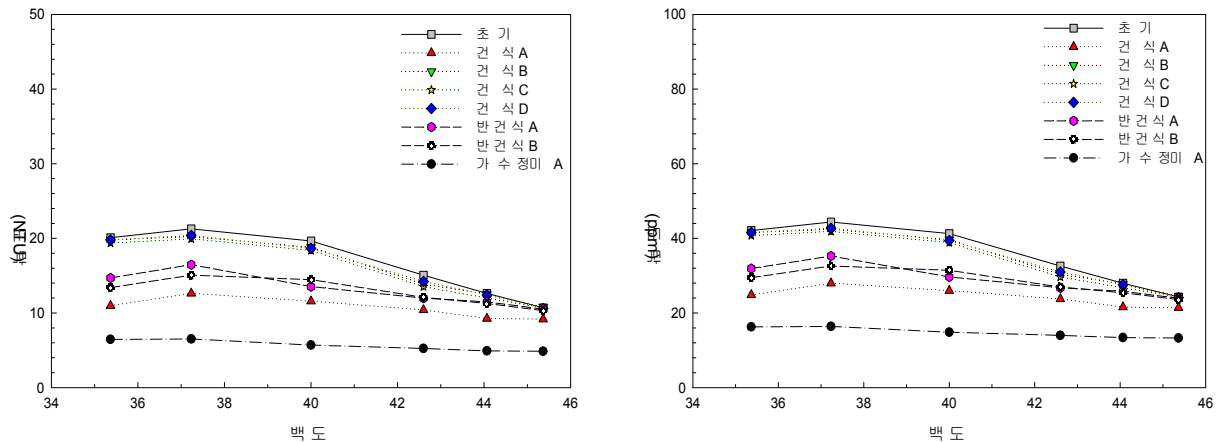


그림 3-2-31. 백도와 미강제거방법에 따른 탁도의 변화

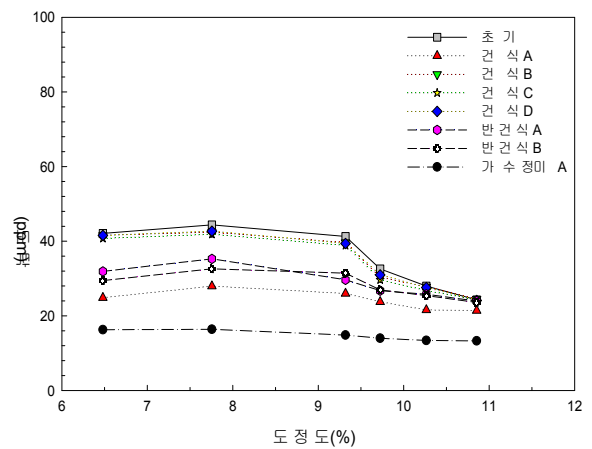
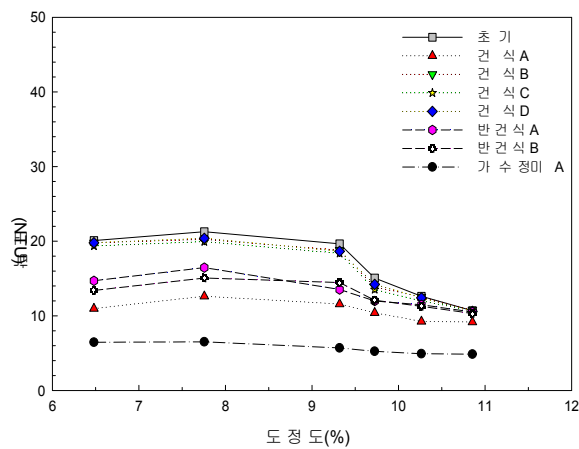


그림 3-2-32. 도정도와 미강제거방법에 따른 탁도의 변화

그림 3-2-33은 도정도와 미강제거방법에 따른 건고물량의 변화를 나타낸 것으로써, 도정도 6.5% 이상에서는 도정도가 증가함에 따라 건고물량은 감소하는 경향을 나타내었으며, 잔류미강제거방식별로는 탁도와 유사한 경향을 나타내었다.

日本精米工業会の 건고물량 기준은 건식연미방식이 0.9g/시료 100g이하이며, 가수정미 및 특수가공방식은 0.6g/100g이하이다. 이 건고물량기준을 고려할 때 초기시료 및 모든 잔류미강제거방식에서 건식연미방식기준을 만족하였으며, 건식D 및 건식B 등 2가지 방식도 도정도 9.5%이상에서는 이 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

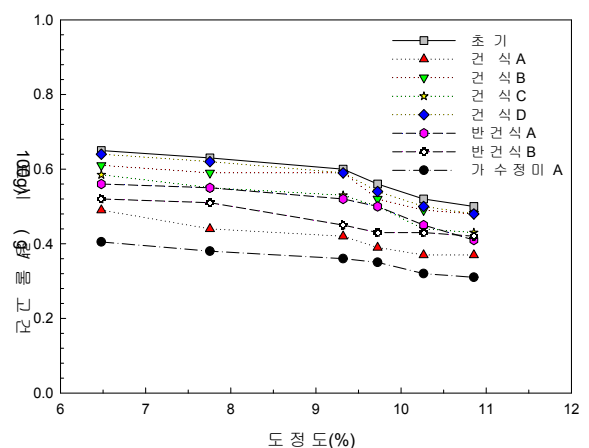
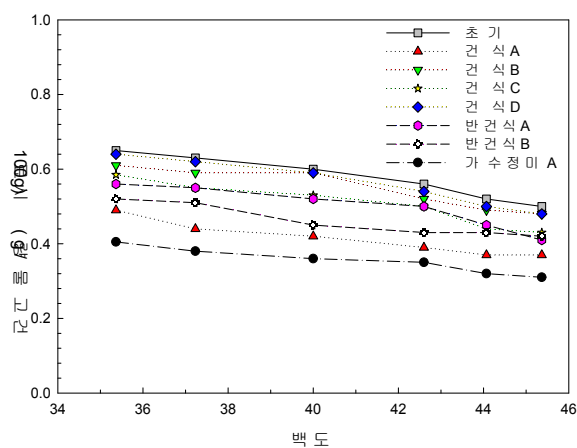


그림 3-2-33. 백도 및 도정도와 미강제거방법에 따른 건고물량의 변화

(2) CBB index 및 도정편차의 변화

표 3-2-6 및 그림 3-2-34는 도정도와 미강제거방법별 CBB index(평균) 변화를 나타낸 것으로서, 초기 도정도가 증가할수록 즉, 도정이 많이 진행될수록 CBB index는 현저하게 감소하는 것을 알 수 있었다.

또한, 초기의 CBB index가 미강제거방법에 따라 차이는 있지만 감소하는 경향을 나타내었는데, 총 7가지 미강제거방법중 CBB index가 가장 많이 저하하는 방법은 가수정미A(가수정미방식과 유사형태)방식이었으며, 반건식B(습식연미방식과 유사형태), 건식A(거즈를 이용한 연미방식과 유사한 형태) 방식에서도 다른 방식에 비해 비교적 CBB index가 감소하였으나 기타 방식에서는 큰 변화가 없었다. 가수정미방식A와는 다르게 반건식B(습식연미방식과 유사형태), 건식A(거즈를 이용한 연미방식과 유사한 형태) 방식에서 CBB index가 감소한다는 것은 통상적으로 도정과 같은 표면에 얇게 남아있는 잔류미강은 물론 추가적인 미강의 제거도 일부 있을 것으로 판단되었다.

한편, 도정편차도 CBB index와 동일하게 초기 도정도가 증가할수록 즉, 도정이 많이 진행될수록 도정편차는 현저하게 감소하는 것을 알 수 있었으며, 초기의 도정편차가 미강제거방법에 따라 차이는 있지만 CBB index와 동일하게 가수정미A방식, 반건식B방식 건식A방식 순서로 변화가 컸다.

이상에서 본 실험에 사용한 7가지 미강제거방법에서 CBB index와 도정편차 감소에는 가수정미A, 반건식B, 건식A순서로 효과가 큰 것으로 나타났다(표 3-2-7).

표 3-2-6. 백도와 미강제거 방법에 따른 CBB index값의 변화

도정도(%) 미강제거방식	도정도에 따른 CBB index					
	6.5	7.8	9.3	9.7	10.3	10.9
초기	4.7	2.7	1.5	1.4	0.8	0.6
건식 A	4.4	2.4	1.3	1.1	0.7	0.5
건식 B	4.5	2.6	1.4	1.2	0.7	0.5
건식 C	4.6	2.5	1.5	1.3	0.8	0.6
건식 D	4.5	2.5	1.4	1.3	0.7	0.5
반건식 A	4.6	2.5	1.5	1.2	0.9	0.6
반건식 B	4.2	2.2	1.2	1.1	0.6	0.4
가수정미 A	3.3	2.0	0.8	0.5	0.4	0.3

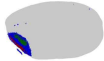

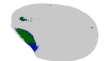
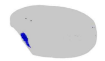


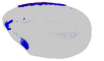
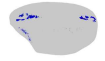
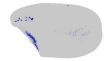
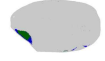

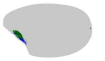
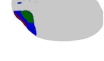


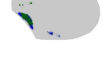

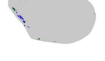
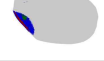








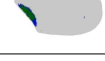
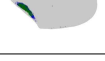



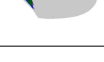

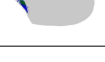

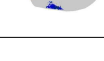








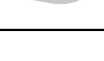

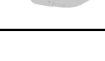
도정도(%) 미강제거방식	도정도에 따른 단립의 화상특성					
	6.5	7.8	9.3	9.7	10.3	10.9
초기						
건식 A						
건식 B						
건식 C						
건식 D						
반건식 A						
반건식 B						
가수정미 A						

그림 3-2-34. 백도와 미강제거 방법에 따른 단립의 화상특성

표 3-2-7. 도정도와 미강제거 방법에 따른 도정편차 변화

도정도(%) 미강제거방식	도정도에 따른 도정편차 변화					
	6.5	7.8	9.3	9.7	10.3	10.9
초기	8.3	6.1	3.1	2.5	1.9	1.5
건식 A	8.2	5.4	3.0	2.4	1.8	1.3
건식 B	7.8	6.5	3.2	2.1	2.0	1.5
건식 C	8.3	6.1	3.5	2.5	1.8	1.5
건식 D	7.7	5.7	2.8	2.1	1.8	1.5
반건식 A	8.5	4.9	3.1	2.4	1.9	1.6
반건식 B	7.6	5.3	2.7	2.4	1.7	1.3
가수정미 A	6.8	4.7	1.9	1.3	1.1	0.8

(3) 표면품질 특성 변화

표 3-2-8 및 그림 3-2-35는 도정도와 미강제거방법에 따른 표면균열의 발생여부를 관찰한 것이다.

표 및 그림에서 알 수 있듯이 도정도와는 관계없이 미강제거방법에 따라 표면균열이 발생하는 것을 알 수 있었다. 건식 A, B, C, D 등 4가지 방식에서는 미강제거 후에도 표면에 균열이 발생하지 않았으며, 쌀을 냉각한 후 따뜻한 곳에 노출하여 표면이 습윤해졌을 때 미강을 제거하는 반건식A방식에서도 가수량이 비교적 적어 표면균열이 발생하지 않았다.

반면, 현재의 습식연미기와 유사한 방식인 반건식B에서는 일부 미세한 균열이 다수 발생하여 가수량의 정밀제어가 필요하다는 것을 알 수 있었으며, 가수정미A(가수정미방식과 유사한 형태)방식에서는 5초간 침지하여 5초간 거즈로 닦고 바로 건조하였음에도 불구하고 표면에 균열이 다수 깊게 발생하여 외관품질이 현저하게 저하하였다.

표 3-2-8. 도정도와 미강제거방법에 따른 표면균열 발생정도

도정도(%) 미강제거방식	도정도에 따른 표면균열 발생정도					
	6.5	7.8	9.3	9.7	10.3	10.9
초기	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생
건식 A	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생
건식 B	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생
건식 C	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생
건식 D	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생
반건식 A	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생	미발생
반건식 B	일부발생	일부발생	일부발생	일부발생	일부발생	일부발생
가수정미 A	다수발생	다수발생	다수발생	다수발생	다수발생	다수발생

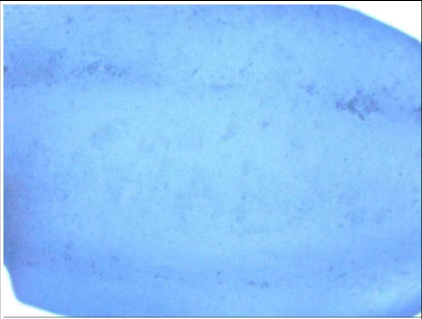
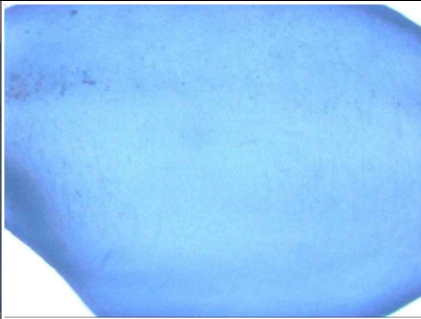
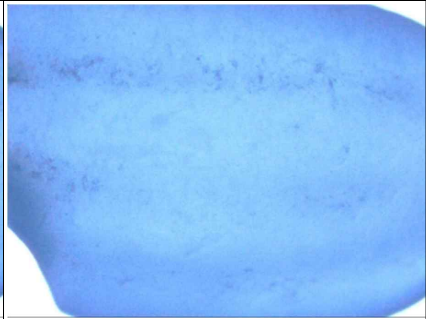
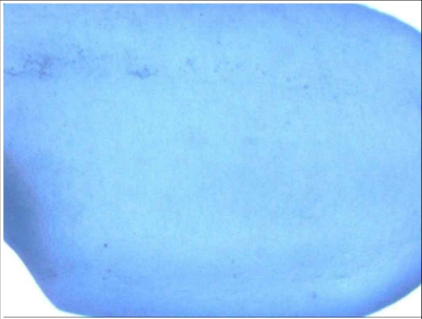
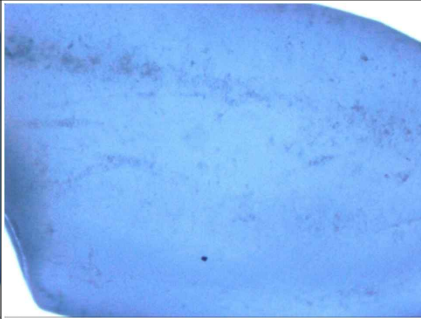


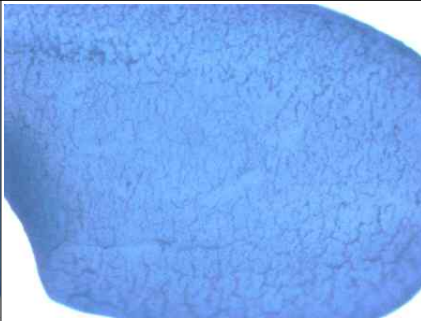
		
초기	건식A	건식B
		
건식C	건식D	반건식A
		—
반건식B	가수정미A	

그림 3-2-35. 도정도 9.3%에서의 미강제거 후 표면상태

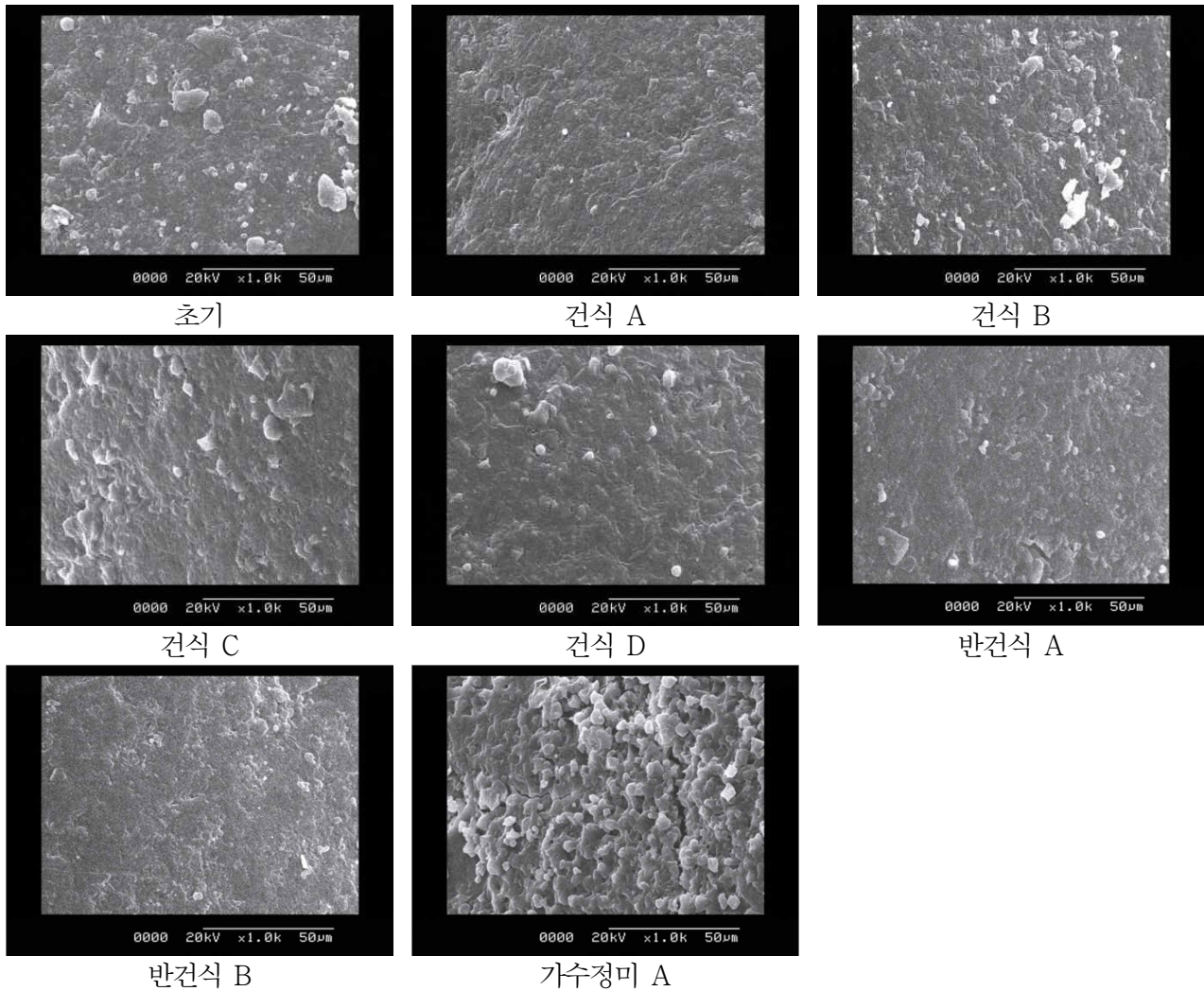


그림 3-2-36. 도정도 9.3%에서의 미강제거방법에 따른 SEM 검경에 의한 쌀 표면상태(×1,000)

그림 3-2-36는 도정도 9.3%인 시료를 각 미강제거방법에 의해 미강을 제거한 다음 SEM 검경한 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 가수정미A 방식을 제외하고 모든 잔류미강제거방식에서 벌집구조의 호분층이나 전분알갱이(starch granules) 형태를 전혀 관찰할 수 없었다. 이는 쌀 표면의 잔류미강을 제외하고 호분층의 제거되지 않는 세포벽내부나 전분입자사이에 위치하는 잔류미강이나 전분가루는 물로 씻어내거나 기타 특수한 방법으로 붙여서 제거하기 전에는 모두 제거하기가 불가능하다는 것을 알 수 있었다.

잔류미강제거방식별로 표면특성을 살펴보면 가수정미A 방식에서는 표면에 전분알갱이 형태를 관측할 수는 있으나 잔류미강 또는 전분가루의 제거가 불충분하여 효과적인 가수정미방식을 위해서는 적정 수세 방법에 대한 연구가 필요함을 알 수 있었다. 한편, 잔류미강을 제거하기 이전의 초기 쌀 표면과, 건식B, 건식C 방식으로 제조된 쌀 표면은 유사하게 전분 알갱이 구조가 보이지 않는 것은 물론이며, 잔류미강 또는 전분가루의 제거가 불충분하다는 것을 알 수 있었다. 반면 건식A, 반건식B 방식으로 제조한 쌀 표면은 비록 전분 알갱이 구조는 보이지 않지만 표면에 부착된 잔류미강 또는 전분가루의 제거는 충분한 것으로 판단되었다.

(4) 칼라변화

도정도와 미강제거방법에 따른 백도는 그림 3-2-30에서와 같이, 도정도가 증가할수록 백도가 증가하는 것을 알 수 있었다.

잔류미강제거방법별로는 가수정미A 방식은 다른 미강제거방식에 비하여 대단히 높은 백도를 나타내었는데, 이는 앞의 SEM 검경 사진에서와 마찬가지로 수세와 건조에 의해 잔류미강이나 전분가루가 전분알갱이 사이에 존재하면서 빛을 산란시켜 백도가 증가하는 소위 백화현상(白化現象)이 주요 원인으로 판단되었다.

한편, 가수정미A를 제외한 모든 잔류미강제거방식에서 백도 35.2~40.7(도정도 6.5~9.3%)수준에서는 초기치에 비해 다소간의 백도증가를 보였으나, 백도 42.6(도정도 9.7%)이상에서는 잔류미강을 제거하여도 백도는 거의 증가하지 않았다. 이는 백도 42.6 이상에서는 미강(과피, 종피, 호분층)이 거의 제거되어 전분알갱이 사이에는 미강보다는 쌀 전분가루가 주로 존재하기 때문으로 판단되었다.

일반적으로 백도는 반사광 중에서 Lab칼라체계서는 b값(blue↔yellow), RGB 칼라체계에서는 B값과 관계가 깊다(김 등 2006). 따라서 일반적으로 b값은 백도와 반대의 경향을 나타낸다. 그림 3-2-37은 도정도와 미강제거방법에 따른 색도중 미강의 존재여부와 관련이 있는 b값의 변화를 나타낸 것으로써, 도정도가 증가할수록 b값은 감소하여 백도와는 반대의 경향을 나타내었다.

각 도정도에서 잔류미강제거방식중에서는 가수정미A 방식이 다른 미강제거방식에 비하여 낮은 b값을 나타내었다. 또한, 백도와 유사하게 가수정미A를 제외한 모든 잔류미강제거방식에서 백도 35.2~40.7(도정도 6.5~9.3%)수준에서는 잔류미강이 제거될 경우 다소간의 b값이 감소하였으나, 백도 42.6(도정도 9.7%)이상에서는 미강을 제거하여도 b값의 변화는 비교적 적었다.

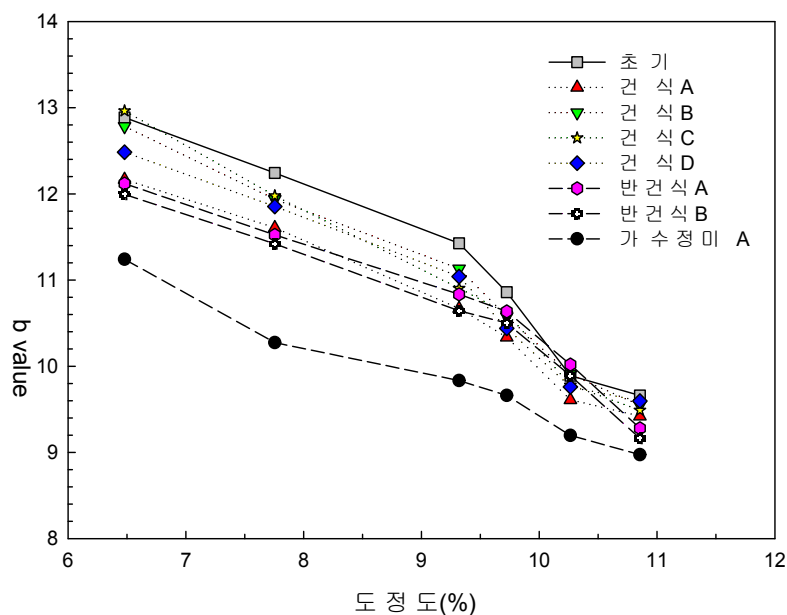


그림 3-2-37. 도정도와 미강제거방법에 따른 b값의 변화

(5) 함수율변화

그림 3-2-38은 도정도와 미강제거방법에 따른 쌀의 함수율의 변화를 나타낸 것으로써, 초기 도정도가 증가함에 따라 함수율이 감소하였으며, 특히 백도 42.6(도정도 9.7%)이상에서는 함수율의 저하가 현저하였는데 이는 시료제조에 사용된 마찰식정미시스템의 특징으로서 도정도를 높이기 위해 마찰식정미기를 다수회 통과시킴에 따라 곡온의 상승으로 수분이 증발한 것이 주요 원인이었다.

미강제거방식별로는 물을 사용하지 않는 건식A, 건식B, 건식C, 건식D 방식은 초기시료보다 낮은 함수율을 나타내었다. 특히, 고압공기 분사 등 외기에 의한 과다한 영향을 받는 경우(건식B), 외기에 장기간 노출되는 경우(건식C), 비벼서 마찰열이 발생하는 경우(건식A, 건식D)등에서의 함수율이 많이 저하하였다. 한편, 물을 사용하는 가수정미A, 반건식A 및 반건식B 방식이 초기시료보다 높은 함수율을 나타내었으며, 가수정미A 방식이 반건식A 및 반건식B보다 낮은 함수율을 나타낸 것은 수세후 건조하였기 때문으로 판단되었다.

일반적으로 쌀 표면의 함수율이 가수 등에 의해 증가할수록 수율은 증가하지만 균열이 발생하거나 동할립 발생이 현저해지고, 저장중 표면의 칼라가 탁해지는 것으로 알려져 있으며, 반대로 건조가 발생할수록 수율은 감소하는 것으로 알려져 있어 적절한 함수율 유지는 대단히 중요하다. 현재 사용된 7가지 미강제거방식별로 0.5~0.8%정도(표준편차 $\pm 0.25\%$)의 함수율차이를 나타내고 있어 고압공기를 분사하는 방식과 같이 함수율저하가 현저한 건식B 방식 등에서는 공기의 온습도조절 등 별도의 방안이 필요하였으며, 수분증가가 많은 습식방식에서는 적절한 건조조건의 구명이 필요할 것으로 판단되었다.

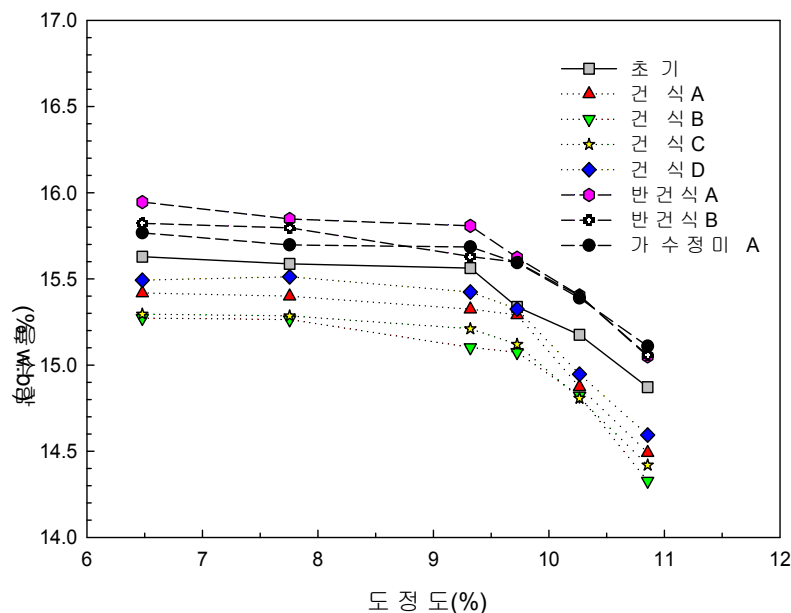


그림 3-2-38. 도정도와 미강제거방법에 따른 함수율의 변화

(6) 잔류미강제거방식별 전반적인 품질특성

도정도가 다른 5가지 시료에 대하여 건식 4가지, 반건식 2가지, 가수정미 1가지 등 총 7가지의 잔류미강제거방식을 적용하면서 품질특성을 측정한 결과를 요약하면 다음과 같았다.

클린라이스의 품질측정기준이 되는 백도, 탁도, 건고물량의 경우, 도정도가 증가할수록 백도는 증가(b 값은 감소)하고, 탁도 및 건고물량은 감소하였지만 특히, 도정도 9.3%(백도 40.7)의 이전과 이후에는 그 차이가 현격하여 어느 잔류미강제거방법을 사용하여도 백도 42.6(도정도 9.7%) 수준 전후로 가공하는 것이 클린라이스의 제조의 가장 기본적인 조건이 될 수 있음을 알 수 있었다.

총 7가지의 미강제거방식을 적용한 결과, 가수정미A 방식을 제외하고는 전분 알갱이 사이에 남아있는 잔류미강 및/또는 전분가루의 제거가 불가능하였으며, 세척과 건조방법에 따라 차이는 있겠지만 표면에 균열이 발생하고, 백화현상이 발생하여 높은 백도를 나타내었으며, 표면의 수분이 높아 품질저하가 우려되어 적절한 세척과 건조조건의 확립이 필요하였다.

도정도를 백도 약 42.6수준 내외로 유지하고, 함수율에 변화가 적을 수준으로 습식연미기와 유사한 형태나 일부 냉각후 표면 습윤화 이후에 연미하는 방식 등을 적용할 경우 일본의 2가지 클린라이스기준을 만족할 수 있을 것으로 판단되었으며, 품질저하 없이 전분알갱이 사이의 잔류미강/전분가루를 제거하기 위해서는 점착성을 이용한 별도 방식의 적용이 필요할 것으로 판단되었다.

5. 수세에 따른 탁도변화

日本精米工業会(구방식)에서는 클린라이스를 “보통의 정미를 클린라이스 장치로 처리하여, 취반시 수세할 필요가 없을 정도로 정제된 정미”로 정의하였으며, 품질기준은 ① 일본에서 정한 정미품 기준에 적합할 것, ② 취반시 수세가 필요하지 않을 정도로 정제되어 있을 것, 또한 전용장치에서 처리하기 전의 정미와 같은 정도의 식미를 가질 것. 단, 건식연미방식의 경우는 2회 정도 씻을 정도의 것으로 규정하였다. 또한 全国無洗米協會에서는 손으로 4~5회 씻은 쌀과 같은 수준으로 거의 완전하게 미강이 제거된 것으로 정의하고 있으며, 탁도기준을 2002년산 일본의 보통백미 100점을 한번 씻은 후에 탁도를 측정한 평균치인 28ppm을 탁도기준으로 채택하고 있다.

그러나 2회 정도 씻을 정도의 것이나, 손으로 4~5회 씻은 쌀과 같은 수준이라는 용어는 비교적 막연하고, 2회나 손으로 4~5회 씻었을 때 개인별로 차이가 발생할 수 있는 가수량과 수세시간은 물론 이 때 1차 수세후 쌀의 탁도가 어느 정도 수준인지에 대해 정확하게 알 수 없다. 또한, 일본과 우리나라는 수세의 관습상 일치한다고 보기도 어려운 실정이다.

따라서 본 연구는 도정도별로 제조된 시료 6점과, 클린라이스를 제조하여 판매하고 있는 RPC에 설치된 클린라이스 제조기로 제조된 6점의 시료 등 총 12점의 시료를 이용하여 실험실에서 취반경험이 풍부한 5명의 연구원이 쌀을 씻었을 때 씻은 횟수, 가수량 및 수세시간을 측정하고, 실험실에서 제조한 시료

와 클린라이스에 대한 수세방법의 차이를 확인하고자 하였다.

또한, 도정도가 다른 시료를 제조하여 설정된 가수조건으로 수세한 다음, 현탁액의 칼라와 현탁액중 부유물 수를 계량하여 호분층의 제거정도와 상관관계를 확인하였다. 한편, 시판되고 있는 소포장 백미 39점을 구입하여 全国無洗米協會의 방법과 동일하게 1차 수세후 탁도를 측정하여 클린라이스 기준설정 에 활용하고자 하였다. 그 결과는 다음과 같았다.

가. 재료 및 방법

(1) 실험재료

본 연구에는 수세횟수, 가수량 및 수세시간 측정을 위하여 도정도가 다르게 제조된 시료 및 RPC 클린라이스 제조시스템으로 제조한 시료가 사용되었으며, 1차 수세후 탁도를 측정하기 위하여 시중에서 유통되는 백미를 각각 다음과 같이 사용하였다.

① 도정도가 다르게 제조된 시료

2008년산 추청 품종을 경기도 화성소재 농협RPC에서 현미상태(함수율 15.5%)로 구입하여 실험실에서 색채선별기 1회 통과시켜 비정립을 제거한 다음, 마찰식정미기(VP-31T, Yamamoto, Japan)만을 사용하여 백도 35~45수준(도정도 6.5%~10.9%)으로 표면의 미강의 잔류상태가 다른 6가지 시료를 제조하였다.

② RPC 클린라이스 제조시스템으로 제조한 시료

클린라이스를 생산하는 경북 김천소재의 민간RPC에서 상용으로 사용되고 있는 건식(カピカ, Yamamoto, Japan), 반건식(NCP, Satake Cor., Japan), 가수정미방식(SJR, Satake Cor., Japan) 등 3가지 클린라이스 제조시스템을 이용하여 다음표 3-2-9와 같이 백도별로 6가지 시료를 제조하여 실험에 사용하였다. RPC에서의 시료 제조조건은 다음 7항과 동일하였다.

표 3-2-9. RPC 규모에서 3가지 클린라이스 제조시스템의 제조한 클린라이스의 품질

제조 방식	백도 조건	공정	백도 (-)	도정 도 (%)	함수 율 (%)	곡온 (℃)	탁도		건고 물량 (g/100g)	CBB index (-)	도정 편차 (%)	표면 상처 (%)	쓰라기발 생율(%) (동할율)
							NTU	ppm					
-	-	현미	19.9	0.0	15.2	13.7	-	-	-	-	-	-	(10.0)
건식	40.2	통과전	38.5	8.7	15.3	25.9	19.7	41.6	0.72	2.6	3.5	40.0	4.4
		통과후	40.2	9.4	15.2	27.6	18.1	38.5	0.67	1.9	3.2	52.0	5.4
	43.3	통과전	42.4	10.6	15.2	33.0	15.7	34.0	0.65	1.6	2.6	48.0	7.7
		통과후	43.3	12.0	15.0	34.2	13.5	29.8	0.58	1.4	2.6	64.0	7.9
반 건식	41.0	통과전	38.1	8.5	15.2	22.7	15.7	34.0	0.71	2.2	6.1	52.0	5.2
		통과후	41.0	10.0	15.1	27.1	14.6	31.9	0.67	1.3	3.1	52.0	5.4
	43.0	통과전	40.4	9.7	15.2	23.7	16.9	36.2	0.68	1.4	3.3	64.0	6.3
		통과후	43.0	11.9	15.1	28.1	14.3	31.3	0.65	0.4	1.2	56.0	9.3
가수 정미 방식	45.8	통과전	35.6	7.7	15.2	23.5	16.6	35.7	0.73	4.7	7.8	32.0	4.6
		통과후	45.8	8.8	15.4	18.7	5.9	15.3	0.35	3.4	6.4	-	4.8
	48.4	통과전	40.1	9.5	15.2	27.6	18.2	38.7	0.80	1.2	3.7	48.0	5.4
		통과후	48.4	10.0	15.6	15.7	4.9	13.4	0.29	0.3	1.2	-	5.5

③ 도정도별 시료의 현탁액의 특징

2008년산 추청 품종으로 경기 화성소재 농협RPC에서 현미상태로 구입(함수율 16.0%)하여 색채선별기 1회 통과시켜 비정립을 제거한 다음 시료를 밀봉한 후 5℃에 저장하면서 실험에 사용하였으며, 실험 12시간 전에 실온에 방치한 후 사용하였다. 현미시료를 마찰식정미기(VP-31T, Yamamoto, Japan)만을 사용하여, 백도 20.5~43.9수준(도정도 1.8%~10.8%)으로 표면의 미강 잔류상태가 다른 10가지 시료를 제조하여, 백미의 정상립만을 선별하여 사용하였다.

④ 시중 유통 백미

경기도 성남시 분당지역에 위치한 대형 유통업체에서 5kg 이하의 소포장 형태로 판매되고 있는 2009년산 백미 39점을 구입하여 1차 수세후 탁도를 측정하는 시료로 사용하였다.

(2) 실험방법

① 수세횟수, 가수량 및 수세시간 측정

각 시료별로 500g씩 계량하고, 다양한 용량으로 증류수를 준비하여 5명의 실험자에게 제공하여 수세 하며, 이 때 실험자가 수세할 때 보조자가 소요되는 증류수량과 수세시간을 측정하고, 버려지는 현탁액을 채취하여 10배 희석한 다음, 현탁액의 탁도와 b값을 측정하였다. 이 때 10배로 희석한 것은 수세후 버려지는 현탁액의 탁도가 지나치게 높아 탁도계의 측정한도를 넘었기 때문이었다.

한편, 시료량의 80배(5g의 시료에 400ml)를 가수하는 일본의 신방식 현탁액제조방식에 따라 실험자가 수세할 때 사용된 증류수량을 감안하여 시료량의 80배로 환산하여 환산탁도로 하였다.

② 수세후 현탁액의 특징

① 항에서 정립된 가수량과 수세시간을 사용하여 현탁액을 제조하였다. 현탁액의 화상은 Image Analysis system과 소프트웨어(Image Pro Plus, version 4.5.0.19, U.S.A.)를 이용하여 촬영하였고, 일반확대경(JAI, CV-M77, Japan)을 이용하여 60배로 확대하여 영상을 취득하였다.

③ 1차 수세후 탁도

시중에서 유통되는 쌀을 각각 500g씩 계량하고, ①항에서 5명의 실험자가 1차 수세용으로 평균적으로 사용한 가수량(473.2ml)과 가수시간(26.0초)에 맞추어 수세한 다음, 1분간 전기탈수기(rpm 1600, W-100T, Hanil, Korea)을 이용하여 탈수하고, 일본의 신방식 현탁액제조방식에 따라 탁도를 측정하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 수세횟수, 수세시간 및 가수량

다음 표 3-2-10, 3-2-11는 도정도가 다른 6점과, RPC에서 제조한 클린라이스 6점을 수세하는데 소요되는 가수량과 수세시간을 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 도정도별로 제조된 6점의 시료에 대해서는 5명의 실험자가 3회까지는 기본적으로 수세하였으나, 도정도가 낮은 백도 36수준에서는 2명이 4회씩 수세하였고, 백미 38수준에서는 1명이 4회씩 수세하였다. 반면 RPC에서 제조한 클린라이스에 대해서는 제조방법이나 백도에 무관하게 3회까지만 수세하였다.

다음 표 3-2-12는 2가지 시료에 대한 실험자 개인별 수세시간별로 가수량과 수세시간을 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 실험실에서 도정도별로 제조한 시료에 비해 RPC에서 클린라이스 제조시스템에서 제조한 클린라이스간에 개인별 가수량과 수세시간이 미세하나마 적었다. 이는 수세중 현탁액이 약간 탁도가 높아도 부유물과 같은 이물질이 없다면 수세를 종료한다고 할 수 있었다. 한편, 실험자 개인별로 가수량과 수세시간에 상당한 차이를 보이고 있었다. 1회 수세시에 사용하는 평균 가수량은 쌀의 중량인 500g보다 다소 적은 473.2ml수준이었으며, 1, 2회 수세시보다 거의 3회 수세시에 조금 많게 가수한 것

으로 나타났다. 한편, 1회 수세기 평균 수세시간은 26.0초 수준이었으며, 1, 2회 수세시에 비해 3회수세시의 수세시간이 17.4초로 비교적 짧았다. 1, 2회 수세시에 비해 3회 수세시에는 가수량은 많은 대신 수세시간이 짧아 마지막 수세는 행금의 개념이 많은 것으로 판단되었다.

