

최 종 보 고 서

발간등록번호

11-1543000-000372-01

장류용

코지생산을

위한

공기전파

초음파이용

고체발효기술

및

생산기기

개발

농림수산식품부

장류용 코지생산을 위한 공기전파 초음파이용 고체발효기술 및 생산기기 개발

(Development of an airborne-ultrasonic
solid state fermentor using koji for
korean traditional fermented products)

동국대학교 산학협력단

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “장류용 코지생산을 위한 공기전파 초음파이용 고체발효기술 및 생산기기 개발에 관한 연구” 과제의 보고서로 제출합니다.

2013 년 12 월 25 일

주관연구기관명 : 동국대학교 산학협력단

주관연구책임자 : 신 한 승

연 구 원 : 김 왕 준

연 구 원 : 김 광 록

연 구 원 : 김 지 효

연 구 원 : 서 민 철

연 구 원 : 송 지 연

연 구 원 : 정 미 란

연 구 원 : 황 주 희

협동연구기관명 : (주)카페베네

협동연구책임자 : 구 선 모

요 약 문

I. 제 목

장류용 코지생산을 위한 공기전파 초음파이용 고체발효기술 및 생산기기 개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

장류의 영양학적 우수성과 기호성 및 기능성이 알려지면서부터 장류의 시장규모가 확대되고 있으며 장류의 가공방법 향상과 품질의 균일화를 이루기 위한 우수한 코지의 개발이 요구되고 있다. 현재 국내에서의 코지 제조 산업화의 수준은 주로 가내수공업으로 생산되고 있으며 코지 생산 시설의 낙후로 인하여 균일한 원료를 사용하더라도 발효 과정이 제어되지 않아 계절별, 지역별로 생산되는 코지의 품질이 균일하지 않은 문제점이 있다. 따라서 장류용 코지 생산을 위한 공기전파 초음파를 이용한 고체 발효 기술과 생산기기를 개발을 통해 장류의 품질 향상 및 숙성을 촉진 시켜 영세업체의 경쟁력을 높이고 소비를 증대시키고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

전도매체(물)가 없는 대기 중에서 초음파가 특정 지역 내 균일하게 조사될 수 있는 장치와 이를 이용하여 코지를 제조하기 위한 고체발효장치를 개발하였다. 초음파가 코지 발효에 미치는 효과를 미생물학적, 이화학적, kinetics 관점에서 연구하였다. 초음파 조사가 코지 발효에 미치는 kinetics 연구의 결과를 바탕으로 효율적인 초음파 조사가 가능한 발효메커니즘 모델링을 개발하였다. 코지 및 발효제품에 영향을 미칠 수 있는 효소활성도, 미생물 수 측정을 통해 최적의 조건으로 만들어진 코지로 된장, 고추장, 간장을 제조하여 발효 과정 중의 수분함량, pH, 염도, 아미노태 질소함량 등 이화학적 품질을 측정을 하였으며, 초음파를 처리한 koji로 제조한 장류와 대조구와의 비교 분석을 통해 그 우수성을 평가하였다.

IV. 연구개발결과

모델계에서 초음파 조사에 따른 코지 미생물의 특성인 곰팡이 포자수와 그 발효적성인 효소 활성을 평가한 결과 초음파 주파수 30 kHz를 처리하여 제조한 코지가 발효 2일차에서 가장 높은 미생물의 생물활성을 나타냈으며, 발효 온도별로는 30°C에서 가장 높은 미생물활성을 나타내었다. 코지 곰팡이의 최적성장을 위한 조건을 바탕으로 제조된 코지를 사용하여 제조한 장류의 미생물학적, 이화학적 품질특성을 평가한 결과 발효 효율이 촉진되는 것을 확인할 수 있었다. 이를 바탕으로 초음파를 발효실 내부에 균일하게 조사할 수 있는 기술 및 기기 장치를 개발하여 초음파 고체발효장치의 시제품을 제작하였다. 제작된 시제품 장치에서 곰팡이 포자 수 및 효소활성을 분석하였으며 장류를 제조하여 이화학적 품질을 평가하였다. 대조구와 비교 분석한 결과 초음파 처리를 한 실험군에서 장류의 발효를 촉진시키고 이화학적, 관능적 품질을 향상시키는 효과가 있었다.

V. 연구성과 및 성과활용 계획

소규모 영세 업체에서 제조하는 코지의 경우 그 기술의 표준화 및 품질 관리가 열악하여 이를 이용하여 생산된 식품의 품질이 떨어지는 문제점이 보고되고 있으므로, 본 연구를 통해서 개발한 기기를 이용하여 발효식품의 미생물학적, 화학적 안전성 및 품질을 향상시킬 수 있는 첨단장치로서의 상품성이 인정될 수 있다. 또한 코지 생산뿐만 아니라 각종 발효제품들의 생산으로 부가가치를 발생시킬 수 있으며 대량 생산과정에서도 일정한 품질의 코지를 제조할 수 있다.

SUMMARY

I. Title

Development of an airborne-ultrasonic solid state fermentor using koji for korean traditional fermented products

II. Purpose and Necessity of Research and Development

With functionality, palatability and nutritional excellence, the market size of Korean soybean fermented products is expanding. Efficient production method that can develop more excellent quality of koji is requested. The current level of Koji production is very low and produced cottage craft system basis. The problem is that even if same material is used for koji, the quality of koji is uneven seasonally and regionally. Because the environment for fermentation is not controlled. The purpose of this study is to reduce fermentation time and improve the quality of Korean fermented soybean products through the development of an airborne-ultrasonic solid state fermentor using koji for korean traditional fermented products.

III. Contents and Ranges of Research and Development

We have developed a device that ultrasonic wave in an atmosphere can irradiate the particular area uniformly. And we have developed solid-state fermentation apparatus including the ultrasonic wave irradiation device. We studied the effect of ultrasound on Koji fermentation from the point of view of kinetics, microbiology and physico-chemistry. Based on the results of the study of kinetics, we developed a modeling of the mechanism of fermentation that can be irradiated ultrasonic wave. By measuring enzyme activity and the number of microorganisms, we figured out the optimum condition of koji production. We made korean traditional fermented products(deonjang, kochujang, kanjang) using this koji and measured the quality of products such as moisture contents, pH, color value, salt concentration, titratable acidity, amino nitrogen contents during fermentation.

IV. Result of Research and Development

The result of the analysis of the enzyme activity and the number of microorganisms by ultrasonic wave in model system is that koji prepared by treating 30kHz ultrasonic frequency was the best level of biological activity at second day of fermentation (30

°C). Based on this result, We have developed a device that ultrasonic wave in an atmosphere can irradiate the particular area uniformly. We made koji using this device and evaluated the quality. A remarkable effect of ultrasonic wave treatment was observed in the quality of korean traditional fermented products(deonjang, kochujang, kanjang) using this koji made by this device. ultrasonic wave treatment reduced the fermentation time and improve the quality of fermented products.

V. Achievement of Research and Development and Design of Achievement Application

In case of koji produced by small-scale manufacturers, the quality control and standardization of the technology is poor. There are restrictions on its development. The ultrasonic solid fermentation device that was developed in this study is excellent for mass production of koji and quality of koji. So the ultrasonic wave technology could contribute development of fermentation industry not only koji.

CONTENTS

Chapter 1. Summary of Research and Development Subject	10
Section 1. Purpose and Necessity of Research and Development	10
1. Background of Research and Development	10
2. Necessity of Research and Development	10
3. Purpose of Research and Development	12
Section 2. Objective and Range of Research and Development	12
1. Objective of Research and Development	12
2. Range of Research and Development	13
Chapter 2. Domestic and Foreign Technology Development	15
Section 1. Application of Ultrasonic wave Technology	15
Chapter 3. Contents and Results of Research and Development	18
Section 1. Development of ultrasonic irradiation solid fermentation technology and modeling of fermentation mechanism	18
1. Range and Method of Research and Development.....	18
① Analysis of fermentation ability and growth characteristics of koji microorganism by ultrasound in a model system	18
② Optimization of the system through the measurement of quality of deonjang, kochujang and kanjang with koji made in model system	20
2. Results and Discussion of Research and Development	22
① Analysis of fermentation ability and growth characteristics of koji microorganism by ultrasound in model system	22
② Study of the fermentation kinetics by ultrasound in model system	39
③ Optimization of the system through the measurement of quality of deonjang, kochujang and kanjang with koji made in model system	47
④ Development of techniques and apparatus can be irradiated ultrasound uniformly in the interior of the fermentation chamber	68
Section 2. Production of prototype of ultrasonic solid fermentation equipment and optimization of Koji fermentation system	75

1. Range and Method of Research and Development	75
① Analysis of fermentation ability and growth characteristics of koji microorganism by ultrasound in ultrasonic solid fermentation equipment	75
② Optimization of the system through the measurement of quality of deonjang, kochujang and kanjang with koji made in ultrasonic solid fermentation equipment ..	76
2. Results and Discussion of Research and Development	80
① Design and production of a prototype of ultrasonic solid fermentation equipment ...	80
② Analysis of fermentation ability and growth characteristics of koji microorganism by ultrasound in ultrasonic solid fermentation equipment	87
③ Optimization of the system through the measurement of quality of deonjang, kochujang and kanjang with koji made in ultrasonic solid fermentation equipment	131
④ Economic analysis of fermentation equipment	154
Chapter 4. Accomplishment of objectives and contribution to correlated fields	159
Chapter 5. Achievement of Research and Development and Design of Achievement Application ..	160
Chapter 6. Reference	163

목 차

제 1 장 연구 개발 과제의 개요	10
제 1 절. 연구 개발의 목적 및 필요성	10
1. 연구의 배경	10
2. 연구의 필요성	10
3. 연구의 목적	12
제 2 절. 연구 개발의 목표 및 범위	12
1. 연구 개발의 목표.....	12
2. 연구 범위	13
제 2 장 국내·외 기술개발 현황	15
제 1 절. 초음파 기술 응용 현황	15
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	18
제 1 절. 초음파 조사 고체 발효 기술 및 발효 메커니즘 모델링 개발 <1차년도>.....	18
1. 연구 범위 및 연구 수행 방법.....	18
가. 모델계에서 초음파에 따른 코지 미생물 생육 특성 및 그 발효 적성 분석	18
나. 모델계에서 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화 ..	20
2. 연구 결과 및 고찰	22
가. 모델계에서 초음파에 따른 코지 미생물 생육 특성 및 그 발효 적성 분석	22
나. 모델계에서 초음파에 따른 발효 kinetics의 규명.....	39
다. 모델계에서 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화 ..	47
라. 초음파를 발효실 내부에 균일하게 조사할 수 있는 기술 및 장치 개발	68
제 2 절. 초음파 고체발효장치의 시제품 제작과 코지의 발효 시스템 최적화 <2차년도> ..	75
1. 연구 범위 및 연구 수행 방법	75
가. 시제품 장치에서 초음파에 따른 코지 미생물 생육 특성 및 그 발효 적성 분석	75
나. 시제품에서 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화 ..	76
2. 연구 결과 및 고찰	80
가. 초음파 고체 발효장치의 시제품 설계 및 제작	80
나. 시제품장치에서 초음파에 따른 코지 미생물 생육 특성 및 그 발효 적성 분석.....	87

다. 최적발효조건으로 시제품장치에서 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화	131
라. 발효장치 경제성 분석.....	155

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	159
--	------------

제 5 장 연구개발 성과 및 성과활용 계획	160
---	------------

제 1 절. 연구 성과	160
1. 연구개발결과의 성과 및 활용목표 대비 실적	160
2. 논문게재 성과	160
3. 특허성과	161
제 2 절. 활용 계획	161
1. 실용화 · 산업화 계획	161
2. 교육·지도·홍보 등 기술 확산 계획 등	162

제 6 장 참고문헌	163
--------------------------------	------------

제 1 장. 연구 개발 과제의 개요

제 1 절. 연구 개발의 목적 및 필요성

1. 연구의 배경

전통 발효 식품인 장류는 우리의 식탁에 없어서는 안 되는 기본 반찬 또는 조미료로서 중요한 단백질 공급원일 뿐만 아니라, 항암 및 항혈전 기능까지 밝혀지는 등 그 식품학적 가치가 널리 입증되었다. 장류는 콩을 원료로 한 발효식품으로 간장, 된장, 고추장 그리고 청국장 등이 있는데 이들은 모두 미생물에 의하여 발효시킨 식품으로 영양학적 우수성과 기호성 및 기능성을 갖춘 세계적인 식품이다. 그러나 식생활 습관의 변화와 더불어 전통식품에 대한 인식이 점차 감소되고 있으므로 전통 식품인 우리 장류의 계승은 물론 과학적이고 객관적인 연구개발을 통하여 우수한 품질의 제품생산이 필요하다.

이러한 장류의 제조는 한국식과 일본식으로 구분되는데 한국식 된장은 주로 콩으로 만든 메주를 이용한 된장 단용 또는 간장과 된장을 병용하는 등 여러 가지 방법에 의해 곰팡이류나 *Bacillus*속의 세균을 이용하여 만들어져 전통적인 맛과 향을 지닌 대두발효식품이며 근래에 와서는 탄수화물 원료에 곰팡이인 *Aspergillus*속의 균을 이용하여 콩과 함께 제조되는 일본식 된장이 널리 보급되어 있으며 한국식과 일본식의 혼합형도 연구되고 있다.

한편, 초음파는 16kHz 이상의 사람이 감지할 수 없는 높은 파장의 음파로 초음파의 산업적 이용도는 의료산업, 물성측정, 비파괴 품질검사, 해양산업에 이르기까지 매우 다양하다. 과학문명의 발달로 식품산업에 있어 미생물의 사멸 및 파괴를 위해 개발되고 있는 초음파의 기계적인 힘의 강도는 단백질의 분해, 가수분해, 단세포의 용해, 단백질의 미립자화, 멸균, 고온 생축 때 반응이 일어날 정도로 충분하고 비가열 처리기술으로써 비타민과 그 밖의 민감성 성분을 유지하는데 도움이 될 것임을 보고하였다(Shukla, 1992). 초음파는 현재 미생물업계에서는 주로 미생물의 살균에 사용되고 있으며 그 원리는 일정 주파수 이상의 초음파를 가하면 대상 세포의 세포막에 천공이 생기기 시작하다가 결국 세포막이 파괴되어 살균이 이루어진다. 하지만 낮은 강도의 초음파 처리는 세포막을 자극하여 발효를 촉진시킨다는 연구 결과도 보고되어 초음파 처리의 다양한 가능성을 보여주고 있다.

2. 연구의 필요성

가. 경제적·산업적 측면

한국전통식품의 세계화에 따라 전통장류의 소비량이 증가되어 그 핵심 재료인 코지의 활용이 점차 증가하고 있다. 농림축산식품부와 한국농수산물유통공사가 발표한 ‘2013 가공식품 세분화 시장 보고서’에 따르면 2012년 장류 시장 규모는 출하액 기준 약 9800억 원 규모로, 연 평균 3.3%의 성장률을 보이고 있다.

장류별 출하액 규모는 고추장이 약 3,000억원, 된장이 약 1,500억원, 간장이 약 2,800억원 수준이었고, 출하액 비중으로 보면 고추장이 30.9%로 가장 많고 그 다음으로 간장이 28.8%, 된장이

15.7%를 차지했다. 많은 소비자들이 가정에서 필요한 장류를 자가 제조하기 보다는 생산 판매되는 상품을 구매하여 소비하고 있음을 보여준다. 또한 판매액은 2012년 4489억 원, 판매량은 9만 3971톤으로 판매액은 증가하는 반면 판매량은 감소하고 있다. 이는 많은 소비자들이 저렴한 장류보다 품질을 중시하여 상품을 구매하고 있음을 보여준다.