표 3-2-10. 도정도별로 제조한 시료의 수세횟수, 가수량 및 수세시간

구 분	실험자	가수량(ml)				수세시간(sec)			
		1회	2회	3회	4회	1회	2회	3회	4회
백도 36.5	A	530	620	520	490	24.03	34.84	37.22	10.53
	B	500	390	360	—	40.50	35.53	11.47	—
	C	550	420	460	—	25.22	22.44	19.22	—
	D	350	670	610	—	15.04	15.34	14.68	—
	E	500	500	500	330	24.22	21.75	16.31	5.63
	평균	486	520	490	410	25.80	25.98	19.78	8.08
백도 38.4	A	430	670	600	—	23.03	35.53	35.22	—
	B	420	340	360	—	39.25	23.69	16.19	—
	C	440	300	480	—	25.50	25.16	18.16	—
	D	310	500	670	—	13.97	13.88	18.16	—
	E	420	430	480	430	21.69	19.66	20.88	5.38
	평균	404	448	518	430	24.69	23.58	21.72	5.38
백도 40.2	A	490	460	630	—	39.57	43.37	38.22	—
	B	370	290	280	—	44.81	29.68	12.00	—
	C	400	440	460	—	20.56	20.41	16.50	—
	D	260	650	600	—	14.93	15.47	12.47	—
	E	560	440	450	—	19.75	16.75	7.00	—
	평균	416	456	484	—	27.92	25.14	17.24	—
백도 42.5	A	600	620	630	—	25.75	58.37	37.24	—
	B	490	280	330	—	41.75	27.12	11.37	—
	C	540	420	450	—	20.44	20.47	15.44	—
	D	330	630	640	—	15.24	19.34	15.91	—
	E	630	490	430	—	26.06	18.16	6.16	—
	평균	518	488	496	—	25.85	28.69	17.22	—
백도 44.6	A	580	650	620	—	38.28	44.03	29.19	—
	B	470	360	360	—	36.75	22.41	11.13	—
	C	540	540	580	—	17.94	16.31	12.12	—
	D	300	560	620	—	15.44	12.63	12.53	—
	E	580	570	490	—	19.57	22.13	5.41	—
	평균	494	536	534	—	25.60	23.50	14.08	—
백도 46.7	A	600	630	670	—	30.28	41.46	27.31	—
	B	500	340	390	—	47.44	22.16	12.34	—
	C	460	440	460	—	23.82	19.75	14.94	—
	D	260	600	700	—	11.44	16.84	11.87	—
	E	660	470	480	—	19.59	25.78	21.4	—
	평균	496	496	540	—	26.51	25.20	17.57	—

표 3-2-11. RPC에서 제조한 클린라이스의 수세횟수, 가수량 및 수세시간

구 분		실험자	가수량(ml)			수세시간(sec)		
			1회	2회	3회	1회	2회	3회
건식 연미 방식	백도40.2	A	590	440	490	16.06	29.28	15.87
		B	420	310	370	35.78	31.03	10.00
		C	420	580	560	24.31	21.65	12.56
		D	300	520	650	16.72	12.06	9.69
		E	520	430	340	16.31	13.25	9.56
		평균	450	456	482	21.84	21.45	11.54
	백도43.3	A	490	470	750	21.12	38.78	36.62
		B	560	380	330	41.62	45.72	13.38
		C	530	540	420	30.37	22.38	16.29
		D	240	540	640	16.44	17.43	8.97
		E	490	380	—	14.47	18.69	—
		평균	462	462	535	24.80	28.60	18.82
반건식 연미 방식	백도41.0	A	500	420	690	18.18	33.72	36.31
		B	570	380	310	43.15	30.13	10.78
		C	450	440	480	26.44	25.10	28.19
		D	440	620	600	15.66	13.47	11.22
		E	450	420	350	14.78	12.81	13.35
		평균	482	456	486	23.64	23.05	19.97
	백도43.0	A	470	420	500	23.91	36.34	26.54
		B	480	320	300	57.56	29.37	12.16
		C	580	560	540	34.63	26.63	12.63
		D	460	610	710	14.19	15.28	13.72
		E	520	570	500	21.75	18.72	6.94
		평균	502	496	510	30.41	25.27	14.40
가수 정미 방식	백도45.8	A	530	470	470	38.32	38.72	33.56
		B	550	330	420	43.09	27.72	11.38
		C	500	460	440	30.22	20.03	10.62
		D	300	500	560	12.62	16.44	9.78
		E	700	460	480	26.85	14.94	6.34
		평균	516	444	474	30.22	23.57	14.34
	백도48.4	A	560	420	580	17.69	28.40	27.31
		B	470	320	—	32.00	18.09	—
		C	440	490	460	26.97	22.97	30.41
		D	310	500	—	15.18	6.12	—
		E	480	500	340	29.84	21.53	19.50
		평균	452	446	460	24.34	19.42	25.74

표 3-2-12. 실험자별 평균 수세횟수, 가수량 및 수세시간

구분	측정자	가수량(ml)				수세시간(sec)			
		1회	2회	3회	4회	1회	2회	3회	4회
도정도별 제조시료	A	538.3	608.3	611.7	490.0	30.2	42.9	34.1	10.5
	B	458.3	333.3	346.7	—	41.8	26.8	12.4	—
	C	488.3	426.7	481.7	—	22.2	20.8	16.1	—
	D	301.7	601.7	640.0	—	14.3	15.6	14.3	—
	E	558.3	483.3	471.7	380.0	21.8	20.7	12.9	5.5
	평균	469.0	490.7	510.3	435.0	26.1	25.3	17.9	8.0
RPC에서 제조한 클린라이스	A	523.3	440.0	580.0	—	22.5	34.2	29.4	—
	B	508.3	340.0	346.0	—	42.2	30.3	11.5	—
	C	486.7	511.7	483.3	—	28.8	23.1	18.5	—
	D	341.7	548.3	632.0	—	15.1	13.5	10.7	—
	E	526.7	460.0	402.0	—	20.7	16.7	11.1	—
	평균	477.3	460.0	488.7	—	25.9	23.6	16.2	—
평균	평균	473.2	475.3	499.5	435.0	26.0	24.5	17.1	8.0
	표준편차	85.3	95.9	112.6	77.8	9.8	9.2	8.1	3.6

(2) 수세횟수별 현탁액의 탁도

다음 그림 3-2-39은 실험자 C가 반건식연미방식으로 제조한 클린라이스(백도 41.0)를 수세하였을 때 수세횟수별로 발생하는 현탁액을 대표적으로 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 수세횟수별로 현탁액의 농도가 다소 묽어졌으며, 2회 수세부터는 다소 푸른빛이 나타나는 것을 알 수 있었다.

다음 표 3-2-13, 표 3-2-14 및 그림 3-2-40, 그림 3-2-41은 도정도가 다른 6점과, RPC에서 제조한 클린라이스 6점을 세척한 현탁액의 탁도를 나타낸 것이다. 표와 그림에서 현탁액의 탁도는 측정자가 수세에 사용한 가수량을 고려하여 수세후 버려지는 현탁액이 신방식(쌀 중량의 80배 가수)에 적합하도록 가수하여 측정한 탁도값을 나타낸 것이며, 환산탁도라고 표시하였다.

표에서 알 수 있듯이 1회 수세후 환산탁도는 시료의 초기 탁도보다 높은 값을 나타내어 일본의 신방식으로 제조한 현탁액의 탁도가, 측정자가 손으로 수세하였을 때 생기는 현탁액의 환산탁도보다 낮은 것을 알 수 있었다. 수세기 버려지는 현탁액의 환산탁도는 가수정미방식에서 가장 낮았으며, 백도가 높을수록 낮은 값을 나타내었다.



(1회 수세)



(2회 수세)



(3회 수세)

그림 3-2-39. 클린라이스(백도 41.0, 반식식연미방식)의 수세횟수별 현탁액

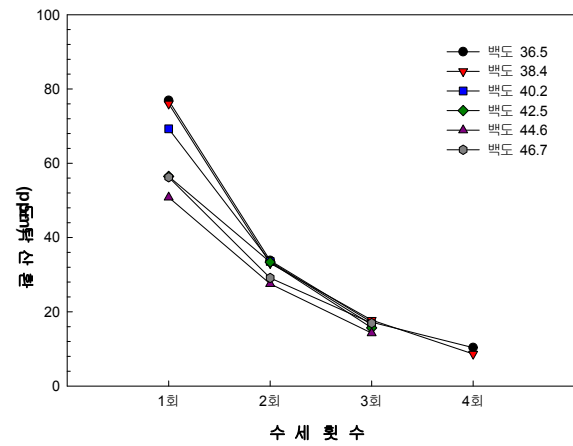
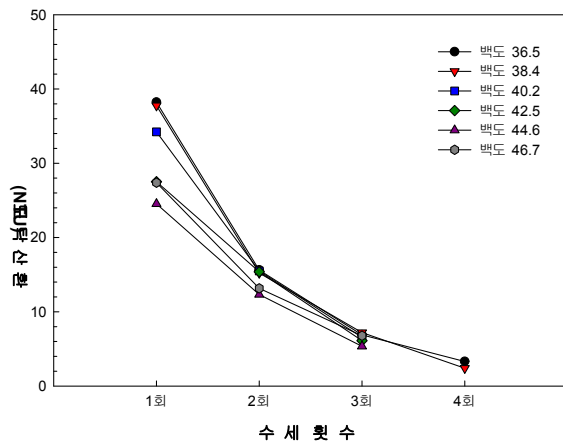


그림 3-2-40. 도정도별로 제조한 시료의 수세횟수별 현탁액의 탁도변화

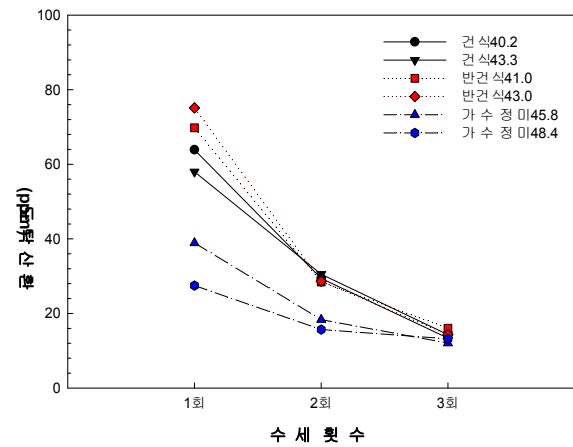
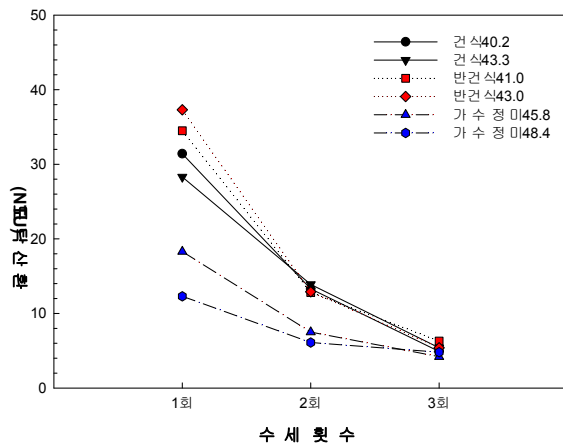


그림 3-2-41. RPC에서 제조한 클린라이스의 수세횟수에 따른 현탁액의 탁도 변화

표 3-2-13. 도정도별로 제조한 시료의 수세횟수에 따른 탁도변화

구 분	시료 초기 탁도(NTU)	측정자	수세 횟수별 현탁액의 환산탁도(NTU)			
			1회	2회	3회	4회
백도 36.5	20.08	A	49.5	21.5	12.3	4.3
		B	49.2	14.2	4.0	—
		C	37.8	14.3	5.9	—
		D	24.3	15.2	5.6	—
		E	30.3	13.0	6.8	2.4
		평균	38.2	15.6	6.9	3.3
백도 38.4	20.83	A	58.4	20.5	10.7	—
		B	47.5	12.5	4.6	—
		C	33.6	12.5	6.1	—
		D	20.9	15.1	6.4	—
		E	28.4	15.6	8.2	2.4
		평균	37.8	15.2	7.2	2.4
백도 40.2	19.64	A	59.3	20.4	11.0	—
		B	47.8	14.5	5.2	—
		C	21.3	15.3	6.0	—
		D	23.0	15.3	5.3	—
		E	19.7	12.0	5.4	—
		평균	34.2	15.5	6.6	—
백도 42.5	15.07	A	41.7	29.2	10.5	—
		B	34.5	11.8	5.1	—
		C	21.9	12.2	5.4	—
		D	17.5	13.1	5.4	—
		E	22.0	10.7	4.3	—
		평균	27.5	15.4	6.1	—
백도 44.6	12.63	A	45.1	20.2	9.7	—
		B	26.4	10.0	3.8	—
		C	18.2	9.4	5.5	—
		D	17.7	11.6	4.1	—
		E	15.2	10.5	3.7	—
		평균	24.5	12.3	5.4	—
백도 46.7	10.69	A	42.0	21.9	10.0	—
		B	34.9	10.2	4.3	—
		C	22.5	11.5	7.8	—
		D	19.7	11.3	4.0	—
		E	17.8	11.0	7.8	—
		평균	27.4	13.2	6.8	—

표 3-2-14. RPC에서 제조한 클린라이스의 수세횟수에 따른 탁도변화

구 분		시료 초기 탁도(NTU)	측정자	수세 횟수별 현탁액의 환산탁도(NTU)			
				1회	2회	3회	4회
건식 연미 방식	백도 40.2	18.08	A	34.9	19.6	6.8	—
			B	35.4	11.3	4.0	—
			C	31.5	12.1	4.3	—
			D	29.2	9.5	4.2	—
			E	26.0	14.0	5.5	—
			평균	31.4	13.3	4.9	—
	백도 43.3	13.57	A	37.7	21.9	10.7	—
			B	35.0	13.8	3.9	—
			C	31.9	9.3	3.5	—
			D	19.3	13.5	3.6	—
			E	17.6	10.9	—	—
			평균	28.3	13.9	5.4	—
반건식 연미 방식	백도 41.0	14.64	A	39.5	21.3	12.8	—
			B	47.7	9.0	3.1	—
			C	36.8	12.8	5.9	—
			D	23.1	10.4	3.7	—
			E	25.4	10.6	5.8	—
			평균	34.5	12.8	6.3	—
	백도 43.0	14.34	A	45.9	21.2	12.4	—
			B	50.2	11.2	3.6	—
			C	35.5	9.5	3.5	—
			D	23.0	10.7	3.8	—
			E	31.9	11.7	3.9	—
			평균	37.3	12.9	5.4	—
가수 정미 방식	백도 45.8	5.92	A	29.6	11.0	10.5	0.5
			B	21.7	7.8	3.0	—
			C	16.9	5.5	2.2	—
			D	9.6	7.0	2.8	—
			E	13.8	6.0	2.6	—
			평균	18.3	7.5	4.2	0.5
	백도 48.4	4.89	A	15.6	11.8	8.4	—
			B	13.7	4.7	—	—
			C	11.6	5.8	2.1	—
			D	7.2	4.0	—	—
			E	13.2	4.4	3.9	—
			평균	12.3	6.1	4.8	—

(3) 수세후 현탁액의 특징

5명의 측정자가 도정도가 다른 시료 및 RPC에서 제조된 시료를 수세하면서 정립된 가수량과 수세시간을 사용하여 백도 20.5~43.9수준(도정도 1.8%~10.8%)으로 제조된 10가지 시료를 수세하여 현탁액의 특징을 측정한 결과는 다음과 같았다.

그림 3-2-42는 백도별로 도정된 10개 시료를 수세했을 때 발생하는 현탁액을 희석하지 않는 상태에서 촬영한 이미지로서, 백도 20.5~37.9일 때 현탁액에는 다소 노란색이 많았으나 백도 39.8 이상에서는 노란색을 거의 찾아보기 어려웠다.

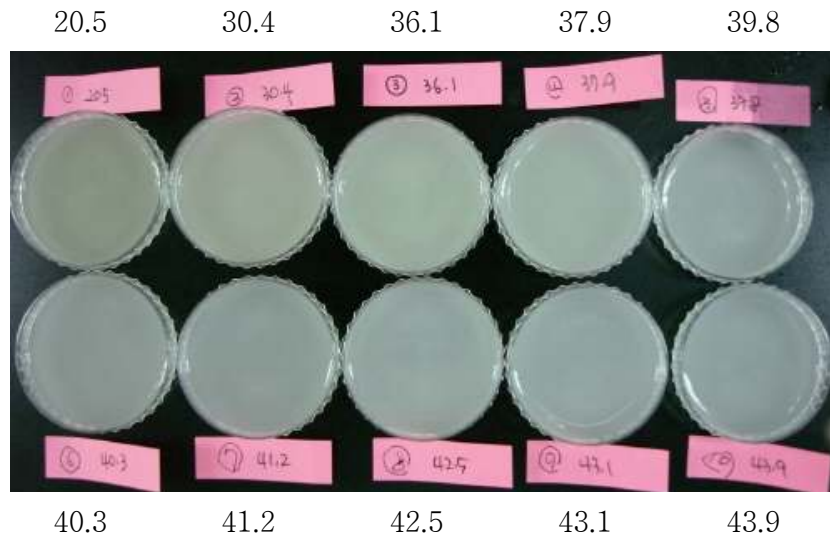


그림 3-2-42. 백도별로 도정된 시료를 1회 수세했을 때의 현탁액의 칼라

그림 3-2-43, 식(3-2-13)은 백도별로 도정된 10개 시료를 수세했을 때 발생하는 현탁액을 신방식에 적합하도록 희석한 다음 측정한 칼라 b값의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 b값은 백도가 증가할수록 점차 감소하여 백도 43.9에서는 물의 b값인 3.0과 유사한 수준을 나타내었다.

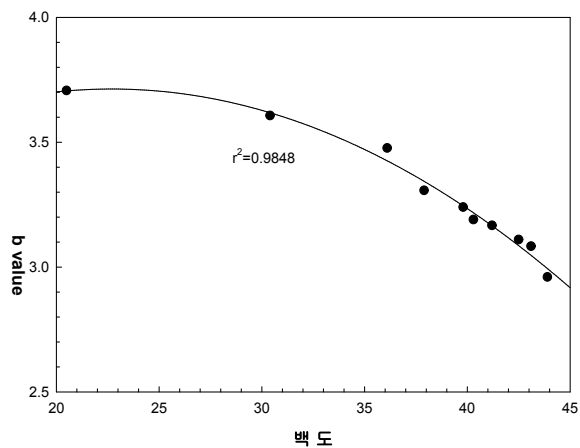


그림 3-2-43. 백도별로 도정된 시료를 1회 수세했을 때 보정된 현탁액의 칼라 b값

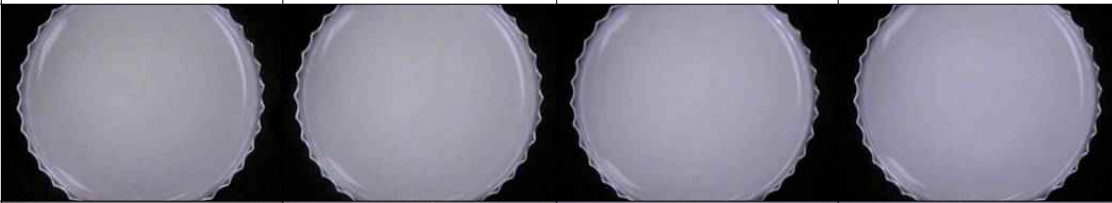

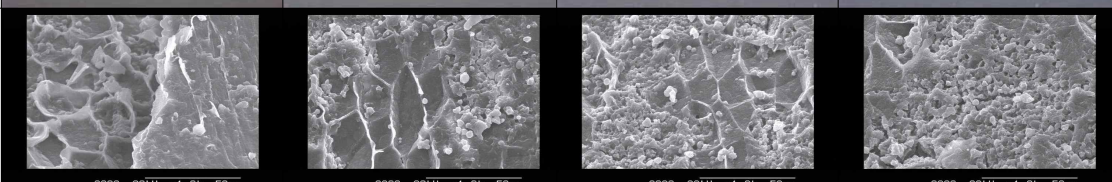
$$B = y_0 + ax + bx^2 \quad (r^2=0.9848) \quad \dots\dots\dots (3-2-13)$$

여기서, B : 칼라 b값(-)

x : 백도(-)

y_0, a, b : 실험상수($y_0 = 2.8899, a = 0.0726, b = -0.0016$)

그림 3-2-44는 백도별로 도정된 10개 시료를 수세했을 때 발생하는 현탁액의 이미지를 확대하여 원 시료 1㎤당의 육안으로 식별이 가능한 부유물 수를 직접 계량한 값을 나타낸 것이다. 부유물 수는 백도 20.5~37.9까지는 206~2,771개/㎤로 증가하는 경향을 보였으나, 그 이상에서는 오히려 감소하여 백도 39.8~43.9까지는 326~1,600개/㎤ 수준을 나타내었다. 한편, 부유물중에서 큰 알갱이 개수는 백도 20.5, 30.4, 36.1, 37.9에서 각각 69, 86, 251, 411개/㎤로 증가하였으나 알갱이의 크기는 작아졌으며, 백도 39.8이상일 때 큰 알갱이의 개수도 적어지는 경향을 보였으며, 백도 41.2~43.9에서는 큰 알갱이의 개수도 51개/㎤ 이하로 적어졌으며 크기도 작아지는 경향을 보였다. 이상에서 부유물 중에서 큰 알갱이는 호분층의 세포벽이나 미강 또는 전분 덩어리로 추정되며, 작은 부유물은 호분층에 작은 알갱이 형태로 존재하는 미강의 일종으로 추측하고 있다.

백도(-) (도정도, %)	20.5(1.8)	30.4(5.6)	36.1(7.7)	37.9(8.2)
초기 시료 탁도(NTU)	24.7	36.6	33.6	30.3
현탁액의 이미지				
확대(×60)된 이미지				
SEM사진				
부유물수(개/㎤) (큰알갱이)	206(69)	474(86)	1,434(251)	2,771(411)

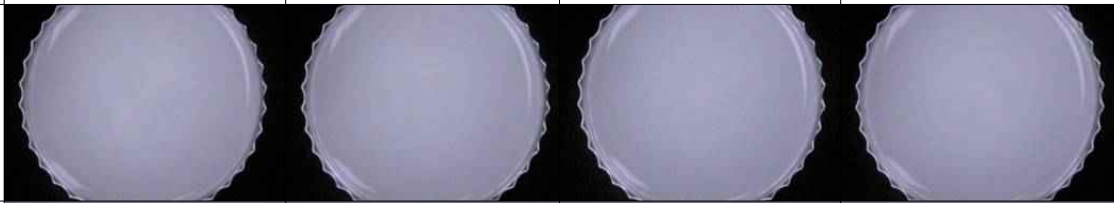

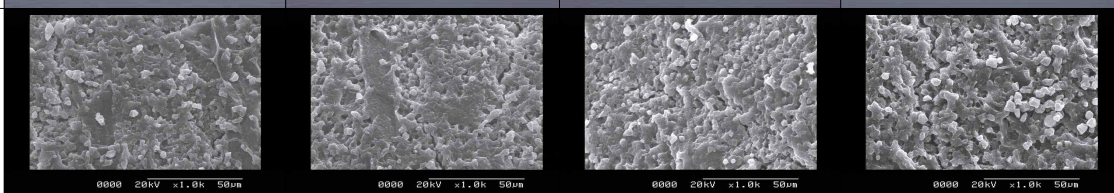
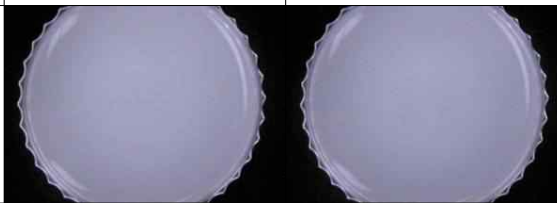
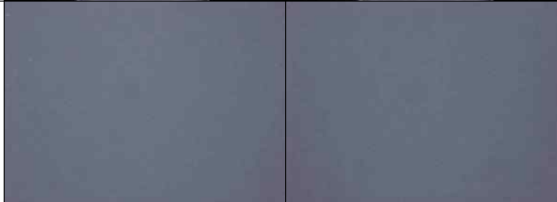
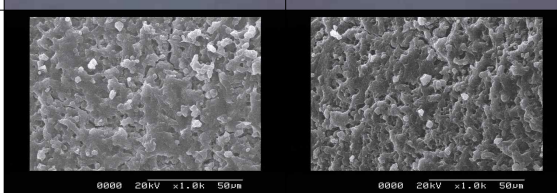
백도(-) (도정도, %)	39.8(9.1)	40.3(9.7)	41.2(10.0)	42.5(10.3)
시료 초기 탁도(NTU)	23.7	23.3	19.2	15.9
현탁액의 이미지				
확대(×60)된 이미지				
SEM사진				
부유물수(개/cm) (큰알갱이)	1,600(171)	1,309(57)	783(51)	674(51)
백도(-) (도정도, %)	43.1(10.6)	43.9(10.8)		
시료 초기 탁도(NTU)	14.3	13.2		
현탁액의 이미지				
확대(×60)된 이미지				
SEM사진				
부유물수(개/cm) (큰알갱이)	560(51)	326(17)		

그림 3-2-44. 백도별로 도정된 시료를 1회 수세했을 때 현탁액 중 부유물수

(4) 시중 유통쌀의 1차 수세후 탁도변화

다음 표 3-2-15는 시중에서 유통되고 있는 쌀 39점의 백도, 함수율 및 탁도값이다. 표에서 알 수 있듯이 백도는 평균 39.9(35.1~46.8), 함수율은 평균 15.2%(14.0~17.3%)수준이었다. 특히 백도가 낮은 시료는 배아미로 판매되고 있는 것이었고, 시료를 구입한 시기가 2010년 5월경임을 감안할 때 함수율이 17.3%수준으로 높은 쌀도 많았다.



그림 3-2-45. 실험에 사용한 시중 유통쌀(39점)

다음 그림 3-2-46은 시중 유통쌀 39점의 백도별 탁도를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 일본의 2가지 탁도기준인 18.9NTU(40ppm)와 12.6NTU(28ppm)을 만족하는 시료수가 각각 19점 및 9점이었다. 그러나 백도가 낮은 제품중에서 탁도가 낮게 나타난 제품이 있었으며, 이의 영향을 살펴보기 위하여 39점을 함수율과 백도별로 나타낸 결과는 다음 그림 3-2-47, 식(3-2-14)와 같았으며, 그림 및 식에서 알 수 있듯이 함수율이 높을수록 탁도가 낮게 나타났다.

표 3-2-15. 시중 유통쌀(39점)의 품질특성

구 분	백도(-)	합수율(%)	탁도(NTU)	구 분	백도(-)	합수율(%)	탁도(NTU)
1	38.1	15.9	5.7	22	40.4	15.4	17.5
2	41.7	15.5	16.7	23	37.3	15.6	14.7
3	39.9	14.6	31.5	24	41.6	15.7	20.3
4	40.6	14.7	20.5	25	39.8	15.2	19.6
5	40.1	14.6	18.9	26	40.2	15.3	26.6
6	42.2	15.9	10.4	27	37.7	14.4	18.3
7	41.8	14.9	14.5	28	38.5	14.6	23.8
8	40.5	15.5	7.5	29	38.7	13.5	29.6
9	38.7	16.5	9.5	30	39.9	15.4	13.3
10	35.1	14.4	37.5	31	39.7	15.9	24.6
11	40.3	14.9	27.3	32	38.4	14.4	31.5
12	38.7	16.2	10.3	33	40.2	15.5	21.7
13	38.0	15.1	12.3	34	39.3	14.7	18.8
14	36.8	17.3	5.4	35	43.2	14.6	22.4
15	42.6	14.0	21.3	36	39.4	15.5	9.5
16	40.9	15.1	27.7	37	39.2	16.9	3.7
17	42.0	14.5	24.3	38	46.8	15.9	5.5
18	39.4	14.5	25.6	39	38.8	14.8	22.4
19	38.9	15.4	21.6	평균	39.9	15.2	18.7
20	40.5	15.6	20.6	최대값	46.8	17.3	37.5
21	42.1	14.6	14.6	최소값	35.1	13.5	3.7

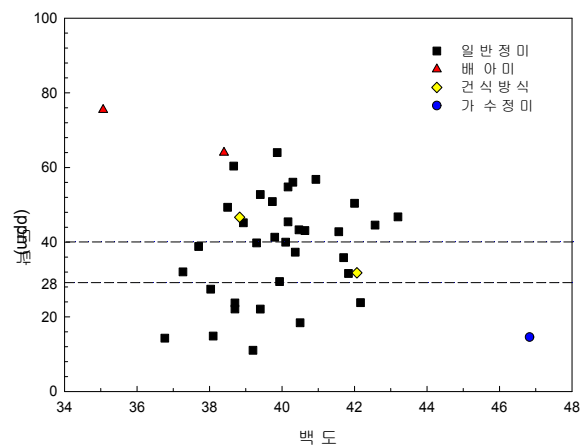
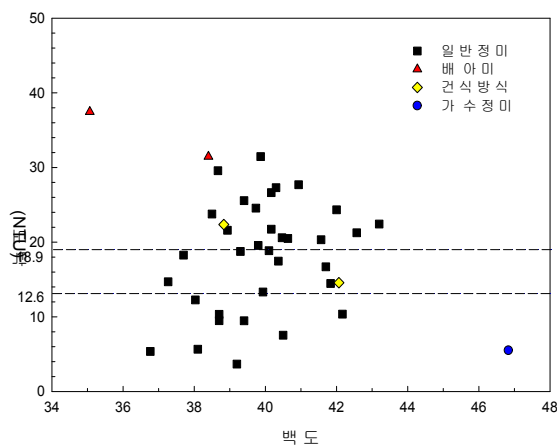


그림 3-2-46. 시중 유통미(39점)의 백도별 탁도분포

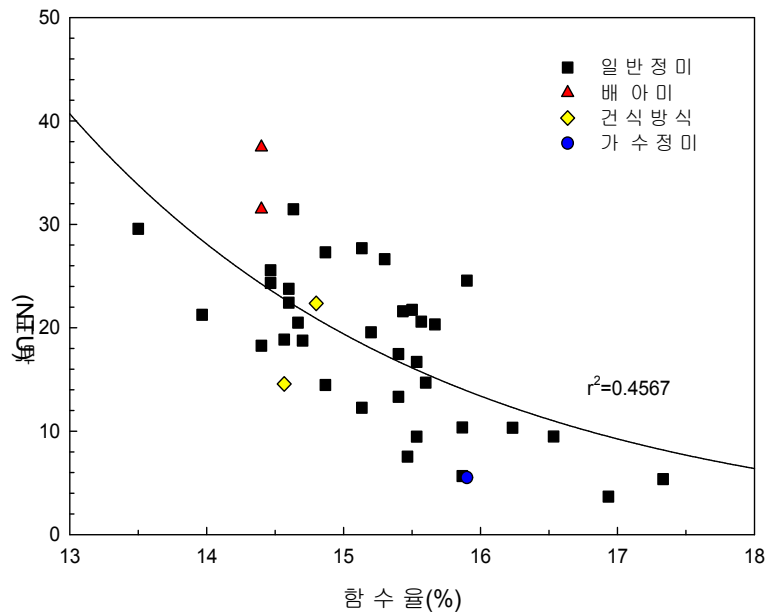


그림 3-2-47. 시중유통미(39점)의 함수율과 탁도와의 관계

$$Tn = a \exp^{-bx} \quad (r^2 = 0.4798) \quad \dots\dots\dots (3-2-14)$$

여기서, Tn : 탁도(NTU)

x : 함수율(%)

a, b : 실험상수($a = 6121.1443, b = 0.3848$)

다음 그림 3-2-48, 3-2-49는 시중 유통쌀 39점을 1회 세척하고 버려지는 현탁액을 일본 신방식에 적합하도록 희석한 다음 측정한 탁도와 1차 수세한 쌀을 탈수한 후 다시 일본 신방식에 의거하여 탁도를 측정한 결과를 각각 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 1회 수세된 현탁액의 탁도는 전술한 경향과 동일하게 초기 시료의 탁도보다 높게 나타났다.

또한, 1회 수세한 쌀을 탈수한 후 다시 탁도를 측정한 결과, 39점이 모두 약 7.5NTU(18ppm)이하로 나타났다. 이 결과는 일본 시중유통쌀 100점을 1회 수세한 다음 측정한 탁도값의 평균치가 28ppm이하였다는 全国無洗米協會의 결과와는 큰 차이가 있었는데 시중 유통쌀의 백도 등 품질특성, 수세 및 탈수 방법 등이 다른 것이 주요 원인으로 판단되었다.

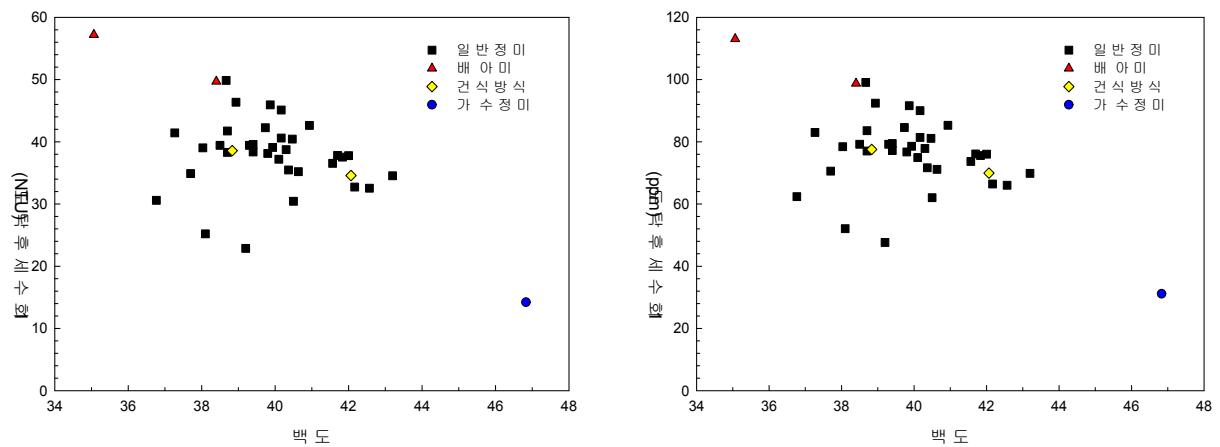


그림 3-2-48. 시중유통미(39점)의 1회 수세한 현탁액의 환산탁도

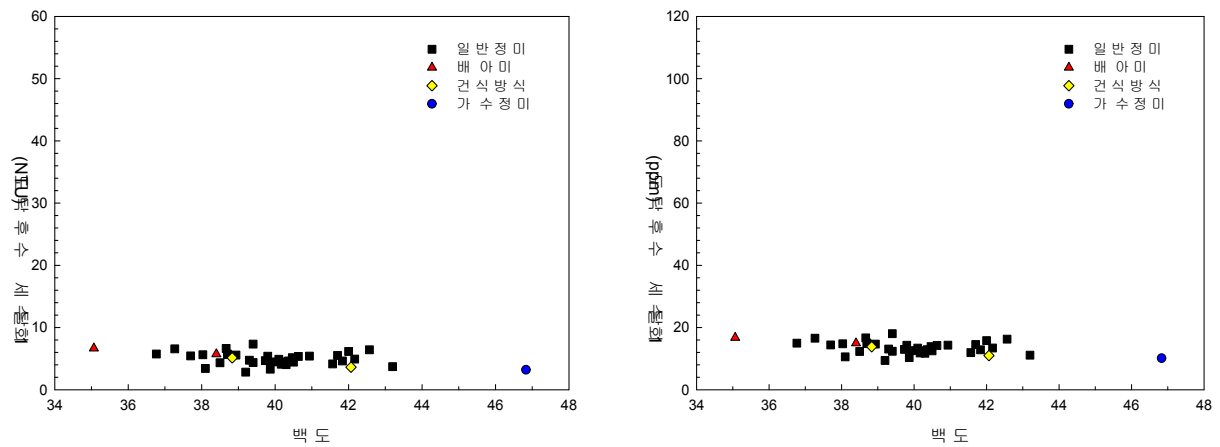


그림 3-2-49. 시중유통미(39점)를 1회 수세후 측정된 탁도

6. RPC규모에서 클린라이스 제조조건이 품질특성에 미치는 영향

현재 국내의 대형 식품업체는 물론 RPC에 설치되어 있는 클린라이스 제조시스템은 건식과 가수정미 방식이 주를 이루고 있고, 습식연미기를 활용한 반건식은 거의 모든 RPC에 설치되어 있으며, 타피오카전 분이나 미강을 활용한 BG type과 같은 특수방식은 설치되어 있지 않다.

그러나 국내에 설치된 이들 클린라이스 제조시스템에서 어느 품질수준까지의 클린라이스를 제조할 수 있는지를 있는지에 대한 신뢰할만한 연구결과가 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 RPC에 설치되어 있는 상용규모의 건식, 반건식 및 가수정미방식의 클린라이스 제조시스템의 작동조건을 달리하면서 총 12가지 시료를 제조하여 품질특성을 분석하였다. 그 결과는 다음과 같았다.

가. 재료 및 방법

(1) 재료

건식, 반건식 클린라이스 제조시스템에서 생산된 제품의 백도가 39, 40, 41, 42수준이 되도록 시스템의 작동조건을 조정하면서 시료를 제조하였으며, 건식에서 제조된 4가지 시료를 원료로 사용하여 가수정미방식의 클린라이스를 제조하였으며, 총 제조된 시료는 12점이었다.

시료는 2010년 1월 16일부터 2일간에 걸쳐 경북 김천 건양RPC에서 제조하였으며, 시료제조중 외기의 평균 온습도는 7.8℃, 12.0%RH, 가공실 내부의 평균 온습도는 12.3℃, 9.0%RH 수준으로 외기에 의한 클린라이스의 품질에 영향이 적은 용이한 조건으로 판단되었다.

클린라이스 제조에 사용된 현미시료는 2009년산 새추청(함수율 15.5%, 백도 18.1)이었으며, 건식(카피카, 2마찰 1건식연미, 처리능력 2ton/hr, Yamamoto, Japan)은 one pass형 정미시스템 1, 2단 및 건식은 작동전류가 각각 21-115-25A수준이었으며, 반건식(NCP, 1연삭 1마찰 1습식연미, 처리능력 5ton/hr, Satake Cor., Japan)에서 습식연미 가수량은 0.3 L/min, 각 단의 작동전류는 90-165-125A수준이었다. 한편, 가수정미방식(SJR, 처리능력 1.2ton/hr, Satake Cor., Japan)은 건양RPC의 공정구조상 건식에서 제조된 시료를 3번 가수(4.7, 0.97, 1.23L/min)하여 총 6.94L/min를 가수하여 제조하였으며, 작동전류는 20-115-25-56A수준이었다.

시료제조에 사용된 반건식, 건식 및 가수정미방식 클린라이스 제조시스템은 그림 3-2-50과 같았다.



건식



반건식



가수정미

그림 3-2-50. 시료제조에 사용된 건식, 반건식 및 가수정미방식 클린라이스 제조시스템

(2) 실험방법

곡은은 현장에서 직접 측정하였으며, 제조된 시료는 연구원으로 이송하여 밀봉하여 5℃를 유지하는 저온저장고에 보관하면서 실험 12시간 전에 실온에 방치한 후 품질측정에 공시하였다.

품질측정은 백도, 함수율, 탁도, 건고물량, CBB index, 쌀 표면상처, SEM 등으로 앞 절에서 확립한 실험방법에 준하여 실시하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 클린라이스 제조조건별 도정특성

다음 표 3-2-16은 클린라이스 제조방식과 백도에 따른 품질특성으로 백도, 곡온, 함수율, 천립중 및 도정도, 배아잔존율, 찌라기함량을 나타낸 것이다.

표에서 알 수 있듯이 건식과 반건식에서는 당초에 목표하였던 지정백도에 거의 근사하는 백도의 클린라이스를 제조할 수 있었다. 그러나 건식에서 제조된 클린라이스를 원료(평균 백도 40.7)로 사용한 가수정미방식의 경우 클린라이스의 백도가 평균 48.5로서 백도가 7.8정도 상승하였는데 주요 원인은 백화현상으로 판단되었다.

표 3-2-16. 클린라이스 제조조건별 품질특성

제조 방식	백도	곡온 (℃)	함수율 (%)	천립중 (g)	도정도 (%)	배아잔존율 (%)	찌라기 함량(%)
건식	39.0	23.0	15.6	19.14	9.5	38.4	4.6
	40.4	37.4	15.1	19.03	10.1	33.8	4.8
	41.3	43.5	15.0	18.76	11.3	27.2	5.0
	42.2	48.8	14.7	18.61	12.0	24.7	5.2
반건식	39.5	24.9	15.1	20.34	9.8	32.9	1.7
	40.1	25.7	15.5	20.27	10.1	27.2	2.3
	41.5	27.5	15.4	20.08	11.0	16.9	2.5
	42.3	34.9	14.8	19.76	12.4	10.5	4.2
가수정미	46.4	11.1	15.9	19.27	8.9	36.1	1.2
	48.5	15.3	15.6	19.11	9.6	32.0	1.7
	49.0	17.5	15.4	18.85	10.9	25.9	2.3
	50.0	17.6	15.2	18.70	11.6	22.6	3.8

클린라이스를 제조할 때의 현미 곡온이 11.1℃이었으나, 클린라이스의 곡온은 백도가 높아질수록 곡온도 상승하여 건식42 실험구는 48.8℃로서 초기 현미에 비해 37.7℃의 상승을 보였으며, 곡온 상승에 따른 강도저하로 찌라기 함량도 5.2%로 대단히 높았다. 반면, 반건식의 경우에는 건식에 비해 곡온상승이 적었는데 반건식42 실험구의 곡온이 34.9℃이었으며, 찌라기 발생율도 4.2%로서 건식에 비해서는 낮았다. 그러나 일반적으로 RPC에서 허용되는 찌라기발생량이 3.0%수준(한국식품연구원, 2010)정도임을 감안할 때 현재 설치되어 있는 건식 및 반건식에서 백도 42수준의 클린라이스 제조는 비효율적으로 추가 시설설치가 필요할 것으로 판단되었다. 한편, 가수정미방식은 건식에서 제조된 클린라이스를 원료로 하고, 선별기를 거친 다음 제조하므로 곡온 및 기타 도정특성은 큰 의미가 없었다.

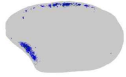
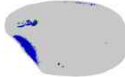
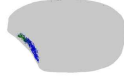
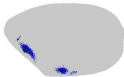

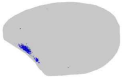
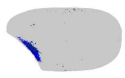
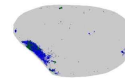
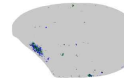



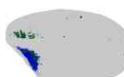
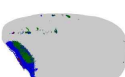
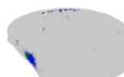
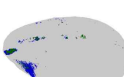
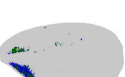

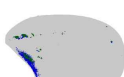

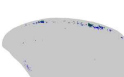
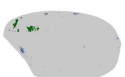
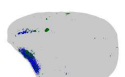
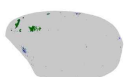
함수율 15.5%인 현미를 이용하여 제조한 클린라이스의 함수율은 물을 많이 사용하는 순서대로 가수정미방식, 반건식, 건식의 순서로 높았다. 건식 클린라이스의 평균 함수율이 15.1%인데 비해 가수정미방식 클린라이스의 평균함수율은 15.5%로서 가수정미과정에서 약 0.4%정도의 함수율이 증가하였으며, 건식과 가수정미 클린라이스 제조시스템 사이에 색채선별기 등이 설치되어 있어 이들 통과과정에서 일부 건조가 발생할 수 있는 점 등을 감안할 때 함수율 증가폭은 이보다 더 컸을 것으로 판단되었다.

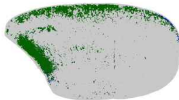
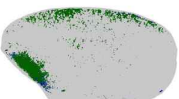
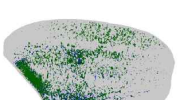
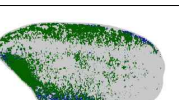
건식과 반건식의 경우, 동일 백도수준의 클린라이스를 생산할 때 정백수율은 약 0.2~3.1%내외가 높을 것으로 판단되었으며, 주요 원인은 클린라이스 제조과정중에 반건식은 곡온상승이 낮아 함수율저하가 적었기 때문으로 판단되었다. 한편, 가수정미방식의 경우 정백수율이 건식에 비해 0.4~0.6% 내외가 낮게 나타났는데 수세에 의해 함수율이 증가하였음에도 잔류미강 및/또는 전분가루의 제거는 물론 일부 전분의 용출도 정백수율이 감소한 주요 원인중 하나로 판단되었다.



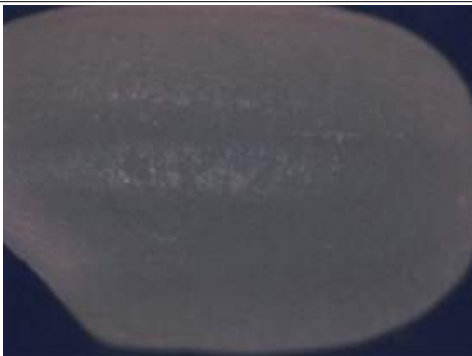

다음 표 3-2-17은 클린라이스 제조조건에 따른 CBB index 및 도정편차를 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 동일 백도조건일 때 건식으로 제조한 클린라이스의 CBB index 및 도정편차가 반건식으로 제조한 클린라이스보다 적었는데 주요 원인은 배아 부착율이 낮은 것이 주요 원인으로 판단되었다. 즉, 동일 백도의 클린라이스를 제조할 때 건식의 경우에는 반건식에 비해 높은 곡온상승으로 인한 표면 함수율이 많이 저하하여 배아잔존율이 낮게 나타나고 이로 인해 CBB index와 도정편차도 감소한 것으로 판단되었다. 한편, 가수정미방식으로 제조된 클린라이스의 배아잔존율은 원료인 건식에서 제조된 클린라이스보다 적게 나타났으나, 표면상태가 일정하지 않아 투과광을 이용하는 CBB index측정장치로는 CBB index측정이 불가능하였다.

한편, 그림 3-2-51에서와 같이 클린라이스 표면의 상처는 건식에 비해 반건식이 미미하게 높았으나, 건식의 경우에는 직사각형 형태의 다소 독특한 상처가 발생하였다. 이와 같은 상처발생은 연삭식정미기에서의 과도한 도정배분, 연삭돌과 금망의 표면상태 및 구조 등에서 기인한 것으로 판단되었다.

표 3-2-17. 클린라이스 제조방식에 따른 백도별 CBB index 및 도정편차

제조 방식	백도	CBB index			도정편차 (최대-최소)
		평균	최대	최소	
건식	39.0				2.6
		2.2	3.9	1.3	
	40.4				2.5
		2.0	3.6	1.1	
	41.3				2.4
		1.9	3.1	0.7	
	42.2				2.3
		1.6	2.9	0.6	
반건식	39.5				3.5
		2.6	4.6	1.1	
	40.1				3.4
		2.2	4.3	0.9	
	41.5				3.3
		2.0	3.8	0.6	
	42.3				2.1
		1.3	2.3	0.3	

제조 방식	백도	CBB index			도정편차 (최대-최소)
		평균	최대	최소	
가수정미 방식	46.4		측정불가	측정불가	—
	48.5		측정불가	측정불가	—
	49.0		측정불가	측정불가	—
	50.0		측정불가	측정불가	—

건식		
	건식 39.0 (상처발생율 20.0%)	건식 40.4 (상처발생율 12.0%)
		
	건식 41.3 (상처발생율 8.0%)	건식 42.2 (상처발생율 8.0%)


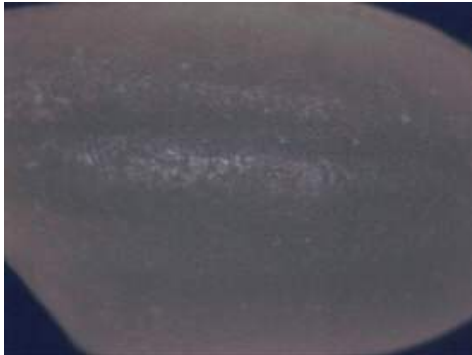
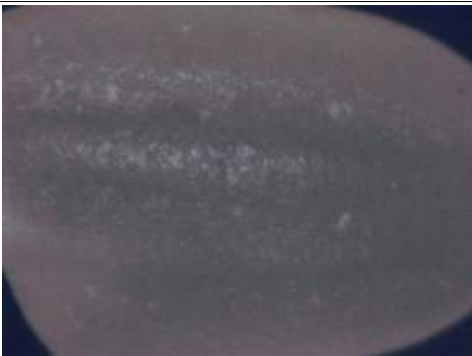

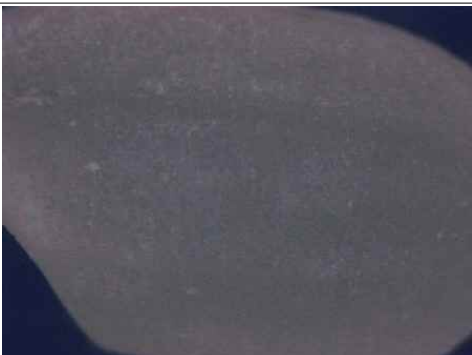


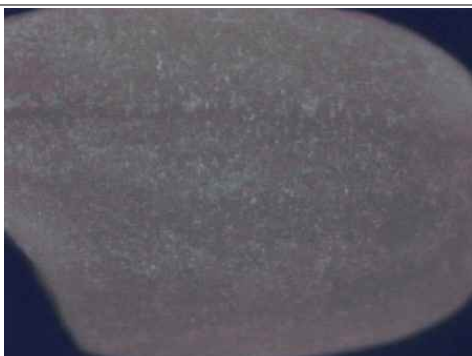
반건식		
	반건식 39.5 (상처발생율 8.0%)	반건식 40.1 (상처발생율 12.0%)
		
	반건식 41.5 (상처발생율 16.0%)	반건식 42.3 (상처발생율 16.0%)
가수 정미		
	가수정미 46.4 (상처 측정불가)	가수정미 48.5 (상처 측정불가)
		
	가수정미 49.0 (상처 측정불가)	가수정미 50.0 (상처 측정불가)

그림 3-2-51. 클린라이스 제조방식에 따른 백도별 표면상처

(2) 클린라이스 제조조건별 탁도 및 표면특성

다음 그림 3-2-52, 3-2-53은 클린라이스 제조조건별 탁도 및 건고물량의 변화를 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 가수정미방식의 경우 모든 백도조건에서 日本全国無洗米協會의 탁도기준인 28ppm을 만족하였으나, 건식과 반건식의 경우 백도 39~42조건에서는 만족하지 못하였다. 반면, 건식과 반건식의 경우, 백도 39조건에서는 日本精米工業會의 탁도기준을 만족하지 못하였으나, 백도 40조건에서는 반건식이, 백도 42조건에서는 건식과 반건식이 모두 탁도기준에 만족하였다. 따라서 실용적인 규모에서는 건식과 반건식의 경우 백도 41수준이면 日本精米工業會의 탁도기준을 만족할 수 있을 것으로 판단되었다.

한편, 건고물량의 경우 모든 조건의 클린라이스가 日本精米工業會의 건식기준인 0.9g/100g을 만족하였으나 가수정미 및 특수방식의 기준인 0.6g/100g은 충분하게 만족하지 못하였다. 반면, 가수정미방식으로 제조된 클린라이스의 경우는 日本精米工業會의 가수정미 및 특수방식 기준인 0.6g/100g을 충분하게 만족할 수 있었다.

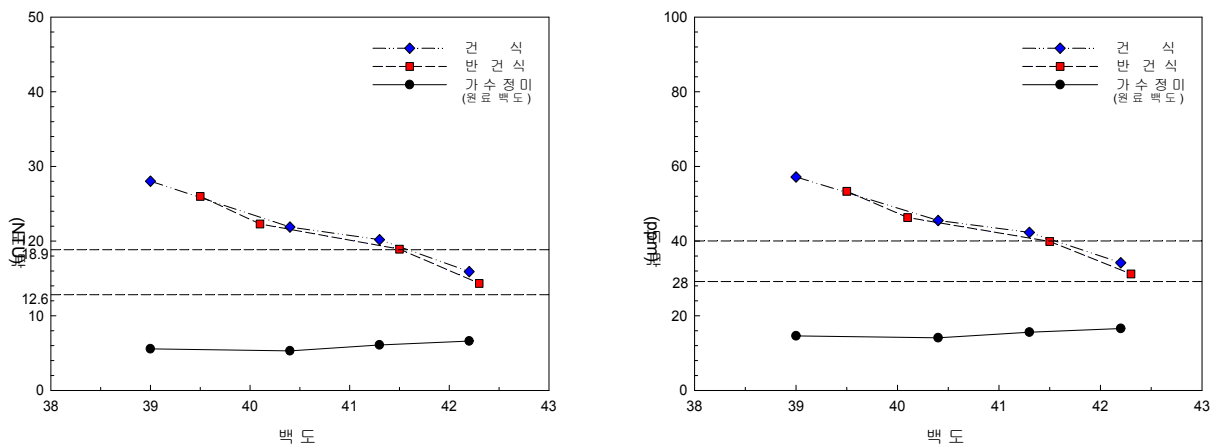


그림 3-2-52. 클린라이스 제조조건별 탁도 변화

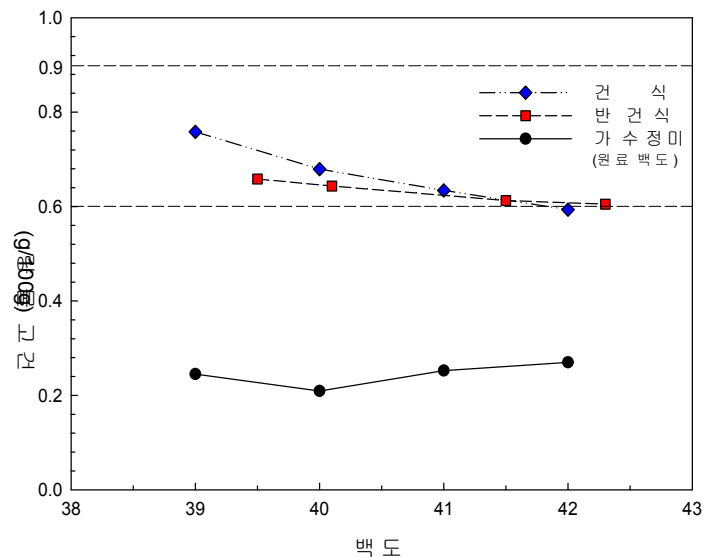
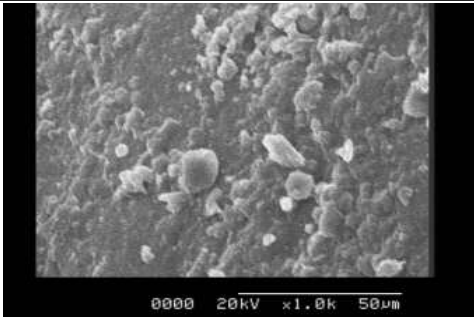
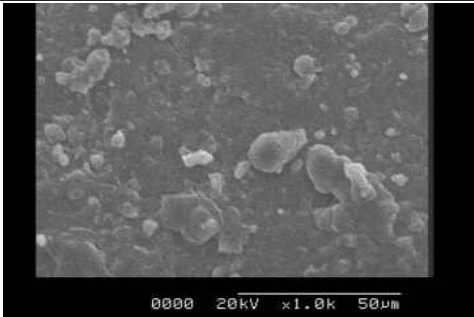
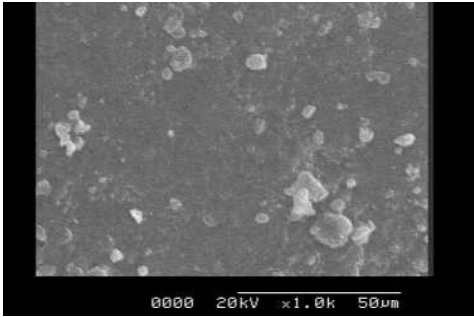
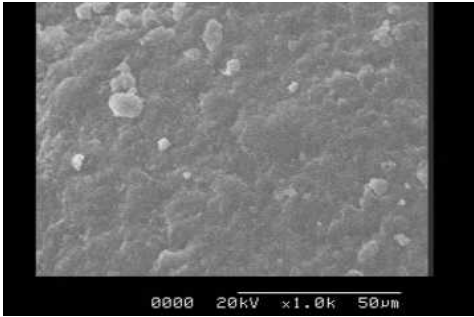


그림 3-2-53. 클린라이스 제조조건별 건고물량 변화

그림 3-2-54는 클린라이스 제조조건별 표면의 SEM 검경 사진이다. 그림에서 알 수 있듯이 가수정미방식으로 제조된 클린라이스의 표면은 호분층의 벌집구조와, 전분알갱이의 구조를 뚜렷하게 볼 수 있는 반면 표면에 균열이 발생하는 것도 확인할 수 있었다. 특히, 가수정미46.4(원료백도 39.0) 및 가수정미48.5(원료백도 40.4) 실험구에서는 호분층의 벌집구조가 있으며, 가수정미49.0(원료백도 41.3) 실험구에서는 일부분에 호분층의 흔적으로 인해 전분 알갱이 구조가 없는 부분이 있었다. 따라서 SEM검경 사진만으로는 백도 42수준에 도달할 경우 전체 호분층이 완전하게 제거되었다고 할 수 있었다.

한편, 건식과 반건식으로 제조된 클린라이스의 표면은 건식의 경우 백도 41이상, 반건식의 경우 백도 42 이상에서 비교적 매끄러운 표면이 나타났다.

건식		
	건식 39.0	건식 40.4
		
	건식 41.3	건식 42.2

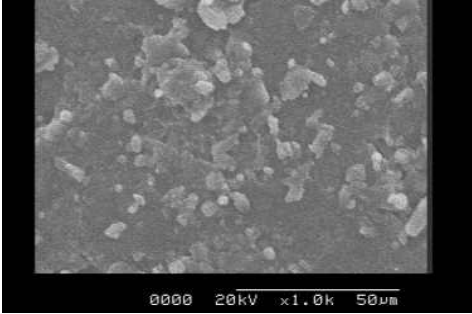
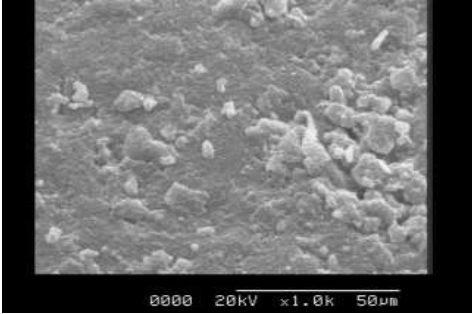
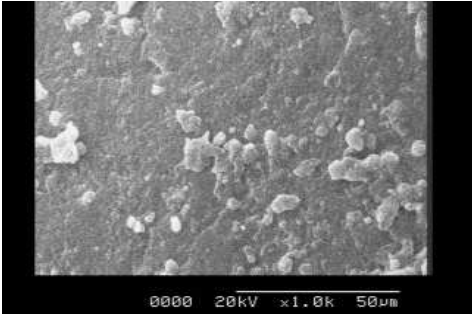
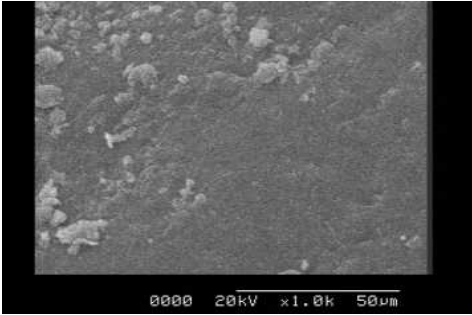
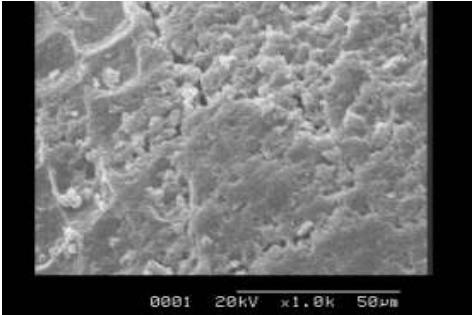
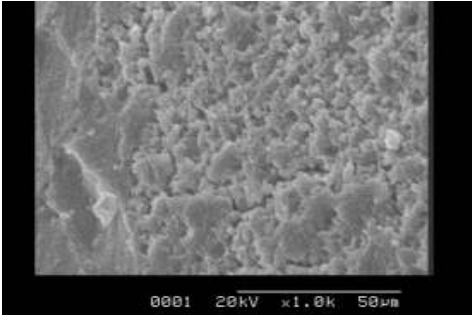
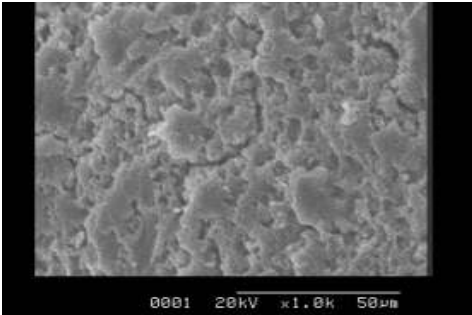
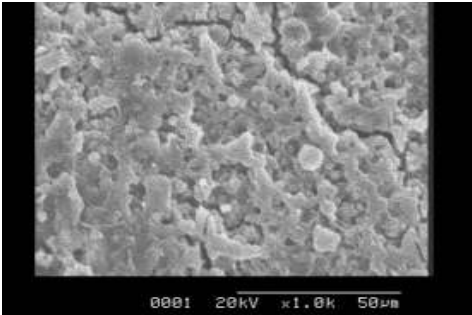
반건식		
	반건식 39.5	반건식 40.1
		
	반건식 41.5	반건식 42.3
가수 정미		
	가수정미 46.4	가수정미 48.5
		
	가수정미 49.0	가수정미 50.0

그림 3-2-54. 클린라이스 제조조건별 SEM 표면상태(×1,000)

7. 클린라이스의 제조방식이 저장특성에 미치는 영향

RPC업계에서는 습식연미기를 사용하면 가수에 따라 표면품질이 저하하고, 저장중 문제가 발생할 수 있다는 해묵은 논쟁이 아직까지 해결되지 않고 있다. 이에 따라 RPC에 설치되는 연미기도 초기 습식연

미기에서 건식으로 교체되다가 다시 습식연미기가 주류를 이루고 있지만, 습식연미기와 건식연미기간의 품질차이에 대해 신뢰할만한 자료는 아직까지 제시된바 없다.

클린라이스에 관해서도 지금까지의 주된 연구결과는 클린라이스가 일반 백미에 비해 저장성 또는 식미가 다소간이라도 우수하다는 연구결과가 많았다. 그러나 Kawamura 등(2009)은 2000년산과 2005년산 현미를 대형정미공장에서 백미와 클린라이스(BG type)로 제조한 후 식미와 저장성을 측정하여 상미기간을 설정하는 연구에서 저장온도에 따라서는 클린라이스의 품질저하가 빨라 저장성이 떨어진다고 보고하였다.

현재 국내의 대형 식품업체는 물론 RPC에 설치되어 있는 클린라이스 제조시스템은 건식과 가수정미 방식이 주를 이루고 있으며, 습식연미기를 활용한 반건식은 거의 모든 RPC에 설치되어 있으며, 타피오카 전분이나 미강을 활용한 BG type과 같은 특수방식은 설치되어 있지 않다. 앞에서 살펴본 바와 같이 쌀을 수세한 후 건조하는 가수정미방식의 경우에는 균열 및 백화현상의 발생 등의 문제가 발생되었으며, 수세 및 건조조건에 따라 품질에 큰 차이를 나타낼 수 있으나 아직까지 적정 조건에 관한 신뢰할만한 연구결과는 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 클린라이스의 품질, 식미 및 저장특성을 확인하기 위하여 RPC에 설치되어 있는 건식, 반건식 및 가수정미방식의 클린라이스 제조시스템에서 시료를 제조한 다음, 저장하면서 품질 및 식미를 측정하였다.

가. 실험방법

(1) 시료제조

건식과 반건식은 백도 41, 43수준으로, 가수정미방식은 백도 41 및 43수준으로 건식으로 제조된 원료를 사용하여 제조하였으며, 총 시료는 6점이었다. 시료는 2009년 2월 9일부터 10일까지 2일간에 걸쳐 경북 김천 건양RPC에서 제조하였으며, 시료제조중 외기의 평균 온습도는 11.3℃, 59.0%RH, 가공실내부의 평균 온습도는 12.6℃, 54.8%RH 수준으로 외기에 의해 클린라이스의 품질에 영향이 비교적 적을 수 있는 용이한 조건으로 판단되었다.

시료제조에 사용된 원료는 새추청이었으며, 건식(카피카, 2마찰 1건식연미, 처리능력 2ton/hr, Yamamoto, Japan)은 one pass형 정미시스템 1, 2단 및 건식은 백도 41 및 43수준에서 작동전류가 각각 19.5-81.5-29A, 21-115-20A수준이었으며, 반건식(NCP, 1연삭 1마찰 1습식연미, 처리능력 5ton/hr, Satake Cor., Japan)에서 습식연미 가수량은 0.3L/min, 각 단의 작동전류는 백도 41 및 43수준에서 80-140-100A, 90-160-130A수준이었다. 한편, 가수정미방식(SJR, 처리능력 1.2ton/hr, Satake Cor., Japan)은 건식에서 제조된 시료를 3번 가수(4.0, 0.48, 0.86L/min)하여 총 5.34L/min를 가수하여 제조하였으며, 백도 40 및 43수준에서 작동전류는 21-115-20-56A, 50-20-25-56A수준이었다.

시료제조에 사용된 반건식, 건식 및 가수정미방식 클린라이스 제조시스템은 앞의 그림 3-2-50과 같았다.

(2) 실험방법

건양RPC에서 제조된 6가지 시료를 연구원으로 이송한 후, 1회에 필요한 시료량을 계산하여 RPC에서 사용중인 포장재(PE, 3kg용)를 이용하여 1포대당 2.6kg씩 포장하여 그림 3-2-55와 같이 10℃, 20℃, 30℃로 설정된 챔버에 저장한 다음, 1주일 간격으로 함수율, 탁도, 백도, 칼라(b값), 건고물량, 지방산가, 총균수 등 품질을 측정하였으며, 2주일 간격으로 관능검사를 실시하여 식미를 측정하였다. 총 저장기간은 일반적인 상미기간을 고려하여 12주로 하였다. 지방산가, 총균수 및 밥의 관능적 특성은 다음과 같이 김 등(2005, 2006), 김 등(2000) 등의 방법을 이용하여 측정하였다.



그림 3-2-55. 10, 20, 30℃ 챔버에 저장된 시료

지방산가(ml KOH/100g dry-matter)는 현미와 백미 40g이상을 분쇄기로 분말을 만들어 10g을 원통 여지에 담은 후 탈지면으로 가볍게 충전하고, soxhlet추출 장치에서 용매 pet. ether를 이용하여 흡입(siphoning) 속도(3분당 1회)와 끓는점 범위(30~60℃)를 맞추어 16시간 동안 추출하고, 추출된 용액은 회전감압농축기를 이용하여 지방성분만을 취한 후 0.02%BAP(Benzene Alcohol Phenolphthalein) 용액 50ml로 재용해시킨 후 표준색인 분홍색이 될 때까지 KOH(0.0178N)로 적정하였으며, 얻어진 결과를 이용하여 식(3-2-15)에 의해 지방산가로 환산하여, 3회 반복 측정하여 평균값을 사용하였다.

$$F.A = \frac{(T-B) \times 10}{100 - W} \times 100 \dots\dots\dots (3-2-15)$$

여기서, F.A : 지방산가(ml KOH/100g)

T : 시료 적정에 소요된 KOH량

B : 공시험 적정에 소요된 KOH량

총균수(CFU/g)는 시료 10g을 멸균팩(WHIRL-PAK, NASCO., U.S.A)에 취한 후, 멸균된 0.85% 멸균생리식염수를 넣어 10배 희석한 후, 스토마커(Stomacher Power Mixer, 덕산중합과학, Korea)로 균질화하고, 현탁액 1ml를 무균적으로 취하여 0.85%의 생리식염수로 단계별로 희석한 후 1ml를 취하여 PetrifilmTM aerobic mesophilic bacteria count(PCA, 3M, U.S.A)에 각각 분주하여 37℃에서 48시간 배양한 후, 집락수 30~300개인 평판을 택하여 계수하고 colony forming unit(CFU)/g로 표기하였다.

밥의 관능적 특성은 밥의 관능적 품질평가에 대한 훈련을 받은 25명의 패널로 실시하였다. 먼저, 백미 1000g을 백미 수분함량을 기준으로 하여 1.45배의 가수하여 30분간 침지한 뒤 전기밥솥(Samsung 850J, Korea)에서 취반하였으며, 취반 후, 보온상태에서 15분간 뜸을 들였다. 취반된 밥을 내솥으로부터 옆면 1cm, 바닥 1cm를 제외한 가운데 부분의 밥만을 bowl(지름×높이, 23cm×12cm)에 옮겨 담은 후, 밥알이 손상되지 않도록 주의하여 커다란 포크로 5회 밥을 혼합한 후 5분 냉각시켰고, 이러한 혼합 및 냉각을 3회 반복한 후 흰색의 사기그릇(지름×높이, 8.5cm×5cm)에 ice cream scoop을 사용하여 약 50g 정도의 밥을 담아서 뚜껑을 닫은 후 제시하였다. 관능검사 시 밥의 온도는 $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ 정도가 되도록 한 후 실온에서 시료를 제공하였으며, 검사물에 대한 편견을 없애기 위해 무작위 세 자리 숫자로 표기된 시료 1점씩 제시하였으며, 시료의 제시순서는 무작위로 하여 위치오류와 대조효과에 의한 오차를 최소화하였다. 관능적 품질 특성항목으로는 외관, 냄새, 맛, 조직감 및 전반적인 품질을 평가하였으며, 평가방법은 9점 항목척도(1=대단히 낮음, 5=보통정도, 9= 대단히 높음)를 사용하였다.

통계처리는 시료 간 차이검증은 Statistical Analysis System(SAS,1990)을 이용하여 분산분석을 하였으며, 시료 간 차이가 있는 특성의 경우 SNK(Student Newman Keul's) 다중비교를 수행하여 각 시료의 평균값을 비교하였다.

저장실험을 실시한 12주간 10, 20, 30℃로 설정한 챔버내 온습도변화는 다음 그림 3-2-56과 같았다.

표 3-2-17. 클린라이스 저장중 평균 온습도

저장온도조건	온도(℃)	습도(%RH)
10℃	11.26±0.98	46.12±3.81
20℃	18.89±0.83	51.38±4.60
30℃	28.70±0.42	29.37±9.13

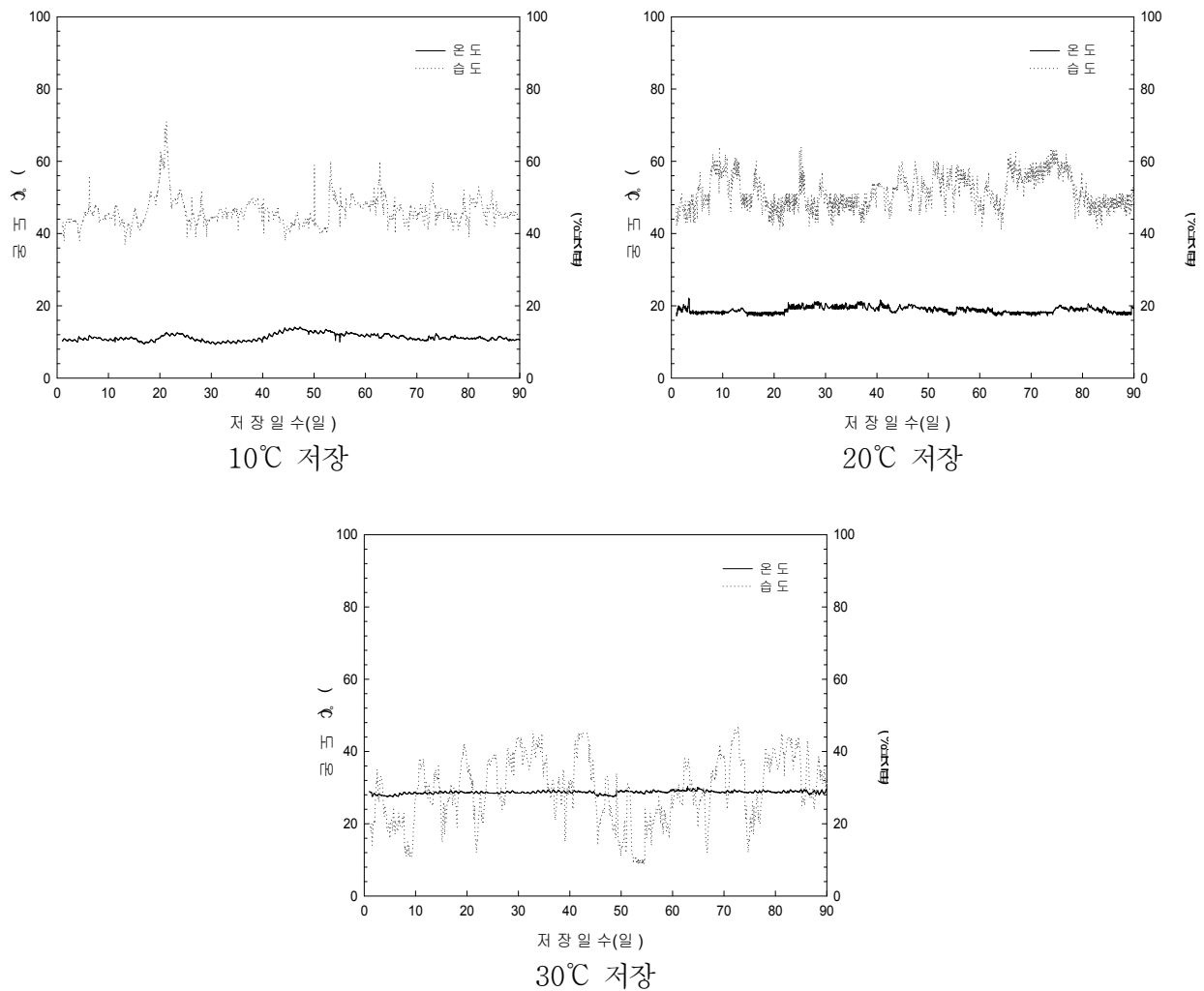


그림 3-2-56. 클린라이스 저장중 온습도 변화

나. 결과 및 고찰

(1) 제조시료의 품질특성

건식, 반건식 및 가수정미방식으로 제조된 시료의 초기 품질 특성은 표 3-2-18, 그림 3-2-57와 같았다.

표에서 알 수 있듯이 6가지 실험구에서 함수율은 15.0~15.6%로 우리나라의 쌀 품위규격기준을 만족하였다. 탁도는 6가지 실험구에서 4.9~18.1NTU를 나타내어 日本精米工業会の 탁도기준인 40ppm(18.9NTU)을 만족하였으며, 가수정미방식으로 제조된 2가지 실험구는 日本全國無洗米協會의 탁도기준인 28ppm(12.6NTU)을 만족하였다. 건고물량도 6가지 실험구에서 日本精米工業会の 0.9g/100g을 만족하여 전체적으로 日本精米工業会の 품질기준을 만족하였다.

한편, 6가지 실험구에서 건식에서 백도 40.2로 제조된 시료를 이용하여 가수정미한 가수정미 백도 45.8 실험구의 경우 호분층의 제거가 완전하지 않았으며, 건식에서 백도 43.3으로 제조된 시료를 이용하여 가수정미한 가수정미 백도 48.4실험구의 경우 배유층은 완전하게 제거되었으며, 전분 알갱이 구조를 선명하게

확인할 수 있었다. 한편, 2가지 가수정미실험구에서는 표면에 균열이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

표 3-2-18. 저장실험에 사용된 클린라이스의 품질특성

제조 방식	실험구	함수율 (%)	백도	칼라 (b값)	지방산가(ml KOH/100g- drymatter)	탁도		건고물량 (g/100g)	총균수 (CFU/g)
						NTU	ppm		
건식 연미방식	건식 40.2	15.3	40.2	11.52	2.63	18.1	38.3	0.67	3.0×10^4
	건식 43.3	15.1	43.3	10.59	0.94	13.6	29.8	0.58	7.3×10^3
반건식 연미방식	반건식 41.0	15.1	41.0	11.37	1.72	14.6	31.8	0.67	4.2×10^4
	반건식 43.0	14.9	43.0	11.27	1.17	14.3	31.2	0.65	1.6×10^4
가수 정미방식	가수정미 45.8	15.7	45.8	10.48	3.19	5.9	15.3	0.35	2.4×10^4
	가수정미 48.4	15.7	48.4	10.38	1.46	4.9	13.3	0.29	4.6×10^3

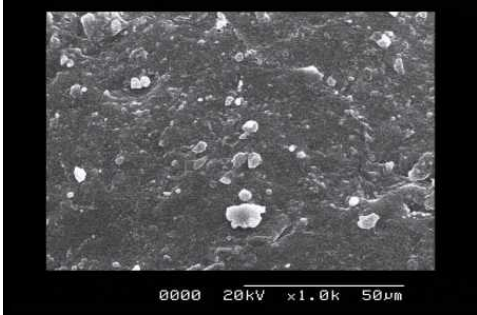
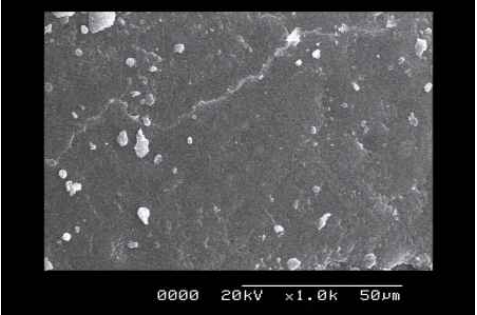
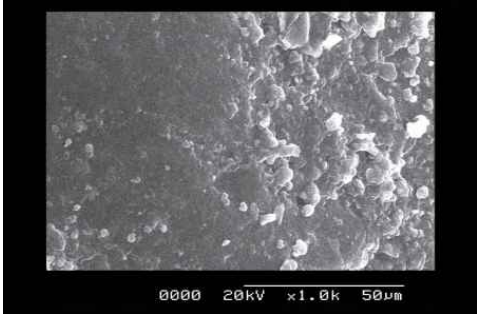


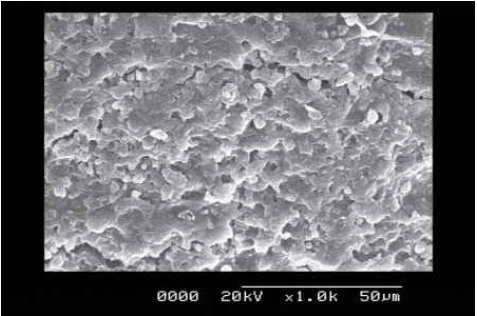
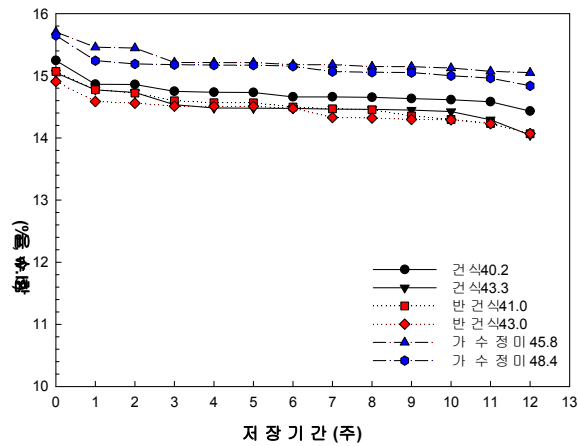
건식연미 방식		
반건식연미 방식		
가수정미 방식		

그림 3-2-57. 저장실험에 사용한 클린라이스의 표면 SEM검경(×1,000)

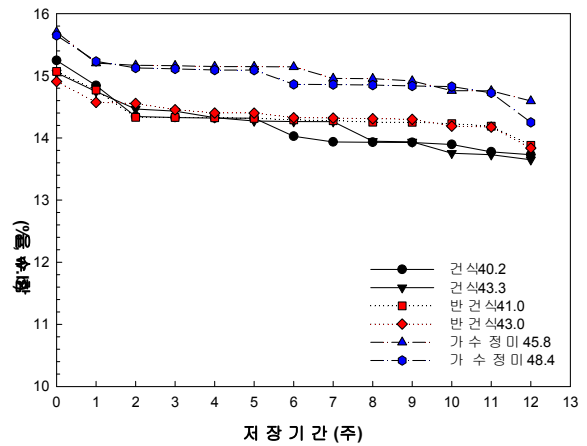
(2) 저장중 함수율변화

6가지 시료를 온도조건 10℃, 20℃, 30℃에서 12주간 저장하여 함수율 변화를 관찰한 결과는 그림 3-2-58과 같았다.