현재 우리나라 장류업체에서 생산되는 대부분의 된장제품은 대두나 밀 등을 이용하여 *Aspergillus oryzae*만을 사용하거나 *Aspergillus oryzae*와 *Bacillus subtilis*를 혼합하여 메주를 제조하는 개량식 제조방식으로 일본의 미소 풍미와 흡사하다. 코지 제조 시장 규모에 대한 직접 자료는 부재하지만 상품화 된 대부분은 개량식 장류로 상기 장류 시장 규모로 보아 그 사용량이 방대함을 알 수 있으며 이에 따른 효과적인 생산법이나 품질이 보다 균일하고 더 우수한 코지의 개발이 요구된다.

현재 코지 제조 산업화 수준은 주로 가내수공업으로 생산되고 있으며, 코지 생산 시설의 낙후로 같은 재료를 사용하더라도 발효 환경이 제어되지 않아서 계절별, 지역별 코지의 품질이 균일하지 않다. 이는 품질 및 생산 관리면에서 볼 때 매우 큰 문제로 지적되고 있다.

나. 사회적 측면

식품 소비 트렌드가 슬로우푸드, 자연식 등으로 변화되면서 우리나라 전통발효식품에 대한 국내외의 관심이 집중되고 있으며, 대기업에서도 장수식품관련 전통발효식품을 활용한 천연발효양념시장에 적극적인 투자를 계획하고 있다. 또한 전통식품의 산업화·현대화 촉진 및 글로벌화하여 세계 명품으로 육성시키고자 하는 정부시책에 부합(CODEX 규격 통과)하고자 장류산업의 발전이 필요하다.

다. 기술적 측면

전통 식품에 대한 주변 국가들의 치열한 경쟁으로 국내 발효식품시장이 위협을 당하고 있으며 국내 업체의 영세성, 연구시설의 부재 등으로 경쟁력이 저하되고 있어 이에 대한 대책이 필요하다.

코지 제조는 고체발효기술(solid fermentation)의 영역으로 고체발효는 전 세계적으로 전통적인 발효기술로 적용되어 왔다. 최근에는 항생제, 생물근원농약, 향, 호르몬, 효소 등과 같은 생산에 적용되고 있다. 액상발효기술(submerged fermentation)과 달리 높은 생산량과 다양한 미생물 대사물을 얻을 수 있는 장점을 갖는데도 불구하고 다음과 같은 제약성이 해결되어야 하는 문제가 있다.

- 발효 장치 및 고유의 복합적인 발효 메커니즘이 결부되어 산업화 수준의 기술로 전환하는데 문제가 있다.
- 발효 중 발생하는 대사열(metabolic heat)의 제어가 어려운 기술로 대두되어 생산성 하락, 오염 미생물의 성장, 발효의 미완성 등의 문제가 파생된다.
- 실험실 수준의 고체발효기술 및 장치가 개발되었더라도 생산 수준의 기술 및 장치로의 scale-up에 제약점이 내재되어 왔다.

따라서 상기와 같은 발효 메커니즘 및 발효 장치 상에서 어려움을 발효 메커니즘을 기반으로 한 자동제어(automatic control)로 해결하려는 시도가 다수 보고되었다.

- 고체상태발효에 대한 수학적 모델링은 최근 10년 동안 많은 발전이 이루어졌으며 고체발효

장치에서 열 및 물질 전달 현상을 모델링하는 노력이 진행되어 왔다. 대규모 발효장치에 대한 수학적 모델들은 발효장치의 설계 및 운전에 필수적인 도구이며 발효시스템의 최적화에 유용하게 적용되어 고체상태발효의 경제성 있는 운전을 가능케 한다고 보고된 바 있다(고체상태 발효에 대한 최근의 모델 개발 현황, 김춘영 전문연구위원)

· 고체발효 장치, 센서, PLC, actuators 등의 비용이나 실험할 때 측정 변수의 안정성 등에 어려움이 있어서 여러 제어 알고리즘을 용이하게 개발하기 위한 simulation 연구가 이루어졌으며, 그 제어 알고리즘으로 현재 및 과거의 센서 측정값 들을 이용하여 미래의 제어값을 예측하여 제어에 반영하는 predictive control이 효과적으로 보고되었다(Perez-Correa and Fernandez, 2006; Von Meien and Mitchell, 2002; Fernandez et al., 1996; Ryoo, 1990).

한편, 발효 전반 분야에서 발효 메커니즘을 이용한 제어는 매우 효과적인 방식으로 알려져 있다. 발효에 대한 전문가 지식을 기반으로 모두 이해할 수 없는 발효 메커니즘을 실제 발효기의 사용에서 축적되는 전문가 지식으로 대치할 수 있으며, 발효 메커니즘의 가능한 오차를 극복할 수 있는 매우 실용적인 방법이다. 고체발효에서는 가장 난제로 품온 및 수분함량의 제어가 난제로 알려져 있는데, 만약 발효 키네틱을 규명하여 미래의 값을 예측하여 현재의 상태를 제어한다면 매우 효과적일 것으로 예상된다.

따라서 위와 같은 어려움을 해결한 품질이 보다 균일하고 우수한 코지를 더 효과적으로 제조할 수 있는 기술과 장치의 개발이 필요하다.

3. 연구의 목적

영양학적 우수성과 기호성 및 기능성을 갖춘 세계적인 식품인 장류의 시장 규모가 확대되고 있어 이에 따른 효과적인 생산법이나 품질이 보다 균일하고 우수한 코지의 개발이 요구된다. 현재 코지 제조 산업화 수준은 주로 가내수공업으로 생산되고 있으며 코지 생산 시설의 낙후로 같은 재료를 사용하더라도 발효 환경이 제어되지 않아서 계절별, 지역별 코지의 품질이 균일하지 않은 문제점이 있다. 장류용 코지 생산을 위한 공기전과 초음파를 이용한 고체 발효 기술과 생산기기를 개발을 통해 장류의 품질 향상 및 숙성을 촉진 시켜 영세업체의 경쟁력을 높이고 소비를 증대시키고자 한다.

제 2 절. 연구 개발의 목표 및 범위

1. 연구 개발의 목표

품질이 균일하고 활성이 높은 장류용 코지를 제조할 수 있는 기술과 이를 바탕으로 한 장치를 개발한다.

- 전도매체(물)가 없는 대기 중에서 초음파가 특정 지역 내 균일하게 조사될 수 있는 장치를 개발한다.

- 상기 초음파 조사 장치가 적용된 고체발효장치를 개발한다.
- 초음파가 코지 발효에 미치는 효과를 미생물학적 관점 및 kinetics 관점에서 연구한다.
- 상기 kinetics 연구의 결과를 바탕으로 효율적인 초음파조사가 가능한 발효 메커니즘 모델링을 개발한다.
- 상기 기술로 만들어진 코지로 된장, 고추장, 간장을 제조하여 그 품질을 규명한다.

2. 연구 범위

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표
1차 년도 (2012)	모델계에서 초음파에 따른 코지 미생물 생육 특성인 곰팡이 포자수 및 그 발효 적성인 효소 분석	a. 수분함량 및 온도별 곰팡이 포자의 계수, 세균수 측정 b. 수분함량 및 온도별 amylase, protease 활력 측정 c. 초음파 조사 시기 결정, 최적 초음파 강도 결정
	모델계에서 초음파에 따른 발효 kinetics의 규명	효율적인 초음파조사 시스템을 위한 발효 메커니즘 모델링 개발
	모델계에서 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화	a. 코지를 사용하여 제조된 된장의 일반성분, pH, 적정산도, 염도 측정과 아미노산성 질소 및 무기물, 지방산 분석 평가 b. 코지를 사용하여 제조된 간장의 일반성분, pH, 적정산도, 염도 측정, ABTS 전자공여능 측정, 아미노산성 질소 측정, 지방산 조성 측정 c. 코지를 사용하여 제조된 고추장의 수분함량, pH, 적정산도, 염도 측정 ASTA, Capsaicinoids 함량 및 이화학적 특성 평가
	가장 핵심인 초음파를 발효실 내부에 균일하게 조사할 수 있는 기술 및 장치 개발	a. 초음파 발생 스피커 콘을 이용한 초음파 조사부 설계 b. 초음파조사 제어 시스템 및 장비 개발 및 설계 c. 특정 드럼 내 초음파가 균일하게 조사될 수 있는 메커니즘 개발 및 설계 d. 초음파 조사 드럼(발효실) 유니트의 시제품 제작 및 단계별 성능시험을 통한 최적 조건 수립, 보완 작업

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표
2차 년도 (2013)	시제품 장치에서 코지 미생물 생육 특성인 곰팡이 포자 수 및 그 발효 적성인 효소 분석	<ul style="list-style-type: none"> a. 수분함량 및 온도별 곰팡이 포자의 계수, 세균수 측정 b. 수분함량 및 온도별 amylase, protease 활력 측정 c. 초음파 조사 시기 결정, 최적 초음파 강도의 보완
	시제품 장치에 의해 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화	<ul style="list-style-type: none"> a. 코지를 사용하여 제조된 된장의 일반성분, pH, 적정산도, 산가 및 염도 측정과 아미노산성 질소 및 무기물, 유리당 및 유기산, 지방산, 아미노산, Isoflavone 함량 분석, mycotoxin 평가 b. 코지를 사용하여 제조된 간장의 일반성분 및 특성, DPPH 전자공여능 측정과 유기산, 무기성분 및 유리아미노산 분석 c. 코지를 사용하여 제조된 고추장의 수분 함량, ASTA, Capsaicinoids 함량, 유리당 함량 및 이화학적 특성 평가
	초음파 고체발효장치의 시제품 설계 및 제작	<ul style="list-style-type: none"> a. 발효기(컬럼형)내 다단의 초음파 조사(티타늄 압전소자) 드럼 유니트의 조립 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 고효율 초음파 조사부 시스템 계통설계 ◦ 발효기내 다단 드럼 유니트 계통설계 b. 발효기내 공기 온·습도 제어 actuator 부분 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 공기 온·습도 제어시스템 설계 및 제작 c. 발효기의 가동장치 설계 및 제작 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 전체 제어 시스템 설계 및 제작 ◦ 최종 발효기의 설계 및 제작
	발효장치 경제성 분석	<ul style="list-style-type: none"> a. 비용계산 b. 예상 판매량에 따른 감도분석

제 2 장. 국내·외 기술개발 현황

제 1 절. 초음파 기술 응용 현황

1. 국내 기술 현황

· 농업공학 연구소(2001-2004)는 육묘용 초음파 발아장치에 초음파 가습 장치를 부착한 뒤 작물의 적정 발아온도인 20~26℃ 범위로 온도를 맞추고, 습도를 100%로 공급할 수 있게 습도를 설정한 후 초음파 가습장치의 가습발생 조절밸브를 조절하여 가습발생정도가 지나치지 않도록 조절할 수 있음을 밝혔다.

· 김철희 등(2009)은 상품성이 없는 감자와 고구마를 이용하여 알코올 발효를 복잡한 증자과정 없이 간단하게 하기 위해서 증자 없이 초음파로 1차 처리 후 알코올 발효능이 좋은 *Zygosaccharomyces fermentati* 균주를 이용하여 감자와 고구마의 알코올 생산 능력을 비교하였다. 그 결과 감자와 고구마의 당·알코올 발효를 증자 과정을 거치지 않고 1차적으로 초음파 처리 후 발효를 실시할 경우 증자를 한 것에 비해 높은 함량을 보이지는 않았지만, 비교적 높은 함량을 나타냄을 알 수 있었다.

· 엄태규 등(2008)은 유기물질의 산 발효 속도를 최대화시킬 수 있는 하나의 방편으로 초음파-열처리 공정을 도입하여 이에 따른 공정의 최적화와 산 발효시 발생하는 유기산 중 아세트산의 분율을 극대화 할 수 있었다. 실험 결과 열처리-초음파처리를 전처리로 사용하였을 때 초음파 처리의 주사시간에 의해 산생성조에서의 성능이 결정되었으며, 주사강도보다는 주사시간을 5분 이상 유지하는 것이 초음파의 공동현상을 야기시켜 보다 높은 고형물의 분해를 유도함을 알 수 있었다. 또 알칼리-초음파처리를 전처리로 사용할 경우 알칼리제의 주입을 10g/100gTS 이상으로 유지하면서 초음파의 주사시간을 5분 이상 유지하였을 때 가수분해율이 늘어남을 밝혔다.

2. 국외 기술 현황

· Yaldagard 등(2007)에 의하면 맥주 제조용 맥아발아 전 단계에 초음파를 낮은 강도(20 kHz)로 조사했을 경우 맥아의 alpha-amylase activity가 증가하였고, 발아 후에 초음파 강도를 20 kHz 이상으로 조사한 결과 alpha-amylase activity가 감소하였다고 보고하였다.

· Dai Chuanyun 등(2003)에 의하면 riboflavin 생산에 사용되는 곰팡이인 *Ecemothecium ashbyii* 에 초음파를 낮은 강도(24 kHz)로 조사한 결과 발효기간이 36시간 단축되었고 riboflavin 생산은 5배 증가하였다고 보고하였다.

· Pitt와 Ross(2003)는 낮은 강도의 초음파(70 kHz, <2W/cm²) 조사로 고체 표면에 부착되어 있는 세균의 증식을 증가시켰다고 보고하였다.

· Andersin(1953)은 다양한 초음파 조사조건이 *Saccharomyces cerevisiae* 의 생육에 미치는 영향을 연구하여 낮은 강도의 초음파를 간헐적(pulsing)으로 조사하는 방법이 효모의 발효를 증가시켰다고 보고하였다.

· 대만의 한 회사(堅端科技)가 와인, 위스키, 소주 등을 최장 20~30분 내에 개인이나 업소에서 직접 숙성시킬 수 있는 제품(제품명: 에이징플러스)을 출시했다. 거친 맛의 와인이 숙성된 풍부한 와인 맛으로 변하고, 일반 소주류나 위스키가 숙성된 부드러운 맛을 낼 수 있는 이 제품은, 그동안 미생물학자와 과학자들 사이에서 수십년간 이론적으로만 정립되었던 것을 제품화 시켰다. 초음파와 폼화 파동 원리를 이용한 이 제품은 뚜껑을 열지 않고 개인화 취향에 따라 맛과 숙성도를 조절하여 작동시키면, 술병 내부의 불규칙했던 알코올, 내용물, 물 분자가 고르게 섞이는 반응을 일으켜 고유의 술 맛을 증가시키고 체내 흡수가 용이하여 숙취를 줄여 준다.(세계일보, 2007)

· Dai 등(2003)은 초음파 처리를 통해 다당류나 핵산에 변화가 생기며, 이로 인해 *E. ashbyii* 의 성장에 관련된 중요한 물리적·생화학적 요인 또한 많은 영향을 받을 수 있음을 밝혔다.

· Gao 등(2000)은 *Saccharomyces cerevisiae* cell의 성장에 있어서 초음파 진동과 조사 시간의 영향을 연구한 결과 초음파조사로 유도기를 단축시킴으로써 세포성장을 촉진하며 건조중량과 세포수가 증가되었다.

· William 등(2003)은 낮은 강도와 적은 진동수의 초음파 환경은 미생물막이 형성되는데 유리하며, 초음파 조사는 플랑크톤의 성장에도 긍정적인 영향을 끼침을 조사하였다.