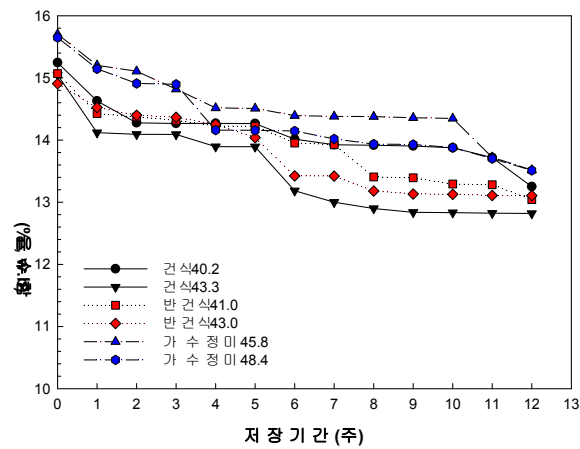
그림에서 알 수 있듯이 저장기간이 증가할수록 함수율이 다소 감소하는 경향을 나타내었으며, 함수율의 저하는 본 실험에 사용한 PE계통의 포장재를 통한 건조가 주원인으로 저장 12주 후에 10℃, 20℃ 및 30℃에 저장한 실험구의 함수율이 각각 0.7~1.0%, 1.1~1.6%, 1.8~2.3%씩 감소하여 저장온도가 클수록 함수율의 감소폭이 크게 나타났다.



(저장온도 10°C)



(저장온도 20°C)



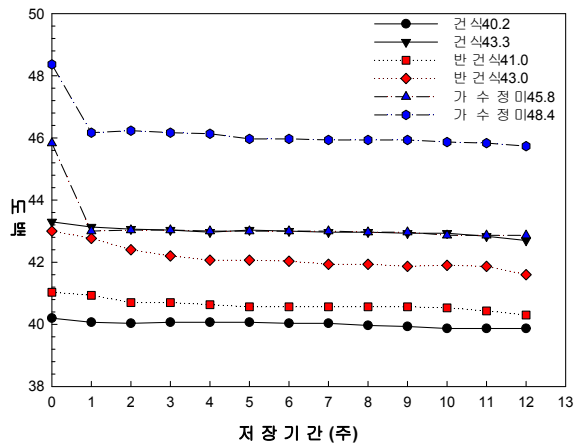
(저장온도 30°C)

그림 3-2-58. 저장온도 10°C, 20°C, 30°C에서 저장기간별 클린라이스의 함수율 변화

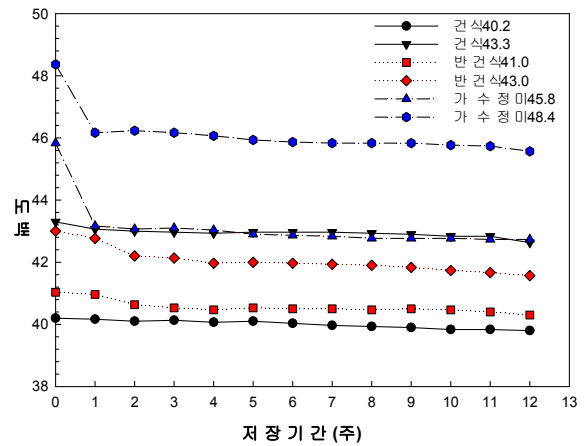
(3) 저장중 칼라변화

그림 3-2-59는 6가지로 제조된 시료를 온도조건 10°C, 20°C, 30°C에서 12주간 저장하였을 때의 백도변화를 나타낸 것이다.

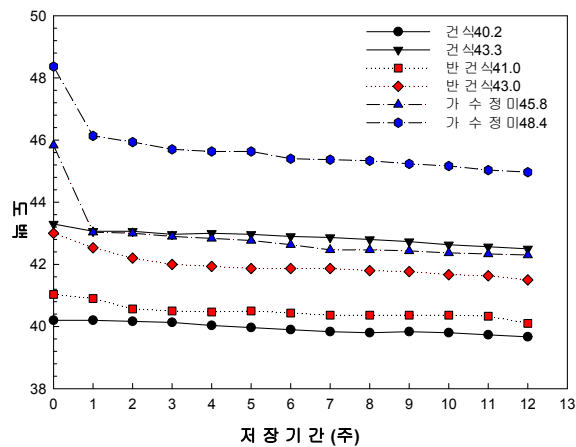
그림에서 알 수 있듯이 건식 실험구의 경우에는 저장기간에 따라 백도변화가 거의 없었고, 반건식의 경우에는 다소 변화가 있었으나 가수정미방식의 경우 저장기간에 따라 백도변화가 비교적 크게 나타났으며, 특히 저장 1주후에 백도변화가 크게 발생하였다. 주요 원인은 제조 초기 표면에 주로 위치하였던 수분이 단립내부로 확산(擴散, diffusion)되거나, 외부로 건조되어 단립 표면의 수분저하에 따른 현상과, 표면 건조로 인해 잔류미강이나 전분가루가 탈락되어 소위 백화현상이 다소 완화되는 것 등이 주요 원인일 것으로 판단되었다.



(저장온도 10°C)



(저장온도 20°C)

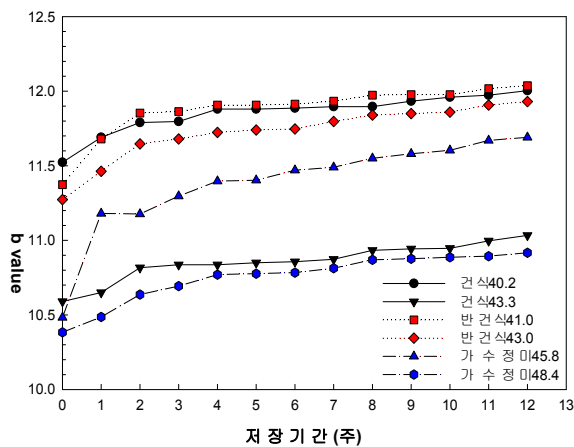


(저장온도 30°C)

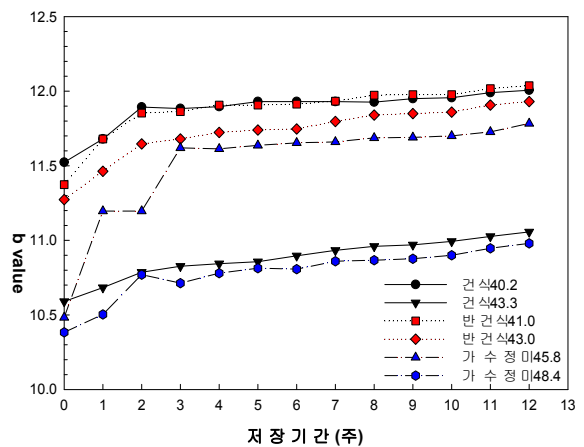
그림 3-2-59. 저장온도 10°C, 20°C, 30°C에서 저장기간별 클린라이스의 백도 변화

그림 3-2-60은 6가지로 제조된 시료를 온도조건 10°C, 20°C, 30°C에서 12주간 저장하였을 때의 칼라 b값의 변화를 나타낸 것이다.

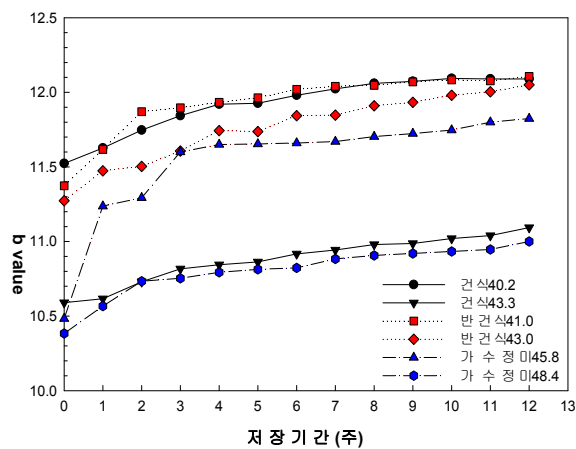
그림에서 알 수 있듯이 저장온도 10°C, 20°C 및 30°C에서 12주후에 b값은 초기값에 비해 각각 0.48~1.21, 0.47~1.30, 0.50~1.34가 증가하여 저장온도가 높을수록 저장기간에 따라 b값이 높게 나타났다. 또한, 모든 실험구에서 저장후 2~3주까지의 b값의 상승폭이 대단히 크게 나타났으며, 특히 가수정미 백도 45.8실험구에서 증가폭이 현저하였다. 통상 b값이 상승하는 것은 백도가 감소하는 원인과 유사하나, 이 외에도 지방산패에 의한 원인도 있는 것으로 판단되었다.



(저장온도 10°C)



(저장온도 20°C)



(저장온도 30°C)

그림 3-2-60. 저장온도 10°C, 20°C, 30°C에서 저장기간별 클린라이스의 칼라(b값) 변화

(4) 저장중 지방산가 변화

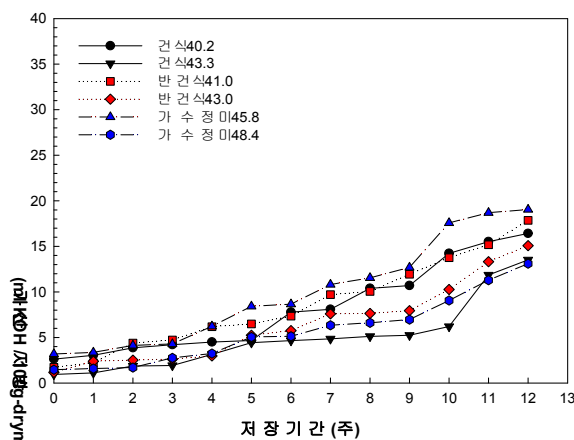
쌀에는 oleic acid와 linolenic acid가 주지방산인 중성지질로 구성된 약 1%정도의 지방질이 있다 (Juliano, 1985). 쌀의 저장중에 지방이 공기중 산소와 결합하여 쉽게 가수분해나 자동산화를 일으켜 hexanal이나 pentanal 등 알데하이드나 케톤 물질이 증가하면서 고미취를 생성하게 되고, 밥의 찰기와 식미에도 나쁜 영향을 미치게 된다. 가수분해는 지방질의 에스테르 결합에 작용하여 유리지방산을 생성하게 하는데 여기에는 lipase, lipoxidase 등의 여러 가지 효소들이 관여하고 있는 것으로 알려져 있으며, 특히 곡물의 온도와 함수율이 높을 경우 대단히 빨리 진행된다(Sauer, 1992).

일반적으로 지방산화의 지표인 지방산가는 곡물의 안전저장의 여부를 판단하는 중요한 기준 가운데 하나로 사용되는데, 벼 또는 현미의 저장시 지방산가에 의한 안전저장한계는 20ml KOH/100g-dry matter로 알려져 있다(農林省 食糧研究所, 1969). 쌀에 대해서는 지방산가의 한계가 명확하게 규정되어 있지 않으나 일반적으로 벼 또는 현미의 기준을 준용해서 사용하고 있다.

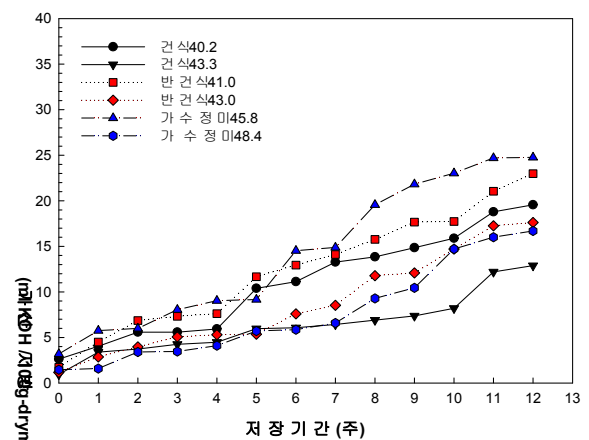
다음 그림 3-2-61은 온도조건 10℃, 20℃, 30℃에서 12주간 저장할 때 지방산가 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 저장기간이 길어질수록 지방산가는 증가하는 추세였으며, 특히 저장온도가 높을수록 지방산가는 증가하였다.

쌀의 안전저장한계를 지방산가 20ml KOH/100g-dry matter로 설정할 때, 저장온도 10℃에서는 모든 실험구에서 지방산가가 저장기간 12주내에 안전저장한계 이내였으나, 저장온도 20℃에서는 가수정미 45.8실험구가 8주, 반건식 41.0실험구가 11주만에 안전저장한계를 넘었다. 한편, 저장온도 30℃에서는 저장 4주만에 가수정미 45.8실험구가, 저장 7주만에 건식 40.2실험구 및 반건식 41.0실험구가, 저장 10주만에 가수정미 48.4실험구 및 반건식 43.0실험구가 안전저장한계를 넘었으며, 건식 43.3실험구는 저장 12주에도 안전저장한계 이내를 나타내었다.

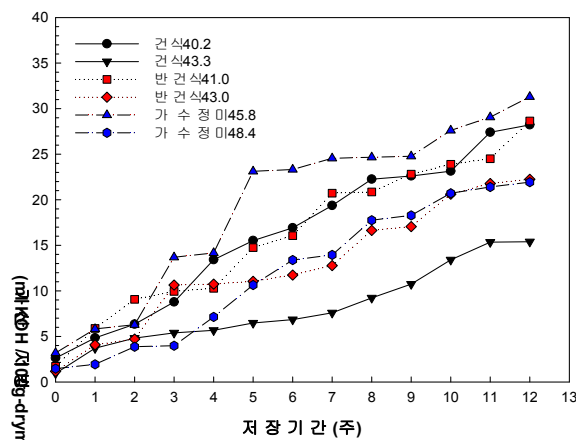
이상의 결과에서 통상 쌀에서 지방산가의 증가는 도정도와 곡은 및 함수율에 영향을 받는 점을 감안할 때, 물을 사용하는 가수정미방식이나 반건식방법으로 제조된 클린라이스가 물을 사용하지 않는 동일 도정도(백도)의 건식에 비해 안전저장기간이 짧았으며, 동일 클린라이스 제조방식에서는 도정도가 큰 클린라이스의 안전저장기간이 상대적으로 길었다.



(저장온도 10℃)



(저장온도 20℃)



(저장온도 30℃)

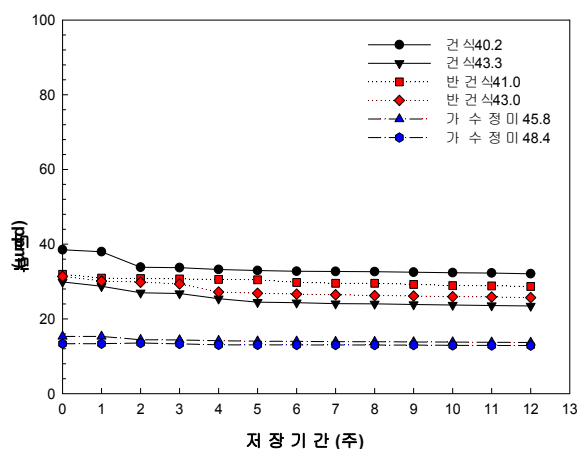
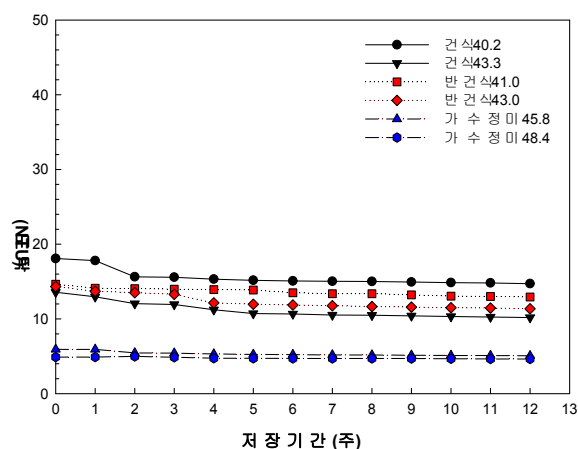
그림 3-2-61. 저장온도 10℃, 20℃ 및 30℃에서 저장기간별 클린라이스의 지방산가 변화

(5) 저장중 탁도 및 건고물량 변화

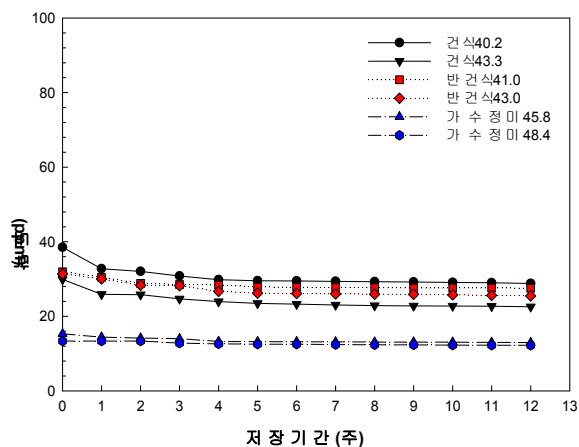
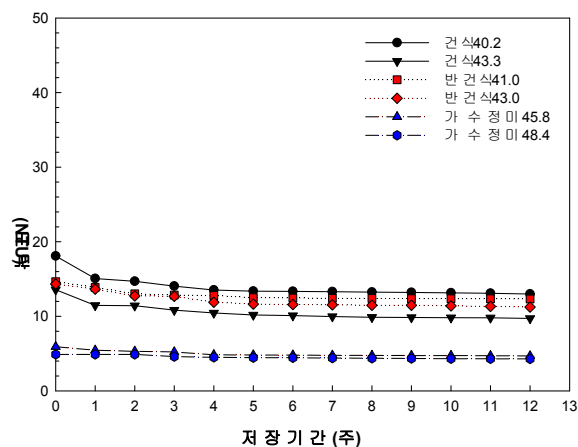
그림 3-2-62와 그림 3-2-63은 6가지로 제조된 클린라이스를 온도조건 10℃, 20℃, 30℃에서 12주간 저장할 때의 탁도 및 건고물량의 변화를 나타낸 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 호분층이나 전분알갱이 사이의 잔류미강 및/또는 전분가루가 제거된 가수정미 방식의 경우 저장기간에 따라서도 탁도는 거의 변화가 없는 반면, 건식 및 반건식 실험구의 경우 저장기간에 따라 탁도가 다소 감소하는 추세를 나타내었으며, 저장온도가 10, 20, 30℃로 높아질수록 탁도 감소폭이 크게 나타났다. 이는 저장온도가 높을수록 저장기간이 길어질수록 표면 건조로 인해 더 많은 잔류미강 및 전분가루가 탈락되기 때문으로 판단되었다.

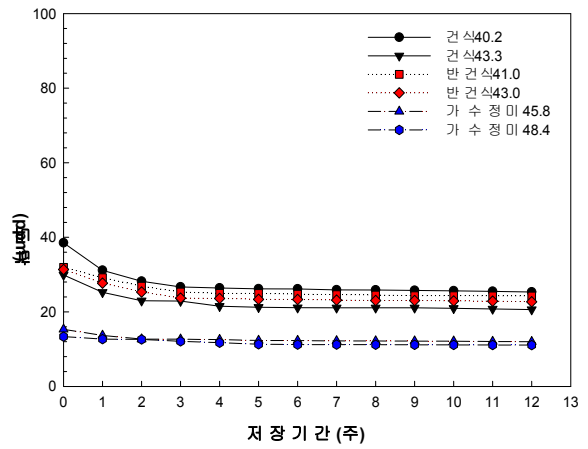
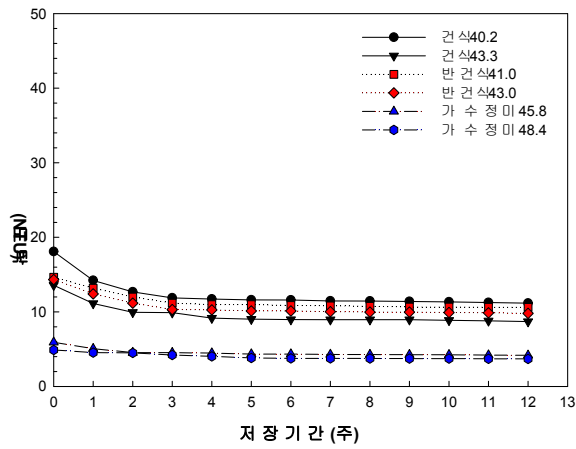
한편, 건고물량은 모든 실험구에서 저장기간에 따라 감소하는 경향을 나타내었으며, 저장온도가 높을수록 감소하는 폭이 크게 나타났다. 저장기간에 따라 거의 탁도변화가 없었던 가수정미방식에서도 건고물량이 감소하는 것은 탁도에 영향을 미치지 않는 입자형태 가루의 탈락에 의한 것으로 판단되었다.



(저장온도 10℃)

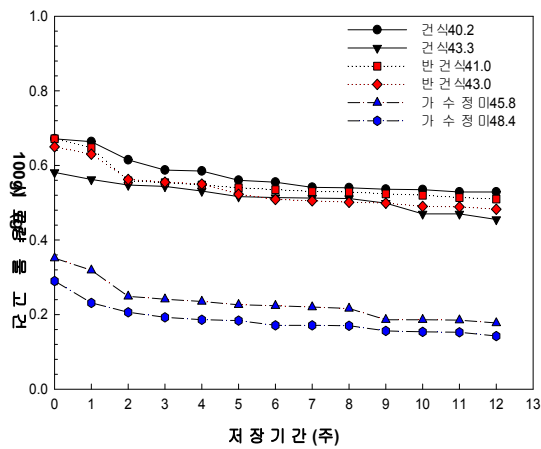


(저장온도 20℃)

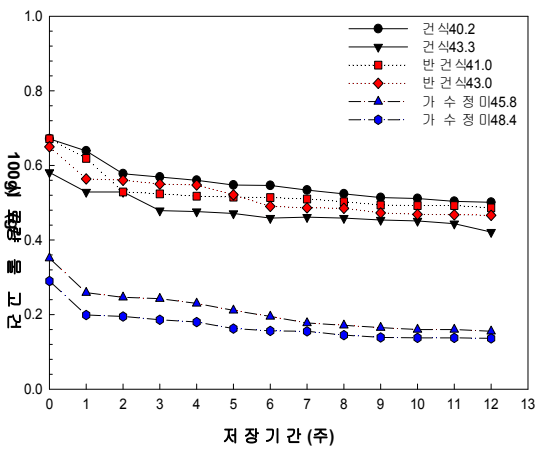


(저장온도 30°C)

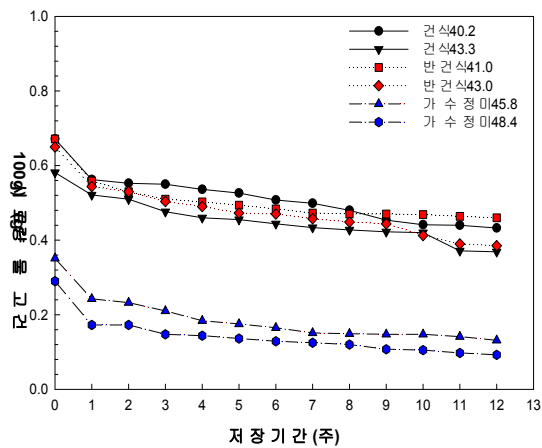
그림 3-2-62. 저장온도 10°C, 20°C 및 30°C에서 저장기간별 클린라이스의 탁도 변화



(저장온도 10°C)



(저장온도 20°C)



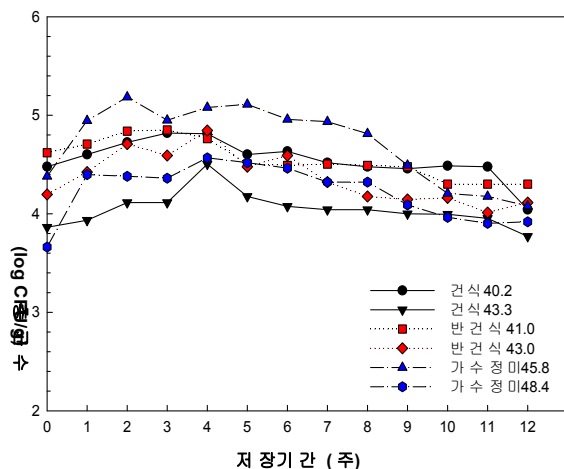
(저장온도 30°C)

그림 3-2-63. 저장온도 10°C, 20°C 및 30°C에서 저장기간별 클린라이스의 건고물량 변화

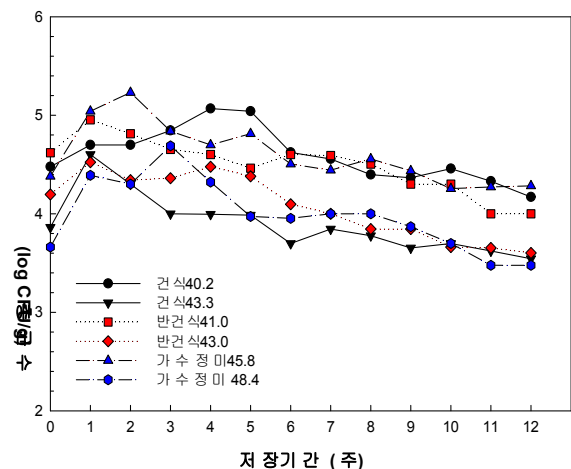
(6) 저장중 총균수 변화

온도조건 10℃, 20℃, 30℃에서 12주간 저장하여 총균수 변화를 관찰한 결과는 그림 3-2-64와 같았다. 그림에서 알 수 있듯이 가수정미방식, 반건식 및 건식실험구에서 저장 1~3주 사이에 최대치를 보이다가 감소하는 경향을 나타내었다. 12주간 저장시 10℃와 20℃에 저장한 실험구는 $\times 10^3 \sim \times 10^4$ CFU/g으로 나타나 저장 초기 $\times 10^3 \sim \times 10^4$ CFU/g과 비교하였을 때 변화가 미미하였지만, 30℃에 저장한 실험구는 $\times 10^2 \sim \times 10^3$ CFU/g으로 나타나 저장 초기 $\times 10^3 \sim \times 10^4$ CFU/g과 비교하였을 때 큰 폭으로 감소하였다. 이처럼 30℃에 저장하였을 때 총균수가 급격히 감소한 것은 쌀의 건조속도가 빨라 낮은 함수율을 유지하여 미생물이 생육하기에 열악한 환경을 만들었기 때문으로 판단되었다.

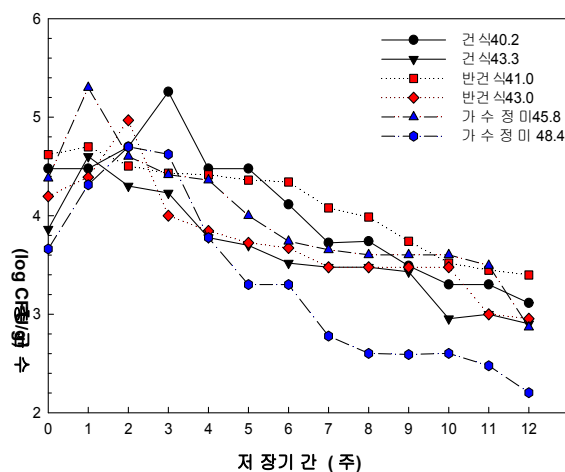
한편 제조조건별로 총균수는 저장 0주에 반건식41.0실험구가 4.2×10^4 CFU/g으로 가장 많았고, 가수정미48.4실험구가 4.6×10^3 CFU/g로 가장 적게 나타났다. 또한 저장 12주 후의 총균수는 반건식41.0을 10℃에서 저장한 실험구가 2.0×10^4 CFU/g으로 가장 많았고, 가수정미48.4를 30℃에 저장한 실험구가 1.6×10^2 CFU/g으로 가장 적은 총균수를 보였다.



(저장온도 10℃)



(저장온도 20℃)



(저장온도 30℃)

그림 3-2-64. 저장온도 10℃, 20℃ 및 30℃에서 저장기간별 클린라이스의 총균수 변화

(7) 저장중 밥의 관능적 특성변화

다음 표 3-2-19, 3-2-20은 6가지 시료를 온도조건 10℃, 20℃, 30℃에서 12주간 저장하면서 밥의 관능특성 중 전반적인 품질 변화를 나타낸 것이다.

표에서 알 수 있듯이 전반적인 밥의 품질은 초기는 물론 저장기간에 따라서도 제조조건에 따라 $p=0.001$ 수준에서 유의적인 차이를 나타내었으며, 건식 43.3실험구 및 반건식 43.0실험구가 가장 높은 전반적인 품질을 나타내었다. 그 다음은 반건식 41.0실험구, 건식 40.2실험구 및 가수정미 48.4실험구이었으며, 가장 낮은 품질을 나타낸 것은 가수정미 45.8실험구 이었다. 밥의 전반적인 품질은 클린라이스 제조방식보다는 도정도(초기백도)와 밀접한 관계를 나타내고 있었다.

한편, 각 클린라이스 제조방식별로 저장온도와 저장기간에 따라 전반적인 밥의 품질에서 유의적인 차이가 없는 실험구는 건식 40.2의 10℃ 및 20℃저장구, 건식 43.3의 10℃실험구 등 3실험구에 불과하였으며 각각 $p=0.05$, $p=0.01$, $p=0.001$ 수준에서 저장기간에 따라 밥의 전반적 품질에서 유의적인 차이를 나타내었으며, 저장온도가 높을수록 그 차이가 더욱 크게 나타났다.

다음 표 3-2-21은 각 제조방식별로 바로 제조한 클린라이스로 취반한 밥의 냄새, 외관, 맛 및 조직감의 품질을 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 밥의 냄새, 외관, 맛 및 조직감의 품질도 밥의 전반적인 품질과 마찬가지로 클린라이스 제조조건별에 따라 $p=0.001$ 수준에서 유의적인 차이를 나타내었다.

한편, 다음 표 3-2-22~3-2-29는 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성중 밥의 냄새, 외관, 맛 및 조직감의 품질을 각각 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯이 저장기간에 따라 클린라이스 제조조건별로 가장 큰 차이를 나타내는 것은 조직감의 품질이었으며, 맛과 냄새의 품질도 비교적 큰 차이를 나타내었으며, 클린라이스 제조시 물을 많이 사용할수록, 저장온도가 높을수록 그 차이가 더욱 크게 나타났다.

이상의 결과와 저장기간에 따른 지방산가의 변화에서도 알 수 있듯이 클린라이스 제조과정에서 물을 사용하는 클린라이스로 취반한 밥의 식미 및 안전저장기간은 클린라이스 제조방식보다는 도정도와 밀접한 관계를 나타내었으며, 물을 적게 사용할수록 안전저장기간이 증가하는 것을 알 수 있었다.

표 3-2-19. 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성 중 전반적인 품질(1)

제조 방식	백도 조건	온도	전반적인 품질						
			초기***	2주***	4주***	6주***	8주***	10주***	12주***
건식	40.2	10℃	6.8 ^b	6.7 ^{abc}	6.7 ^{abc}	6.4 ^{ab}	6.5 ^{ab}	6.6 ^a	6.6 ^a
		20℃	6.8 ^b	6.6 ^{abc}	6.4 ^{abcd}	6.4 ^{ab}	6.2 ^{abc}	6.3 ^{ab}	6.4 ^{ab}
		30℃	6.8 ^b	6.5 ^{abc}	6.2 ^{bcd}	6.2 ^{ab}	6.2 ^{abc}	6.1 ^{ab}	6.1 ^{ab}
	43.3	10℃	7.3 ^a	7.0 ^{ab}	6.7 ^{abc}	6.7 ^a	6.8 ^a	6.8 ^a	6.8 ^a
		20℃	7.3 ^a	6.9 ^{ab}	6.6 ^{abcd}	6.6 ^a	6.6 ^a	6.7 ^a	6.6 ^a
		30℃	7.3 ^a	6.7 ^{abc}	6.5 ^{abcd}	6.5 ^{ab}	6.5 ^{ab}	6.5 ^a	6.4 ^{ab}
반건식	41.0	10℃	6.8 ^b	6.7 ^{abc}	6.4 ^{abcd}	6.1 ^{ab}	6.1 ^{abc}	6.2 ^{ab}	6.1 ^{ab}
		20℃	6.8 ^b	6.7 ^{abc}	6.2 ^{bcd}	6.1 ^{ab}	6.2 ^{abc}	6.2 ^{ab}	6.3 ^{ab}
		30℃	6.8 ^b	6.7 ^{abc}	6.4 ^{abcd}	6.2 ^{ab}	5.7 ^c	5.7 ^b	5.7 ^b
	43.0	10℃	7.3 ^a	7.0 ^{ab}	6.9 ^a	6.8 ^a	6.7 ^a	6.6 ^a	6.8 ^a
		20℃	7.3 ^a	7.1 ^a	6.8 ^{ab}	6.7 ^a	6.5 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.4 ^{ab}
		30℃	7.3 ^a	6.9 ^{ab}	6.6 ^{abcd}	6.4 ^{ab}	6.2 ^{abc}	6.2 ^{ab}	6.1 ^{ab}
가수 정미	45.8	10℃	6.3 ^c	5.2 ^d	5.1 ^e	5.2 ^c	5.2 ^d	5.0 ^c	5.0 ^c
		20℃	6.3 ^c	5.2 ^d	5.1 ^e	5.0 ^c	5.0 ^d	5.1 ^c	5.0 ^c
		30℃	6.3 ^c	5.0 ^d	4.9 ^e	4.9 ^c	4.7 ^d	4.6 ^c	4.5 ^c
	48.4	10℃	6.7 ^b	6.4 ^{bc}	6.1 ^{cd}	6.0 ^{ab}	6.1 ^{abc}	6.2 ^{ab}	6.1 ^{ab}
		20℃	6.7 ^b	6.3 ^{bc}	6.4 ^{abcd}	6.2 ^{ab}	6.2 ^{abc}	6.2 ^{ab}	6.1 ^{ab}
		30℃	6.7 ^b	6.2 ^c	6.0 ^d	5.9 ^b	5.8 ^{bc}	5.7 ^b	5.7 ^b

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임
 *, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-2-20. 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성 중 전반적인 품질(2)

제조 방식	백도 조건	온도	전반적인 품질						
			초기	2주	4주	6주	8주	10주	12주
건식	40.2	10℃	6.8	6.7	6.7	6.4	6.5	6.6	6.6
		20℃	6.8	6.6	6.4	6.4	6.2	6.3	6.4
		30℃*	6.8 ^a	6.5 ^{ab}	6.2 ^b	6.2 ^b	6.2 ^b	6.1 ^b	6.1 ^b
	43.3	10℃	7.3	7.0	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8
		20℃**	7.3 ^a	6.9 ^b	6.6 ^b	6.6 ^b	6.6 ^b	6.7 ^b	6.6 ^b
		30℃***	7.3 ^a	6.7 ^b	6.5 ^b	6.5 ^b	6.5 ^b	6.5 ^b	6.4 ^b
반건식	41.0	10℃**	6.8 ^a	6.7 ^a	6.4 ^{ab}	6.1 ^b	6.1 ^b	6.2 ^b	6.1 ^b
		20℃**	6.8 ^a	6.7 ^{ab}	6.2 ^b	6.1 ^b	6.2 ^b	6.2 ^b	6.3 ^b
		30℃***	6.8 ^a	6.7 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.2 ^{bc}	5.7 ^c	5.7 ^c	5.7 ^c
	43.0	10℃**	7.3 ^a	7.0 ^{ab}	6.9 ^b	6.8 ^b	6.7 ^b	6.6 ^b	6.8 ^b
		20℃***	7.3 ^a	7.1 ^a	6.8 ^{bc}	6.7 ^{bc}	6.5 ^c	6.4 ^c	6.4 ^c
		30℃***	7.3 ^a	6.9 ^{ab}	6.6 ^{bc}	6.4 ^c	6.2 ^c	6.2 ^c	6.1 ^c
가수 정미	45.8	10℃*	6.3 ^a	5.2 ^b	5.1 ^b	5.2 ^b	5.2 ^b	5.0 ^b	5.0 ^b
		20℃***	6.3 ^a	5.2 ^b	5.1 ^b	5.0 ^b	5.0 ^b	5.1 ^b	5.0 ^b
		30℃***	6.3 ^a	5.0 ^b	4.9 ^b	4.9 ^b	4.7 ^b	4.6 ^b	4.5 ^b
	48.4	10℃***	6.7 ^a	6.4 ^{ab}	6.1 ^b	6.0 ^b	6.1 ^b	6.2 ^b	6.1 ^b
		20℃*	6.7 ^a	6.3 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.1 ^b
		30℃***	6.7 ^a	6.2 ^b	6.0 ^b	5.9 ^b	5.8 ^b	5.7 ^b	5.7 ^b

abc row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-2-21. 바로 제조된 클린라이스의 품질

제조방식	백도조건	초기품질				
		냄새의품질 ***	외관의 품질 ***	맛의품질 ***	조식감의품질 ***	전반적인품질 ***
건식	40.0	7.0 ^b	7.1 ^{bc}	6.8 ^b	6.7 ^c	6.8 ^b
	43.3	7.8 ^a	7.8 ^a	7.3 ^a	7.2 ^{ab}	7.3 ^a
반건식	41.0	7.1 ^b	6.8 ^c	6.7 ^b	6.8 ^{bc}	6.8 ^b
	43.0	7.8 ^a	7.5 ^{ab}	7.4 ^a	7.4 ^a	7.3 ^a
가수정미	45.8	6.9 ^b	6.0 ^d	6.6 ^b	6.6 ^c	6.3 ^c
	48.4	7.3 ^{ab}	6.8 ^c	7.0 ^{ab}	6.8 ^{bc}	6.7 ^b

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-2-22. 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성 중 냄새의 품질(1)