· Toba 등(1990)은 초음파가 발효에 주는 영향을 평가하기 위해 처리의 차별을 두어 연구하였다. 일반적인 방법으로 만들어진 요구르트를 대조군으로 하고 starter를 접종한 후 발효 전에 초음파를 조사한 요구르트를 대조군과 비교하였다. 접종 후 초음파처리는 발효시간을 0.5시간 만큼 감소하였고 보수력(water holding capacity)을 증가시켰다. 초음파가 *Lactobacilli*의 활동성을 50%정도까지 향상시키며 열량의 증가 없이 요구르트에 단맛을 부여하는 효과를 낸다고 보고하였다.

· Ulusoy 등(2007)은 식품으로의 초음파 에너지의 이동은 즉각적이고 식품 전체에 고루 분포되므로 초음파 기술은 초소량 공정에 매우 유용할 수 있다고 보고하였다. 이는 총 공정시간의 절약, 원료 처리량 증가, 에너지 소비 절감을 의미한다.

· Sakakibara 등(1994)는 초음파 조사를 *Lactobacillus delbrueckii* 우유 발효 폴리에틸렌 필름 바닥의 450cm³ 용량의 생물반응기(bioreactor)에서 사용하였다. 초음파조사는 유당(lactose)의 가수분해를 증가시킨 반면 세포활성은 감소시켰다. 그러나 살아있는 세포 수는 초음파조사가 멈췄을 때 다시 증가했고 그 이유로는 초음파가 세포증식능력까지 파괴하지는 않았기 때문이라 볼 수 있다는 것을 밝혔다.

· Jomdecha 등(2006)은 초음파 조사를 통해 효모생산을 가속하여 발효시간을 감소시키고, 발효를 통한 생산력을 증대시킬 수 있음을 밝혔다. 조사한 초음파의 강도와 진동수에 따라 쌀 발효주와 옥수수술의 성숙을 촉진시키고, 쌀 발효주의 긍정적인 영향을 주며 옥수수술의 성숙시간을 단축시키는데 효과를 나타낸다고 하였다.

3. 초음파기술의 장류제조에의 이용 가능성

된장, 고추장, 간장의 제조는 미생물 발효에 의하여 원료의 단백질, 탄수화물, 지방 등 주요성분들이 분해되고 재합성되어 특유의 맛과 기능을 나타낸다. 이들 연구를 종합하면 초음파는 일종의 진동 교반효과가 있는 파동이어서 1) 초음파의 강도, 2) 조사방법(pulsing or continuous), 3) 조사 시기(log phase or stationary phase)의 조절로 기질이 미생물이나 효소와 접촉을 용이하게 하거나 산소, 영양성분 및 최종대사산물의 막 transport를 증가시키거나 감소시켜 효소의 활성 및 미생물의 성장을 인위적으로 조절할 수 있음을 시사한다. 이를 바탕으로 낮은 강도의 초음파를 이용하면 고체발효로 제조되는 장류 제조용 코지 생산에도 응용될 수 있을 것으로 판단된다.

제 3 장. 연구 개발 수행 내용 및 결과

제 1 절. 초음파 조사 고체 발효 기술 및 발효 메커니즘 모델링 개발 <1차년도>

1. 연구 범위 및 연구 수행 방법

가. 모델계에서 초음파에 따른 코지 미생물 생육 특성 및 그 발효 적성 분석

(1) 실험재료

실험에 사용된 콩은 국산 백태(월드그린 영농조합법인)를 사용하였고, 코지 제조를 위한 곰팡이는 한국미생물보존센터에서 배양 받은 *Aspergillus oryzae* KCCM 60241을 사용하였다. *Aspergillus oryzae* KCCM 60241은 26°C에서 Malt extract agar에 3일 동안 배양 후 사용하였다.

(2) Koji 제조 및 곰팡이 포자의 계수, 세균수 측정

(가) Koji 제조

백태 200g에 1.2배 가수하여 1.2kg/cm²에서 20분 동안 autoclaving 한 후 잘 으깨서 덩어리를 없애고 실온에서 냉각하여 35 ~ 40°C가 되었을 때 2ml의 spore suspension을 접종하였다. 온도별 포자의 수를 알아보기 위해 제조한 koji를 20°C, 25°C, 30°C, 35°C에서 각각 보관하였다.

(나) 초음파 처리

모델계에서의 초음파 처리는 다음 초음파 발생장치를 이용하여 수행되었다. 초음파 발생장치와 초음파 발생장치 스피커 cone을 연결하여 초음파의 조절이 가능하도록 하였다.



Fig. 1. 초음파 발생장치 스피커 cone



Fig. 2. 초음파 발생장치와 모델계에서의 초음파 처리 방법

(다) 미생물 수 측정

① 총 곰팡이 수 측정

총 곰팡이 수 측정은 AACC법에 준하여 저장일수별로 다음과 같은 방법으로 실시하였다. PDA(potato dextrose agar) 배지를 만들어서 멸균한 후, 시료 5g을 stomacher 전용의 무균 pouch에 취한 다음 0.1% peptone water 45ml를 붓고 stomacher를 이용하여 2분간 균질화한 후, 10배 희석법으로 희석하여 각 원액을 배지에 0.1ml를 넣고 도말하였다. 37°C의 incubator에서 48시간 배양한 후 생성되는 집락수를 계수하였다.

② 총균수 측정

총균수는 PCA(plate counting agar)배지에 접종하여 37°C의 incubator에서 48시간 배양한 후 발생한 colony수를 계수하여 총균수(CFU/ml)로 하였다.

(3) 수분함량 및 온도별 Amylase, Protease 활성 측정

(가) 효소활성도 측정

Koji의 효소활성도를 측정하기 위하여 시료 10g에 증류수 100ml를 넣고 실온에서 4시간 동안 진탕추출한 후 4°C에서 17,000×g로 10분간 원심분리하여 얻은 상정액을 조효소액으로 하였다.

① Amylase 활성 측정

Amylase 활성은 1% soluble starch용액(50mM phosphate buffer, pH 7.5) 0.9ml에 0.1ml의 조효소액을 첨가하여 30°C에서 1시간 동안 반응시킨 후 생성된 총 환원당을 DNS법으로 측정하였고 효소액 1ml에서 1분간 μM 의 glucose를 유리할 때를 1unit로 하였다.

② Protease 활성 측정

Protease 활성은 pH 7.0 또는 pH 3.0으로 조정된 0.6% casein 용액 3ml를 30°C, 2분간 예열하여 조효소액 1ml를 첨가한 후 30°C에서 10분 반응시키고, 0.4M trichloroacetic acid(TCA) 5ml를 첨가하여 30°C에서 30분간 반응시킨 액을 여과하여 여액 2ml에 0.4M Na_2CO_3 5 mL와 folin시약 1 mL를 혼합한 후 30°C에서 30분 동안 발색시켜 660nm로 흡광도를 측정하여 효소액 1 mL에서 1분간 1 μM 의 tyrosine을 유리할 때를 1 unit로 하였다.

나. 모델계에서 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화

(1) 된장, 고추장, 간장의 제조

① 된장의 제조

된장 제조의 원료 배합비는 Table 1와 같다. 대두는 수세하여 침지시킨 후 autoclave를 이용하여 121℃에서 1시간 증자하였다. 증자된 대두는 30 ~ 40℃로 식힌 후 koji, 소금, 물을 넣고 마쇄하여 잘 섞어주었다. 잘 섞은 된장을 플라스틱 용기에 담아 30℃ 항온항습기에서 50일간 숙성시키며 실험하였다.

② 고추장의 제조

고추장 제조의 원료 배합비는 Table 1와 같다. 밀가루에 물을 혼합하여 60℃에서 가끔 저어주면서 가열·호화 처리하고 실온에서 식힌 후 소금, 고춧가루, koji를 첨가하여 잘 섞어주었다. 잘 섞은 고추장을 플라스틱 용기에 담아 30℃ 항온항습기에서 50일간 숙성시키며 실험하였다.

③ 간장의 제조

간장 제조의 원료 배합비는 Table 1와 같다. koji를 40℃에서 건조한 후 소금물에 담금하여 플라스틱 용기에 담아 30℃ 항온항습기에서 50일간 숙성시키며 실험하였다.

Table 1. 된장, 고추장, 간장의 배합표 (단위: g)

	된장	간장	고추장
콩	480	-	-
밀가루	-	-	225
Koji	200	87.5	90
소금	-	157.5	45
소금물	104(5Be)	-	-
물	-	612.5	675
고춧가루	-	-	45
합계	784	857.5	1,080

(2) 된장, 고추장, 간장의 품질 측정

① 수분함량

된장 및 고추장 시료 3g을 취하여 상압가열건조법을 이용하여 무게 변화량을 기준으로 0.05%의 오차 범위 내에 들어올 때의 무게를 3회 반복 측정하여 그 평균값을 수분함량으로 하였다.

② 색도

된장 및 고추장의 색도는 Hunter 체계를 이용한 색도측정기(CR-300, Minolta, Japan)를 사용하였으며 간장의 색도는 액체색차계(NE4000, NIPPON DENSHOKU)를 이용하여 측정하였다. 각 시료의 색을 측정하고 Hunter 체계의 명도(lightness), 적색도(redness) 및 황색도(yellowness)를 지시하는 L, a, b값으로 나타내었다.

③ 염도

각 된장, 고추장 및 간장의 염도를 측정하기 위하여 된장, 고추장 시료 10g 그리고 간장 시료 10ml를 취하여 100ml로 정용하여 염도계를 이용하여 염도를 측정하여 g/ml로 나타내었다.

④ pH

각 된장, 고추장 및 간장의 pH를 측정하기 위하여 된장, 고추장 시료 10g 그리고 간장 시료 10ml를 취하여 100ml로 정용하여 pH meter를 이용하여 pH를 측정하여 나타내었다.

⑤ 아미노태질소 함량

아미노태 질소는 Formol법으로 측정하였다. 즉, 시료 10 g을 비커에 취하고 증류수로 100 mL를 가하고 1시간 동안 교반하여 충분히 용해한 다음, 히팅플레이트로 5분간 끓여준 후 Buchner Funnel을 이용하여 감압 여과하였다. 이 용액을 250ml로 정용하여 25ml를 취하여 증류수 40ml를 넣은 것을 Blank 실험으로 0.1N-NaOH로 적정하고, 증류수 20ml와 중성 formaldehyde 20ml를 넣은 것을 pH 8.4가 되도록 중화적정 하였다. 다음 식에 따라 아미노태 질소함량을 구하였다.

$$\text{아미노태 질소(\%)} = \frac{(V_1 - V_0) \times F \times 0.0014 \times D \times 100}{S}$$

V1 = 본시험 적정소비량(ml)

V0 = 공시험 적정소비량(ml)

F = 0.1N-NaOH 용액의 역가

D = 희석배수

S = 시료의 채취량

0.0014 = 0.1N-NaOH 용액 1ml에 상당하는 질소량(g)

⑥ ABTs radical 소거능

각 된장, 고추장 및 간장의 ABTs를 측정하기 위하여 된장, 고추장 시료 10g 그리고 간장시료 10ml를 삼각플라스크에 취하여 ethyl alcohol 100ml를 가하여 20분씩 3회 초음파 추출 후 24시간동안 암소에 보관하였다. 이 용액을 evaporator에서 ethyl alcohol을 전부 증발시키고 D.W 100ml를 정확히 취하여 잘 섞어주었다.

그리고 ABTS 7.4mM + potassium persulphate 2.6mM 24시간 암소 방치(0.001gX11)하여 ABTs 용액을 제조하고 이 용액을 732nm에서 흡광도 0.7이 되도록 희석해주었다. 흡광도 시료 0.1ml에 0.7nm인 ABTS 2ml를 가해 30분동안 암소에 방치한 후 732nm에서 측정하여 기록하였다. 전자공여능을 구하는 식은 다음과 같다.

$$\text{전자공여능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}}\right) \times 100$$

⑦ Capsaicin 측정

고추장 10g을 취해 50mL의 95% ethanol을 넣고 잘 섞어주었다. 0.45µm membrane filter로 여과한 뒤 HPLC를 이용하여 분석하였다.

2. 연구 결과 및 고찰

가. 모델계에서 초음파에 따른 코지 미생물 생육 특성 및 그 발효 적성 분석

(1) 초음파를 처리한 코지와 처리하지 않은 코지의 미생물의 생물활성 연구

(가) 초음파 주파수대별 코지의 미생물의 생물활성(30℃)

① 곰팡이 포자 수

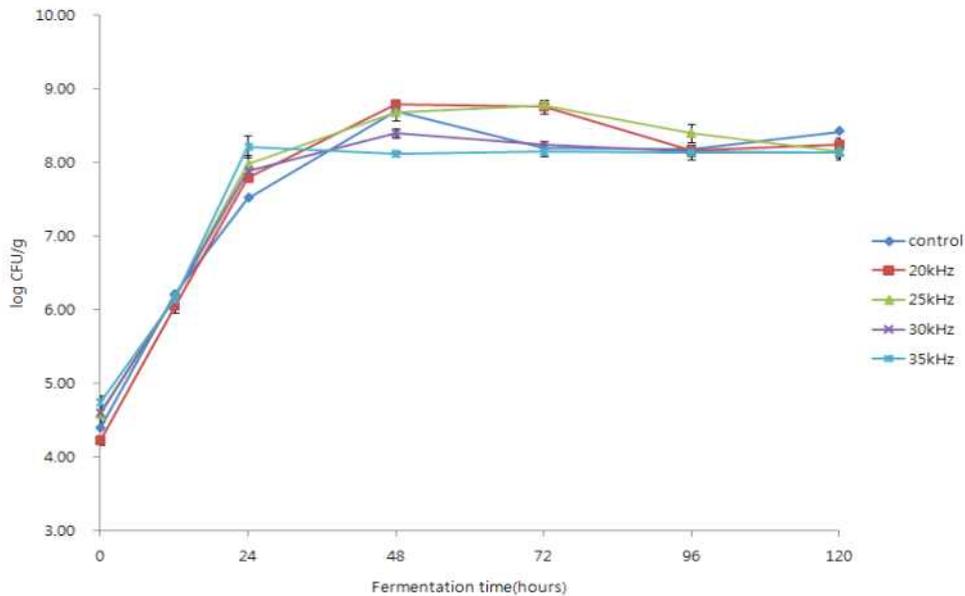


Fig. 3. 30℃에서의 초음파를 처리하지 않은 코지와 20, 25, 30, 35kHz의 초음파를 처리하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수

Fig. 3 은 30℃에서의 초음파를 처리하지 않은 코지와 각 주파수대별로 초음파를 처리하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수를 나타낸 그래프이다. 모든 시료의 평균을 내보았을 때, 초기 포자수는 약 4.51 log CFU/g으로 시작하여 발효 12시간차에 약 1.64 log CFU/g 만큼 증가하여 약 6.15 log CFU/g의 포자수를 나타내었다. 발효 1일차에는 약 7.88 log CFU/g의 포자수를 나타내었으며 발효 2일차에는 약 8.54 log CFU/g의 포자수를 나타내었다. 평균적으로 발효 2일차에 가장 높은 포자수를 나타내었으며 그 이후 서서히 감소함을 그래프를 통해 알 수 있다.