제조 방식	백도 조건	온도	냄새의 품질						
			초기***	2주***	4주***	6주***	8주***	10주***	12주***
건식	40.2	10℃	7.0 ^b	7.1 ^a	7.1 ^a	7.2 ^a	7.2 ^a	7.1 ^a	7.2 ^{ab}
		20℃	7.0 ^b	6.8 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.8 ^{abcd}	6.8 ^{ab}	6.6 ^{abcd}	6.7 ^{abcd}
		30℃	7.0 ^b	6.7 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.7 ^{abcd}	6.7 ^{ab}	6.6 ^{abcde}	6.7 ^{abcd}
	43.3	10℃	7.8 ^a	7.3 ^a	7.2 ^a	7.3 ^a	7.3 ^a	7.2 ^a	7.2 ^{ab}
		20℃	7.8 ^a	7.3 ^a	7.3 ^a	7.3 ^a	7.4 ^a	7.2 ^a	7.4 ^a
		30℃	7.8 ^a	7.2 ^a	7.2 ^a	7.1 ^a	7.1 ^a	6.8 ^{abc}	7.0 ^{abc}
반건식	41.0	10℃	7.1 ^b	7.2 ^a	7.0 ^a	7.0 ^{abc}	6.9 ^{ab}	6.8 ^{abc}	6.8 ^{abcd}
		20℃	7.1 ^b	7.2 ^a	7.1 ^a	7.0 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.7 ^{abcd}	6.8 ^{abcd}
		30℃	7.1 ^b	7.2 ^a	7.1 ^a	7.1 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.5 ^{bcde}	6.4 ^{bcd}
	43.0	10℃	7.8 ^a	7.3 ^a	7.2 ^a	7.1 ^{ab}	7.1 ^a	7.1 ^a	7.2 ^{ab}
		20℃	7.8 ^a	7.2 ^a	7.3 ^a	7.2 ^a	7.1 ^a	7.0 ^{ab}	7.0 ^{abc}
		30℃	7.8 ^a	7.3 ^a	7.2 ^a	7.2 ^a	6.9 ^{ab}	6.8 ^{abc}	6.7 ^{abcd}
가수 정미	45.8	10℃	6.9 ^b	6.3 ^b	6.2 ^{bc}	6.2 ^{cd}	6.1 ^b	6.2 ^{de}	6.1 ^{de}
		20℃	6.9 ^b	6.3 ^b	6.1 ^c	6.1 ^d	6.0 ^b	6.1 ^{ef}	6.0 ^{de}
		30℃	6.9 ^b	6.3 ^b	6.2 ^{bc}	6.2 ^{bcd}	6.1 ^b	5.7 ^f	5.5 ^e
	48.4	10℃	7.3 ^{ab}	7.1 ^a	7.0 ^a	6.8 ^{abcd}	6.8 ^{ab}	6.7 ^{abc}	6.7 ^{abcd}
		20℃	7.3 ^{ab}	7.0 ^a	6.9 ^a	6.9 ^{abc}	6.9 ^{ab}	6.9 ^{abc}	7.1 ^{abc}
		30℃	7.3 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.5 ^{abcd}	6.6 ^{ab}	6.4 ^{cde}	6.3 ^{cd}

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-2-23. 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성 중 냄새의 품질(2)

제조 방식	백도 조건	온도	냄새의 품질						
			초기	2주	4주	6주	8주	10주	12주
건식	40.2	10℃	7.0	7.1	7.1	7.2	7.2	7.1	7.2
		20℃	7.0	6.8	6.7	6.8	6.8	6.6	6.7
		30℃	7.0	6.7	6.8	6.7	6.7	6.6	6.7
	43.3	10℃	7.8	7.3	7.2	7.3	7.3	7.2	7.2
		20℃	7.8	7.3	7.3	7.3	7.4	7.2	7.4
		30℃**	7.8 ^a	7.2 ^b	7.2 ^b	7.1 ^b	7.1 ^b	6.8 ^b	7.0 ^b
반건식	41.0	10℃	7.1	7.2	7.0	7.0	6.9	6.8	6.8
		20℃	7.1	7.2	7.1	7.0	6.8	6.7	6.8
		30℃**	7.1 ^{ab}	7.2 ^a	7.1 ^{ab}	7.1 ^{ab}	6.7 ^{abc}	6.5 ^{bc}	6.4 ^c
	43.0	10℃*	7.8 ^a	7.3 ^b	7.2 ^b	7.1 ^b	7.1 ^b	7.1 ^b	7.2 ^b
		20℃*	7.8 ^a	7.2 ^{ab}	7.3 ^{ab}	7.2 ^{ab}	7.1 ^b	7.0 ^b	7.0 ^b
		30℃****	7.8 ^a	7.3 ^b	7.2 ^b	7.2 ^b	6.9 ^b	6.8 ^b	6.7 ^b
가수 정미	45.8	10℃	6.9 ^b	6.3 ^b	6.2 ^{bc}	6.2 ^{cd}	6.1 ^b	6.2 ^{de}	6.1 ^{de}
		20℃*	6.9 ^a	6.3 ^{ab}	6.1 ^{ab}	6.1 ^{ab}	6.0 ^{ab}	6.1 ^{ab}	6.0 ^b
		30℃**	6.9 ^a	6.3 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.1 ^{ab}	5.7 ^b	5.5 ^b
	48.4	10℃	7.3	7.1	7.0	6.8	6.8	6.7	6.7
		20℃	7.3	7.0	6.9	6.9	6.9	6.9	7.1
		30℃***	7.3 ^a	6.8 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.5 ^b	6.6 ^b	6.4 ^b	6.3 ^b

abc row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-2-24. 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성 중 외관의 품질(1)

제조 방식	백도 조건	온도	외관의 품질						
			초기***	2주***	4주***	6주***	8주***	10주***	12주***
건식	40.2	10℃	7.1 ^{bc}	7.1 ^{ab}	7.0 ^a	7.0 ^{abc}	7.1 ^{abc}	7.2 ^{abc}	7.3 ^{abc}
		20℃	7.1 ^{bc}	6.7 ^{ab}	6.6 ^{ab}	6.8 ^{abcd}	6.7 ^{abcd}	6.7 ^{bcde}	6.8 ^{abc}
		30℃	7.1 ^{bc}	6.7 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.9 ^{abcd}	6.7 ^{abcd}	6.7 ^{bcde}	6.8 ^{abc}
	43.3	10℃	7.8 ^a	7.3 ^a	7.3 ^a	7.3 ^a	7.3 ^a	7.4 ^a	7.3 ^{ab}
		20℃	7.8 ^a	7.3 ^a	7.2 ^a	7.3 ^{ab}	7.3 ^a	7.4 ^{ab}	7.4 ^a
		30℃	7.8 ^a	7.2 ^a	7.2 ^a	7.1 ^{abc}	7.1 ^{abc}	7.1 ^{abcd}	7.0 ^{abc}
반건식	41.0	10℃	6.8 ^c	6.8 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.6 ^{abcd}	6.6 ^{abcd}	6.7 ^{bcde}	6.6 ^{bcd}
		20℃	6.8 ^c	6.8 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.6 ^{abcd}	6.7 ^{abcd}	6.8 ^{abcde}	6.8 ^{abc}
		30℃	6.8 ^c	6.7 ^{ab}	6.5 ^{ab}	6.5 ^{bcd}	6.5 ^{bcd}	6.4 ^{de}	6.5 ^{cd}
	43.0	10℃	7.5 ^{ab}	7.3 ^a	7.2 ^a	7.2 ^{ab}	7.2 ^{ab}	7.2 ^{abc}	7.3 ^{ab}
		20℃	7.5 ^{ab}	7.2 ^a	7.2 ^a	7.2 ^{ab}	7.3 ^a	7.2 ^{abc}	7.0 ^{abc}
		30℃	7.5 ^{ab}	6.8 ^{ab}	6.9 ^{ab}	6.9 ^{abcd}	7.0 ^{abc}	6.9 ^{abcde}	6.8 ^{abc}
가수 정미	45.8	10℃	6.0 ^d	5.1 ^c	5.1 ^c	5.0 ^e	5.1 ^e	5.1 ^f	5.1 ^e
		20℃	6.0 ^d	5.2 ^c	5.0 ^c	5.0 ^e	5.0 ^e	5.1 ^f	5.1 ^e
		30℃	6.0 ^d	4.7 ^c	4.6 ^c	4.6 ^e	4.7 ^e	4.7 ^f	4.6 ^e
	48.4	10℃	6.8 ^c	6.7 ^{ab}	6.5 ^{ab}	6.4 ^{cd}	6.4 ^{cd}	6.5 ^{cde}	6.6 ^{bcd}
		20℃	6.8 ^c	6.7 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.7 ^{abcd}	6.8 ^{abcd}	6.9 ^{abc}	6.9 ^{abc}
		30℃	6.8 ^c	6.4 ^b	6.2 ^b	6.2 ^d	6.2 ^d	6.2 ^e	6.1 ^d

abc

column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, ***

시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-2-25. 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성 중 외관의 품질(2)

제조 방식	백도 조건	온도	외관의 품질						
			초기	2주	4주	6주	8주	10주	12주
건식	40.2	10℃	7.1	7.1	7.0	7.0	7.1	7.2	7.3
		20℃	7.1	6.7	6.6	6.8	6.7	6.7	6.8
		30℃	7.1	6.7	6.7	6.9	6.7	6.7	6.8
	43.3	10℃	7.8	7.3	7.3	7.3	7.3	7.4	7.3
		20℃	7.8	7.3	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4
		30℃*	7.8 ^a	7.2 ^b	7.2 ^b	7.1 ^b	7.1 ^b	7.1 ^b	7.0 ^b
반건식	41.0	10℃	6.8	6.8	6.7	6.6	6.6	6.7	6.6
		20℃	6.8	6.8	6.7	6.6	6.7	6.8	6.8
		30℃	6.8	6.7	6.5	6.5	6.5	6.4	6.5
	43.0	10℃	7.5	7.3	7.2	7.2	7.2	7.2	7.3
		20℃	7.5	7.2	7.2	7.2	7.3	7.2	7.0
		30℃	7.5	6.8	6.9	6.9	7.0	6.9	6.8
가수 정미	45.8	10℃*	6.0 ^a	5.1 ^b	5.1 ^b	5.0 ^b	5.1 ^b	5.1 ^b	5.1 ^b
		20℃**	6.0 ^a	5.2 ^b	5.0 ^b	5.0 ^b	5.0 ^b	5.1 ^b	5.1 ^b
		30℃***	6.0 ^a	4.7 ^b	4.6 ^b	4.6 ^b	4.7 ^b	4.7 ^b	4.6 ^b
	48.4	10℃	6.8	6.7	6.5	6.4	6.4	6.5	6.6
		20℃	6.8	6.7	6.7	6.7	6.8	6.9	6.9
		30℃	6.8	6.4	6.2	6.2	6.2	6.2	6.1

abc row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-2-26. 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성 중 맛의 품질(1)

제조 방식	백도 조건	온도	맛의 품질						
			초기***	2주***	4주***	6주***	8주***	10주***	12주***
건식	40.2	10℃	6.8 ^b	6.9 ^a	6.6 ^{ab}	6.5 ^{ab}	6.6 ^a	6.6 ^a	6.5 ^a
		20℃	6.8 ^b	6.8 ^a	6.5 ^{ab}	6.6 ^a	6.6 ^a	6.6 ^a	6.5 ^{ab}
		30℃	6.8 ^b	6.5 ^a	6.5 ^{ab}	6.6 ^a	6.4 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.2 ^{ab}
	43.3	10℃	7.3 ^a	6.6 ^a	6.8 ^{ab}	6.7 ^a	6.7 ^a	6.8 ^a	6.7 ^a
		20℃	7.3 ^a	6.9 ^a	6.8 ^a	6.9 ^a	6.8 ^a	6.9 ^a	6.8 ^a
		30℃	7.3 ^a	6.6 ^a	6.6 ^{ab}	6.6 ^a	6.5 ^a	6.4 ^{ab}	6.3 ^{ab}
반건식	41.0	10℃	6.7 ^b	7.0 ^a	6.5 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.3 ^{ab}
		20℃	6.7 ^b	6.7 ^a	6.3 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.1 ^{ab}
		30℃	6.7 ^b	6.6 ^a	6.3 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.5 ^{ab}	6.3 ^{ab}
	43.0	10℃	7.4 ^a	7.0 ^a	6.7 ^{ab}	6.7 ^a	6.8 ^a	6.7 ^a	6.7 ^a
		20℃	7.4 ^a	6.9 ^a	6.8 ^{ab}	6.7 ^a	6.7 ^a	6.7 ^a	6.6 ^a
		30℃	7.4 ^a	6.6 ^a	6.5 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.1 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.1 ^{ab}
가수 정미	45.8	10℃	6.6 ^b	5.5 ^b	5.3 ^c	5.3 ^c	5.2 ^c	5.1 ^c	5.1 ^c
		20℃	6.6 ^b	5.3 ^b	5.1 ^c	5.1 ^c	5.0 ^c	5.1 ^c	5.1 ^c
		30℃	6.6 ^b	5.2 ^b	5.0 ^c	5.0 ^c	5.0 ^c	4.8 ^c	4.8 ^c
	48.4	10℃	7.0 ^{ab}	6.3 ^a	6.2 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.2 ^{ab}
		20℃	7.0 ^{ab}	6.4 ^a	6.4 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.2 ^{ab}
		30℃	7.0 ^{ab}	6.2 ^a	6.1 ^b	5.8 ^b	5.8 ^b	5.8 ^b	5.8 ^b

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-2-27. 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성 중 맛의 품질(2)

제조 방식	백도 조건	온도	맛의 품질						
			초기	2주	4주	6주	8주	10주	12주
건식	40.2	10℃	6.8	6.9	6.6	6.5	6.6	6.6	6.5
		20℃	6.8	6.8	6.5	6.6	6.6	6.6	6.5
		30℃	6.8	6.5	6.5	6.6	6.4	6.3	6.2
	43.3	10℃*	7.3 ^a	6.6 ^b	6.8 ^b	6.7 ^b	6.7 ^b	6.8 ^b	6.7 ^b
		20℃	7.3	6.9	6.8	6.9	6.8	6.9	6.8
		30℃***	7.3 ^a	6.6 ^b	6.6 ^b	6.6 ^b	6.5 ^b	6.4 ^b	6.3 ^b
반건식	41.0	10℃**	6.7 ^{ab}	7.0 ^a	6.5 ^{ab}	6.3 ^b	6.2 ^b	6.3 ^b	6.3 ^b
		20℃	6.7	6.7	6.3	6.3	6.4	6.3	6.1
		30℃	6.7	6.6	6.3	6.4	6.4	6.5	6.3
	43.0	10℃*	7.4 ^a	7.0 ^{ab}	6.7 ^b	6.7 ^b	6.8 ^b	6.7 ^b	6.7 ^b
		20℃**	7.4 ^a	6.9 ^b	6.8 ^b	6.7 ^b	6.7 ^b	6.7 ^b	6.6 ^b
		30℃***	7.4 ^a	6.6 ^b	6.5 ^b	6.3 ^b	6.1 ^b	6.2 ^b	6.1 ^b
가수 정미	45.8	10℃***	6.6 ^a	5.5 ^b	5.3 ^b	5.3 ^b	5.2 ^b	5.1 ^b	5.1 ^b
		20℃***	6.6 ^a	5.3 ^b	5.1 ^b	5.1 ^b	5.0 ^b	5.1 ^b	5.1 ^b
		30℃***	6.6 ^a	5.2 ^b	5.0 ^b	5.0 ^b	5.0 ^b	4.8 ^b	4.8 ^b
	48.4	10℃*	7.0 ^a	6.3 ^b	6.2 ^b	6.2 ^b	6.2 ^b	6.2 ^b	6.2 ^b
		20℃*	7.0 ^a	6.4 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.2 ^b
		30℃***	7.0 ^a	6.2 ^b	6.1 ^b	5.8 ^b	5.8 ^b	5.8 ^b	5.8 ^b

abc row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-2-28. 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성 중 조직감의 품질(1)

제조 방식	백도 조건	온도	조직감의 품질						
			초기***	2주***	4주***	6주***	8주***	10주***	12주***
건식	40.2	10℃	6.7 ^c	6.6 ^{abc}	6.5 ^a	6.5 ^a	6.5 ^a	6.4 ^{ab}	6.3 ^{ab}
		20℃	6.7 ^c	6.5 ^{abc}	6.2 ^a	6.2 ^a	6.4 ^{ab}	6.5 ^a	6.4 ^{ab}
		30℃	6.7 ^c	6.3 ^{abc}	6.1 ^a	6.1 ^a	6.1 ^{ab}	6.1 ^{abc}	6.2 ^{ab}
	43.3	10℃	7.2 ^{ab}	7.0 ^a	6.6 ^a	6.5 ^a	6.5 ^{ab}	6.5 ^{ab}	6.5 ^a
		20℃	7.2 ^{ab}	6.7 ^{abc}	6.6 ^a	6.6 ^a	6.7 ^a	6.6 ^a	6.5 ^a
		30℃	7.2 ^{ab}	6.7 ^{abc}	6.5 ^a	6.4 ^a	6.4 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.2 ^{ab}
반건식	41.0	10℃	6.8 ^{bc}	6.6 ^{abc}	6.3 ^a	6.2 ^a	6.2 ^{ab}	6.2 ^{abc}	6.1 ^{ab}
		20℃	6.8 ^{bc}	6.6 ^{abc}	6.1 ^a	6.1 ^a	6.1 ^{ab}	6.1 ^{abc}	6.1 ^{ab}
		30℃	6.8 ^{bc}	6.6 ^{abc}	6.4 ^a	6.1 ^a	5.7 ^b	5.8 ^{bc}	5.9 ^{ab}
	43.0	10℃	7.4 ^a	7.0 ^{abc}	6.6 ^a	6.5 ^a	6.4 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.3 ^{ab}
		20℃	7.4 ^a	6.8 ^{ab}	6.6 ^a	6.5 ^a	6.6 ^a	6.5 ^{ab}	6.3 ^{ab}
		30℃	7.4 ^a	6.5 ^{abc}	6.4 ^a	6.2 ^a	6.2 ^{ab}	6.2 ^{abc}	6.0 ^{ab}
가수 정미	45.8	10℃	6.6 ^c	5.4 ^d	5.2 ^b	5.2 ^b	5.1 ^c	5.0 ^e	5.2 ^c
		20℃	6.6 ^c	5.3 ^d	5.0 ^b	5.2 ^b	5.0 ^{cd}	5.1 ^{de}	5.1 ^c
		30℃	6.6 ^c	5.2 ^d	4.8 ^b	4.8 ^b	4.6 ^d	4.5 ^f	4.4 ^d
	48.4	10℃	6.8 ^{bc}	6.0 ^d	6.1 ^a	6.0 ^a	6.0 ^{ab}	6.0 ^{abc}	6.1 ^{ab}
		20℃	6.8 ^{bc}	6.4 ^{abc}	6.4 ^a	6.3 ^a	6.3 ^{ab}	6.2 ^{abc}	6.1 ^{ab}
		30℃	6.8 ^{bc}	6.1 ^{bc}	5.9 ^a	5.8 ^a	5.7 ^b	5.6 ^{cd}	5.6 ^{bc}

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

표 3-2-29. 저장기간에 따른 클린라이스의 관능특성 중 조직감의 품질(2)

제조 방식	백도 조건	온도	조직감의 품질						
			초기	2주	4주	6주	8주	10주	12주
건식	40.2	10℃	6.7	6.6	6.5	6.5	6.5	6.4	6.3
		20℃	6.7	6.5	6.2	6.2	6.4	6.5	6.4
		30℃	6.7	6.3	6.1	6.1	6.1	6.1	6.2
	43.3	10℃**	7.2 ^a	7.0 ^{ab}	6.6 ^{ab}	6.5 ^a	6.5 ^{ab}	6.5 ^{ab}	6.5 ^a
		20℃	7.2	6.7	6.6	6.6	6.7	6.6	6.5
		30℃***	7.2 ^a	6.7 ^b	6.5 ^b	6.4 ^b	6.4 ^b	6.3 ^b	6.2 ^b
반건식	41.0	10℃*	6.8 ^a	6.6 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.1 ^b
		20℃**	6.8 ^a	6.6 ^{ab}	6.1 ^b	6.1 ^b	6.1 ^b	6.1 ^b	6.1 ^b
		30℃***	6.8 ^a	6.6 ^{ab}	6.4 ^{abc}	6.1 ^{bcd}	5.7 ^d	5.8 ^d	5.9 ^{cd}
	43.0	10℃***	7.4 ^a	7.0 ^{ab}	6.6 ^{bc}	6.5 ^{bc}	6.4 ^{bc}	6.4 ^{bc}	6.3 ^c
		20℃***	7.4 ^a	6.8 ^b	6.6 ^b	6.5 ^b	6.6 ^b	6.5 ^b	6.3 ^b
		30℃***	7.4 ^a	6.5 ^b	6.4 ^b	6.2 ^b	6.2 ^b	6.2 ^b	6.0 ^b
가수 정미	45.8	10℃*	6.6 ^a	5.4 ^b	5.2 ^b	5.2 ^b	5.1 ^b	5.0 ^b	5.2 ^b
		20℃***	6.6 ^a	5.3 ^b	5.0 ^b	5.2 ^b	5.0 ^b	5.1 ^b	5.1 ^b
		30℃***	6.6 ^a	5.2 ^b	4.8 ^{bc}	4.8 ^{bc}	4.6 ^{bc}	4.5 ^{bc}	4.4 ^c
	48.4	10℃***	6.8 ^a	6.0 ^b	6.1 ^b	6.0 ^b	6.0 ^b	6.0 ^b	6.1 ^b
		20℃*	6.8 ^a	6.4 ^{ab}	6.4 ^{ab}	6.3 ^a	6.3 ^{ab}	6.2 ^{ab}	6.1 ^b
		30℃***	6.8 ^a	6.1 ^b	5.9 ^b	5.8 ^b	5.7 ^b	5.6 ^b	5.6 ^b

abc row내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

제 3 절 클린라이스 기준 설정

1. 클린라이스의 기준(안)

본 연구에서는 전술한 바와 같이 외국(일본)의 클린라이스 정의, 기준 및 측정방법을 조사하였으며, 가장 중요한 인자가 되는 탁도의 측정방법과 탁도 측정시 발생할 수 있는 오차율에 대하여 검토하였다. 또한, 클린라이스 기준(안)을 설정하기 위하여 ① 미강제거적인 측면, ② 잔류미강 제거방식적인 측면, ③ 수세기 현탁액의 상태적인 측면, ④ RPC 등 실용적인 규모에서 제조적인 측면, ⑤ 저장성과 식미적인 측면 등 5가지의 기술적인 측면을 검토하였다. 이상의 결과를 이용하여 다음과 같이 클린라이스 기준(안)을 설정하였다.

[전제조건]

- ① 본 연구에서 측정한 탁도측정 오차율이 측정자에 따라 최대 9.24%까지도 발생하였다.
- ② 본 연구에서 실시한 탁도측정 단위인 NTU와 ppm간에 적절하게 환산이 가능하였다.
- ③ 본 연구에 사용한 시료는 한정되어 있으므로 향후 다른 품종, 함수율, 정립비율 등 시료가 달라졌을 때 측정결과에 차이가 발생할 수 있다.

[기준설정 기본방향]

- ① 생산자가 준용할 수 있는 가장 간단하면서 핵심이 될 수 있는 기준을 설정한다.
- ② 클린라이스의 품질인자가 될 수 있는 제반 인자간의 높은 상관관계를 고려하여 품질인자는 탁도로 한정하며, 클린라이스도 쌀의 일종이므로 우리나라 쌀 등급규격 기준에 적합해야 한다는 항목을 포함한다.
- ③ 건식, 반건식 및 가수정미방식 등 클린라이스 제조방식중에서 가수정미방식은 탁도 측면에서는 가장 우수하나 균열 및 백화현상 등 품질저하가 발생할 가능성이 높으므로 탁도기준을 건식 및 반건식에 준하여 설정한다.
- ④ 탁도기준을 설정할 때 선행 기준인 일본의 2개 민간단체의 탁도기준을 감안하되, 미강제거적인 측면, 잔류미강 제거방식적인 측면, 수세기 현탁액의 상태적인 측면, RPC 등 실용적인 규모에서 제조적인 측면, 저장성과 식미적인 측면 등 우리 실정을 충분히 반영하여 설정한다.

[클린라이스 정의(안)]

클린라이스(Clean Rice)는 “씻지 않고 취반이 가능하도록 제조된 백미”를 말한다.

[클린라이스 품질기준(안)]

- ① 탁도 16.0NTU(34.5ppm 수준)이하로 한다. 탁도측정은 검사시료 5g에 20℃ 수도수 400ml를 용기에

넣고 30초간 진폭 4cm, 진동수 150회/분으로 진탕한 후의 용액에 대하여 한국공업규격 KS / ISO 7027(수질 - 탁도 측정방법)을 기준으로 측정한다.

② 일반 백미와 동등의 품질을 확보한다.

본 연구팀이 2002년부터 측정해 온 총 203점의 클린라이스를 포함한 쌀의 탁도는 다음 그림 3-3-1 및 표 3-3-1과 같았다. 그림과 표에서 알 수 있듯이 203점 중 60.1%인 122점이 탁도기준 16NTU를 만족하는 것으로 나타났으며, 클린라이스 제조방식별로는 가수정미방식은 전체가 만족하였으며, 건식과 반건식의 경우에는 도정도 등에 따라 이 기준을 만족하는 경우가 많았다.

이상의 결과에서 본 연구에서 설정한 클린라이스 탁도기준은 소비자 측면은 물론이며, RPC 등에서 비교적 용이하게 적용이 가능한 범용적이면서 효과적으로 사용이 가능한 기준이 될 수 있을 것으로 기대되었다.

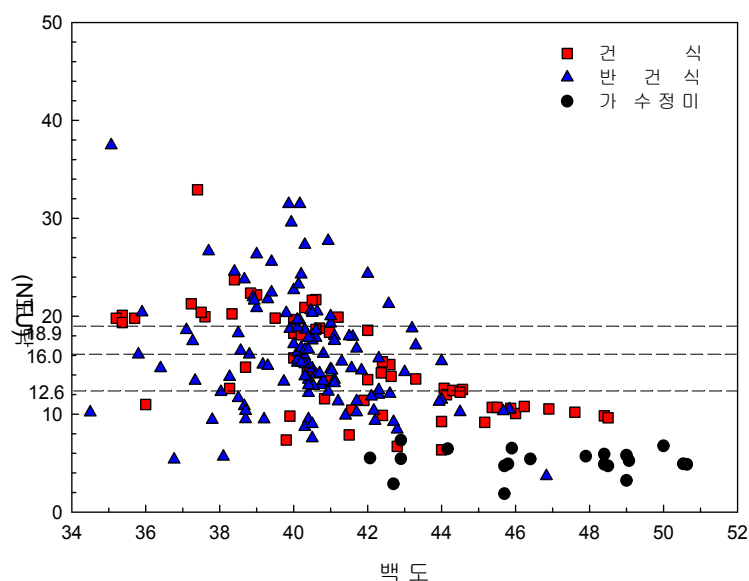


그림 3-3-1. 현재까지 측정한 203점의 백도 및 탁도분포

표 3-3-1. 현재까지 측정한 203점의 클린라이스 제조방식별 탁도분포

범위 (NTU)	건식(A)		반건식(B)		가수정미방식(C)		전체(A+B+C)	
	개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%) (누적비율, %)
18.9이상	18	29.5	31	25.4	—	—	49	24.1(100)
18.9~16.0	6	9.8	26	21.3	—	—	32	15.8(75.9)
16.0~12.6	10	16.4	31	25.4	—	—	41	20.2(60.1)
12.6이하	27	44.3	34	27.9	20	100.0	81	39.9(39.9)
합 계	61	100.0	122	100.0	20	100.0	203	100.0

2. 전문가 협의회 의견

정부, 관련 연구기관, 클린라이스 제조업체 등 15명으로 구성된 전문가협의회를 2010년 5월 25일 한국식품연구원 대회의실에서 실시하였다. 클린라이스 품질기준(안)의 작성배경 및 기준(안)을 설명하였으며, 여러 가지 의견이 개진되었다. 그 결과를 요약하면 다음과 같았다.

표 3-3-2. 전문가협의회 참석자

구 분	기 관	참석자	인 원	비 고
정부	농림수산식품부 농산경영과	홍인기사무관(미참석)		
	국립농산물품질관리원 품질검사과	정영철사무관	1	
	농촌진흥청 국립농업과학원, 농업기술실용화재단	이현동박사 최희석박사	2	
생산자단체	농협중앙회	권보준차장	1	
RPC 단체	대한곡물협회	김종성부장	1	
	RPC 협의회	유병태전무	1	
소비자단체	한국소비자단체협의회	이정수사무총장(미참석)		
클린라이스 제조업체	(주)오뚜기 중앙연구소	고윤범주임연구원 정태범주임연구원	2	
	의성쌀조합공동사업법인	정성진대표	1	
	김천건양RPC	이건우대표	1	
시설업체	(주)한성공업	강성열이사	2	
연구기관	한국식품연구원	김의웅박사 김동철박사 김 훈박사	3	
계			15	



그림 3-3-2. 전문가협의회 모습

[기준관련 의견]

- ① 탁도 이외에 잔류농약, 미생물, 내열성세균 및 곰팡이 등에 대한 기준설정의 필요성 여부
- ② 건식 및 반건식과 가수정미방식은 별도로 기준을 설정할 필요가 있는지 여부
- ③ 클린라이스의 품위 규격기준을 별로 설정할 필요가 있는지 여부
- ④ 영양가가 높은 배아미나 현미 등에 대한 클린라이스 기준설정의 필요성 여부
- ⑤ “클린”, “크린” 등 정확한 용어를 정립할 필요성 여부
- ⑥ 일반적으로 무세미로 많이 알려져 있으므로 상표등록건을 해결하고 무세미로 표기할 필요성 여부 등

[클린라이스 시장규모 확대와 관련된 의견]

- ① 백도 약 42까지 가공하므로 일반미에 비해 식미가 우수하다는 측면에 대한 반영의 필요성 여부
- ② 클린라이스 가격이 지나치게 고가로 가격저하를 위한 방안의 강구 필요성 여부
- ③ 탁도용어가 어려우므로 다른 표기방법 강구할 필요성 여부
- ④ 배아미에 대한 기준도 제정할 필요성 여부 등

제 4 절 클린라이스 제조시스템 개발

1. 반건식 클린라이스 제조시스템개발

전술한 바와 같이 도정도가 다른 5가지 시료를 대상으로 건식 4, 반건식 2, 가수정미 1 등 총 7가지의 잔류미강제거방식을 적용한 결과, 어느 방법을 사용하여도 호분층의 완전한 제거를 위해서는 백도 42 수준 정도의 도정이 필요하였고, 이 때 탁도는 16.0NTU(34.5ppm)수준이었다.

한편, 상용규모의 건식, 반건식 및 가수정미방식의 클린라이스 제조시스템의 작용조건을 다르게 하면서 총 12가지 시료를 제조하여 품질특성을 측정한 결과, 건식은 백도 42.2, 반건식은 백도 42.3까지 제조가 가능하였고, 이 백도조건에서는 건식, 반건식 탁도는 약 15.1NTU(32.7ppm)수준으로 일본의 2가지 탁도기준 중 18.9NTU(40ppm)은 만족하였으나, 12.6NTU(28ppm)은 만족하지 못하였으며, 도정도 및 찌라기발생을 등의 도정특성은 반건식이 우수하였다. 한편, 건식으로 제조된 시료를 이용하여 가수정미방식으로 클린라이스를 제조한 결과, 백도는 46.4~50.0이었으나 함수율은 증가하였으나 정백수율(milling yield)은 감소하였고, 균열 및 백화현상으로 외관품질이 낮았다.

RPC에서 건식, 반건식 및 가수정미방식으로 제조한 클린라이스를 10, 20, 30℃에서 저장하면서 식미 및 품질특성을 측정한 결과, 초기 식미는 클린라이스 제조방식과는 무관하게 $p=0.001$ 수준에서 도정도가 높은 시료의 식미가 높았으며, 클린라이스 제조에 물을 많이 사용할수록 저장기간에 따라 식미저하가 심하였으며, 저장중 도정도가 낮을수록, 클린라이스 제조에 사용하는 물량이 많을수록 지방산가가 많이 증가하여 저장성이 저하하였다.

이상의 결과에서 반건식은 건식에 비해 도정특성은 우수하나 동일조건에서 저장성은 다소 저하할 수 있었다. 그러나 최근 소비자에게는 도정일자 중요성이 인지되면서 상미기간에 대한 관심이 많은 반면, 도정특성은 쌀의 품질향상은 물론 RPC에서의 경영에 직접적인 영향을 미치는 대단히 중요한 인자이다. 따라서 본 연구에서는 가수량을 최소로 조절하고, 백도를 제어하는 시스템을 포함한 반건식의 클린라이스 제조시스템을 개발하고자 하였다. 그 결과는 다음과 같았다.

가. 재료 및 방법

RPC에서 습식연미기를 사용할 때 정백통 내에서 노즐로 균일가수가 어렵고, 유수로 인해 미강덩어리가 발생하는 등이 가장 큰 문제점으로 조사되고 있어 이를 보완하는 가수방식에 대하여 고려가 필요하였다. 정백통 이외에 균일가수를 실시할 수 있는 별도의 탱크, 컨베이어 등을 제작하여 노즐가수한 후 연미하는 방식, 냉각한 후 상온에 방치할 때 발생하는 결로(結露)로 균일하게 가수한 후 클린라이스를 제조하는 방법 등을 고려할 수 있다.

지금까지 연미기와 관련되어 조사된 산업재산권(특허 및 실용신안)은 앞의 표 2-1-5와 같이 약 11건으로 주로 압축공기나, 브러쉬 및 피복류 사용, 오존수나 이온수 사용이 주를 이루고 있으며, 클린라이스와 관련되어 조사된 산업재산권은 앞의 표 2-1-6과 같이 약 9건 정도로 압축공기에 의한 강제송풍, 건조방법, 세정수,

연미재 등 일반적인 사항이 주류를 이루고 있다.

따라서 본 연구에서는 원료조건의 변화에 효과적으로 대응하여 균일한 백도를 유지할 수 있는 백도제어장치와 별도의 탱크에서 노즐가수 후 연미하는 방식, 냉각한 후 상온에 방치할 때 발생하는 결로를 이용하는 방법 등을 조합하는 방식을 적용할 경우 지적재산권 출원에도 문제가 없을 것으로 판단되었다.

(1) 시스템 제어용 주요 모듈제작

클린라이스 제조시스템 시작품의 제어용 주요 모듈은 도정기준인 백도를 측정하기 위한 백도측정모듈과 설정된 백도 값에 적합하도록 자동으로 제조시스템을 조작하여 설정된 목표값의 백도를 가진 쌀을 생산할 수 있는 유량 및 압력제어모듈로 구성하였으며, 각각의 모듈을 통합한 메인컨트롤러로 구성하였다(그림 3-4-1). 정미시스템에서 배출되는 쌀은 수집장치(용량 100g)에서 실시간 또는 간헐적으로 수집되어 백도가 측정되고 측정된 백도값은 메인컨트롤러로 전송되어 설정된 백도값에 도달하도록 1차로 배출부에서 압력제어가 진행되고, 2차로 투입부에서 유량제어가 수행되도록 하였다. 압력 및 유량제어모듈은 X-table, 스텝핑모터(PK245-01A, Oriental Motor, Korea), 회전축, 통신인터페이스 및 지지대 등으로 구성하였으며, 스텝핑모터(3.2kgf/cm) 및 X-table에 의해 회전축(직경 10mm)은 0.1mm 간격으로 최대 200mm 이송이 가능하도록 하였다.

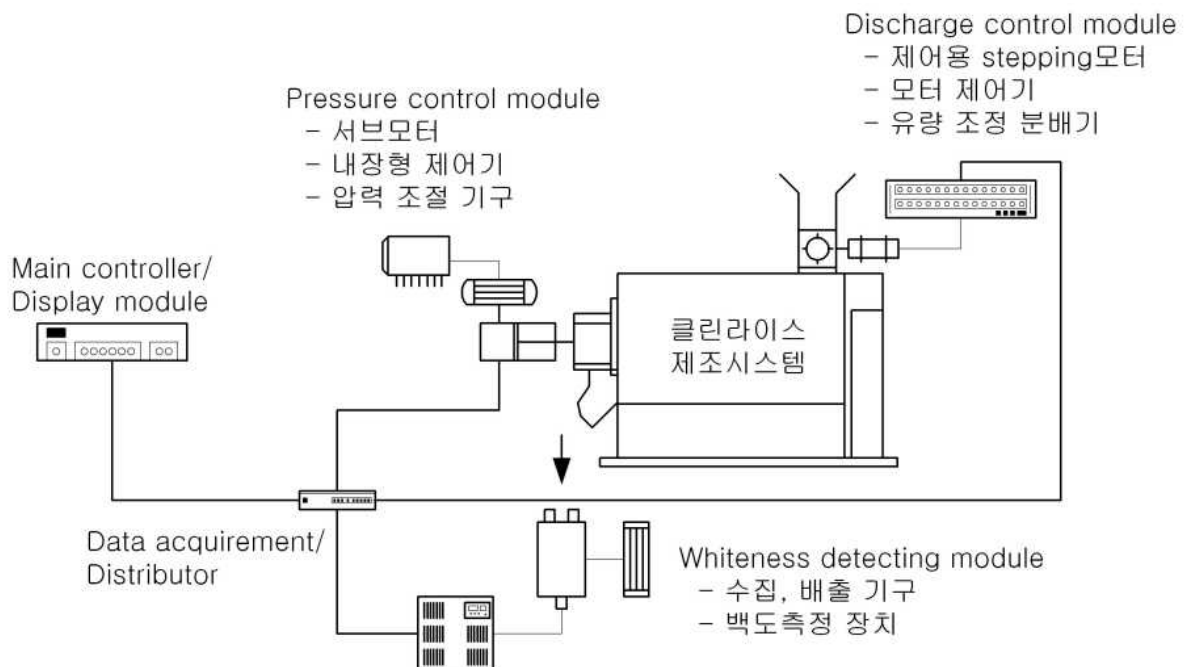


그림 3-4-1. 유량 및 압력조절모듈/백도측정모듈 공정도

백도측정모듈은 광원과 센서의 안정성, 정밀도 등을 고려하여 Blue LED와 photo-diode(TSLB257)로 선정하였으며, 백미 중 불량품의 혼입에 따른 백도변화 영향을 최소화하기 위하여 3개의 LED를 사용하

여 보다 넓은 부분에서의 백도를 측정 가능하도록 구성하였다(1개당 $\Phi 1.5\text{cm}$)(표 3-4-1, 그림 3-4-2).

표 3-4-1. 백도측정모듈의 구성 및 제원

주요 구성	제 원	비 고
Main controller/Display module	PLC/PC control	
Pressure control module	$0 \sim 25\text{kgf/cm}^2$	
Discharge control module	$0 \sim 320\text{kg/hr}$	
Whiteness detecting module	15~50/LED 방식	
Data acquirement/Distributor	RS232/10Ch/Serial	

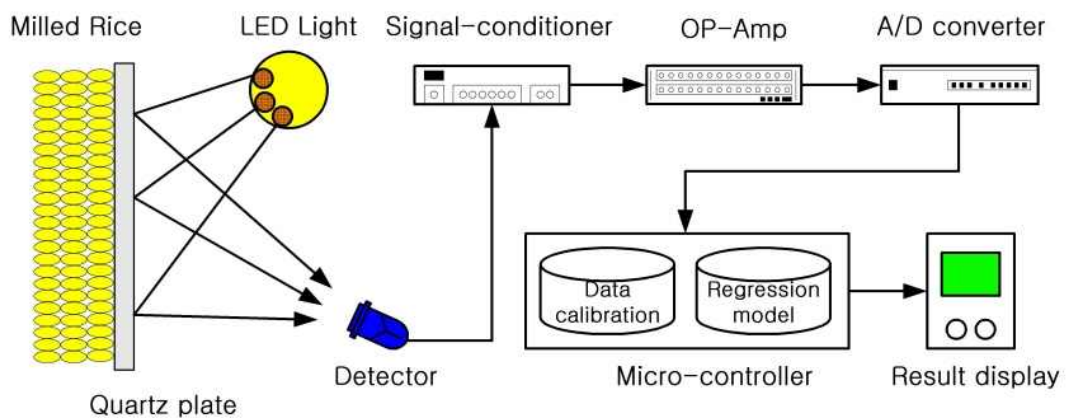


그림 3-4-2. 백도측정 원리 및 개략도

(2) Pilot scale규모의 1차 시작품 제작

클린라이스 1차 시작품은 그림 3-4-3과 같이 횡형 정미시스템과 정미시스템의 주속도 제어를 위한 모터 및 모터제어장치로 구성하였으며, 정미시스템내에 초음파 및 가수가 가능하도록 각각의 발생장치로 구성하여 설계하였다. 백도측정 및 제어를 위해 정미시스템의 투입부 및 배출부에서 유량 및 압력이 조절 가능하도록 유량 및 압력조절장치를 구성하였고, 배출되는 재료의 백도 측정이 가능하도록 하였으며, 정미시스템을 통과하는 재료의 곡온조절이 가능하도록 냉각장치를 구성하였다. 미강배출을 위한 송풍기, 사이클론 및 미강실을 구성하였고, 재료의 투입 및 이송을 위한 주변 기계류로 구성하였다. 주요특징은 다음과 같았다.

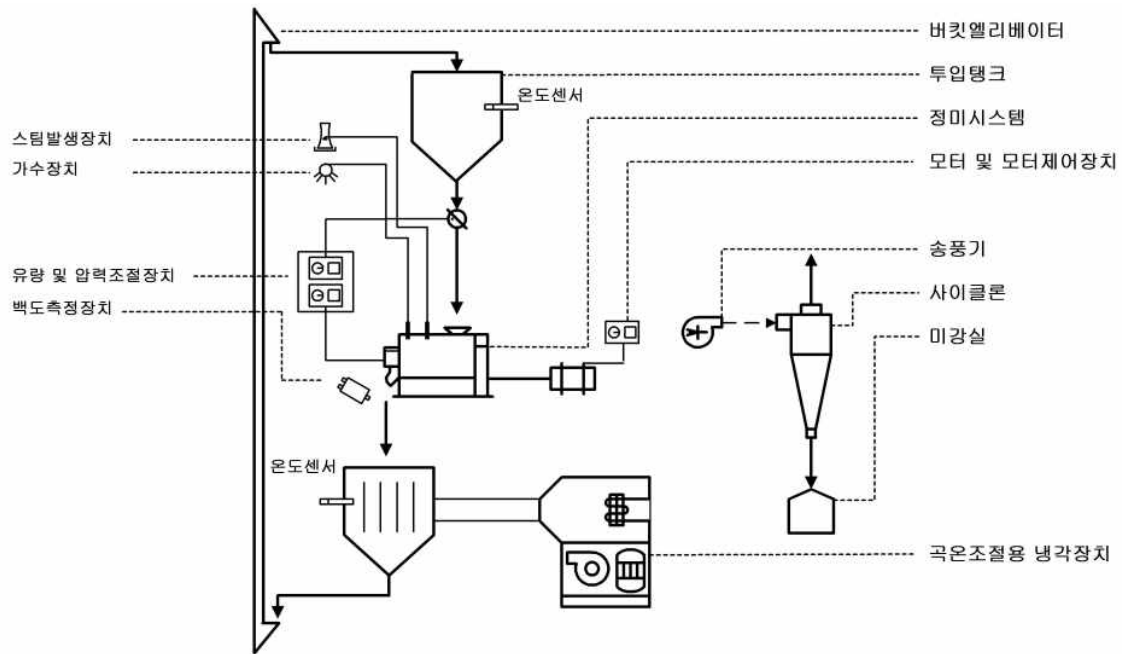


그림 3-4-3. 클린라이스 시스템 시작품 개략도



그림 3-4-4. 클린라이스 제조시스템 1차 시작품

- ① 제작된 시작품의 구조는 본체, 투입호퍼, 습윤조절장치, 송풍시스템, 구동장치과 백도측정, 제어시스템으로 구분하였고 현장설치 및 운영이 용이하게 제작하였으며, 본체의 규격(L×W×H, 1,700×660×1,740)은 일반 마찰식정미기와 유사하였으며, 지속적인 보완을 고려하여 시작품의 외관 및 재질 등은 특별히 고려하지 않았다. 연미실의 균일한 가공압력유지 및 처리능력을 3톤/시간 이상을 확보하기 위하여 투입호퍼의 하부에는 피더(스크류컨베이어)를 설치하여 원료백미를 0~60kg/min 범위로 정량 공급이 가능하도록 하였다.

- ② 정미기의 형태는 중앙에 위치한 하나의 수평축에 설치된 원료공급스크류와 금망, 출구의 저항을 조절하기 위한 분동으로 구성하였으며, 연삭식 정미기는 원료공급스크류, 금강사로 된 롤러 및 롤러를 둘러싸고 있는 원통형 금망으로 구성하였다.
- ③ 연미실의 하부에 호퍼형의 미강 포집호퍼를 설치하고 하단에는 송풍기(7.5kW, 130m³/min, 200mmAq)를 부착하여 미강 및 미분을 제거 하도록 하였으며, 구동장치(30kW, 380V, 4P)와 고정된 회전축인 샤프트는 파이프로 가공하여 샤프트로 외부공기가 연미통을 통해 유입이 가능토록 하여 미강제거 및 쌀 곡온 상승을 억제하였다.
- ④ 쌀알의 표면마찰을 높이기 위해 양측에 날개 형상을 갖도록 제작된 타원형의 연미통(ϕ 100)을 고속으로 회전(900rpm)시키면서 거의 가공은 되지 않는 구조로 제작하였으며, 금망 외부로 미강 등이 분출이 용이하도록 연미통의 날개 아래로 다수개의 장축구멍을 가공하였고 연미실 토출구 부분 파이프 샤프트는 별도로 4개의 토출구멍을 설치하였다. 클린라이스 배출구는 디스크 타입의 수평 조임 분동을 설치하여 배출시 균일한 압력을 유지 및 자동 조절이 가능한 구조로 제작하였다.
- ⑤ 그림 3-4-5는 롤러 주속도(peripheral speed)에 따른 정미기의 분류와 실용적인 범위를 나타낸 것이나(Yamashita, 1993), 최근 低速系(롤러 주속도 : 300m/min이하)인 마찰식 정미기, 高速系(롤러 주속도 : 600m/min이상)인 연삭식 정미기의 롤러 주속도는 점차 낮아지는 경향으로 알려져 있다. 따라서 롤러의 직경을 3.4cm 수준으로 설계하고, 롤러 주속도를 실용적인 범위내에서 조절할 수 있도록 정미기에 3.7kW(380V×3상, 5HP, 1750rpm)의 모터와 이를 제어하는 인버터를 부착하였다.

(Range
of utility)

Low speed	150m/min	Friction, Shearing	Horizontal friction type	Low speed
	300m/min		Flow up & vertical friction type Flow down & vertical friction type Friction type by moisture addition	
High speed	600m/min	Grinding, Impact	Horizontal grinding type	Medium speed
			Flow up & grinding type Flow down & grinding type	High speed

그림 3-4-5. 롤러 주속도에 따른 정미기의 구분 및 실용적인 범위

- ⑥ 곡온조절용 냉각장치는 외기 온습도(25℃, 75%RH, 15.05kcal/kg)하에서 냉각기준(5℃, 95%RH, 4.29kcal/kg) 및 가온기준(50℃, 50%, 36.86kcal/kg)에서 계산된 냉각부하(7,463kcal/hr) 및 가열부하(13,421kcal/hr)에 적합하도록 다음의 그림 3-4-6 및 표 3-4-2와 같이 설계하였다.

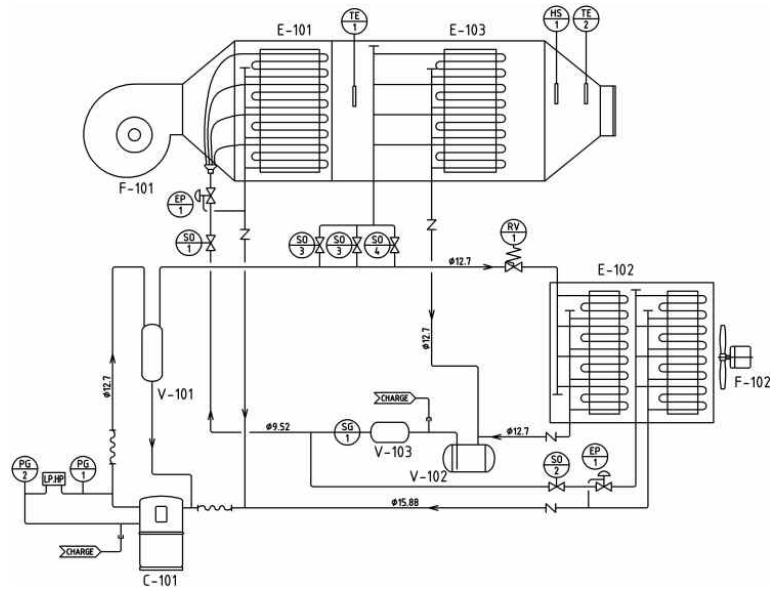


그림 3-4-6. 곡온조절용 냉각장치 설계도

표 3-4-2. 곡온조절용 냉각장치의 주요 제원

단위기계	주요 제원	비고
압축기	○ 3HP(R-22) 기준 ○ 냉각능력 : 9,741/7,500kcal/hr(Qc/Qe), 48.9/0℃(Tc/Te)일 때 ○ 유사모델 : Copeland 3Hp CRJQ-0300-TF5	
송풍기	○ 0.7kW×2p ○ 10cmm×90mmAq	
응축기	○ ½"×6r×12s×400EL ○ ½"×4r×16s×500EL	
증발기	○ ½"×8r×12s×400EL ○ ½"×2r×16s×500EL	
가습기	○ 16kg/hr×heater(6kw)	

- ⑦ 가습조절장치는 물을 공급하는 시스템과 공급된 물을 분무하는 가습장치로 구분하였고 정량적인 물 공급시스템은 압상펌프(1.5kW, 0~8kg/cm²), 필터, 공급물량 및 분사압력제어 장치로 구성하였으며, 가습장치는 투입호퍼 하단에 수직으로 연결된 습윤 탱크(L×W×H, 300×300×1,016)는 STS 304로 제작하였고, 양측 벽면에는 각 1개씩을 2개의 고압노즐(fog nozzle)이 그물망처럼 낙하되는 원료백미를 순간적으로 습윤하게 하였다.

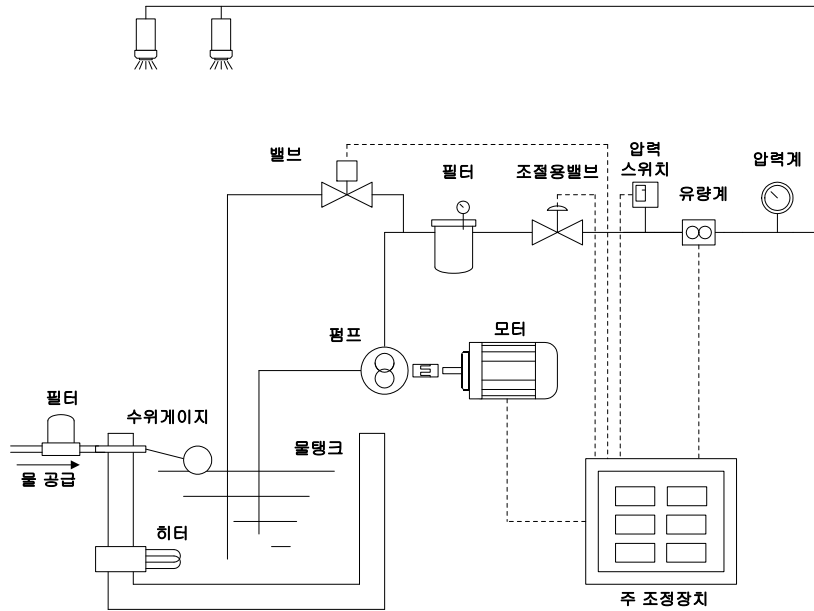


그림 3-4-7. 습윤화를 위한 가습조절장치의 공정도



그림 3-4-8. 가습조절장치

(3) 1차 시작품의 보완 및 2차 시작품제작

백도 40.2의 백미를 이용하여 클린라이스 제조시스템 1차 시작품에 대한 시운전 결과, 시작품의 처리 능력 측정을 위해 5톤의 원료백미로 처리하는데 소요된 시간은 98분 정도 소요되어 처리능력 목표인 3톤/시간보다 많은 약 3.2톤/시간으로 목표한 용량기준을 충족하였다. 그러나 백도 42.5 이상으로 제조시 약 4.8%의 다량의 싸라기가 발생하였으며, 가수시 잔류 미강덩어리의 발생, 불균일 도정의 증가 등의 문제가 있었다. 또한, 처리능력이 상용화규모로서 시료확보 문제가 발생하여 반복적인 실험에는 제한이 있었다.

이에 연구진의 토론을 거쳐 1차 시작품의 문제점을 감안하여 입형으로 정백통의 크기 향상, 미강배출의 향상을 위한 2중 송풍시스템의 구축, 가수량의 미세조정 등이 가능한 제 2차 시작품을 제작하였다. 2차 시작품의 기본사항은 다음 표 3-4-3과 같았다.



그림 3-4-9. 클린라이스 제조시스템 2차 시작품

표 3-4-3. 클린라이스 제조시스템 2차 시작품의 기본사양

< 클린라이스 시스템 >				
구 분		단위	내 용	
가공능력		kg/h	600	
방 식		—	마찰 흡인식	
본체 크기	길 이	mm	1,700	
	폭	mm	660	
	높 이	mm	1,740	
소요동력		HP(kW)	40(30)	
< 원료공급부 >				
구 분		단위	내 용	
이송능력		kg/h	1,000~10,000 (인버터 조절방식)	
본체 크기	길 이	mm	650	
	폭	mm	350	
	높 이	mm	4,860	
소요동력		HP(kW)	2(1.5)	
< 가수부 >				
구 분		단위	가수장치	분사챔버
본체 크기	길 이	mm	510	300
	폭	mm	590	300
	높 이	mm	650	1,016
가수능력		GPH	0.5 ~ 10.0(압력에 따라 조절가능)	
소요동력		HP(kW)	2(1.5)	
분사방식		—	압상펌프 및 노즐분사	
재질		—	STS304(스테인리스스틸)	
노즐 및 분사형태		—	미세분사용 일자형(－) Fog Nozzle	
기타장치		—	유량제어장치, 분사압력제어장치, 수위조절장치, 동파방지장치, 차압센서(필터막힘경보)	

(4) 클린라이스 제조시스템의 성능평가

실험에 사용한 원료는 2009년산 호품 품종으로 서김제농협RPC에서 백도 39.5로 도정된 백미를 구입하여, 실험 12시간 전에 실온에 방치한 후 사용하였다. 실험에 사용된 백미 시료는 정상립이 98.0%, 불량품이 2.0%(싸라기 1.2%, 분상질립 0.3%, 피해립 0.6%, 열손립 0.0%)수준이었다.

클린라이스 제조시스템의 적정 운전조건을 구명하기 위하여 2010년 3월 24일~25일에 걸쳐 참여기업인 한성공업(주)(전북 익산시 소재)에 2차 시작품을 설치하고 성능평가를 실시하였다. 정상적으로 운전이 되었을 때 2중 송풍량조건은 정백통으로 공급되는 분풍량 $6.66\text{m}^3/\text{min}$, 미강배출을 위한 사이클론에서의 송풍량은 $16.3\text{m}^3/\text{min}$ 이었으며, 각각의 정압은 250mmAq 및 170mmAq 수준이었다.

예비실험을 통해 구명한 클린라이스의 적정 운전조건은 처리능력은 662.3kg/hr 수준이었으며, 사용가능한 가수량은 표 3-4-4와 같이 처리량의 0.25%, 0.5%, 1.0% 수준이었다.

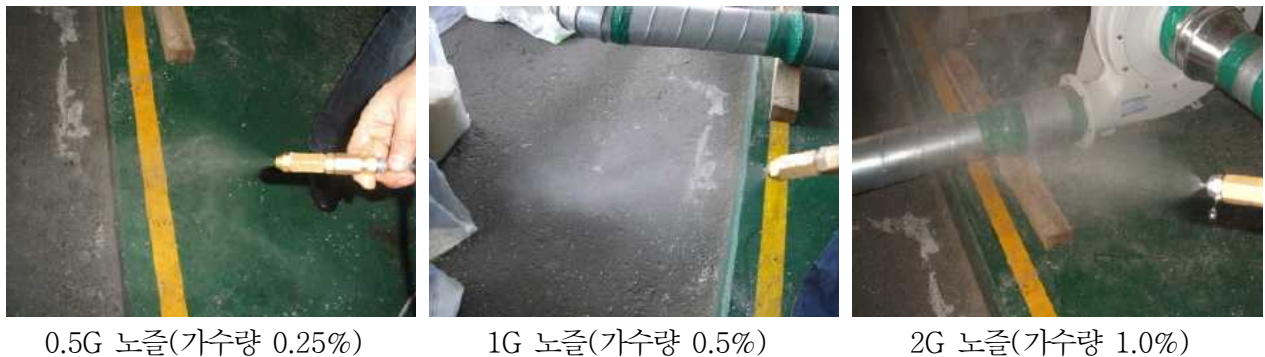


그림 3-4-10. 가수량 설정을 위한 노즐별 분무 상태

표 3-4-4. 클린라이스 제조시스템의 처리량에 대한 가수 비율 조건

처리량(kg/hr)	노즐 사이즈	가수량(kg/hr)	가수 비율(%)	
			설정치	실측치
662.3	0.5G	1.572	0.25	0.24
	1.0G	3.144	0.5	0.47
	2.0G	6.264	1.0	0.95

따라서 클린라이스의 성능평가는 가수조건 3실험구(0.25, 0.5, 1.0%)와 압력조건 3실험구로 실시하였다. 압력조건은 그림 3-4-11과 같이 압력추의 중량(13, 0.22, 0.44kg), 개수 및 위치를 이용하여 조절

하였는데, 압력조건 I 은 0.13kg의 압력추를 정백통 헤더에 인접하여 설치할 때의 압력, 압력조건II는 0.13, 0.22, 0.44kg 등 3개의 압력추를 정백통 헤더에 인접하여 설치할 때의 압력, 압력조건III은 3개의 압력추를 정백통 헤더에 가장 멀게 설치할 때의 압력으로 하였다.



그림 3-4-11. 압력추의 무게 및 위치상태에 따른 압력조건

클린라이스 각 시료 제조 조건별 처리능력, 전류, 소요전력량을 측정하였으며, 곡은, 백도, 함수율, 도 정도, 배아잔존율, 찌라기발생율, 탁도, 건고물량, CBB index, 쌀 표면상처, SEM 검경 및 밥의 관능적인 특성 등을 측정하였다. 시료는 밀봉하여 5℃를 유지하는 저온저장고에 보관하면서 실험 12시간 전에 실 온에 방치한 후 사용하였다.

나. 결과 및 고찰

(1) 백도제어 모듈성능

클린라이스 제조시스템 시작품의 성능측정의 위하여 백도조절모듈을 이용하여 원하는 도정도(백도)로 조절이 가능한지를 확인한 결과, 지연시간은 1분 30초이었으며, 그림 3-4-12와 같이 측정한 백도와 표준백도계(C-300, Kett, Japan)로 측정한 결과가 동일하여 본 시스템의 사용이 가능함을 확인하였다.

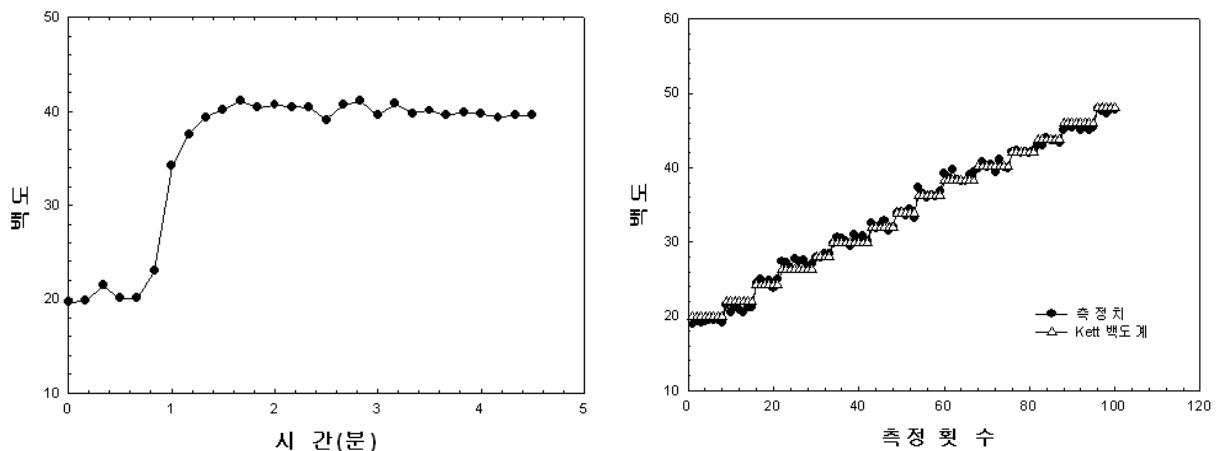


그림 3-4-12. 백도 측정모듈의 백도조절 지연시간과, 측정한 백도와 표준백도계의 백도값 비교

(2) 가수량 조절모듈 성능

투입호퍼에 부착된 피터장치의 일정량 공급 조절이 가능했으며 가습조절장치의 물 공급용 압상펌프의 압력이 $4.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상을 유지해야 미세한 분무가 가능했으며, 당초 함수율이 14.8% 원료백미는 습윤강도가 매우 높은 습윤 탱크를 통과한 쌀알의 함수율은 14.9~15.3% 정도 비교적 균일 가습이 이루어졌다.

(3) 클린라이스 제조시스템의 처리량

클린라이스 제조시스템의 가수 및 압력조건별 처리량 및 소요전력량은 다음 표 3-4-5와 같았다. 처리량은 $512.9\sim 726.2\text{kg}/\text{hr}$ 로 가수비율과 압력이 높아질수록 감소하는 경향을 보였는데, 가수비율 0.25% 및 압력조건 I 이 $726.2\text{kg}/\text{hr}$ 로 가장 높게 나타났으며, 가수비율 1.00% 및 압력조건 II가 $512.9\text{kg}/\text{hr}$ 로 가장 낮은 값을 나타내었다. 전류량과 소요전력량도 가수비율과 압력이 높아질수록 증가하는 경향이었으며, 가수비율 0.50%에 압력조건 I 이 각각 18.6A와 7.3kWh로 가장 낮게 나타났으며, 가수비율 1.00%에 압력조건 II가 각각 36.2A와 18.5kW로 가장 높은 값을 나타내었다.

표 3-4-5. 가수조건과 압력조건에 따른 처리량 및 소요전력량

운전조건		처리량(kg/hr)	작동전류(A)	소요전력량(kWh)
가수비율(%)	압력조건			
0.00	I	707.4	19.2	7.7
	II	688.9	22.0	10.0
	III	656.3	24.3	11.7
0.25	I	726.2	20.8	7.9
	II	675.5	23.2	10.4
	III	641.7	25.1	11.7
0.50	I	716.1	18.6	7.3
	II	690.4	21.4	9.6
	III	574.8	30.3	15.6
1.00	I	694.8	21.2	9.0
	II	512.9	36.2	18.5

(4) 가수 및 압력조건별 품질특성

클린라이스 제조시스템의 가수 및 압력조건별 클린라이스의 품질특성 분석결과는 다음 표 3-4-6과 같았다.

표에서 알 수 있듯이 백도는 가수비율 및 압력이 높아질수록 증가하는 경향을 보였다. 본 연구에서는 백도 40으로 가공된 원료를 백도 42.5 전후 수준으로 가공하는 것을 목표로 하였으나 RPC에서 매입하여 실험에 사용한 원시료의 백도가 39.5로 당초에 사용하려고 계획한 백도 40보다는 0.5정도가 낮았으며, 이는 전체적인 클린라이스의 백도저하를 다소 초래하였다. 가수하지 않는 상태인 압력조건 I에서 41.1을 나타내었고, 압력조건이 높아질수록 백도도 증가하여, 압력조건Ⅲ에서 41.3을 나타내었다. 가수비율 0.25%의 경우 압력조건 I에서 41.1을 나타내었고, 압력조건이 높아질수록 증가하여, 압력조건Ⅲ에서 41.5를 나타내었다. 가수비율 0.50%의 경우 압력조건 I에서 41.3을 나타내었고, 압력조건이 높아질수록 증가하여, 압력조건Ⅲ에서 42.1을 나타내었다. 특히, 가수비율 0.50%에 압력조건Ⅲ의 경우 원시료에서 2.6이 상승하여 목표치 이상을 달성하였다. 한편, 가수비율 1.00%의 경우 압력조건 I에서 41.2를 나타내었고, 압력조건Ⅱ에서 42.0을 나타내었다.

표 3-4-6. 가수조건과 압력조건에 따른 시료의 품질특성

운전조건		백도	곡온(℃)	함수율(%)	천립중(g)	배아잔존율(%)	싸라기함량(%)
가수비율(%)	압력조건						
시료조건		39.5	16.1	15.9	22.70	42.5	1.2
0.00	I	41.1	19.3	15.9	22.62	34.6	2.4
	Ⅱ	41.1	19.7	15.9	22.62	34.2	2.5
	Ⅲ	41.3	22.9	16.0	22.59	33.6	2.6
0.25	I	41.1	13.2	16.0	22.63	34.9	2.3
	Ⅱ	41.4	16.3	15.9	22.60	34.4	2.4
	Ⅲ	41.5	19.9	15.9	22.58	33.8	2.7
0.50	I	41.3	15.4	16.0	22.59	35.6	2.4
	Ⅱ	41.6	18.8	16.0	22.57	34.7	2.6
	Ⅲ	42.1	25.9	15.9	22.54	34.5	2.6
1.00	I	41.2	20.4	16.0	22.62	36.4	2.3
	Ⅱ	42.0	27.6	16.0	22.57	36.2	2.4

곡온은 압력이 높아질수록 가수량이 적을수록 다소 증가하는 경향을 보였지만, 그 증가폭은 그다지 크지 않았고, 가수비율에 따라서는 일정한 경향을 보이지 않았다. 원시료의 곡온이 16.1℃이었으며, 무가수의 압력조건 I에서 19.3℃를 나타내었고, 압력조건이 높아질수록 곡온도 증가하여, 압력조건Ⅲ에서 22.9℃를 나타내었다. 가수비율 0.25%의 경우 압력조건 I에서 13.2℃를 나타내었고, 압력조건이 높아질수록 증가하여, 압력조건Ⅲ에서 19.9℃를 나타내었다. 가수비율 0.50%의 경우 압력조건 I에서 15.4℃를 나타내었고, 압력조건이 높아질수록 증가하여, 압력조건Ⅲ에서 25.9℃를 나타내었다. 가수비율 1.00%의 경우 압력조건 I에서 20.4℃를 나타내었고, 압력조건Ⅱ에서 27.6℃를 나타내었다. 특히, 가수비율 1.00%에 압력조건Ⅱ의 경우 원시료에서 11.5℃상승하여 가장 높은 곡온상승을 보였다.

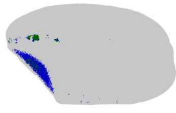

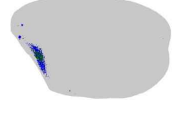
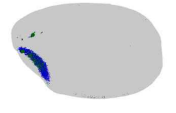
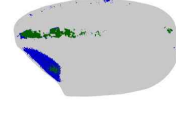
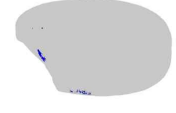

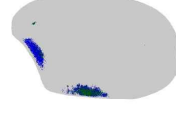
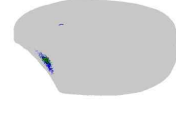
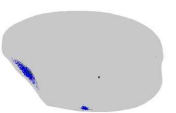
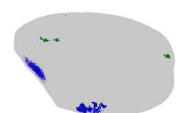
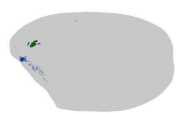
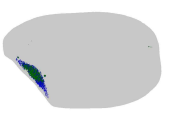
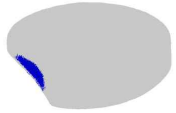
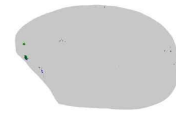
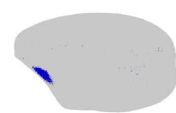

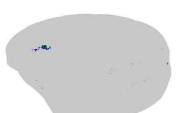
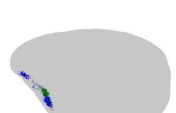


함수율은 압력과 가수비율에 따라 거의 변화가 없었으며, 천립중도 그다지 큰 변화가 없었다. 즉, 추가 도정으로 인한 중량감소와 가수량으로 인한 결과로서 가수비율 0.50%, 압력조건Ⅲ에서 정백수율은 약 0.71%정도 감소한 것이 최대였다. 한편, 배아잔존율은 압력이 높아질수록 감소하는 경향을 보였으나, 가수비율이 높아짐에 따라서는 배아의 잔존율이 높게 나타났다. 원시료의 배아잔존율은 42.5%로 대단히 높은 상태이었다.

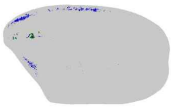
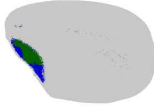
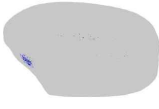
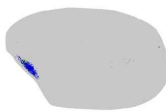
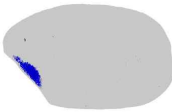
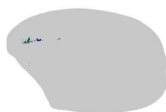
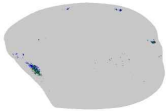
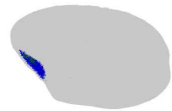
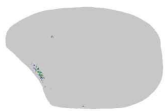
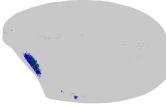
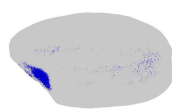
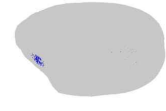
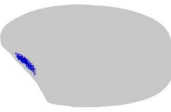

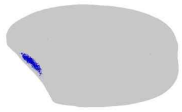
원료로 사용한 쌀의 찌라기함량이 1.2%인데 비해 주어진 운전조건하에서 제조된 클린라이스의 찌라기함량은 2.3~2.7%로서 원시료에 비해 1.1~1.5% 찌라기 함량이 증가하여 대단히 양호한 결과를 얻었으며, 압력조건을 추가로 향상시킬 수 있는 여지가 있다는 것을 알 수 있었다.

한편, 클린라이스 제조시스템에서 가수 및 압력조건별 클린라이스의 CBB index 및 도정편차는 다음 표 3-4-7과 같았다.

표에서 알 수 있듯이 초기 시료의 CBB index는 2.7이었고, 도정편차는 3.8이었으나 클린라이스 제조시스템의 압력과 가수비율이 높아질수록 CBB index 및 도정편차는 감소하는 경향을 나타내어 최소 0.6정도까지 감소하였다. 전술한바와 같이 배아잔존율이 지나치게 높아 CBB index가 비교적 높게 나타났는데 원료로 사용한 쌀의 품종(호품)의 특징과 관련이 있을 것으로 판단되었다. 또한 도정편차도 CBB index와 같은 경향을 보였는데, 무가수 압력조건 I에서 3.5를 나타내었고, 압력조건이 높아질수록 감소하여, 압력조건Ⅲ에서 1.9를 나타내었다. 가수비율 0.25%의 경우 압력조건 I에서 2.1, 압력조건Ⅲ에서 1.8을 나타내었고, 가수비율 0.5%의 경우 압력조건 I에서 1.7, 압력조건Ⅲ에서 1.4를 나타내었다. 가수비율 1.00%의 경우는 압력조건 I에서 2.1, 압력조건Ⅱ에서 1.7을 나타내었다.

표 3-4-7. 가수 및 압력조건별 CBB index 및 도정편차

제조조건		CBB index			도정편차 (최대-최소)
가수비율 (%)	압력조건	평균	최대	최소	
원시료					3.8
		2.7	4.8	1.0	
0.00	1				3.5
		2.0	3.9	0.4	
	2				2.2
		1.3	2.6	0.4	
	3				1.9
		1.1	2.1	0.2	
0.25	1				2.1
		1.1	2.3	0.2	
	2				1.8
		0.9	2.0	0.2	
	3				1.8
		0.7	1.9	0.1	

제조조건		CBB index			도정편차 (최대-최소)
가수비율 (%)	압력조건	평균	최대	최소	
0.50	1				1.7
		0.8	1.9	0.2	
	2				1.6
		0.7	1.7	0.1	
	3				1.4
		0.6	1.5	0.1	
1.00	1				2.1
		0.9	2.3	0.2	
	2				1.7
		0.8	1.8	0.1	

클린라이스 제조시스템의 가수 및 압력조건별 클린라이스 표면상처는 그림 3-4-13과 같았다. 그림에서 알 수 있듯이 원료 시료중 표면에 상처가 있는 시료의 비율이 12.0% 수준으로 비교적 적은 상태였으며, 클린라이스 제조과정중 추가적인 도정으로 인해 가수 및 압력조건에 상관없이 4~8% 수준으로 상처가 많이 감소하였다.













가수비율 (%)	압력조건		
	I	II	III
원시료		—	—
	상처발생율 12.0%	—	—
0.00			
	상처발생율 4.0%	상처발생율 8.0%	상처발생율 4.0%
0.25			
	상처발생율 4.0%	상처발생율 8.0%	상처발생율 8.0%
0.50			
	상처발생율 4.0%	상처발생율 8.0%	상처발생율 8.0%
1.00			—
	상처발생율 4.0%	상처발생율 4.0%	—

그림 3-4-13. 가수량 및 압력조건에 따른 단립표면의 상처 (× 70)

(5) 가수 및 압력조건별 탁도 및 표면상태변화

클린라이스 제조시스템의 가수 및 압력조건에 따른 클린라이스 탁도는 다음 그림 3-4-14와 같았다.

그림에서 알 수 있듯이 탁도는 압력이 높아질수록 감소하는 경향을 보였지만, 가수비율에 따라서는 다소 차이가 있었다. 원시료의 탁도는 19.0NTU이었고, 원시료를 수세 후 측정된 탁도는 6.5NTU를 나타내었다. 무가수의 압력조건 I에서 16.0NTU를 나타내었고, 압력조건이 높아질수록 탁도값이 감소하여, 압력조건III에서 14.3NTU를 나타내었다. 가수비율 0.25%의 경우 압력조건 I에서 16.2NTU를 나타내었고, 압력조건이 높아질수록 감소하여, 압력조건III에서 14.5NTU를 나타내었다. 가수비율 0.50%의 경우 압력조건 I에서 17.0NTU를 나타내었고, 압력조건이 높아질수록 감소하여, 압력조건III에서 12.4NTU를 나타내었다. 특히, 가수비율 0.50%에 압력조건III의 경우가 다른 처리군에 비해 가장 낮은 탁도값을 보였으며, 가수비율 1.00%의 경우 압력조건 I에서 22.0NTU를 나타내었고, 압력조건II에서 14.4NTU를 나타내었다.

전술한 절에서 클린라이스의 기준으로 탁도 16.0NTU(34.5ppm)수준을 제시하였는데, 본 연구에서 개발한 클린라이스 제조시스템의 경우 압력조건II의 일부와 압력조건III의 모든 가수조건에서 본 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 한편, 전술한 바와 같이 초기 시료의 백도가 39.5로 낮고 씨라기발생율이 낮아 가수량을 줄이면서 추가 압력을 향상시킬 수 있는 여지가 있음을 감안할 때 본 클린라이스 제조시스템은 클린라이스 제조에 사용이 가능할 것으로 판단되었다.

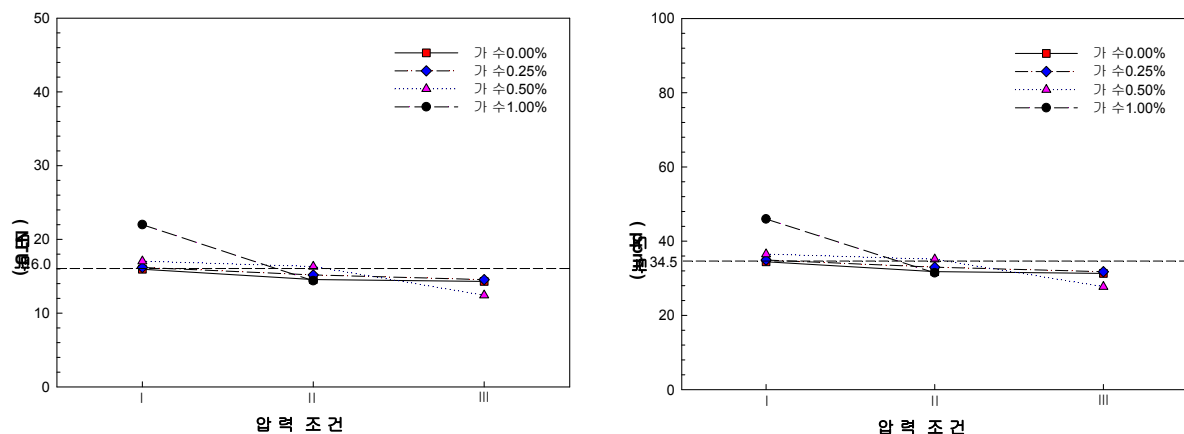


그림 3-4-14. 가수 및 압력조건별 탁도변화

클린라이스 제조시스템에서 가수 및 압력조건별 클린라이스의 표면상태(SEM 검경)는 그림 3-4-15와 같았다.

그림에서 알 수 있듯이 원료의 표면은 대단히 거친 상태이었으나 클린라이스 제조시스템을 통과한 이후 표면이 많은 매끄러운 것을 알 수 있었으며, 특히 압력조건과 가수조건이 높을수록 표면이 더욱 매끄러운 것을 알 수 있었다.

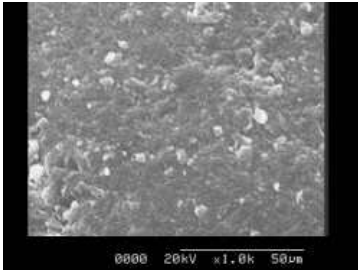
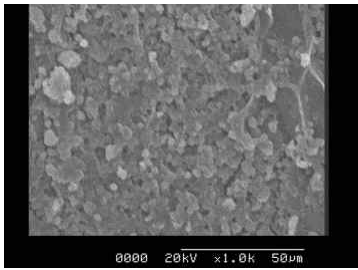
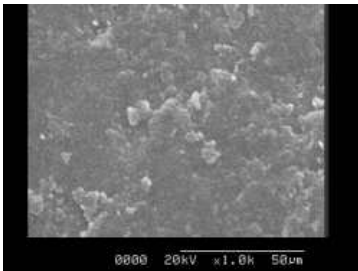
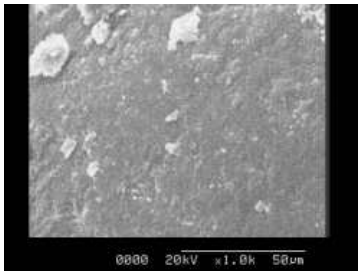
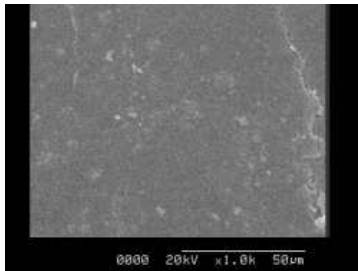
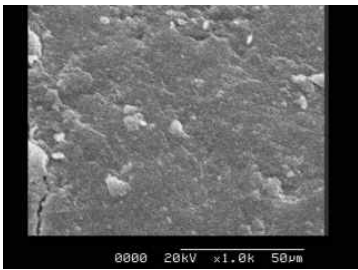
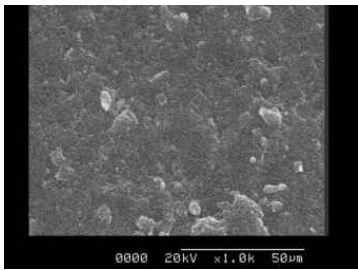
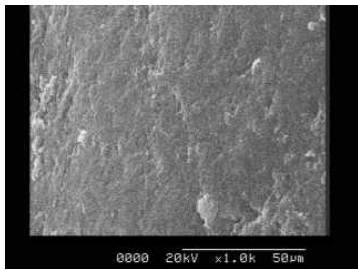
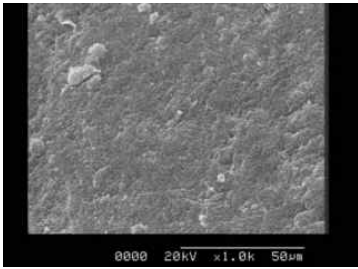
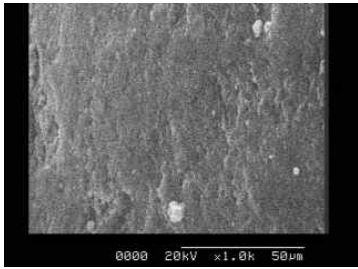
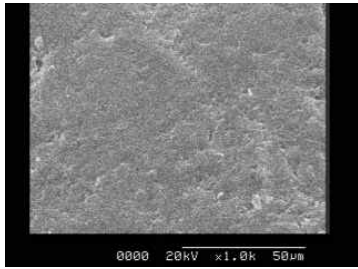
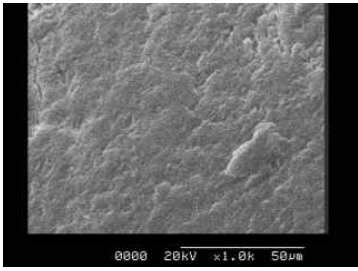
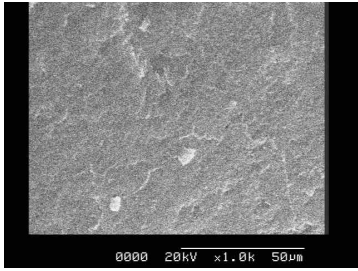
가수 비율 (%)	압력조건		
	I	II	III
원시료			—
	원시료	원시료 수세 후	—
0.00			
0.25			
0.50			
1.00			—

그림 3-4-15. 가수 및 압력조건별 단립표면의 SEM 검경(×1000)

(6) 가수 및 압력조건별로 제조된 밥의 관능품질특성

클린라이스 제조시스템에서 가수 및 압력조건별로 제조된 클린라이스를 취반하여 측정한 밥의 관능적인 특징은 다른 표 3-4-8, 3-4-9과 같았다.