② 일반 세균 수

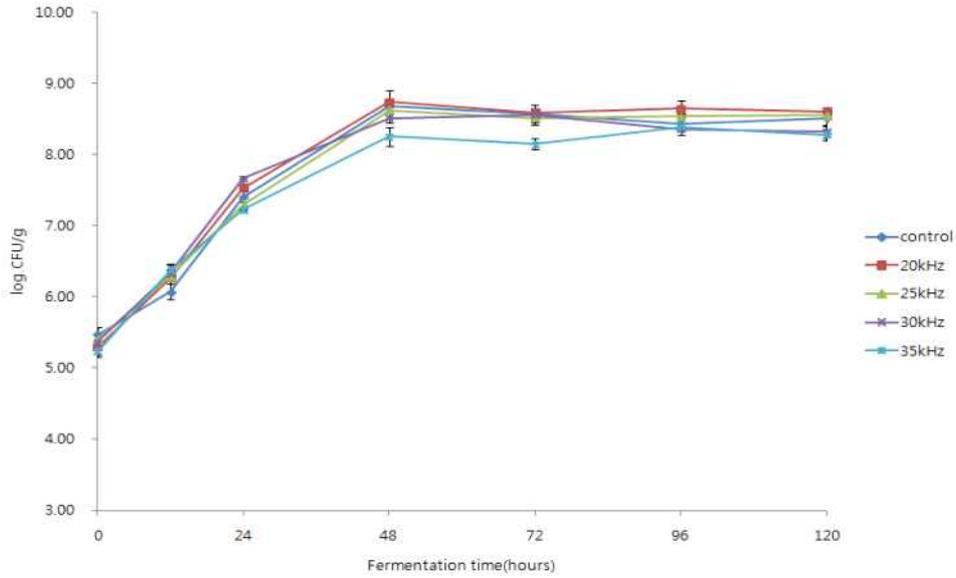


Fig. 4. 30℃에서의 초음파를 처리하지 않은 코지와 20, 25, 30, 35kHz의 초음파를 처리하여 제조한 코지의 일반세균수

Fig. 4은 30℃에서의 초음파를 처리하지 않은 코지와 각 주파수대별로 초음파를 처리하여 제조한 코지의 일반세균수를 나타낸 그래프이다. 모든 시료의 평균을 내보았을 때, 초기 균수는 약 5.36 log CFU/g으로 시작하여 발효 12시간차에 약 0.91 log CFU/g 만큼 증가하여 약 6.27 log CFU/g의 세균수를 나타내었다. 발효 1일차에는 약 7.43 log CFU/g의 균수를 나타내었으며 발효 2일차에는 약 8.57 log CFU/g의 균수를 나타내었다. 평균적으로 발효 2일차에 가장 높은 균수를 나타내었으며 그 이후 서서히 감소함을 그래프를 통해 알 수 있다.

(나) 발효 온도별 코지의 미생물의 생물활성

① 곰팡이 포자 수

㉞ 초음파를 처리하지 않은 코지의 발효 온도별 곰팡이 성장곡선

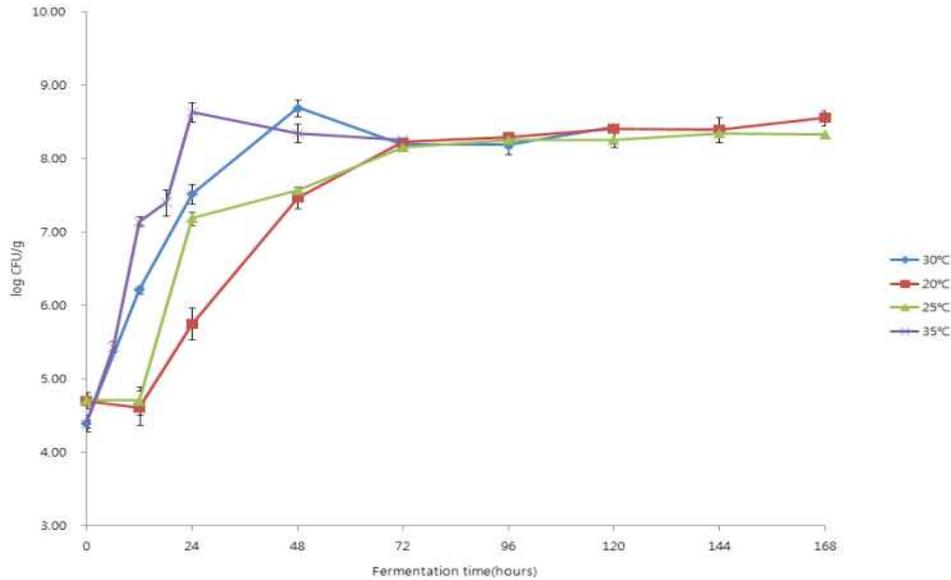


Fig. 5. 초음파를 처리하지 않은 코지의 발효 온도별 곰팡이 성장곡선

Fig. 5은 초음파를 처리하지 않은 코지의 발효 온도별 곰팡이 성장곡선을 나타낸 그래프이다. 20, 25°C는 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168h 간격으로 측정해 주었고, 30°C는 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120h 간격으로 측정해주었으며, 35°C는 0, 6, 12, 18, 24, 48, 72h 간격으로 측정해주었다. 20°C에서는 측정 간격별로 각각 4.70, 4.61, 5.75, 7.47, 8.22, 8.29, 8.41, 8.40, 8.55 log CFU/g 의 포자수를 나타내었다. 25°C에서는 측정 간격별로 각각 4.71, 4.70, 7.19, 7.57, 8.15, 8.25, 8.26, 8.34, 8.33 log CFU/g 의 포자수를 나타내었다. 30°C에서는 측정 간격별로 각각 4.40, 6.21, 7.52, 8.69, 8.18, 8.19, 8.43 log CFU/g 의 포자수를 나타내었다. 35°C에서는 측정 간격별로 각각 4.39, 5.44, 7.15, 7.40, 8.64, 8.35, 8.26 log CFU/g 의 포자수를 나타내었다.

㉔ 초음파(30kHz)를 처리하여 제조한 코지의 발효 온도별 곰팡이 성장곡선

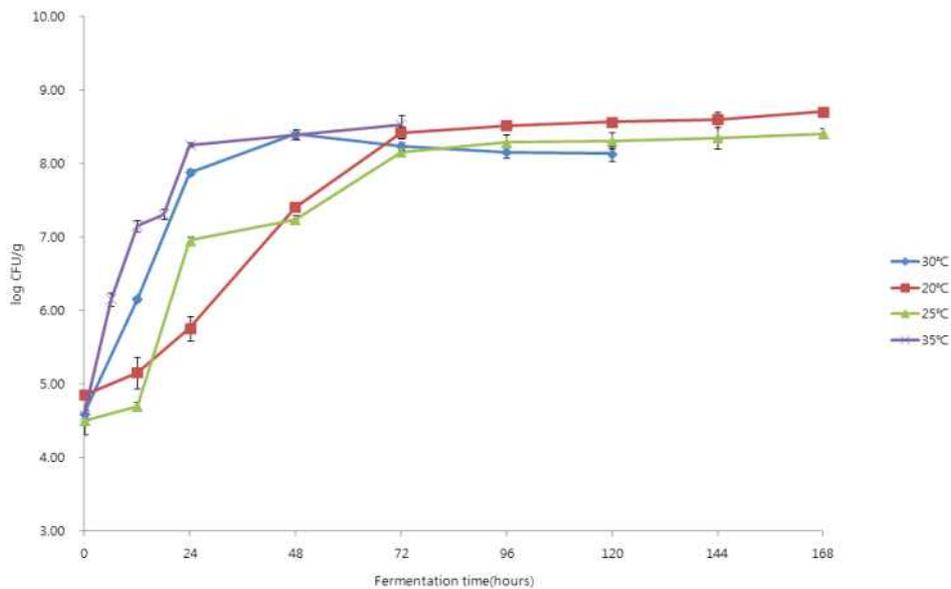


Fig. 6. 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지의 발효 온도별 곰팡이 성장곡선

Fig. 6는 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지의 발효 온도별 곰팡이 성장곡선을 나타낸 그래프이다. 20, 25°C는 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168h 간격으로 측정해 주었고, 30°C는 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120h 간격으로 측정해주었으며, 35°C는 0, 6, 12, 18, 24, 48, 72h 간격으로 측정해주었다. 20°C에서는 측정 간격별로 각각 4.85, 5.16, 5.76, 7.41, 8.43, 8.52, 8.57, 8.60, 8.71 log CFU/g 의 포자수를 나타내었다. 25°C에서는 측정 간격별로 각각 4.50, 4.70, 6.96, 7.24, 8.16, 8.29, 8.32, 8.35, 8.41 log CFU/g 의 포자수를 나타내었다. 30°C에서는 측정 간격별로 각각 4.59, 6.16, 7.88, 8.40, 8.25, 8.15, 8.14 log CFU/g 의 포자수를 나타내었다. 35°C에서는 측정 간격별로 각각 4.58, 6.15, 7.15, 7.31, 8.25, 8.39, 8.53 log CFU/g 의 포자수를 나타내었다.

② 일반 세균 수

㉠ 초음파를 처리하지 않은 코지의 발효 온도별 일반세균수 성장곡선

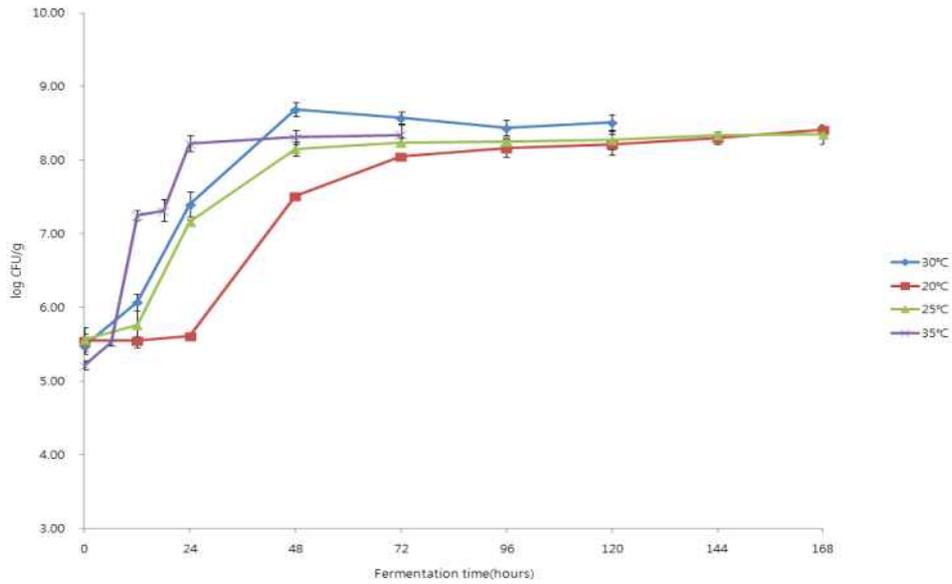


Fig. 7. 초음파를 처리하지 않은 코지의 발효 온도별 일반세균수 성장곡선

Fig. 7은 초음파를 처리하지 않은 코지의 발효 온도별 일반세균수 성장곡선을 나타낸 그래프이다. 20, 25°C는 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168h 간격으로 측정해 주었고, 30°C는 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120h 간격으로 측정해주었으며, 35°C는 0, 6, 12, 18, 24, 48, 72h 간격으로 측정해주었다. 20°C에서는 측정 간격별로 각각 5.56, 5.56, 5.62, 7.52, 8.06, 8.17, 8.22, 8.31, 8.42 log CFU/g 의 균수를 나타내었다. 25°C에서는 측정 간격별로 각각 5.57, 5.76, 7.16, 8.15, 8.25, 8.25, 8.25, 8.28, 8.34 log CFU/g 의 균수를 나타내었다. 30°C에서는 측정 간격별로 각각 5.47, 6.07, 7.40, 8.69, 8.58, 8.44, 8.52 log CFU/g 의 균수를 나타내었다. 35°C에서는 측정 간격별로 각각 5.22, 5.52, 7.25, 7.32, 8.23, 8.32, 8.35 log CFU/g 의 균수를 나타내었다.

㉔ 초음파(30kHz)를 처리하여 제조한 코지의 발효 온도별 일반세균수 성장곡선

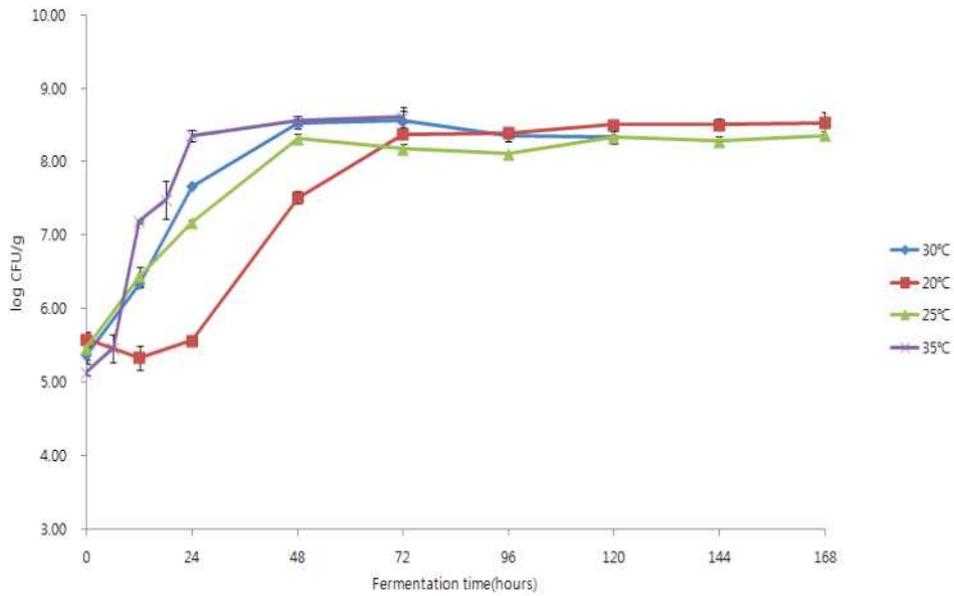


Fig. 8. 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지의 발효 온도별 일반세균수 성장곡선

Fig. 8은 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지의 발효 온도별 일반세균수 성장곡선을 나타낸 그래프이다. 20, 25°C는 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120, 144, 168h 간격으로 측정해 주었고, 30°C는 0, 12, 24, 48, 72, 96, 120h 간격으로 측정해주었으며, 35°C는 0, 6, 12, 18, 24, 48, 72h 간격으로 측정해주었다. 20°C에서는 측정 간격별로 각각 5.58, 5.34, 5.57, 7.51, 8.38, 8.40, 8.50, 8.51, 8.53 log CFU/g 의 균수를 나타내었다. 25°C에서는 측정 간격별로 각각 5.47, 6.44, 7.17, 8.31, 8.18, 8.11, 8.34, 8.28, 8.36 log CFU/g 의 균수를 나타내었다. 30°C에서는 측정 간격별로 각각 5.37, 6.34, 7.67, 8.52, 8.56, 8.36, 8.33 log CFU/g 의 균수를 나타내었다. 35°C에서는 측정 간격별로 각각 5.13, 5.46, 7.19, 7.48, 8.36, 8.56, 8.61 log CFU/g 의 균수를 나타내었다.

(2) 초음파를 처리한 코지와 처리하지 않은 코지의 미생물의 효소활성 변화

(가) 초음파 주파수대별 Amylase activity 변화

① 초음파를 처리하지 않은 코지

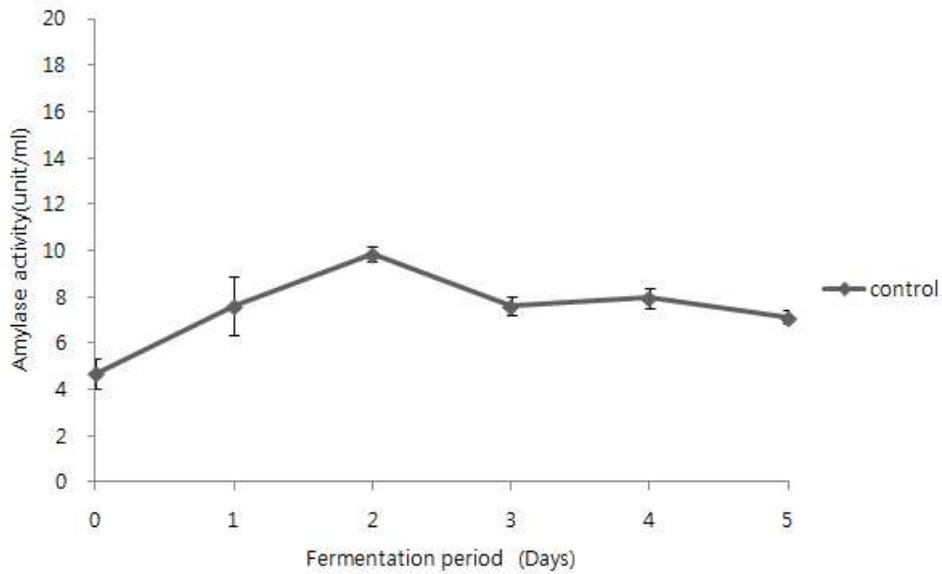


Fig. 9. 초음파를 처리하지 않은 코지의 amylase activity.

Fig. 9은 초음파를 처리하지 않은 코지의 amylase activity를 나타내었다. 0일차에는 4.687 unit/ml에서 1일차에는 7.602 unit/ml로 증가하였고 2일차에는 9.864unit/ml로 가장 높은 amylase 활성을 보였다. 3일차에는 7.614 unit/ml로 감소하였으며, 그 이후에도 역시 서서히 감소함을 알 수 있다.

② 초음파 주파수 20kHz를 처리하여 제조한 코지

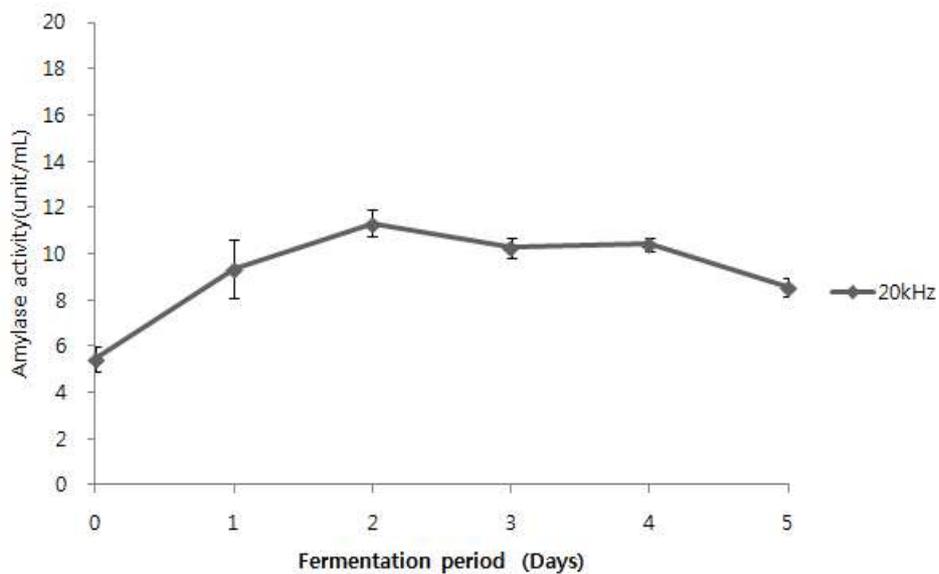


Fig. 10. 초음파 주파수 20kHz를 처리하여 제조한 코지의 amylase activity.

Fig. 10는 초음파 주파수 20kHz를 처리하여 제조한 코지의 amylase activity를 나타내었다. 0일차에는 5.437 unit/ml로 시작하여 발효 1일차에는 9.319 unit/ml로 증가하였으며 발효 2일차에는 11.327 unit/ml로 증가하여 가장 높은 amylase 활성을 나타냄을 확인할 수 있다. 그 이후의 amylase 활성은 서서히 감소함을 알 수 있다.

③ 초음파 주파수 25kHz를 처리하여 제조한 코지

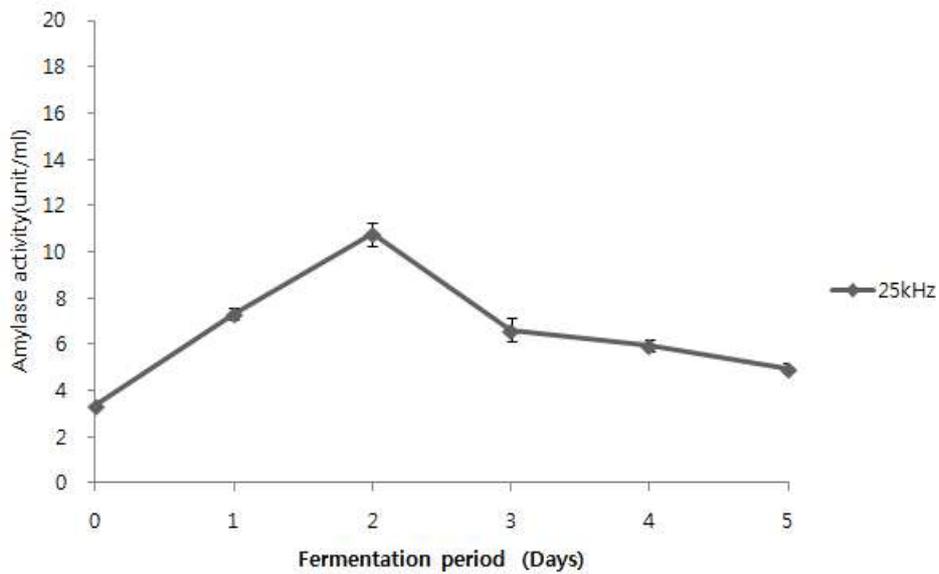


Fig. 11. 초음파 주파수 25kHz를 처리하여 제조한 코지의 amylase activity.

Fig. 11는 초음파 주파수 25kHz를 처리하여 제조한 코지의 amylase activity를 나타내었다. 0일차에는 3.368 unit/ml로 시작하여 발효 1일차에는 7.324 unit/ml로 증가하였으며 발효 2일차에는 10.759 unit/ml로 증가하여 발효기간 중 가장 높은 amylase 활성을 나타냄을 확인할 수 있다. 그 이후에는 amylase 활성이 감소하였다.

④ 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지

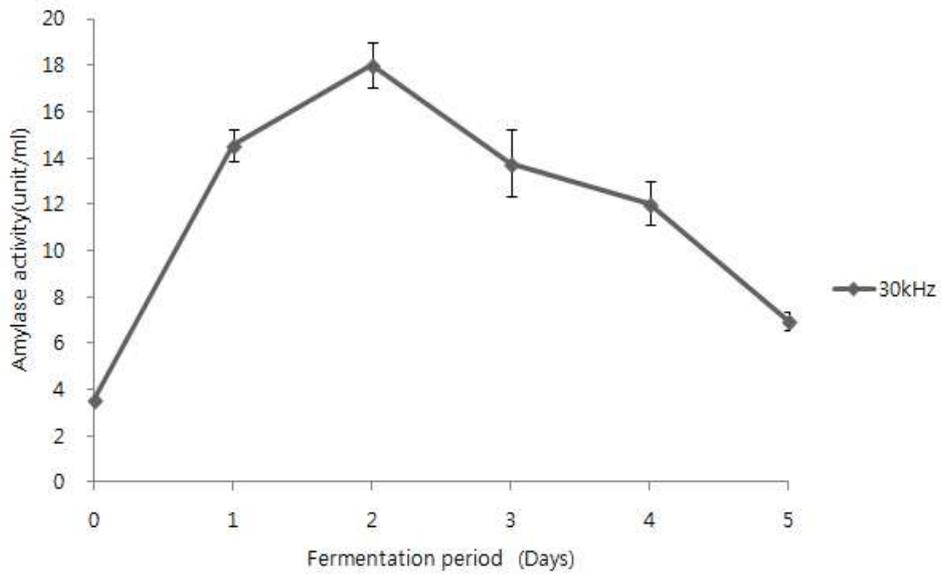


Fig. 12. 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지의 amylase activity.

Fig. 12은 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지의 amylase activity를 나타내었다. 0일차에는 3.538 unit/ml로 시작하여 발효 1일차에는 14.569 unit/ml로 급격히 증가하였으며 발효 2일차에는 18.016 unit/ml의 활성을 나타내었다. 이는 Fig. 9 ~ 12을 모두 비교하였을 때(초음파 처리를 하지 않은 코지와, 초음파 주파수 20, 25, 30, 35kHz) 가장 높은 효소활성을 나타내었다는 것을 알 수 있다. 3일차부터는 amylase 활성이 감소한다는 것을 확인할 수 있다.

⑤ 초음파 주파수 35kHz를 처리하여 제조한 코지

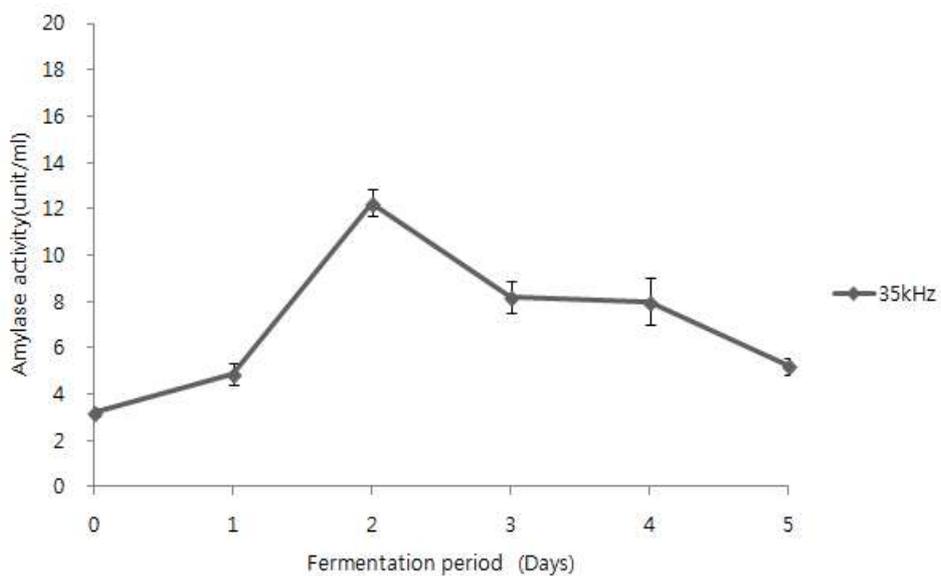


Fig. 13. 초음파 주파수 35kHz를 처리하여 제조한 코지의 amylase activity.

Fig. 13은 초음파 주파수 35kHz를 처리하여 제조한 코지의 amylase activity를 나타내었다. 0일차에는 3.175 unit/ml로 시작하여 발효 1일차에는 4.856 unit/ml로 증가하였으며 발효 2일차에는 12.270 unit/ml로 급격히 증가하였다. 그 이후에는 계속적으로 감소함을 알 수 있다.

각각의 시료에 따른 amylase 활성을 비교해보았을 때 초음파를 처리하지 않은 코지보다 초음파를 처리한 코지의 amylase 활성이 더 높게 나타났다는 것을 Fig. 9 ~ 13을 통해 알 수 있다. 또한 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지가 20, 25, 35kHz를 처리하여 제조한 코지와 비교하였을 때, 발효 2일차에서 18.016 unit/ml으로 가장 높은 amylase 활성을 나타냈다는 것을 알 수 있다. 이는 초음파를 처리하지 않은 코지와 비교하였을 때 8.152unit/ml, 만큼의 더 높은 amylase 활성을 나타낸다는 것을 알 수 있다.

(나) 초음파 주파수대별 Protease activity 변화

① 초음파를 처리하지 않은 코지

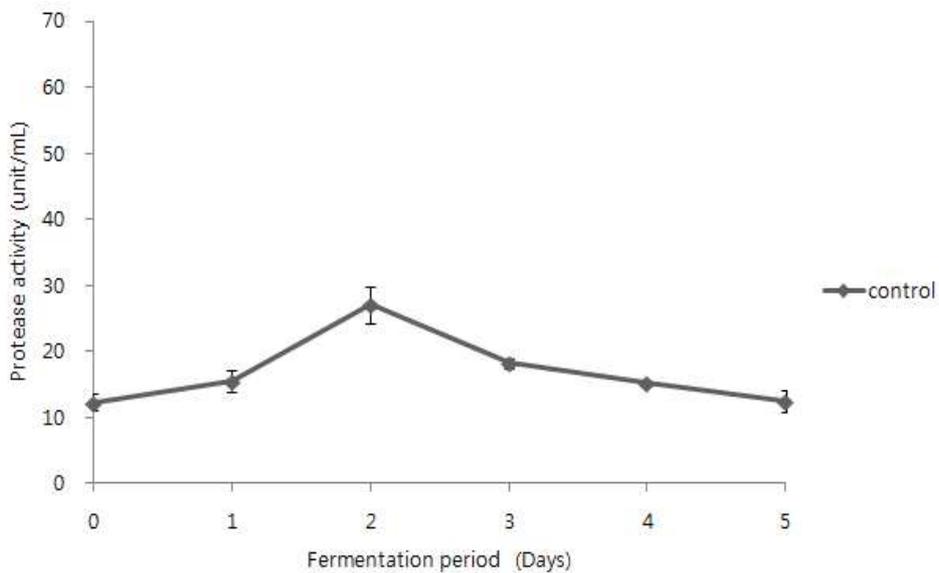


Fig. 14. 초음파를 처리하지 않은 코지의 protease activity.

Fig. 14은 초음파를 처리하지 않은 코지의 protease activity를 나타내었다. 발효 0일차에는 12.274 unit/ml로 시작하여 발효 1일차에는 15.530 unit/ml으로 약간 증가하였으며 발효 2일차에는 27.065unit/ml로 발효기간 중 가장 높은 protease 활성을 나타낸다는 것을 알 수 있다. 그 이후에는 protease activity가 감소한다는 것을 확인할 수 있다.

② 초음파 주파수 20kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity

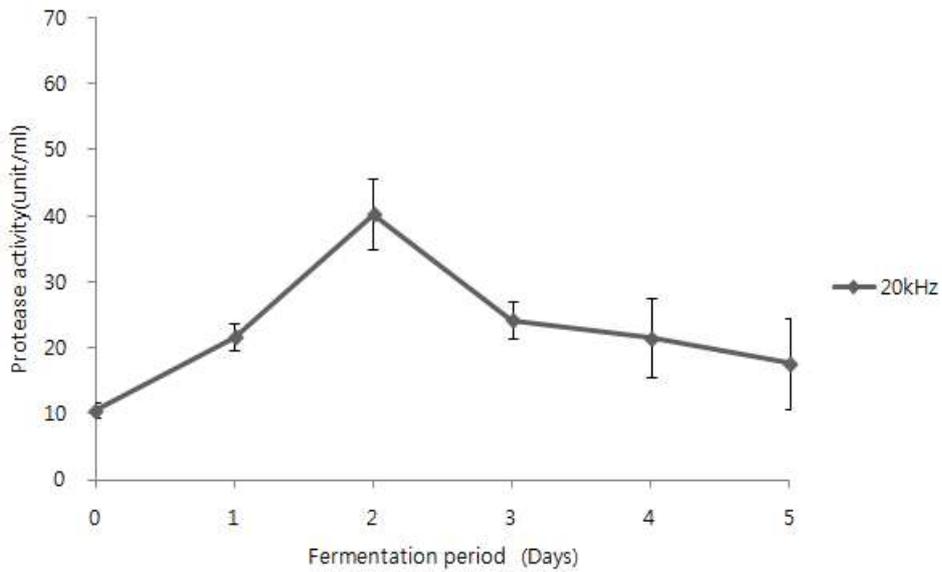


Fig. 15. 초음파 주파수 20kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity.