표에서 알 수 있지만 가수 및 압력조건에 따라 밥의 경도와 b값이 $p=0.001$ 수준에서 유의적인 차이를 나타내었으며, 특히 칼라 b값의 경우 가수 및 압력조건별로 클린라이스를 원료로 사용한 밥의 경우가 원료 시료로 취반한 밥의 경우보다 낮게 나타났다.

표 3-4-8. 밥의 색도, 수분 및 Texture 특성

가수 비율 (%)	압력 조건	Texture 특성					색도			수분 함량 (%)*
		경도***	부착성*	탄력성	응집성	씹힘성	L	a	b***	
원시료		1743 ^b	-270 ^b	0.62	0.26	281	80.1	-2.11	2.44 ^{ab}	61.8 ^b
0.00	I	1583 ^b	-230 ^{ab}	0.59	0.27	248	81.2	-2.05	2.72 ^a	62.4 ^{ab}
	II	1737 ^b	-158 ^{ab}	0.56	0.25	245	78.9	-2.23	2.04 ^{bcd}	62.0 ^{ab}
	III	1647 ^b	-118 ^{ab}	0.54	0.23	202	78.2	-2.16	2.46 ^{ab}	62.9 ^a
0.25	I	2073 ^a	-144 ^{ab}	0.47	0.25	240	76.0	-2.24	1.99 ^{bcd}	61.8 ^b
	II	1724 ^b	-104 ^{ab}	0.48	0.23	191	76.8	-2.28	1.86 ^{bcd}	62.4 ^{ab}
	III	2082 ^a	-126 ^{ab}	0.50	0.26	265	75.8	-2.31	1.50 ^d	62.4 ^{ab}
0.50	I	1498 ^b	-143 ^{ab}	0.55	0.28	229	77.4	-2.36	2.22 ^{abc}	61.7 ^b
	II	1586 ^b	-173 ^{ab}	0.60	0.25	236	77.7	-2.30	2.19 ^{abc}	62.0 ^{ab}
	III	1626 ^b	-88 ^a	0.47	0.26	200	77.6	-2.19	1.58 ^{cd}	62.4 ^{ab}
1.00	I	1831 ^{ab}	-212 ^{ab}	0.60	0.27	297	76.7	-2.28	2.06 ^{bcd}	62.1 ^{ab}
	II	1748 ^b	-101 ^{ab}	0.48	0.24	199	77.5	-2.19	1.57 ^{cd}	62.5 ^{ab}

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 $p=0.05$, 0.01 , 0.001 수준에서 유의적인 차이가 있음

한편, 클린라이스 제조시스템에서 가수 및 압력조건에 따라 제조된 클린라이스로 취반한 밥의 냄새, 외관, 맛, 조직감, 전반적 품질에 대한 9점 항목척도(1=대단히 낮음, 5=보통정도, 9=대단히 높음)에서

각 처리구별로 통계적으로 유의적인 차이는 볼 수 없었으나 클린라이스의 경우가 원료 쌀을 사용한 경우보다 다소 높은 값을 나타내었다.

표 3-4-9. 밥의 관능적 품질특성¹

가수비율 (%)	압력 조건	냄새의 품질	외관의 품질	맛의 품질	조식감의 품질	전반적인 품질
원시료		7.94	7.91	7.66	7.44	7.56
0.00	I	7.84	7.66	7.50	7.16	7.34
	II	7.97	7.94	8.03	7.66	7.88
	III	8.09	7.88	7.75	7.47	7.59
0.25	I	7.85	7.88	7.55	7.42	7.48
	II	7.91	7.70	7.55	7.42	7.48
	III	7.84	7.84	7.72	7.44	7.81
0.50	I	8.06	7.81	7.69	7.38	7.63
	II	7.91	7.69	7.50	7.13	7.25
	III	7.97	8.03	7.76	7.58	7.73
1.00	I	7.88	7.79	7.55	7.30	7.45
	II	8.06	7.88	7.61	7.45	7.48

¹1=대단히 낮음, 9=대단히 높음.

abc column내에서 같은 alphabet은 같은 수준임

*, **, *** 시료가 p=0.05, 0.01, 0.001수준에서 유의적인 차이가 있음

2. 미강을 활용한 클린라이스 제조기술개발

전술한 바와 같이 건식 및 반건식의 경우에는 전분알갱이 사이의 잔류미강 또는/및 전분가루의 제거가 불가능하고, 가수정미방식은 표면의 균열, 백화현상으로 인한 외관품질의 저하 등의 문제가 있었다.

이에 따라 일본에서는 타피오카 전분을 사용하거나 미강을 사용한 특수방식 클린라이스 제조시스템이 개발되어 판매되고 있으나, 타피오카 전분을 사용하는 경우에는 한번 사용한 타피오카 전분의 재가공이 복잡하고 손실이 발생하나, 쌀에서 발생하는 미강을 사용하는 경우는 재가공과 손실을 염려할 필요가 없다는 장점이 있다. 그러나 이들 시스템은 국내에 판매된 적이 없으며, 특히 미강을 사용하는 일본 TOYO사의 BG type은 소위 표면미강의 점착성을 이용하여 미강을 제거하는 기술로 학계에서 체계적인 연구보다는 업계에서의 시행착오를 거치면서 개발된 기술로서 발표된 연구결과는 전무한 상태이다. 또한 외부

에 노출을 꺼려 특허도 출원하지 않고 시스템의 외형조차도 공개하지 않은 상태에서 자사에서만 무세미를 임가공하는 실정으로 약 19년 정도 기술의 know-how가 외부로 노출되지 않고 유지되고 있는 것으로 알려져 있다.

현재 일본에서는 약 7~8개 회사에서 10여 종류 이상의 클린라이스 제조시스템을 판매하고 있으나 BG type은 일본 클린라이스의 약 60% 이상을 점하고 있어 실질적으로 대표적인 클린라이스 제조방식이며, 현재까지 발표된 방식중에는 가장 효율적인 방식으로 알려져 있다. 그러나 전술한바와 같이 발표된 연구결과가 전무한 상태로서 그동안 본 연구진도 미강의 가열에 의한 미강유의 변화, 가열된 미강에 의한 미강의 제거정도 등에 대한 개괄적인 가능성을 타진하였으나 뚜렷한 결과를 확인할 수 없었다. 또한, 그동안 BG type에 대한 조사가능성을 지속적으로 타진하였으나 한계가 있었다.

이에 따라 본 연구에서는 점착성을 지닌 미강을 이용하여 배유부분의 전분알갱이 사이의 잔류미강을 제거하는 방법을 시스템에 적용하기 위해 제반 기술적인 부분에 대한 검토를 실시하였다. 그 결과를 간단하게 요약하면 다음과 같았다.

가. 실험 방법

지금까지 본 연구와 관련된 참고문헌을 전혀 찾아볼 수 없는 상태에서 미강의 부착성과, 이를 이용한 잔류미강제거특성을 확인하기 위해 다양한 실험을 실시하였다. 특히 미강의 금속표면으로의 부착성, 미강의 적정형태, 미강과 쌀가루의 적정혼합비율, 온도 및 함수율 조건 등을 구명하였으며, 이를 이용하여 정미시스템에서의 적용가능성도 검토하였다.

(1) 시료 제조

실험에 사용한 시료는 미강, 타피오카전분 및 쌀가루였다. 미강가루는 2009년산 추청 품종을 경기도 안성소재 농협RPC에서 쌀(백도 39.0)을 구입하여 실험용 마찰식정미기를 통과시켜 백도 41수준까지 추가로 도정하면서 미강(BF)을 채취하여 사용하였다. 타피오카전분(TF)은 변성타피오카전분 89%로서 매입하여 사용하였으며, 쌀가루(RF)는 순쌀나라에서 구입한 백미분 100%였다. 시료의 함수율은 각각 미강가루 10.5%, 타피오카가루 11.3%, 쌀가루는 11.0%이었다.

(2) 반죽제조

먼저 3가지 분말을 이용하여 각각 혼합비율을 다르게 하여 11가지 반죽형태로 제조하였다. 시료의 반죽특성을 감안하여 시료 30g을 기준으로 가수량은 TF은 18g, RF는 23g, BF에는 12g을 가수하였다. TF와 BF 혼합반죽의 가수량은 14g수준, RF와 BF의 혼합반죽의 가수량은 18g이었다. 가수한 시료는 반죽하여 3가지 조건으로 호화처리 하였다(미호화, A℃ 30분호화, B℃ 15분호화).

(3) 측정 항목 및 방법

반죽된 시료는 Texture analyser(model TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Haslemere, England)를 이용하여 Bourne 등(1978)에 의해 기술된 2 bite compression에 의해 adhesiveness(부착성)를 측정하고, 탈부착 횟수를 다르게 하면서 화상측정기(Zoom video microscope, INU, Korea)과 주사전자현미경(Scanning electron micrographs, SEM, S2380N, Hitachi, Japan)을 이용하여 쌀 표면의 잔류미강 제거정도를 확인하였다. Texture analyser와 잔류미강 제거정도 측정조건은 표 3-4-10, 3-4-11과 같았다. 또한, 반죽의 함수율, 호화도 및 노화도는 다음과 같이 측정하였다.

- ① 함수율 : 호화시간별 함수율은 AOAC법(1990)에 의하여 상압가열건조법으로 dry oven(HK-D0135F, 한국종합기기제작소, 한국)을 사용하여 시료 약 10g 정도의 시료를 칭량병에 취해 65℃에서 예비건조 한 다음, 105℃에서 항량이 될 때까지 건조하여 건물량을 구하고, 감소된 중량을 수분량으로 계산하여 3회 반복 측정하였다.
- ② 반죽의 내부 온도 : 반죽의 내부온도는 디지털 온도계(TESTO-525, TESTO, Germany)를 사용하여 호화시간별로 측정하였다.
- ③ 호화도 : 호화도 측정은 Owusu-Ansah 등(1982)이 사용한 요오드법에 의하여 호화도를 측정하였다. 즉, 시료 1g 에 증류수 50ml를 첨가하여 ultra turrax homogenizer(T25-S1, IKA, Germany)로 8,000rpm 에서 2분간 homogenizing 한 후 50℃ water bath에서 30분간 흔들여 주면서 가열 후 즉시 4,000rpm 에서 10분간 centrifuge(VS-5000, Vision Co., Korea)시킨 다음 상등액 0.5ml과 iodine solution 0.5ml을 반응시킨 후 640nm 에서 흡광도를 측정하여 호화도를 나타내었다.
- ④ DSC에 의한 노화도 측정 : 노화도 측정은 Choi 등(2005)의 방법을 변형하여, DSC(Differential Scanning Calorimetry, Model DSC-7, Perkin elmer Corp. Instrument Div., Norwalk, CT, U.S.A.)를 이용하여 측정하였다. 일정량의 시료를 알루미늄 팬에 넣고 상온에서 1시간 동안 안정화시켰으며 밀봉된 빈 알루미늄 팬을 reference로 사용하여 20℃부터 130℃까지 10℃/min으로 가열하여 DSC thermogram 상에 나타나는 흡열 peak를 구하였다. 흡열 peak로부터 호화개시온도(T_o : onset temperature), 최대호화온도(T_p : peak temperature), 호화종결온도(T_c : conclusion temperature)와 흡열 엔탈피(ΔH : overall gelatinization enthalpy)를 각각 구하였다

표 3-4-10. Texture 측정 조건

Sample height	20mm
Test speed	5mm/s
Pre test speed	5mm/s
Post test speed	5mm/s
Tigger type	Auto
Tigger force	5g
Probe	25mm Dia cylinder aluminum
Compression	60%

표 3-4-11. 미강제거를 위한 반죽처리 및 탈부착횟수 조건

혼합반죽	혼합비율	처리조건	탈부착횟수	혼합반죽	혼합비율	처리조건	탈부착횟수
TF	100%	100℃	5, 10, 15, 20	BF	100%	100℃	5, 10, 15, 20
RF	100%	100℃	5, 10, 15, 20	—	—	—	—
BF:TF	A:B	Raw	5, 10, 15, 20	BF:RF	A:B	Raw	5, 10, 15, 20
		60℃	5, 10, 15, 20			60℃	5, 10, 15, 20
		100℃	5, 10, 15, 20			100℃	5, 10, 15, 20
	C:D	Raw	5, 10, 15, 20		C:D	Raw	5, 10, 15, 20
		60℃	5, 10, 15, 20			60℃	5, 10, 15, 20
		100℃	5, 10, 15, 20			100℃	5, 10, 15, 20
	E:F	Raw	5, 10, 15, 20		E:F	Raw	5, 10, 15, 20
		60℃	5, 10, 15, 20			60℃	5, 10, 15, 20
		100℃	5, 10, 15, 20			100℃	5, 10, 15, 20
	G:H	Raw	5, 10, 15, 20		G:H	Raw	5, 10, 15, 20
		60℃	5, 10, 15, 20			60℃	5, 10, 15, 20
		100℃	5, 10, 15, 20			100℃	5, 10, 15, 20

※ TF: Tapioca flour, RF: Rice flour, BF: Bran flour

나. 결과 및 고찰

(1) BF, RF 및 TF의 클린라이스 제조시스템 적용가능성

① BF의 금속부착특성

정미기 출구에서 BF는 금속에 부착되거나 스테인리스 및 아크릴 등으로 제작된 이송관의 표면에도 부착되는 경우가 많다. 본 연구는 반죽형태가 아닌 분말형태의 BF가 금속 종류에 따라 부착성에 차이가 발생하는지 여부를 측정하였다. 스테인리스, 알루미늄, 철, 전자석이 부착된 철판 등 몇가지 금속판을 정미기 배출구에 장착하여 BF의 부착 여부를 확인한 결과, 실험에 사용한 금속에는 BF가 부착되지 않았다. 즉, 일반적으로 철이나 아크릴재질에 BF가 부착하는 것은 온도차에 의한 결로에 의한 것으로서, 반죽형태가 아닌 상태에서 BF는 금속에 부착하지 않는 것을 알 수 있었다.



스테인레스재질



알루미늄재질



철재질



자석부착 철판질

그림 3-4-16. BF 부착특성 측정에 사용한 금속판

② 가열처리를 이용한 RF와 BF의 잔류미강 제거특성

RF와 BF를 반죽하여 호화시킨 후 로스팅기에서 1분간 가열하면서 미강을 제거하면서 쌀 표면상태와 쌀과 반죽의 분리특성을 측정하였다.

RF반죽을 사용하여 가열하면서 잔류미강을 제거한 결과, 쌀 시료의 표면에 심한 균열과 동갈이 발생하였으며, 쌀과 유사한 크기의 반죽의 경우 분리가 어려웠다. 한편, BF반죽을 사용하여 쌀과 잔류미강을 제거한 결과, 쌀 표면에 심한 동갈이 발생하였으며, 또한, 표면이 미강유로 코팅되었다. 한편, 호화되지 않는 RF를 쌀과 혼합한후 로스팅기에서 가수하면서 1분간 처리하였을 경우, 일부 RF는 쌀과 분리되어 로스팅기 벽면에 부착되었으며, 일부는 쌀과 반죽되어 분리가 어려웠다(그림 3-4-17).

호화된 TF pearl만을 로스팅기에서 1분간 회전시켰을 경우 벽면은 물론 pearl간에 부착이 심하였다. TF pearl의 점성을 감소시키기 위하여 TF pearl을 물로 세척한 다음 사용하였으나 로스팅기의 가열로 인한 건조로 TF pearl이 적당한 점성을 갖기가 어려웠다. 현재의 실험장비로는 일본의 NTWP방식에서 가온조건을 완전하게 충족하기가 어려웠으며, 유사조건 환경에서는 로스팅기에 직접 접촉한 쌀에 균열이 발생하는 문제가 있었다.



RF가 로스팅기 벽면에 부착



쌀과 RF의 반죽형태

그림 3-4-17. 호화되지 않은 RF를 이용하여 가열가수할 때 잔류미강 제거특성



TF pearl을 가열가수하면서
잔류미강제거



미강제거후 쌀 시료

그림 3-4-18. 호화된 TF pearl을 수세한후 가열가수할 때 잔류미강 제거특성

③ BF pearl을 이용한 잔류미강 제거특성

회전 및 가열이 가능한 코팅기에서 BF를 가열가수하여 pearl형태로 제작된 BF pearl은 다음 그림 3-4-19와 같았다. 그림에서 알 수 있듯이 BF pearl은 크기가 일정하지 않았으며, 제작된 BF pearl을 쌀과 함께 코팅기에서 1분간 회전하여 잔류미강을 제거한 결과, 미강유로 쌀 표면이 코팅되어 광택이 발생하였으며, 쌀 표면의 균열이 발생하였고, 쌀과 유사 크기의 BF pearl은 색채선별 등의 선별공정이 필요하였다. 또한 코팅기의 열에 직접 접촉한 쌀은 표면에 균열이 발생하였다.



그림 3-4-19. 가열가수하면서 제작한 BF pearl



그림 3-4-20. BF pearl을 이용하여 잔류미강을 제거한 쌀 시료

④ 실험용정미기에서 BF의 배출특성

호화되지 않은 BF와 호화된 BF반죽을 쌀과 혼합한 후 실험용 마찰식정미기를 통과시켰을 때 정미기 BF가 금망에 부착되어 쌀이 배출이 어려웠다(그림 3-4-21). 이는 BF 및 BF반죽의 혼입으로 인해 정미기의 정백통에서의 과부하가 원인으로 판단되었다.



BF로 막힌 마찰식정미기의 금망



금망이 막혀서 배출되지 않음

그림 3-4-21. BF 및 BF반죽을 이용할 때 실험용정미기에서의 잔류미강 제거특성

⑤ BF 및 RF반죽에 의한 잔류미강 제거특성

호화되지 않는 BF반죽을 철판에 부착한 후 수작업으로 잔류미강을 제거한 결과, 쌀알이 BF반죽에 박혀서 마찰이 발생하지 않았으며, 쌀알은 미강유 및 BF에 의해 직접 오염되어 b값이 크게 증가하였다. 그러나 호화된 BF반죽을 철판에 부착한 후 미강을 제거하였을 경우는 BF반죽에 쌀알이 박히지 않아 마찰이 발생하였으나 마찰 과정에서 BF반죽도 혼입되었으며, 미강유로 인해 쌀 표면이 코팅되었다.



호화된 BF반죽에 쌀이 부착되어
있는 모습



미강제거후 쌀 표면상태

그림 3-4-22. 호화된 BF반죽과 철판을 이용한 잔류미강 제거특성

호화되지 않는 RF반죽을 철판에 부착한 후 미강을 제거하였을 경우는 그림 3-4-23과 같았다. BF반죽과 유사한 형태로 마찰이 발생되지 않았으며, 제거된 쌀알에 RF반죽이 부착되어 미강제거전보다 오히려 외관특성이 나빴다.



호화되지 않는 RF반죽에 쌀이
부착된 모습



미강제거 후 쌀표면상태

그림 3-4-23. RF반죽과 철판을 이용한 잔류미강 제거특성

호화된 RF반죽을 철판에 부착한 후 잔류미강을 제거하는 경우에는 그림 3-4-24와 같이 RF반죽에 쌀이 박히지 않고 마찰도 잘 이루어졌으며, 쌀 외관 상태도 대체로 양호해 보였다.



호화된 RF반죽에 쌀이 부착되어
있는 모습



미강제거 후 쌀 표면상태

그림 3-4-24. 쌀가루반죽을 철판에 부착 후 손바닥으로 마찰하여 미강제거

⑥ 가수량이 다른 BF반죽을 이용한 잔류미강 제거특성

가수량(15, 20, 25, 30g)을 다르게 하여 제조한 BF반죽을 철판에 부착한 후 마찰에 의해 잔류미강 제거특성을 살펴본 결과는 다음 그림 3-4-25와 같았다. 그림에서 알 수 있듯이 가수량 15g에서는 BF반죽의 점성이 약해 마찰시 BF반죽도 혼입되어 배출되었다. 또한 가수량 20, 30g반죽에서는 쌀과 마찰할 때 BF반죽 덩어리는 혼입되지 않았으나 마찰에 의해 BF반죽이 분말형태로 떨어져 나왔으며, 미강유로 쌀 표면이 코팅되어 광택이 발생하였다.

시료	마찰에 의한 BF반죽 및 쌀상태	마찰후 쌀 표면상태
가수량 15g		
가수량 20, 30g		

그림 3-4-25. 가수량(15, 20, 30g)을 다르게 제조한 BF반죽과의 마찰에 의한 잔류미강 제거특성

(2) BF, RF 및 TF을 이용한 적정 잔류미강 제거방법 탐색

① 전분의 적정 부착성 및 배합비

이상과 같이 BF, RF 및 TF을 호화 또는 호화되지 않는 상태에서 다양한 방법으로 클린라이스 제조 시스템에 적용할 수 있는 방법을 탐색하였다. 호화여부와 전분의 종류에 따라 쌀의 품질 및 잔류미강 제거특성에 차이가 많았으며, BF만을 사용할 경우 미강유로 인한 쌀 표면의 코팅이 발생하여 유통시 지방산가의 증가 등이 우려되었으며, 호화된 RF반죽의 경우 잔류미강의 제거특성이나 쌀 표면의 상태가 양호하였다. 그러나 RF는 지나치게 고가로서 당초 본 연구에서 지향하는 쌀의 부산물인 BF를 사용하지 못한다는 단점이 있어 이들을 적절하게 혼합할 경우의 잔류미강 제거특성에 대해 확인이 필요하였다.

따라서 본 연구에서는 잔류미강 제거시 사용하는 전분의 적정 부착성을 탐색하기 위하여 BF, RF, TF 및 이들의 혼합비와 호화조건(미호화, 60℃ 30분 호화, 100℃ 15분 호화)을 다르게 하여 탈부착횟수를 5, 10, 15, 20회 반복하면서 잔류미강 제거특성을 측정하였다. 그 결과, TF, RF, BF를 100℃ 호화시킨 후 부착성을 비교하였을 때는 TF > RF > BF 순으로 나타났으며, BF:TF, BF:RF를 혼합하여 호화시킨

시료는 A:B > C:D > E:F > G:H 순으로 높게 나타났다. 따라서 쌀표면에 부착된 미강을 제거할 때 TF를 충분히 호화시킨 시료가 가장 우수할 것으로 판단되었으며, BF와 TF를 혼합하였을 경우 TF의 비율이 높고, 100℃ 찜기에서 호화시켰을 때가 부착성이 높게 나타나 미강제거에 양호할 것으로 판단되었다.

또한 탈부착 횟수의 영향도 크게 나타났다. 부착성이 높은 조건인 혼합비율 A:B인 경우, 100℃ 찜기에서 호화시켰을 경우 탈부착 횟수에 따른 잔류미강 제거 정도는 다음과 같다. 다른 실험에서도 마찬가지로 탈부착 횟수가 증가함에 따라 호분층의 격자 구조가 더욱 확실하게 드러나 잔류미강의 제거 정도가 증가함을 알 수 있었다.


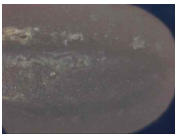
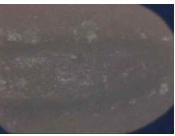
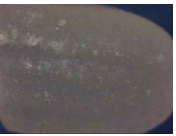
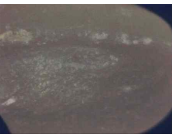
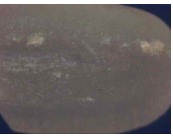

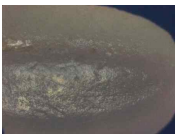
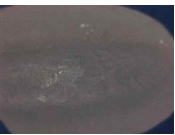
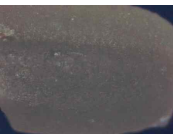
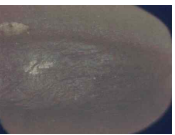
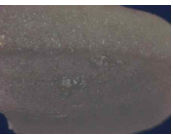
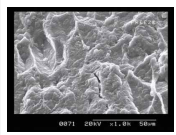
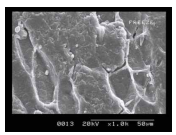
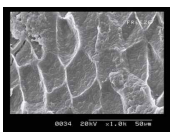
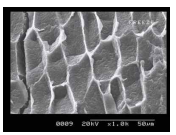
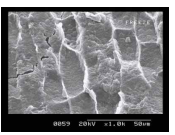
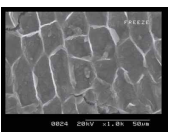
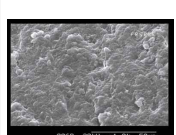
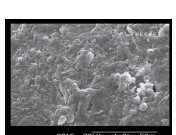
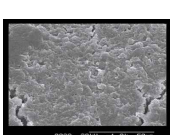
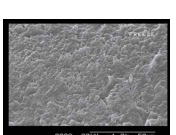
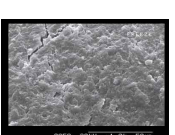
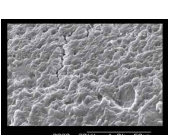
탈부착 횟수	BF, 100℃		TF, 100℃		RF, 100℃	
	5회	20회	5회	20회	5회	20회
탈부착 전 표면						
탈부착 후 표면						
탈부착 후 SEM (호분층)						
탈부착 후 SEM (전분층)						

그림 3-4-26. BF, TF, RF 반죽을 100℃ 찜기에서 호화 후 탈부착횟수에 따른 표면상태 및 SEM 검경

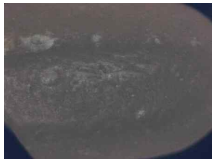
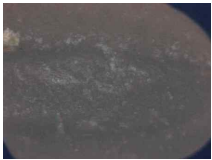
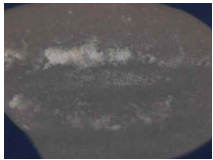
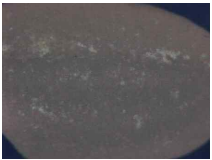
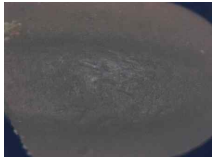

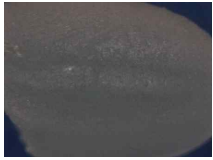
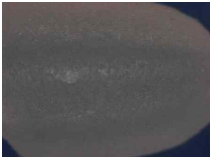
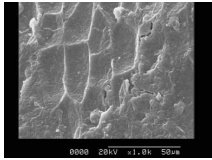
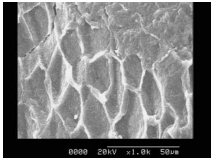
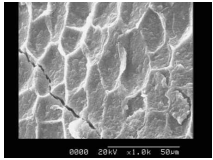
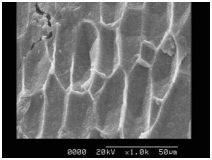
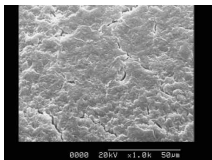
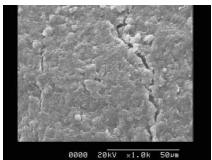
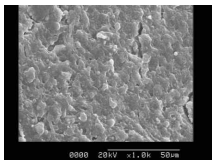
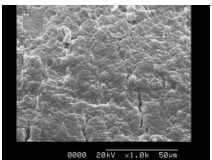
탈부착 횟수	5회	10회	15회	20회
탈부착 전 표면				
탈부착 후 표면				
탈부착 후 SEM (호분층)				
탈부착 후 SEM (전분층)				

그림 3-4-27. BF:TF=A:B를 반죽하여 100℃ 찜기에서 호화 후 탈부착횟수에 따른 표면상태 및 SEM 검경

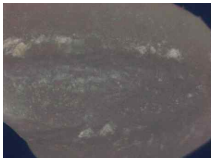
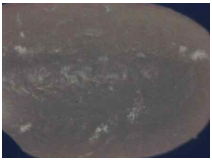
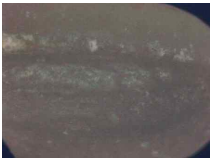
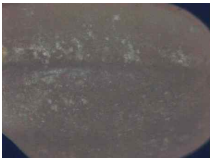
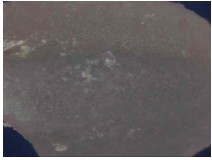
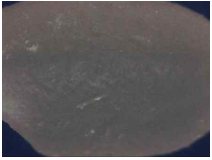


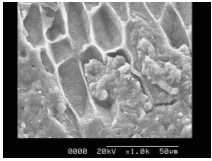
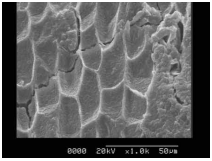
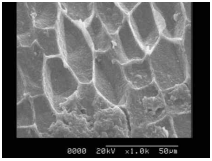
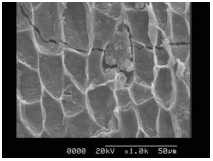
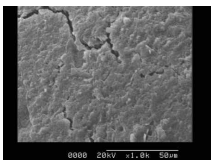
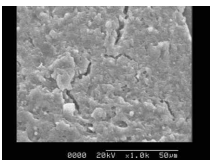
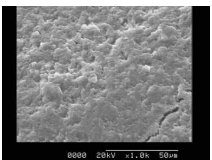
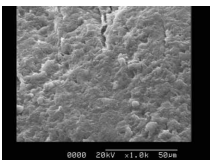
탈부착 횟수	5회	10회	15회	20회
탈부착 전 표면				
탈부착 후 표면				
탈부착 후 SEM (호분층)				
탈부착 후 SEM (전분층)				

그림 3-4-28. BF:RF=A:B를 반죽하여 100℃ 찜기에서 호화 후 탈부착횟수에 따른 표면상태 및 SEM 검경

표 3-4-12. 전분의 배합 및 호화조건별 부착성

Sample		Adhesiveness(gs)
TF	Raw	—
	60℃	—
	100℃	-208.24±51.49
RF	Raw	-40.88±5.49
	60℃	-47.99±8.55
	100℃	-114.47±24.61
BF	Raw	-31.23±9.80
	60℃	-35.54±8.74
	100℃	-85.49±10.88
BF:TF=A:B	Raw	-43.85±14.42
	60℃	-40.68±15.13
	100℃	-92.28±15.38
BF:TF=C:D	Raw	-41.27±17.21
	60℃	-42.51±12.26
	100℃	-75.73±5.56
BF:TF=E:F	Raw	-34.81±13.24
	60℃	-33.60±11.71
	100℃	-65.48±7.05
BF:TF=G:H	Raw	-33.04±6.33
	60℃	-30.28±13.80
	100℃	-55.75±6.45
BF:RF=A:B	Raw	-35.28±9.29
	60℃	-40.51±6.12
	100℃	-76.18±21.56
BF:RF=C:D	Raw	-32.47±10.02
	60℃	-39.95±2.24
	100℃	-69.17±15.86
BF:RF=E:F	Raw	-32.14±6.70
	60℃	-34.44±5.21
	100℃	-66.66±15.95
BF:RF=G:H	Raw	-31.59±5.84
	60℃	-34.14±10.14
	100℃	-50.53±12.79

RF는 호화시켰을 경우에 부착성이 우수하였으며, BF과 RF를 혼합하였을 경우에는 RF의 첨가비율이 높고, 100℃에서 15분 호화시켰을 때 부착성이 $-75.73 \pm 5.56 \text{gs}$ 로 높게 나타났다.

BF:TF 반죽, BF:RF 반죽을 각각 호화 전, A℃ 30분 호화, B℃ 15분 호화시켜 탈부착을 실시한 결과, 100℃호화 > 60℃호화 ≥ 미호화 순서로 미강이 잘 제거되었다. BF:TF 반죽, BF:RF 반죽을 각각 A:B, C:D, E:F, G:H 비율로 혼합한 후 탈부착을 실시하였을 때 A:B ≥ C:D > E:F > G:H 순으로 높게 나타나 TF나 BF의 비율이 높아질수록 미강이 잘 제거되었다. 하지만 BF:TF 및 BF:RF A:B와 C:D 비율은 미강의 제거정도가 거의 유사하여 미강의 활용도를 높인 경제적 효율성 면에서는 C:D 비율이 바람직한 것으로 판단되었다.

이상의 결과에서 BF:RF를 C:D비율로 혼합하여 반죽하고, 100℃에서 완전히 호화시킨 후 잔류미강을 제거하는 방법이 경제성 및 당초목적 달성에 유리한 것으로 판단되었다.

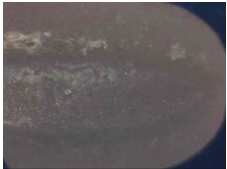
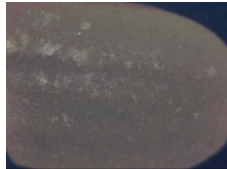
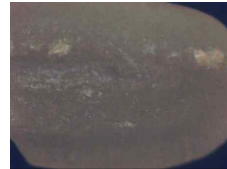
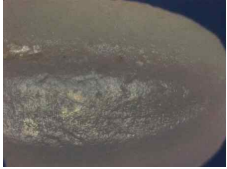


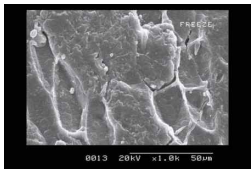
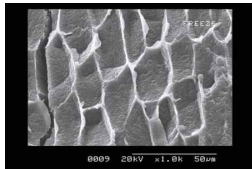
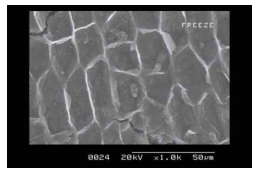

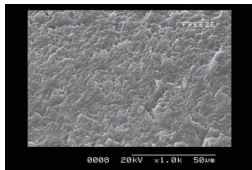
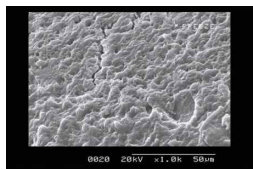
구 분	BF, 100℃	TF, 100℃	RF, 100℃
탈부착 전 표면			
탈부착 후 표면			
탈부착 후 SEM (호분층)			
탈부착 후 SEM (전분층)			

그림 3-4-29. BF, TF, RF 반죽을 100℃ 찜기에서 호화 후 탈부착에 따른 표면상태 및 SEM 검경


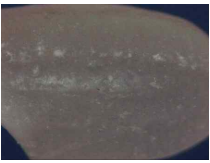
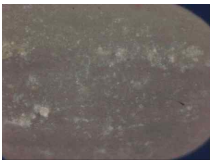
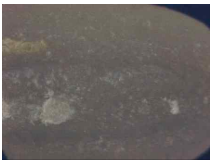
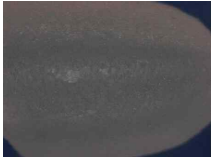
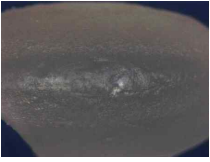


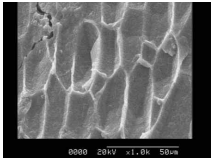
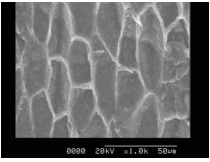
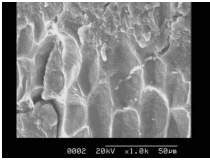
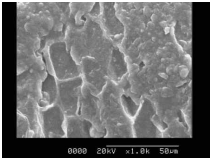
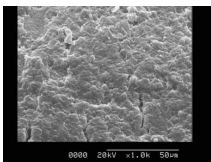
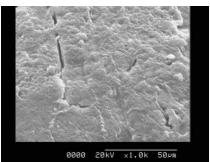
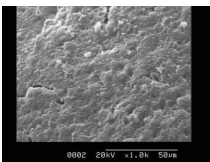
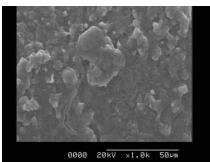
혼합비율	A:B	C:D	E:F	G:H
탈부착 전 표면				
탈부착 후 표면				
탈부착 후 SEM (호분층)				
탈부착 후 SEM (전분층)				

그림 3-4-30. BF:TF를 반죽하여 100℃ 찜기에서 호화 후 탈부착에 따른 표면상태 및 SEM 검경

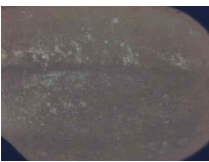

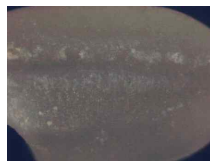


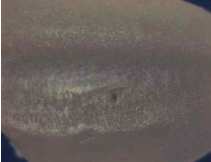


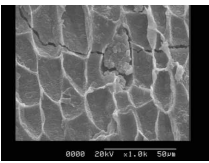
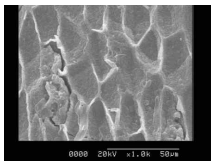
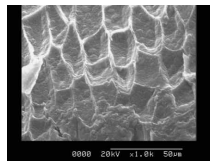
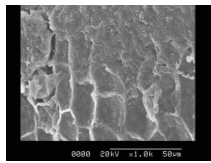
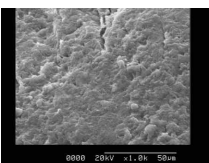
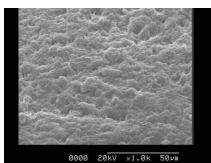
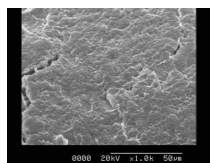
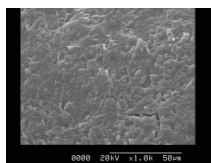
혼합비율	A:B	C:D	E:F	G:H
탈부착 전 표면				
탈부착 후 표면				
탈부착 후 SEM (호분층)				
탈부착 후 SEM (전분층)				

그림 3-4-31. BF:RF를 반죽하여 100℃ 찜기에서 호화 후 탈부착에 따른 표면상태 및 SEM 검경

② 적정 배합비율에서의 호화 및 노화 특성

적정 배합비율(BF:RF = C:D)에서의 스팀시간별 반죽의 함수율 및 내부온도는 표 3-4-13과 같았다. 표에서 알 수 있듯이 함수율은 초기에 41.01%이었고, 스팀시간이 늘어날수록 함수율은 증가하여 스팀 30분에 52.94%를 보였다. 이처럼 스팀시간이 늘어남에 따라 함수율이 증가한 것은 반죽이 호화되는 과정에 micelle구조 사이가 넓어져 물분자가 반죽 내부 깊숙이 침투된 것이 원인으로 판단되었다. 또한 반죽의 내부온도는 초기에 23.5℃이었고, 스팀시간이 늘어남에 따라 내부온도도 증가하여 스팀 30분에 94.8℃를 보였다. 스팀시간 15분까지 내부온도가 급속히 상승하다가, 15~30분 사이에는 1.4℃만 상승하여 상승폭이 미미하였는데, 15분 및 30분 스팀은 호화의 정도가 매우 비슷할 것으로 판단되었다.