Fig. 15는 초음파 주파수 20kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity를 나타내었다. 0일차에는 10.600 unit/ml으로 시작하여 발효 1일차에는 21.699 unit/ml으로 증가하였다. 그리고 발효 2일차에는 이보다 더 증가하여 40.274 unit/ml의 활성을 띄었으며 그 이후 3일차에는 24.227 unit/ml으로 효소활성이 감소하였다. 가장 좋은 활성을 나타내는 발효 2일차의 효소활성을 초음파를 처리하지 않은 코지와 비교하였을 때, 20kHz의 초음파를 처리한 코지가 13.209 unit/ml이 더 높다는 것을 확인할 수 있다.

③ 초음파 주파수 25kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity

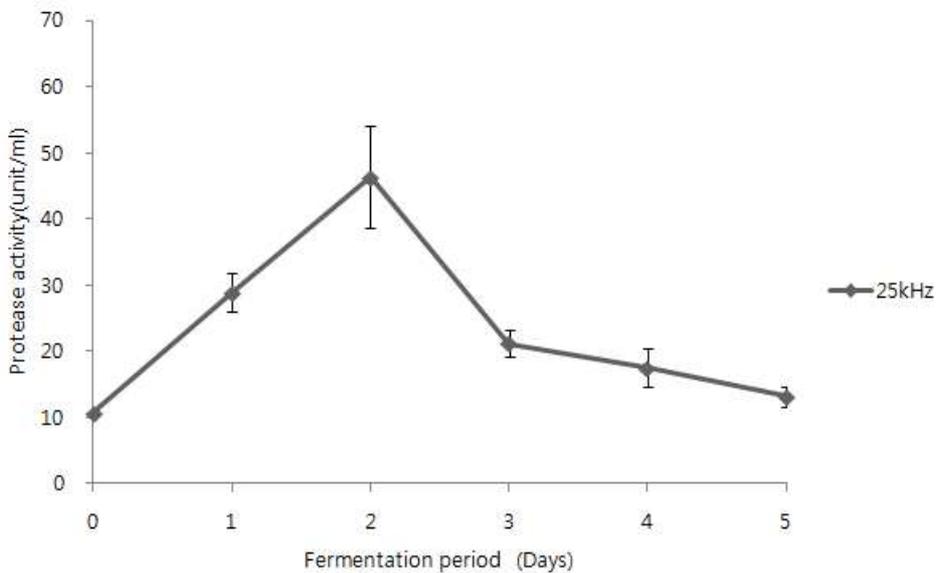


Fig. 16. 초음파 주파수 25kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity.

Fig. 16은 초음파 주파수 25kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity를 나타낸다. 발효 0일차에는 10.693 unit/ml의 활성을 나타내고 있으며 발효 1일차에는 이보다 더 증가하여 28.971 unit/ml으로 증가하였고 발효 2일차에는 46.320 unit/ml으로 발효기간 중 가장 높은 protease 활성을 나타내고 있다는 것을 확인할 수 있다. 그 이후 발효 3일차에는 급격히 감소하여 21.204 unit/ml을 나타냈으며 그 이후 발효 5일차까지 서서히 감소하였다.

④ 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지

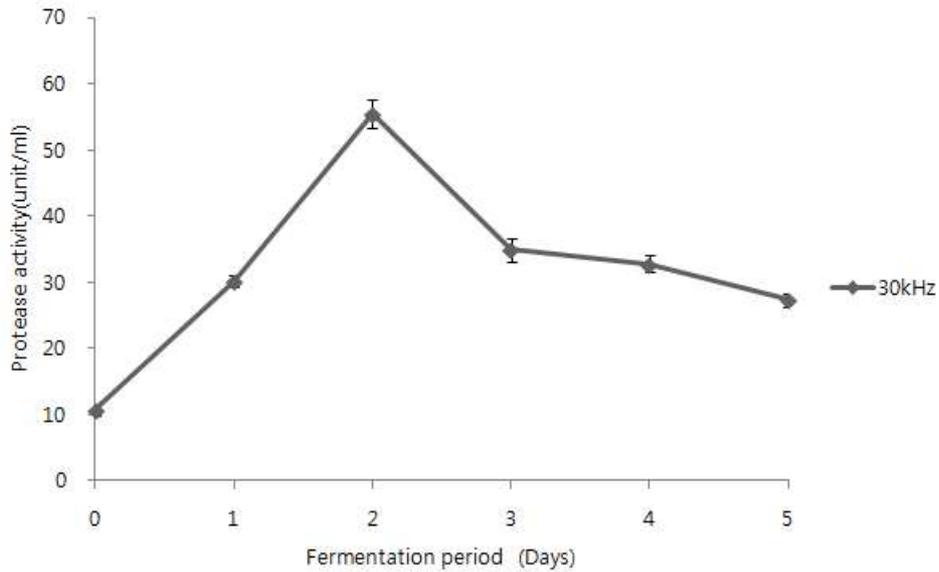


Fig. 17. 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity.

Fig. 17은 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity를 나타내었다. 발효 0일차에는 10.739 unit/ml로 시작하여 발효 1일차에는 30.181 unit/ml로 급격히 증가하였으며 발효 2일차에는 이보다 더 증가하여 55.483 unit/ml의 활성을 나타내었다. 이는 초음파를 처리하지 않은 코지와 초음파를 처리한 코지 모두를 비교하였을 때 가장 높은 활성을 나타내고 있다는 것을 알 수 있다. 발효 3일차에는 급격히 감소하여 34.925 unit/ml을 나타내었으며 그 이후에도 서서히 감소하였다.

⑤ 초음파 주파수 35kHz를 처리하여 제조한 코지

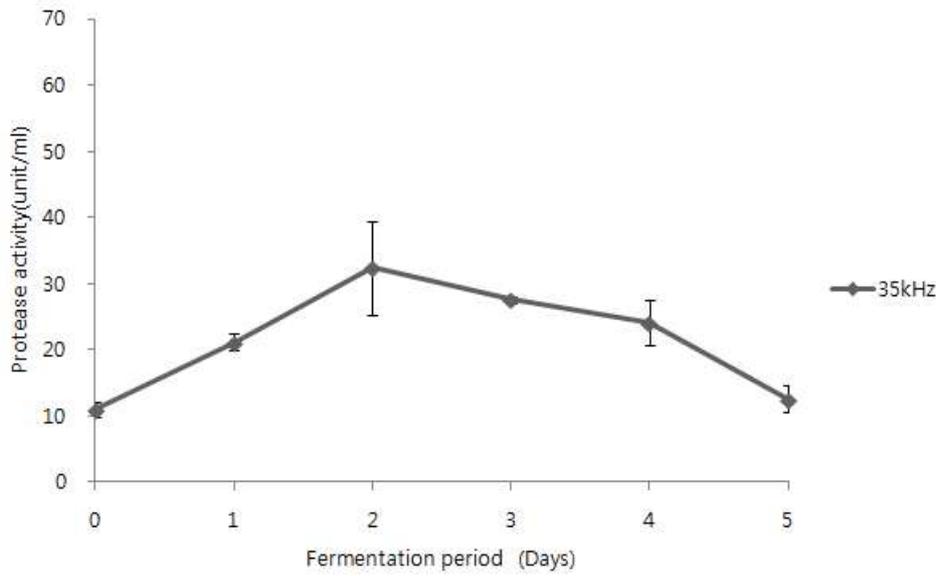
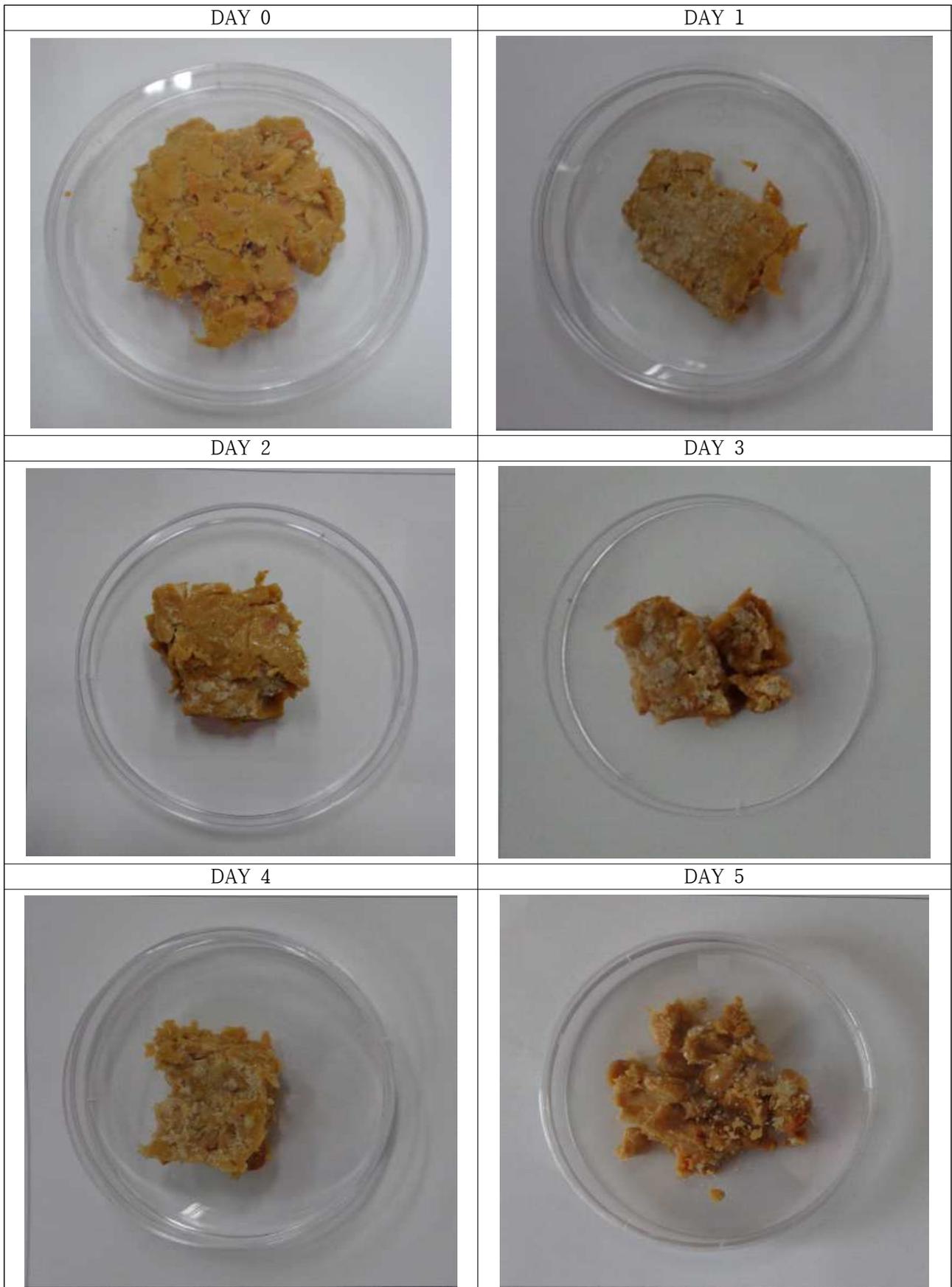


Fig. 18. 초음파 주파수 35kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity.

Fig. 18는 초음파 주파수 35kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity를 나타내었다. 발효 0일차에는 11.018 unit/ml로 시작하여 발효 1일차에는 21.158 unit/ml로 증가하였으며 발효 2일차는 더 증가하여 32.413 unit/ml의 활성을 나타내었다. 그 이후에는 protease 활성이 감소하였다.

Fig. 14 ~ 18을 모두를 비교해보았을 때, 초음파를 처리한 코지와 초음파 주파수 20, 25, 30, 35kHz 각각을 처리하여 제조한 코지에서 가장 높은 protease 활성을 나타내었을 때는 발효 2일차였다. 그 중에서도 발효 2일차에서 가장 높은 protease 활성을 나타내던 sample은 초음파 주파수 30kHz를 처리하였을 때이다. 이는 초음파를 처리하지 않은 코지와 비교해보았을 때, 28.418 unit/ml이 더 높다는 것을 확인할 수 있다.

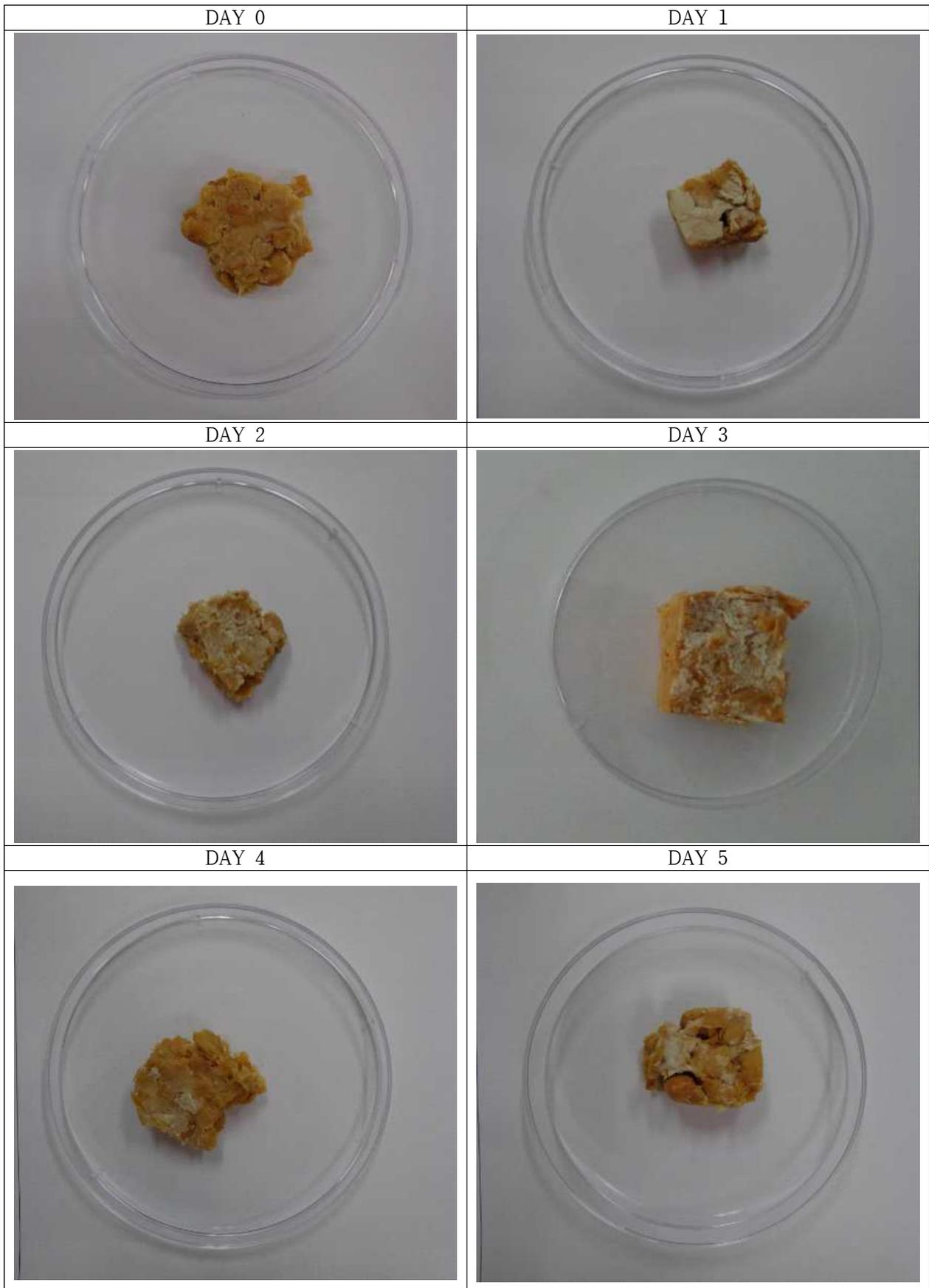
(3) 초음파를 처리한 코지와 처리하지 않은 코지의 외관 변화 비교
 (가) 초음파를 처리하지 않은 코지 (30℃)