표 3-4-13. 적정 전분배합비율에서의 스팀시간별 반죽의 함수율 및 내부온도

구 분	스팀시간(분)						
	0	2	5	7	10	15	30
함수율(%)	41.01	42.67	45.16	45.18	45.31	46.02	52.94
내부온도(℃)	23.5	52.4	60.2	77.8	83.8	93.4	94.8

전분이 물과 함께 55~65℃ 이상의 온도에서 가열된 후 반투명의 콜로이드(Colloid) 상태로 변하는 호화는 수분과 열에 의한 것이며, 온도의 지속성과도 관계가 있다. BF 및 RF를 C:D 비율로 반죽한 후 스팀시간별 호화도는 그림 3-4-32의 rice starch standard curve로 계산하였으며, 측정 결과는 그림 3-4-33과 같았다. 그림에서 알 수 있듯이 스팀시간 0분, 2분, 5분, 7분, 10분, 15분 및 30분 동안 호화시킨 시료의 호화도는 각각 6.36, 7.02, 8.98, 15.39, 16.75, 16.86 및 16.85%로 나타났다. 스팀시간 5분까지는 호화도가 완만히 증가하다가, 5분에서 7분 사이 호화도가 급격히 증가하였으며, 7분에서 10분 사이에 다시 완만히 증가하였다. 스팀시간 10분에서 30분 사이는 모두다 17% 수준의 호화도를 나타내었는데, 호화도가 거의 변하지 않아 호화가 완성된 것으로 판단되었다. 한편 30분 호화시 17% 수준으로 매우 낮게 나타난 것은 순수한 rice starch가 아닌 미강과 쌀가루의 혼합으로 인한 쌀전분 이외의 여러 성분이 혼재하며, 호화조건(스팀)도 물에 넣어 삶는 것보다는 균일하지 않기 때문에 호화도가 낮게 나타난 것으로 판단되었다. Choi 등(2005)은 제분방법이 다른 동일한 입자크기에 백설기 떡의 호화도를 측정하였을 때 4~6% 수준으로 나타나 본 연구결과처럼 낮은 호화도값을 보였다.

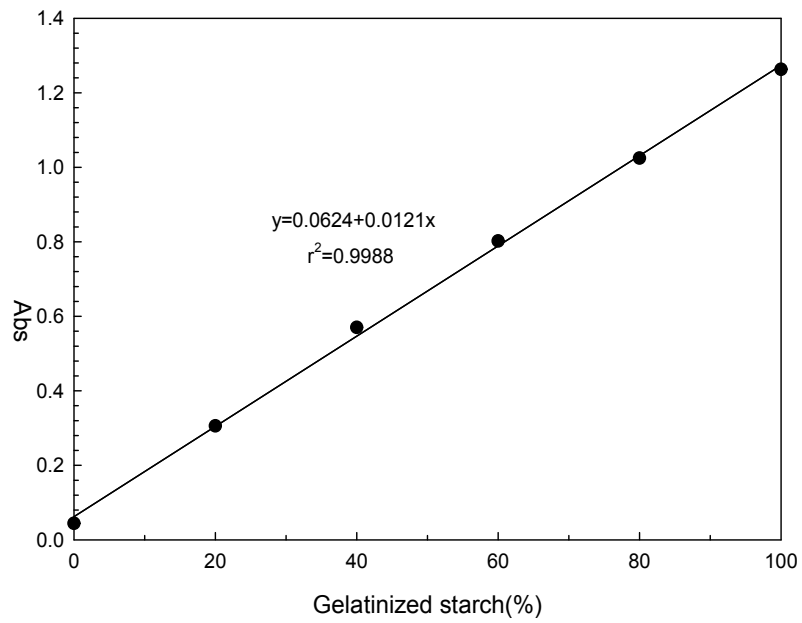


그림 3-4-32. 호화된 쌀전분의 표준곡선

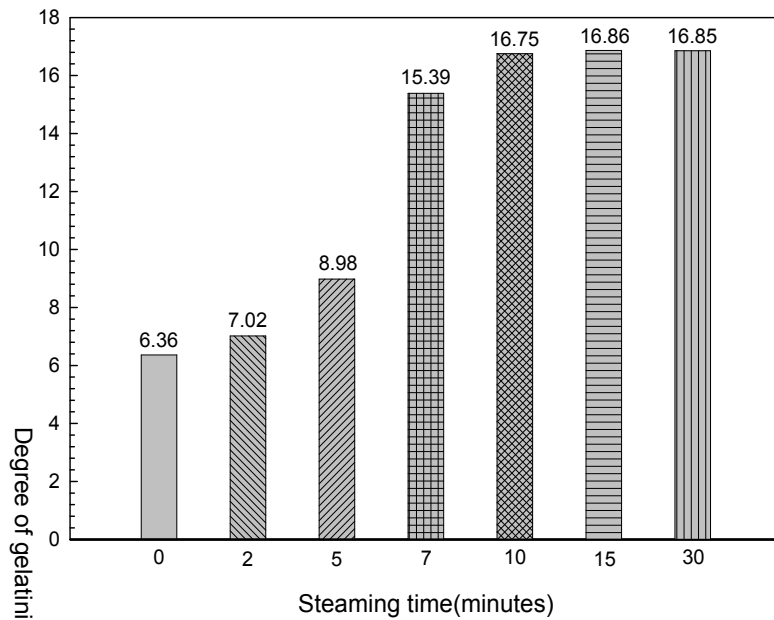


그림 3-4-33. 적정 배합비율에서의 스팀시간에 따른 호화도

가열 호화된 전분이 냉각될 때 전분 분자들이 부분적으로 규칙적인 분자배열을 하여 micelle 구조를 형성하면서 결정성이 증가하는 노화가 진행될수록 전분의 접착력은 저해된다. 본 실험에서는 RF, BF, BF:RF=C:D 비율의 전분가루의 노화도와 반죽시료는 미강과 쌀가루 C:D 비율로 반죽한 시료를 0분, 5분, 7분, 10분, 15분, 30분간 스팀시킨 후 노화도를 측정하였으며, 그 결과는 그림 3-4-34, 표 3-4-14와 같았다.

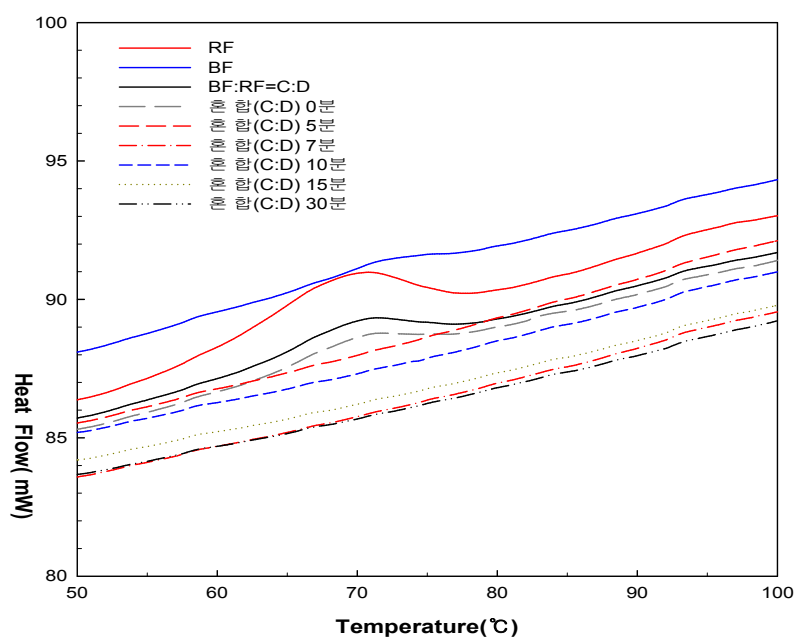


그림 3-4-34. 시료의 처리조건에 따른 DSC thermogram

표 3-4-14. 시료의 처리조건에 따른 DSC 특성

시료 처리 조건		Melting endotherm			
		$T_o(^{\circ}\text{C})$	$T_p(^{\circ}\text{C})$	$T_c(^{\circ}\text{C})$	$\Delta H(\text{J/g})$
분말	RF	58.67	69.28	77.22	9.65
	BF	55.82	71.31	78.54	3.18
	혼합(C:D)	61.95	70.32	77.35	4.89
반죽	혼합(C:D), 스팀 0분	62.39	70.64	77.55	6.04
	혼합(C:D), 스팀 5분	—	—	—	—
	혼합(C:D), 스팀 7분	—	—	—	—
	혼합(C:D), 스팀 10분	—	—	—	—
	혼합(C:D), 스팀 15분	—	—	—	—
	혼합(C:D), 스팀 30분	—	—	—	—

※ T_o : onset temperature, T_p : peak temperature, T_c : conclusion temperature,
 ΔH : overall gelatinization enthalpy

전분가루 형태의 호화개시 온도(T_0)는 BF가 55.82℃로 가장 낮았고, C:D 혼합시료분말은 61.95℃로 가장 높게 나타났다. 최대호화온도(T_p)는 RF가 69.28℃로 가장 낮게 나타났으며, BF가 71.31℃로 가장 높게 나타났다. 호화종결온도(T_c)는 RF와 C:D 혼합가루는 77℃수준으로 비슷하였으나, BF는 다소 높은 78.54℃를 보였다. ΔH 는 전분이 노화될 때 생성되는 수소결합의 분해의 차이에 기인하는 것으로 ΔH 가 낮을수록 노화가 지연됨을 의미하며, 본 연구에서는 RF가 9.65J/g, C:D 혼합가루가 4.89J/g로 나타났으며, BF는 3.18J/g로 나타나 BF의 노화지연효과가 우수한 것으로 나타났다.

반죽시료의 경우 스팀 0분은 호화개시 온도(T_0) 62.39℃, 최대호화온도(T_p) 70.64℃, 호화종결온도(T_c) 77.55℃로 나타났으며, 흡열 엔탈피(ΔH)는 6.04J/g로 나타났다. 그러나 스팀시간 5분 이상에서는 흡열 반응이 일어나지 않아, Melting endotherm를 찾을 수 없어 노화도를 측정할 수 없었다. 즉, 스팀 5분 이상의 반죽시료는 이미 호화가 다 진행되어, DSC상에서 호화 및 노화특성을 확인할 수 없었다.

(3) 적정 혼합전분과 정미시스템을 이용한 잔류미강 제거특성

다음 그림 3-4-35는 마찰식 정미시스템의 금망을 스테인리스로 제작하고, 금망에 전기히터를 설치하여 온도를 조절하도록 제작한 실험장치를 나타낸 것이다. 실험용정미기에 적정비로 혼합된 전분으로 제작한 반죽을 pearl형태로 제작하여 쌀과 같이 통과시키면서 압력별로 전분제거특성을 측정하였다.



그림 3-4-35. 실험에 사용한 스테인리스 금망과 히터를 장착한 마찰식정미기

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

무세미를 포함한 클린라이스 관련 기술은 일본에서 시작되었으며, 전 세계적으로도 유일하게 일본만이 관련 기준을 제정하였고, 거의 모든 시스템을 생산하여 수출하고 있다. 그러나 일본의 경우도 2가지의 각각 다른 기준이 제시되어 있어 소비자가 혼란스러운 상태로서 정부에서 단일 기준을 제정하기 위해 많은 노력을 기울이고 있으며, BG type은 외부에 판매되지 않는 등 기술부분도 아직까지 해결해야 할 부분이 많은 상태이다.

우리나라에는 클린라이스 정의, 기준 및 측정방법이 없었다. 이에 따라 본 연구결과가 나오기 이전에는 많은 RPC에 고가(국내산과 유사한 시스템의 가격이 최대 10배)이면서 우리나라 실정에 적합한지 구명되지 않는 외국산 시스템이 무분별하게 도입되고 있었으며, RPC에서는 품질관리도 없이 이런 시스템에서 생산된 제품은 모두 클린라이스로 판매하고 있었다. 본 연구팀에서 시중에 유통되고 있는 클린라이스를 수집하여 품질을 분석한 결과, 품위, 탁도 및 표면상태 등 전반적인 품질이 많이 낮았다. 한편, 우리나라에서도 관련된 연구가 일부 있었지만 도정 관련부분에 대한 기술수준이 낮은 시절에 수행되어 측정방법이 상이하여 연구결과의 재현성 및 활용성이 낮은 실정이었다.

본 연구는 이러한 배경속에서 정부의 안전한 고품질 쌀 유통정책에 부합되는 클린라이스의 정의, 기준 및 측정방법을 정립하여 쌀의 품질에 맞는 시장유통가격체계가 형성되는데 기여하고, 기존의 건식연미방식 이상의 품질향상이 가능하고 RPC에서 용이하게 적용할 수 있는 클린라이스 제조시스템을 개발하기 위하여 수행되었다.

본 연구에서 가장 핵심적인 연구성과는 미강제거측면을 비롯하여 전반적인 클린라이스와 관련된 기술적인 부분을 구명하여 우리나라 실정에 적합한 클린라이스 기준(안)을 설정한 것이다. 이 기준(안)은 정부, 학계, 단체 및 클린라이스 생산자 등 15명으로 구성된 전문가 협의회를 거쳐 보완하였으며, 이를 정부에 건의하여 널리 사용되도록 할 계획이다. 2번째 핵심적인 연구성과는 반건식 클린라이스 제조시스템의 시작품을 제작하여 우수한 성능을 확인한 것으로서, 이를 기술이전할 계획으로 이에 따라 우리나라에서도 클린라이스 제조시스템을 생산하여 수입대체 효과를 기대할 수 있게 되었다. 또한, 미강 혼합분말의 적정 점착성 조건을 구명하여 미강을 이용한 특수방식의 가장 핵심적인 부분을 해결하여 실용화의 초석이 되게 하였다. 그러나 이 부분의 실용화를 위해서는 추가적인 연구가 필요하였다.

3편의 논문을 발표하였고, 약 8건의 논문을 투고하기 위해 준비중이며, 클린라이스 제조시스템에 대해서 특허 준비중에 있다. 또한, 한국RPC연구회의 특별세미나, RPC를 대상으로 한 교육에서 연구결과를 교육하여 이미 상당한 수입억제 효과를 얻고 있다.

앞으로 연구결과의 착실한 교육, 홍보를 통해 우리나라의 클린라이스 시장의 정상적인 성장에 크게 기여할 것으로 기대되며, 이는 RPC에서의 상품의 다양성, 고품질 쌀 생산에도 크게 기여하는 등 본 연구에서 계획한 목표를 충실하게 달성하였다고 판단된다.

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획

본 연구에서는 클린라이스와 관련된 제반 품질조건의 구명을 통해 기준 및 측정방법을 정립하였고, 반건식 입형 클린라이스 제조시스템을 개발하였다. 이 결과를 논문발표, 특허 및 기술이전, 정책건의, 홍보 및 교육 등에 다음과 같이 활용할 예정이다.

- 클린라이스 기준 및 측정방법 등은 널리 활용될 수 있도록 정부에 정책 건의를 계획하고 있다.
- 한국농업기계학회 2008년 하계학술대회에서 3편을 발표하였으며, 본 연구결과를 약 8부분으로 정리하여 논문으로 투고를 진행하고 있다.
- 클린라이스 제조시스템과 미강을 활용한 클린라이스 제조방법에 대해서는 특허를 준비중에 있으며, 기업에 기술이전을 추진중이다.
- 한국RPC연구회 2008년 정기총회 및 특별세미나, 교육 등을 통해 관련 내용을 전파하고 있으며, 더욱 확대할 예정이다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

클린라이스는 일본에서 개발된 기술로서 본 연구에서 수집한 자료는 거의 일본에서 생산된 것이었다. 수집된 자료 중에는 일본 農林水産省 및 米穀公正取引推進協議会 등 쉽게 수집이 어려운 자료도 포함되어 있었으며, 이들 자료를 통해 일본의 전반적인 고품질 쌀 산업을 예측할 수 있었다.

또한, Satake, Toyo 등 세계적인 관련업체의 방문조사를 통해 u-RPC와 관련된 기초정보, 미강을 활용한 특수방식 등의 전반적인 정보도 수집할 수 있었다.

이러한 정보는 향후 우리나라 제 3세대 RPC가 될 u-RPC모델개발, 미강을 활용한 특수방식 개발, 배아미 기준설정연구 등 쌀 산업 관련 부분의 필수적인 연구에 활용이 가능할 것으로 기대되었다.

제 7 장 참고문헌

1. 가부시키가이샤 굿 라이프. 2003. 연미방법, 연미장치, 연미재, 무세미 제조방법 및 무세미 제조장치. 대한민국 특허청. 공개특허 10-2005-0015946
2. 고품질쌀 브랜드육성사업 한국식품연구원 연구보고서. 2010. 가공시설현대화사업 성능검사 방향
3. 권기현. 2001. 씻어나온 쌀 제조기계개발 및 품질평가. 성균관대학교 대학원 석사학위논문
4. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은 등. 2005. RPC 가공기술 개선연구. 한국식품연구원 보고서 G01515-05079
5. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2005. 통합RPC 시설 및 가공기술 컨설팅(I). 한국식품연구원 연구보고서 I01679-05047
6. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2006. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(II). 한국식품연구원 연구보고서 I01742-06078
7. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2007. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(III). 한국식품연구원 연구보고서 I01781-07061
8. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 김상숙 등. 2008. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(IV). 한국식품연구원 연구보고서 I01826-08049
9. 김동철, 김의웅, 김훈, 이세은, 등. 2009. 통합RPC 시설 및 기술 컨설팅(V). 한국식품연구원 연구보고서 I01856-09054(1)
10. 김동철, 이세은, 김의웅, 이상효, 김상숙 등. 2000. 벼의 수확후 처리·가공기술 개발. 한국식품연구원 연구보고서 GA0140-0001
11. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙, 박종대 등. 2005. 고품질 쌀 생산 및 유통을 위한 균일 도정 기술 개발. 한국식품연구원 연구보고서 E052002-05120
12. 김의웅, 김동철, 김훈, 이세은, 김상숙, 박종대 등. 2006. RPC 고품질 쌀 정미가공기술 연구. 한국식품연구원 연구보고서 I01730-06088
13. 김의웅, 김동철, 이세은, 김훈, 김상숙, 박종대, 장종근, 금동혁 등. 2007. 쌀 산업 경쟁력 강화를 위한 RPC remodeling 모델개발. 농림수산식품부 보고서 GA0679-07020
14. 농산물 표준규격. 2008. 농산물 표준규격(쌀 품위 규격 기준 : 7011). 국립농산물품질관리원
15. 농촌진흥청 2002년도 농업과학기술개발 연구결과 시책반영 건의 자료집. 2002. 무세미 조제기계 기술 개발 GOVP1200322681. pp. 153-155
16. 농촌진흥청 농업기계화연구소 2002 농업기계화 시험연구보고서. 2002. 무세미 조제기계 기술 개발

GOVP1200317222. pp. 424-448

17. 농촌진흥청 농촌생활연구소 2001년도 농촌생활과학 시험연구보고서. 2001. 우리농산물의 부가가치 향상과 우수성 규명 (세부과제명 : 건식무세미의 품질 특성에 관한연구) GOVP1200215355. pp. 336-341
18. 신개발 농기계(논농사편). 농촌진흥청 표준영농교본-142 GOVP1200418769. pp. 163-168
19. 윤종락. 2001. 건식 무세미 정미장치. 대한민국 특허청. 공개특허 10-0401953
20. 이영택. 2005. 오염미생물 제어기술에 의한 고품질 청결미분의 가공. 농림부연구보고서단행본
21. 정성봉. 2003. 탁도측정 원리의 이해와 국산 탁도계 사용의 중요성. 제어계측 기획특집. pp. 23-28
22. 최희석. 2003. 무세미 가공시스템 개발. 성균관대학교 대학원 박사학위논문
23. 토요 라이스 클리닝머신 컴퍼니 리미티드. 2005. 무세미의 제조방법 및 그 장치. 대한민국 특허청. 공개특허 10-2006-0016754
24. 한귀정, 최희석. 2001. 우리농산물의 부가가치 향상과 우수성 규명-건식무세미의 품질 특성에 관한 연구. SS0201
25. 환경부고시. 2007. 먹는물 수질공정시험 방법 전부개정고시안(제2007-146호). 환경부
26. KS 규격. 2003. 수질 탁도 측정 방법(KS M ISO 7027). 지식경제부 기술표준원
27. KS규격. 1992. 백색도 표시방법(KS A0089). 지식경제부 기술표준원
28. 桂木優治. 2003. 無洗米 -その製造技術と今後の展望 -日本精米工業会. 農業施設 34(2): 63-71
29. 農林省 食糧研究所. 1969. 米の品質と貯藏, 利用. 食糧技術普及シリーズ 第7号:46-85
30. AOAC, Official methods of analysis. 15th ed. 1990. Association of official analytical chemists, washington, DC., pp. 777-784
31. Aspiras R.A. 1968. The relationship between quality and price in philippine wholesale rice. pp. 1-25
32. Bakker R.R., Jarcia E.A., Jawili M.C.E., Billate R.D. and Barredo I.R. 2001. Assessment of milled rice quality in the philippine retail market. APEC Seminar on Postharvest Technology, Thailand. pp. 1-18
33. Barber S. and Benedito C. De barber. Outlook for rice milling quality evaluation systems. pp. 209-221
34. Bennett K.E., Mauromoustakos A. 1992. Effects of rice miller settings on surface lipid concentration. American Society Agricultural Engineers. 1992 Intenational Winter Meeting. pp. 1-14

35. Bhattacharya K.R. and Sowbhagya C.M. 1972. A colorimetric bran pigment method for determining the degree of milling of rice. *J. Sci. Fd Agric.*, 23:161–169
36. Bhattacharya K.R. and Sowbhagya C.M. 1972. An improved alkali reaction test for rice quality. *J. Fd Technol.*, 7:323–331
37. Bhattacharya K.R. and Sowbhagya C.M. 1976. Technical note: An alkali degradation test and an alcoholic alkali bran–staining test for determining the approximate degree of milling of rice. *J. fd echnol.*, 11:309–312
38. Bourne M.C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technology* 32(7):62–66
39. Chang D.J., Han W.S., Kim D.H. and Lee S.H. 1999. Development of a process for clean washed rice processing(I)–mass balance analysis. *Korean Society for Agricultural Machinery* 24(4):317–324.
40. Chang D.J., Han W.S., Kim D.H. and Lee S.H. Development of a processing facility for clean–washed rice. *Korean Society for Agricultural Machinery* 5(1):357–362
41. Choi B.K., Kum J.S., Lee H.Y. and Park J.D. 2005. Quality characteristics of rice cake(backsulki) according to milling type and particle size, *Korean J Food Preserv.*, 12(3): 230–234
42. Choi H.S., Park H.M., Jeong S.G., Hong S.G. and Keum D.H. 2000. Development of a processing for system for clean washed rice. *Korean Society for Agricultural Machinery* 5(1):357–362
43. Choi H.W., Koo H.J., Kim C.T., Hwang S.Y., Kim D.S., Choi S.W., Hur N.Y. and Baik M.Y.. 2005. Physicochemical properties of hydroxypropylated rice starches, *Korean J. Food Sci., Technol.*, 37:44–49
44. Chung J. H., Choi Y.S., and Kwon H. K. 1997. Performance evaluation and improvement of rice polishers of small and medium size(I) –rice polisher of small size–. *Proceedings of the Korean Society for Agricultural Machinery 1997 Summer Onference.* 2(2): 141–149
45. Chung J.H., Rhee C.O. and Yoo S.N. 2001. Simulation and automation of a rice mill plant–development of alternative models for process automation–. *Food Engineering Progress* 5(2):77–85
46. Cooper N.T.W., Siebenmorgen T.J., Counce P.A. and Meullenet J.F. 2006. Explaining rice milling quality variation using historical weather data analysis. *Cereal Chem.*, 83(4):447–450
47. Dannt W.M., Leong W., Casady W. 1994. Computer image analysis for determining degree of rice milling. *American Society Agricultural Engineers. 1994 Intenational Winter Meeting.* pp.

48. Dr. Khush G.T. 1985. Rice research. Yanco agricultural institue. Murry and riverina region department of agriculture new south wales. Description based on: No. 4
49. Fukai Y., Matsuzawa T. and Ishotani T. 1997. Quality characteristics of wash-free rice and evaluation of its storage characteristics. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 44(5): 367-375
50. Grain inspection association. The Japan Society of Mechanical Engineers 67(3):28-30
51. Ito M. and Ishihara H. 2005. Information service system of rice by Japan. The Japan Society of Mechanical Engineers 67(3):28-30
52. James W. 1993. Determination of turbidity by nephelometry. environmental monitoring systems laboratory office of research and development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati 180(1):1-10
53. Japanese industrial standard. 2000. Water quality-determination of turbidity. JIS K 00400-9-10 (ISO 7027)
54. Japanese Industrial standard. 2004. Design rules for safety and sanitation of rice and wheat milling machinery. JIS B 9658
55. Juliano, B.O. 1985. Polysaccharides, proteins, and lipids of rice. *Rice: Chemistry and technology*. 2nd ed., The American Association of Cereal Chemistry, Inc., Mineesota, U.S.A., pp.59-174
56. Kanemoto S. 2003. Development of new rice milling technologies and evaluation system 78(907):3-9
57. Kao S.S. 1987. Post-harvest prevention of paddy-factors affecting abundance of insects, Taiwan, Council of Agriculture. pp.136-146
58. Kawamura S. 2005. Rice storage techniques for preserving high quality. The Japan Society of Mechanical Engineers 67(1):19-23
59. Kim K.J., Hong H.C., Jeong Y.P., Kim T.Y., Son J.R., Hwang H.G., Choi H.C. and Min Y.K. 2003. Milling characteristics and milled rice quality of rice varieties with different grain size shape. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol* 46(1):46-49
60. Kim M.S. and Koh H.K. 1981. Physical properties of grain. *Korean Society for Agricultural Machinery*. 6(1):73-82
61. Kim M.S. and Koh H.K. 1982. Thermal conductivities of grain. *Korean Society for Agricultural Machinery* 7(1):1-16

62. Kim S.D., Chung C.J. and Noh S.H. 1982. Study on the improvement of milling recovery and performance(IV). Korean Society for Agricultural Machinery 7(2):72–85
63. Kim S.R., Ahn J. Y., Lee H. Y. and Ha T. Y. 2004. Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. Korean Journal of Food Science and Technology 36(6):930–936
64. Kim S.S., Lee S.E., and Kim O.W. 2000. Physical characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice. Cereal Chem., 77(3):376–379
65. Koh H.K., Noh S.H. and Chung J.H. 1984. Study on the physical and thermal properties of rice kernels. Korean Society for Agricultural Machinery 9(1): 34–45
66. Koh H.K., Noh S.H., and Chung J.H. 1984. Study on physical and thermal properties of rice kernels –thermal properties– Korean Society for Agricultural Machinery 9(2) : 89–96
67. Koide S. and Nishiyama Y. 2001. Studies on abrasive rice milling (Part II) – Milling power model and milling energy model. The Japan Society of Mechanical Engineers 63(6):63–67
68. Lan Y. and Kunze O.R. 1992. Fissures related to stress distributions in milled rice. American Society Agricultural Engineers. 1992 Intenational Winter Meeting.pp. 1–24
69. Lee J.S., Park N.B., Song Y.C., Kwon O.K., Lee J.H., Park D.S., Kwak D.Y., Ha W.G., Oh B.G., Cheon A.R., Yang S.J. and Kim S.C. 2003. Optimum milling degree for increasing taste of cooked rice. The Korean Breeding Society 35(1)228–229
70. Lee S.B., Chung C.J. and Noh S.H. 1983. Study on the improvement of milling recovery and performance(V). Korean Society for Agricultural Machinery 8(1):17–29
71. Liu H., Watanabe K. and Tojo S. 2002. Correlations between quality and proportional extent of milling in optical images of rice stained using the nmg method. The Japan Society of Mechanical Engineers 64(6):111–117
72. Liu H., Watanabe K., Tojo S., Sugiyama T. and Makino E. 2002. A study on the effect of storage conditions upon rice quality(Part I) – Change in quality of milled rice during storage. The Japan Society of Mechanical Engineers., 64(1):52–60
73. Lkuda M., Aramaki I., Koseki T., Inouchi N. and Hashizume K. 2006. Structural and retrogradation properties of rice endosperm starch affect enzyme digestibility of steamed milled–rice grains used in sake production. Cereal Chem., 82(2):143–151
74. Lloyd B.J., Cnossen A.G. and Siebenmorgen T.J. 2001. Evaluation of two methods for separating head rice from brokens for head rice yield determination. American Society Agricultural Engineers 17(5):643–648.

75. Makino E., Sugiyama T., Ichikawa T. and Seki e. 2005. Studies on rice quality in japan(Part 1)–Distribution of the palatability evaluation values and physicochemical properties from 1994 to 1999. The Japan Society of Mechanical Engineers 67(4):157–165
76. Matusui M., Inoue E., Kuwano T. and Mori K. 2004. Study on the flying paddy acting the cleaning wind(Part I). Journal of JSAM 66(1):43–48
77. Matusui M., Inoue E., Kuwano T. and Mori K. 2004. Study on the flying paddy acting the cleaning wind(Part II). Journal of JSAM 66(1):49–54
78. MD. Shams–Ud–Din and Bhattacharya K.R. 1978. On the meaning of the degree of milling of rice. J. Fd echnol., 13:99–105
79. Mesaki T., Satake T., Fukumori T. and Ikeda Y. 2005. A basic study on the absorption absorption and migration of water in rice kernerls(Part1)–Observation of water aborption utilizing ice crystallization by liquid nitrogen freezing technique. The Japan Society of mechanical Engineers 67(5):61–71
80. Miller, Lee M.S., Pomeranz Y. and Rousser R. 1979. A rapid, objective method to measure he degree of milling of rice. Cereal Chem., 56(3):172–180
81. Mohapatra D. and Bal, S. 2007. Effect of degree of milling on specific energy consumption optical measurements and cooking quality of rice. pp. 120–125
82. Mondal M.R.A and Akase A. 2002. Separating characteristics of the down–flow vertical rotating screen separator for brown rice separation. Journal of JSAM 64(6):118–127
83. Mukai T. 1998. New technology in rice mill plant. The Japan Society of Mechanical Engineers 60(1)
84. National food authority. 1998. Primer on philippine grains standardization program. pp. 1–7
85. Ninian M.F., Lu L.S., He W.H. and Chen H.H. 2006. Non–starch polysaccharide compositions of rice grains with respect to rice variety and degree of milling., Food Chemistry 101:1205–1210
86. Noh S.H., Chung C.J., and Kim S.D. 1982. Study on the improvement of milling recovery and performance(III) –various designs of the perforated screen affecting the performance of a rice whitening machine–. Korean Society for Agricultural Machinery 7(2):57–71
87. Owusu–Ansah J., Van de Voort F.R. and Stanley D.W. 1982. Determination of starch gelatinization by x–ray diffractometry, Cereal Chem., 59:167–171
88. Pandey J.P. and SAH P.C. 1990. Modelling of bran removal and whieness of millde rice. J. Fd. Sci. Technol., 27(5):256–259
89. Velupillai L., and Pandey J.P. 1987. Color and bran removal in rice processing. Manuscript

87-07-1342. Louisiana Agricultural Experimental Station: Baton Rouge, LA.

90. Park J.G., Chung C.J. and Noh S.H. 1982. Study on the improvement of milling recovery and performance(II). Korean Society for Agricultural Machinery 7(1):62-72
91. Park K.Y., Kang C.S., Cho Y.C., Lee Y.S., Lee Y.H. and Lee Y.S. 2004. Tocotrienol and tocopherol contents of rice bran by milling recovery. Korean J. Crop Sci., 49(6): 468-471
92. Pavelich M.P. 2002. Turbidity studies at the national water quality laboratory by m. Patricia Pavelich, Chemist, National Water Quality Laboratory. Denver, CO80225-0046. Turbidity and other surrogates workshop.
93. Perdon A.A., Siebenmorgen T.J., Mauromoustakos A., Griffin V.K. and Johnson E.R. 2001. Degree of milling effects on rice pasting properties., Cereal Chem., 78(2):205-209
94. Reid J.D., Siebenmorgen T. J. and Mauronmoustakos A. 1998. Factors affecting the slope of head rice yield vs. degree of milling. Cereal Chem., 75(5):738-741
95. Reprinted by Permission From the 20th Edition 1-6. 2003. A nalytical method for turbidity measurement standard methods 2130 a and b.
96. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. 1990. Statistical analysis systems institute, Cary, NC, USA
97. Satake T. Fukumori T., Liu H., kawano M. and Sasaki Y. 2004. Development of processing technology for highly function rice (part 1)—the effect of soaking conditions of brown on formation of gaba component. The Japan Society of Mechanical Engineers 66(1):115-121
98. Satake T., Fucumori T., Liu H., Kawano M. and Sasaki Y. 2004. Development of processing technology for highly function rice (part 2)—effect of soaking condition for germ-retained rice on gaba formation. The Japan Society of Mechanical Engineers 66(3):91-97
99. Satake T., Fukumori T., Liu H., Mesaki T., kawano M., Sasaki Y. and Ishiwata K. 2004. Development of processing technology for highly function rice (part 3)—gaba formation in brown rice by micro-hydration. The Japan Society of Mechanical Engineers 66(5):117-124
100. Sauer, D.B. 1992. Storage of Cereal Grains and Their products. American Association of cereal chemists. Inc., St. Paul, Minnesota, U.S.A., pp.108-218
101. Siebenmorgen T.J. and Bhumbla V.K. 1994. NMR Study of rough rice water mobility during drying. American Society Agricultural Engineers. 1994 Intenational Winter Meeting. p. 22
102. Siebenmorgen T.J., Counce P.A.e, Lu R. and Kocher M.F. 1991. Correlation of head rice yield to individual kernel moisture content. American Society Agricultural Engineers. 1991 Intenational Summer Meeting. pp. 1-19

103. Siebenmorgen T.J., Matsler A.L., and Earp C.F. 2006. Milling characteristics of rice cultivars and hybrids. *Cereal Chem.*, 83(2):169–172
104. Singh N., Singh H., Kaur K. and Bakshi M.S. 2000. Relationship between the degree of milling, ash distribution pattern and conductivity in brown rice. *Food Chemistry* 69:147–151
105. Song D.B., Kim S.T. and Han K.Y. 2003. Performance evaluation of a continuous type brown rice conditioner with a milled rice recovery comparison. *Korean Society for Agricultural Machinery* 28(2):137–142
106. Sun H. and Siebenmorgen T.J. Milling characteristics of various rough rice kernel thickness fraction. *Cereal Chem.*, 70(6):727–733
107. Suzuki M., Sakaguchi E., Kawakami S. and Tamaki K. 2002. Discrete element simulation of shaking separation of paddy and brown rice – effectiveness of elliptical element model. *The Japan Society of Mechanical Engineers* 64(3):94–100
108. Suzuki M., Sakaguchi E., Kawakami S., Fukumori T., Matsushima H. and Niihata S. 2006. Discrete element simulation of abrasive type rice milling.–effect of operational conditions on milling conditions. *The Japan Society of Mechanical Engineers* 68(2):63–68
109. Takekura K. 2005. Sorting techniques for processing high–quality rice. *The Japan Society of Mechanical Engineers* 67(1)
110. Takekura K., Kawamura S. and Itoh K. 2003. Development of techniques for storing rough rice in cold regions(part 1)–storage of rough rice at country elevator whit natural heat radiation in winter. *The Japan Society of Mechanical Engineers* 65(4):57–64
111. Takekura K., Kawamura S. and Itoh K. 2003. Development of techniques for storing rough rice in cold regions(part 2)–super–low–temperature storage at country elevator by aeration with fresh chilly air in winter. *The Japan Society of Mechanical Engineers* 65(4):65–70
112. Takekura K., Kawamura S. and Itoh K. 2003. Development of techniques for storing rough rice in cold regions(part 3)–quality characteristics of rough rice stored at country elcvator. *The Japan Society of Mechanical Engineers* 65(5):40–47
113. Takekura K., Kawamura S. and Itoh K. 2003. Development of techniques for storing rough rice in cold regions(part 4)–effect of difference in grain temperatures during storage in rice quality. *The Japan Society of Mechanical Engineers* 65(5):48–54
114. Takekura K., Kawamura S. and Itoh K. 2004. Influence of difference in hulling systems on quality of brown rice after storage. *The Japan Society of Mechanical Engineers* 66(3):51–58
115. Takekura K., Kawamura S. and Itoh K. 2004. Preserving quality of rough rice stored for long

period by super-low-temperature storage. The Japan Society of Mechanical Engineers 66(6): 51–59

116. Takekura K., Kawamura S., Takenaka H. and Itoh K. 2004. Development of technology for sorting brown rice by combined use of thickness grader and color sorter. The Japan Society of Mechanical Engineers 66(5):135–141
117. Terms defined. 1968. U.S standards for rough rice, brown rice, milled rice. U.S. Department of Agriculture Consumer and Marketing Service. pp. 1–16
118. Toquero Z.F. and Duff B. 1977. Survey of rice milling and processing practices among rice millers in central luzon. No.77–15
119. U.S. Environmental Protection Agency. 1999. Appendix c. turbidity standard method. EPA Guidance Manual Turbidity Provisions. pp. C1–C6
120. Unnevehr L.J., Juliano B.O., Perez C.M., and Marciano E.B. 1985. Consumer demand for rice grain quality in thailand, indonesia, and the philippines. IRRE research paper series. pp. 1–3
121. Wadsworth J.I., Sequeira D.J., Velupillai L. and Verma L.R. 1991. Rice degree of milling measured by nir. American Society Agricultural Engineers. 1991 Intenational Summer Meeting. pp. 1–25
122. Wongpornchai S., Dumri K., Jongkaewwattana S. and Siri B. 2004. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice (*oryza sativa* l.) cv. Khao Dawk Mali 105. Food Chemistry 87(2004):407–414
123. Yadav B.K., and Jindal V.K. 2001. Monitoring milling quality of rice by image analysis. Computers and Electronics in Agriculture 33:19–33
124. Yamaguchi K. 2005. Extremely low paddy moisture prior to milling Process. The Japan Society of Mechanical Engineers 67(5):128–132
125. Yamashita R. 1993. New technology in grain post-harvesting. Farm Machinery Industrial Research Croporation, Tokyo, pp. 183–187
126. Yan T.Y. and Chung J.H. 2004. Development of an internet-based monitoring system of a rice processing complex. J. of Biosystems Engr., 29(3):243–250
127. Yanagihara T. 2000. Measurement of the visuual characteristics of cooked rice using image analusis. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 47(7):516–522
128. Yanase H. and Ohtsubo K. 1985. Relation between rice milling methods and palatability of cooked rice (Part I) – relation between the quality and physico-chemical properties of milled rice and textural parameters of cooked rice. Rept. Natl. Food Res. Inst., 40:148–161

129. Yanase H. and Ohtsubo K. 1986. Relation between rice milling methods and palatability of cooked rice (PartIII) – milling and cooking qualities of brown rice with a low moisture content. Rept. Natl. Food Res. Inst., 49:1–5
130. Yanase H., Ohtsubo K., Ishima T. and Sagawa H. 1985. Relation between rice milling methods and palatability of cooked rice (PartII) – relation between quality of milled rice and sensory evaluation of cooked rice. Rept. Natl. Food Res. Inst., 47:1–10
131. Yokoe M., Kawamura S., Himoto j. and Itoh K. 2005. Quality characteristics and storage properties of rinse-free rice (Part I) – quality characteristics and storage properties of conventional milled rice and rinse-free rice processed by different methods. The Japan Society of Mechanical Engineers 67(4):113–120
132. Yokoe M., Kawamura S., Himoto J. and Itoh K. 2005. Quality characteristics and storage properties of rinse-free rice (PartII) – quality characteristics and storage properties of rinse-free rice with high milling yield. The Japan Society of Mechanical Engineers 67(4):121–125

주 의

1. 이 보고서는 농림수산물식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산물식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.