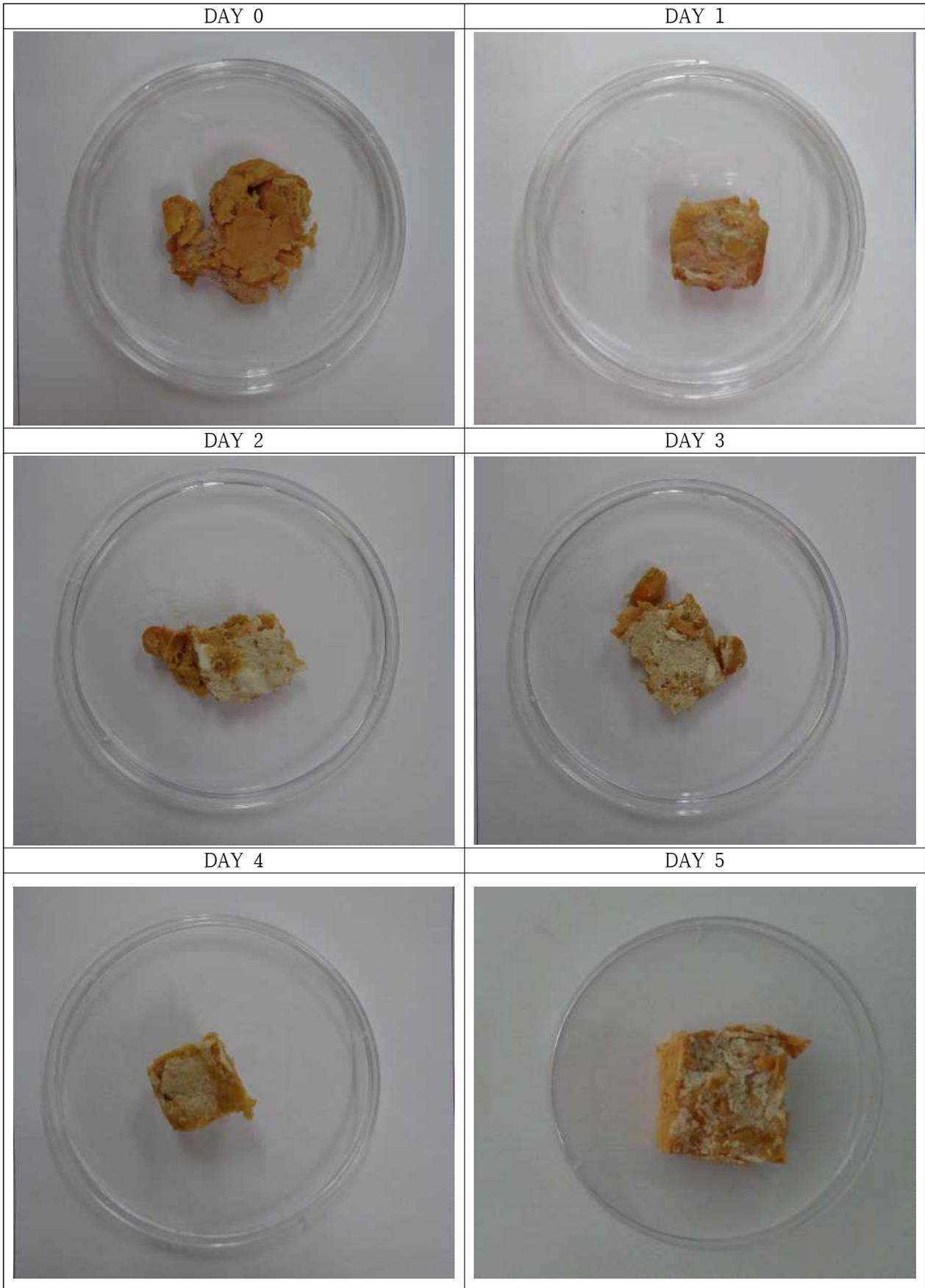
(나) 초음파 주파수 20kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃)



(다) 초음파 주파수 25kHz를 처리하여 제조한 코지 (30°C)



(라) 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지 (30°C)



나. 모델계에서 초음파에 따른 발효 kinetics의 규명

(1) 효율적인 초음파 조사 시스템을 위한 발효 메커니즘 모델링 개발

고체발효 kinetic 모델함수는 발효의 미래 상태의 예측에 필요하다. 미생물의 성장 모델과 온도의존성 모델은 mechanistic 모델에 근거하며, 수분함량 의존성은 1차 함수의 empirical 모델에 근거하여 개발한다.

$$\frac{dX}{dt} = \mu X$$

X를 t에 대한 변화율로 나타내면 위와 같다. 여기서 X는 균체의 양을 나타내며 t는 균체의 변화 시간, μ 는 성장 속도를 나타낸다. 그리고 μ 의 온도의존성을 나타내는 Arrhenius 식은 다음과 같다.

$$\mu = \mu_0 \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

여기서 μ_0 는 μ 의 초기값, E_a 는 활성화 에너지, R은 기체상수(8.314×10^{-3} kJ/mol K), T는 절대온도(K)를 의미한다. μ_0 는 empirical 모델의 수분함량 의존성의 식으로 다음과 같이 나타낼 수 있으며, 여기서 a_0, a_1 는 regression 매개변수, M은 수분함량을 나타낸다.

$$\ln \mu_0 = a_0 + a_1 M$$

또는 2차 생육모델인 square root model (Belehradek)을 사용할 수 있다.

$$\sqrt{\mu_{\max}} = b(T - T_{\min})$$

여기서 μ_{\max} 는 최대 성장속도, T는 절대온도(K), T_{\min} 은 nominal 최소온도(K), b는 square root model의 기울기로 coefficient로 간주한다. 여기서 reparameterization(parameter의 세분화)을 b에 적용하여 다음과 같은 식을 사용할 수 있다.

$$\ln b = c_0 + c_1 M$$

또한 primary model인 Gompertz model, Baranyi model 이나 secondary model인 RSM, γ -concept 등의 여러 모델을 확장 적용할 수 있는데 아래 표에 primary 및 secondary model에 사용할 수 있는 수식을 추가적으로 적용한다.

Primary model	
Gompertz model	$\log N = A + C \cdot \exp - \exp[-B \cdot (t - M)]$
Baranyi model	$\frac{d}{dt}x = [b(T(t) - T_{\min})]^2 \left(\frac{q}{q+1}\right) \left(1 - \frac{x}{x_{\max}}\right)x$ $\frac{d}{dt}q = [b \cdot (T(t) - T_{\min})]^2 \cdot q$
Rosso model	$t < \lambda \ln(N) = \ln(N_0)$ $t \geq \lambda \ln(N) = \ln(N_{\max}) - \ln\left[1 + \left(\frac{N_{\max}}{N_0} - 1\right) \cdot \exp(-\mu_{\max}(t - \lambda))\right]$
Monod model	$N = N_0 \cdot \exp[k \cdot (t - t_L)]$
Secondary model	
Response surface model	$k(T, a_w) = C_0 + C_1 T + C_2 T^2 + C_3 a_w + C_4 (a_w)^2 + C_5 T a_w$
γ -Concept	$\gamma = \frac{\mu}{\mu_{opt}} = \gamma(T) \cdot \gamma(pH) \cdot \gamma(a_w)$
Scoolfield model	$\mu_{\max} = \frac{A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)}{1 + A_1 \exp\left(-\frac{E_{a1}}{RT}\right) + A_h \exp\left(-\frac{E_{ah}}{RT}\right)}$

Primary model은 시간의 변화에 따른 미생물의 생장이나 사멸을 예측하는 모델링을 말하며, 대표적인 모델로써 Gompertz model, Exponential model, Logistic model, Baranyi model 등이 있다. 이러한 모델식을 이용하여 성장을 예측했을 경우에는 lag phase duration(LPD), doubling time, Y_0 , Y_{\max} , maximum specific growth rate(SGR)을 계산할 수 있다.

Secondary model은 primary model에서 계산된 parameters(maximum specific growth rate, lag phase duration)들이 내적, 외적인 요소(pH, 온도, Aw 등)에 따라서 어떻게 변화하는지를 예측하는 과정을 뜻한다. 대표적인 secondary model로는 Polynomial model, Arrhenius model, RSM, γ -concept 등이 주로 사용되고 있다.

이러한 모델식을 바탕으로 30°C에서 초음파를 처리하지 않은 코지와 20, 25, 30, 35kHz의 주파수를 처리하여 만든 코지의 발효기간 동안의 곰팡이 포자수 변화를 통해 고체발효 kinetic 모델링을 구축하여 균수를 예측할 수 있도록 한다.

(2) 방법

(가) Primary model and Secondary model

*A. oryzae*를 접종한 koji의 곰팡이 수 결과를 각 주파수별(20, 25, 30, 35kHz)로 실험하여 3시간 간격으로 1일까지 측정 후, 1일 간격으로 5일 동안 측정해준다. Primary model 식은 modified Gompertz model (Eq.1)을 사용하였다. GraphPad Prism software (version 5.0, GraphPad Software, Inc., San Diego, C.A., U.S.A.)를 이용하여 modified Gompertz model의 최대증식속도(Maximum specific growth rate, SGR)와 유도기(lag time, LT)를 산출해주었다.

$$Y = A+C*\exp(-\exp(-B*(t-M)))$$

$$= A+C*\exp(-\exp(-2.718*\mu_{max})/c*(t-\lambda)+1)) \text{ (Eq.1)}$$

A : initial number of cells(log CFU/g)

C : difference between initial and final cell numbers(log CFU/g)

μ_{max} : maximum specific growth rate(log CFU/h)

t : time(h)

Y : log cell(log CFU/g)

modified Gompertz model의 경우에는 maximum specific growth rate(SGR)과 lag time(LT)를 계산하기 위해서 변수들을 이용해서 추가적인 계산을 해야 한다. SGR과 LT를 계산하기 위한 식은 Eq.2와 Eq.3에 나타내었다.

$$\mu_{max} = (B*C)/e \text{ (Eq.2)}$$

$$\lambda = M-1/B*(1-\exp(1-\exp(B*M))) \text{ (Eq.3)}$$

Secondary model을 구축하기 위해서는 Ratkowsky square root model를 이용하여 실험에 사용된 주파수의 변화와 *A. oryzae*의 specific growth rate(SGR)과 lag time(LT)의 상관관계를 규명하였다. Minitab ver. 14를 이용하여 계산하였고 유도된 방정식은 다음과 같다.

$$\sqrt{\mu_{max}} = b*(T-T_{min}) \text{ (Eq. 4)}$$

$$\lambda = \exp^{(b*(T-T_{min}))} \text{ (Eq. 5)}$$

(나) model 적합성 평가

실제로 실험한 실험값과 모델식에서 예측된 예측값을 비교해봄으로써 model의 예측능력을 입증해야한다. 우리의 실험에서는 modified Gopertz model의 적합성을 평가하기 위해서 Root mean square error(RMSE)와 R^2 , bias factor(B_f)와 accuracy factor의 값을 이용하였다. RMSE는 실험값과 예측값의 차이로써 0에 가까울수록 모델의 적합성이 우수하다고 볼 수 있다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(obs - pred)^2}{n}} \text{ (Eq.6)}$$

obs : observed value

pred : predicted value

n : number of observation

Primary model과 secondary의 적합성 평가는 결정계수(R^2)값을 이용했다. R^2 이 1에 가까울수록 적합도가 높아진다고 볼 수 있다. Bias factor(B_f)값은 예측값과 실험값 사이의 평균차이

를 말하며, 1에 가까울수록 정확하다. Accuracy factor(A_f)값은 실험값과 예측값의 평균차이의 절대값을 나타낸 것으로 값이 커질수록 부정확하다.

$$B_f = 10^{\sum \log(\text{obs}/\text{pred})/n} \quad (\text{Eq.7})$$

$$A_f = 10^{\sum |\log(\text{obs}/\text{pred})|/n} \quad (\text{Eq.8})$$

(3) 고체발효 Kinetic modeling

(가) *A. oryzae*를 접종한 koji 성장에 초음파가 미치는 영향

서로 다른 주파수를 처리한 koji로부터 얻은 *A. oryzae*의 곰팡이 포자수를 GraphPad Prism 5.0 software를 사용하여 modified Gompertz model에 적용하였다. Primary model의 결과는 Table 2와 3에 나타내었다.

Table 2. modified Gompertz model로부터 산출된 값

주파수 (kHz)	A(log CFU/g)	B(1/h)	C(log CFU/g)	M(h)	R ²
20	5.516±0.1746	0.1511±0.0219	3.522±0.2105	11.79±0.9506	0.9841
25	5.471±0.2304	0.1685±0.03134	3.666±0.2785	10.95±1.11	0.9738
30	5.517±0.1875	0.1659±0.02575	3.63±0.2277	11.26±0.9317	0.9816
35	5.445±0.2263	0.1715±0.03312	3.592±0.276	11.16±1.116	0.9720

Table 3. modified Gompertz model로부터 산출된 specific growth rate와 lag time

Growth parameters	20kHz	25kHz	30kHz	35kHz
μ_{\max} (log CFU/h)	0.1958	0.22727	0.22157	0.22665
Lag time(h)	5.21928	5.04407	5.25752	5.34711

각각의 주파수별로 얻은 실험값과 modified Gompertz model로부터 얻은 예측값의 비교 그래프를 Fig. 19 ~ 22에 나타내었다.

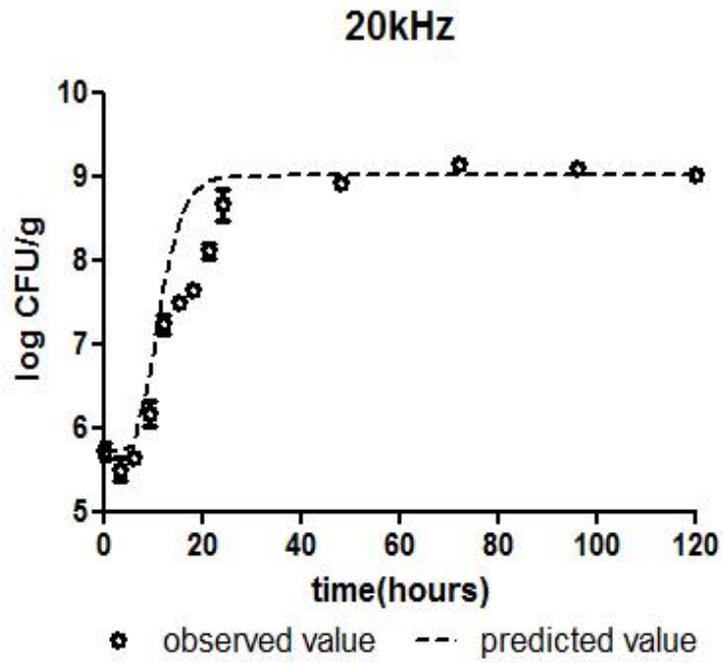


Fig. 19. 20kHz Frequency에서의 실험값과 예측값의 비교

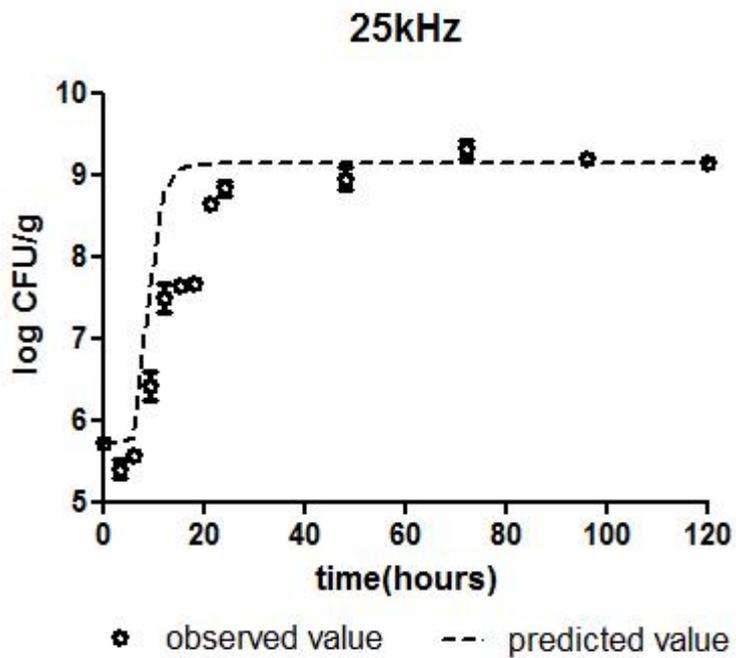


Fig. 20. 25kHz Frequency에서의 실험값과 예측값의 비교

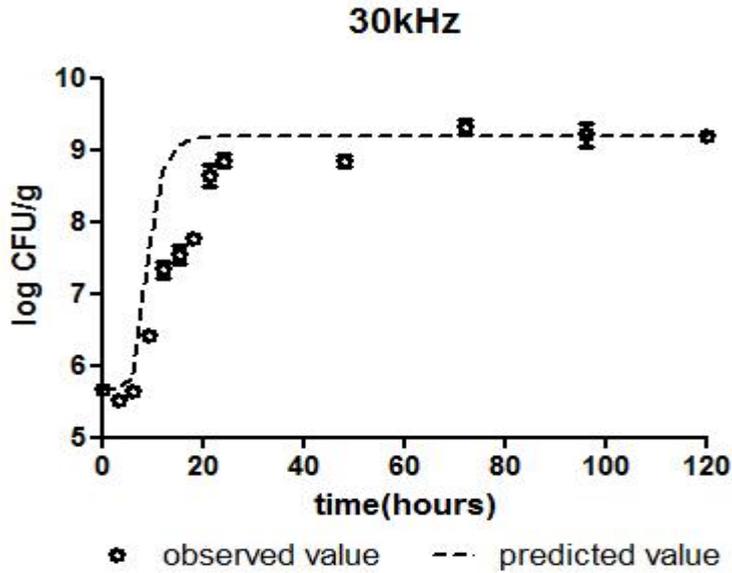


Fig. 21. 30kHz Frequency에서의 실험값과 예측값의 비교

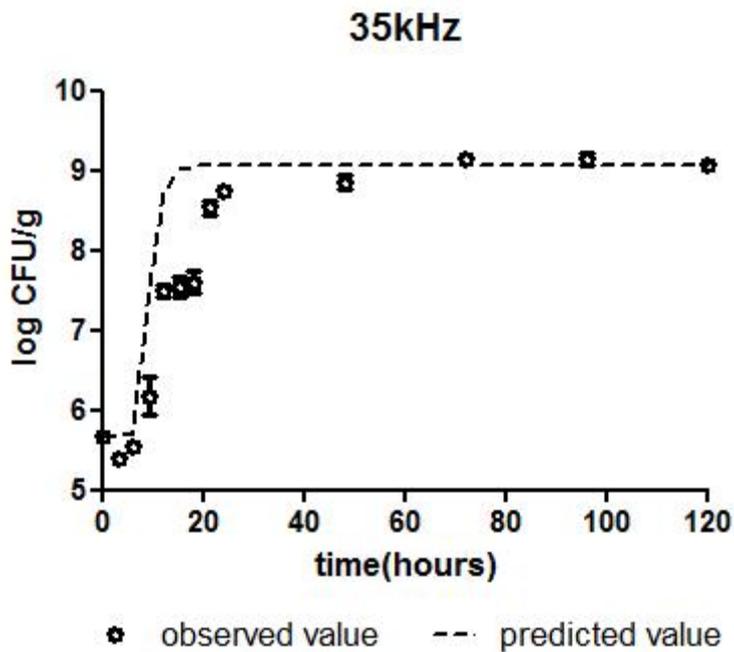


Fig. 22. 35kHz Frequency에서의 실험값과 예측값의 비교

(나) Ratkowsky square root model로부터 predictive growth model 구축

GraphPad Prism ver. 5.0으로부터 modified Gompertz model에 대한 maximum growth rate(SGR)와 lag time(LT)을 산출하였다. 이 값을 koji에서 주과수에 따른 *A. oryzae*의 증식을 표현하는 secondary model을 구축하는데 사용하였다. Minitab ver. 14 software로 Ratkowsky square root model을 이용하여 primary model인 modified Gompertz model에 따른 SGR과 LT

를 산출하여 Table 4.에 나타내었다.

Table 4. Secondary model로부터 산출된 값

Model	Equation	B _f	A _f
modified Gompertz model	$SGR = (0.001895*(T+ 218.7))^2$	0.9938	1.03294
	$LT = \exp^{(0.002281*(T+ 696.7))}$	1.91153	1.91153

(다) Validation

모델의 예측력을 평가하기 위하여 모델의 검증이 필요하다. modified Gompertz model의 예측력을 입증하기 위하여 22, 33 kHz에서 얻은 실험값과 예측값을 R², RMSE, B_f, A_f를 이용하여 비교하였다.

Table 5. 22, 33kHz로부터 얻어진 R², RMSE, B_f, A_f값

주파수(kHz)	R ²	RMSE	B _f	A _f
22	0.9809	0.2308	0.9853	1.0286
33	0.9726	0.3022	0.9767	1.0357

R² : regression coefficient ; RMSE : root mean square error ; B_f : bias factor A_f : accuracy factor

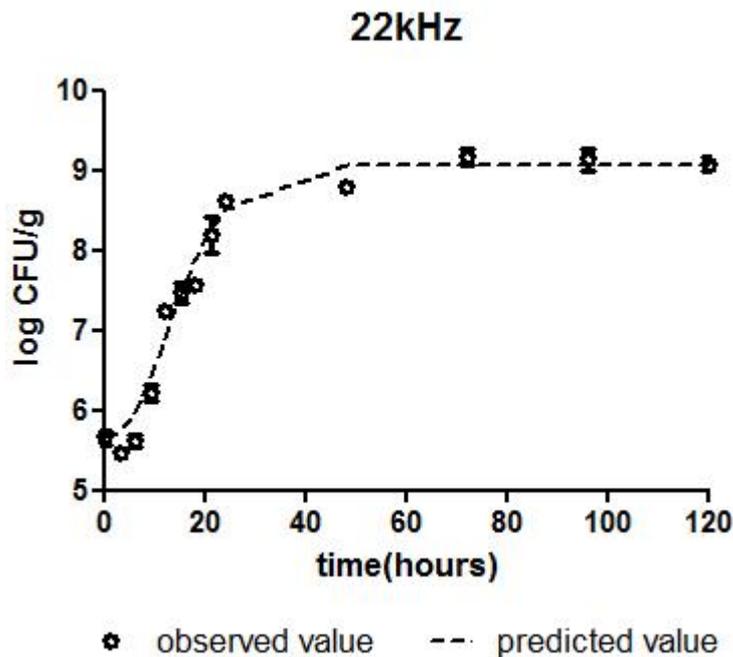


Fig. 23. 22 kHz에서의 predictive growth curve의 graphical validation

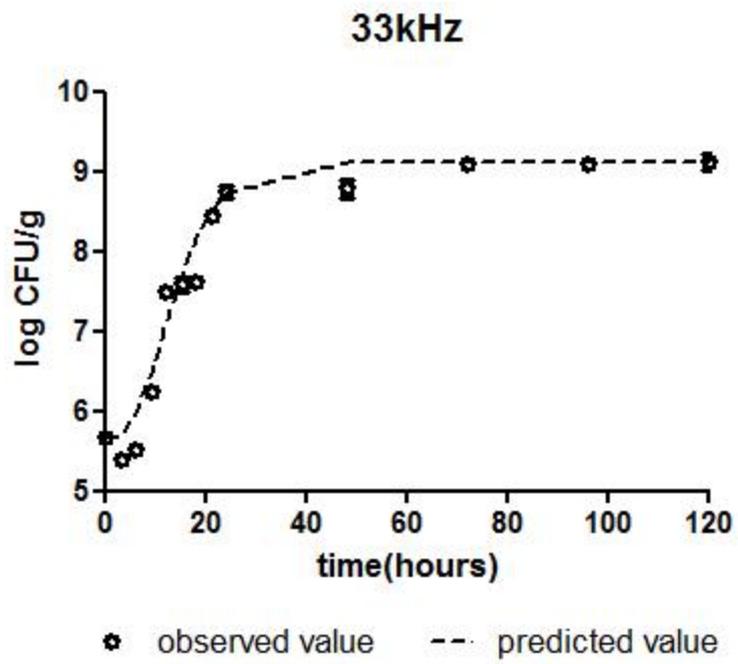


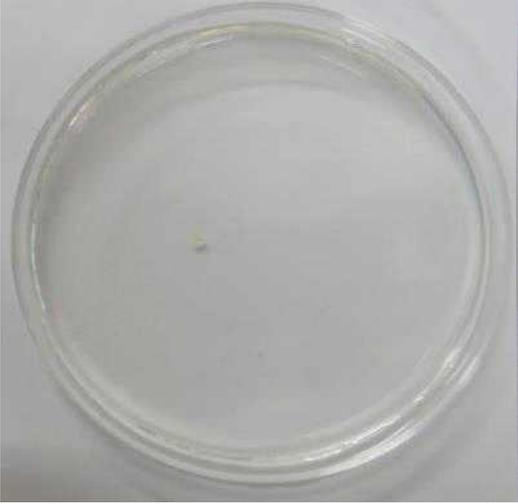
Fig. 24. 33 kHz에서의 predictive growth curve의 graphical validation

다. 모델계에서 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화

(1) 코지를 사용하여 제조된 된장, 고추장, 간장의 품질 평가

(가) 외관변화

① 0일차

	
<p>일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 0일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 0일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 0일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 0일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 0일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 0일차)</p>

② 10일차



일반 배양 코지 이용 된장(30°C, 30KHz, 10일차)



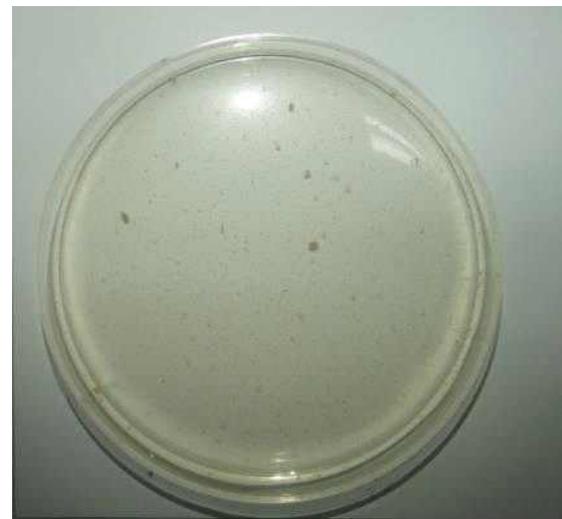
초음파 배양 코지 이용 된장(30°C, 30KHz, 10일차)



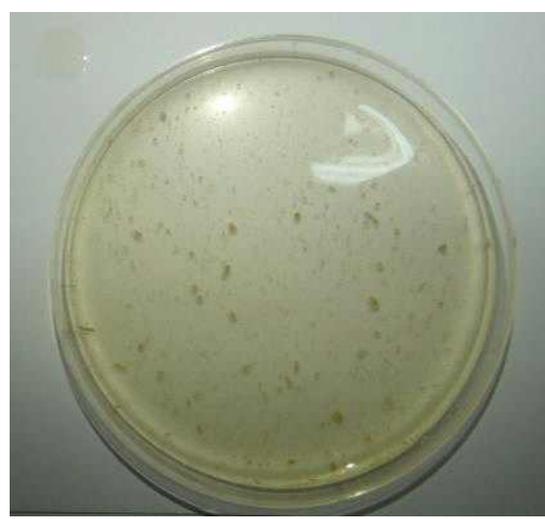
일반 배양 코지 이용 고추장(30°C, 30KHz, 10일차)



초음파 배양 코지 이용 고추장(30°C, 30KHz, 10일차)



일반 배양 코지 이용 간장(30°C, 30KHz, 10일차)



초음파 배양 코지 이용 간장(30°C, 30KHz, 10일차)

③ 20일차



일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 20일차)



초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 20일차)



일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 20일차)



초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 20일차)



일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 20일차)



초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 20일차)

④ 30일차

	
<p>일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 30일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 30일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 30일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 30일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 30일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 30일차)</p>

⑤ 40일차

	
<p>일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 40일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 40일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 40일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 40일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 40일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 40일차)</p>

⑥ 50일차

	
<p>일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 50일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 50일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 50일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 50일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 50일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 50일차)</p>

(나) 수분함량

초음파 처리 된장, 고추장과 비처리 된장, 고추장의 숙성기간 중 수분함량 변화를 Table 6에 나타내었다.

Table 6. Water content of soybean paste and hot pepper soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

Sample	Type	Water contents (%)					
		Day 0	Day 10	Day 20	Day 30	Day 40	Day 50
Soybean paste	Non-ultrasonication	60.630±0.003	60.583±0.007	61.190±0.010	63.067±0.005	62.893±0.001	62.637±0.005
	Ultrasonication	60.633±0.011	61.023±0.003	62.123±0.005	63.470±0.004	63.537±0.002	63.653±0.004
Hot pepper soybean paste	Non-ultrasonication	68.698±0.003	69.092±0.007	68.814±0.011	70.264±0.008	70.555±0.005	71.390±0.011
	Ultrasonication	68.782±0.004	69.383±0.012	69.974±0.003	71.484±0.012	73.063±0.007	73.533±0.005

① 된장



Fig. 25. Water content of soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji

된장 제조 직후 수분함량은 60.630 ~ 60.633%로 시료 간에 차이가 없었으며 숙성기간에 따라 점차 증가하는 경향을 보였다. 초음파 비처리 된장의 수분은 숙성 50일째 62.637%로 약 2.007% 증가하였으며 초음파 처리 된장의 수분은 숙성 50일째 63.653%로 3.02% 증가하여 더 높은 증가율을 보였다.

② 고추장



Fig. 26. Water content of hot pepper soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

고추장 담금 직후 초음파 처리 고추장과 비처리 고추장의 수분함량은 68.698 ~ 68.782%로 나타났고, 숙성기간에 따라 꾸준히 증가하여 숙성 50일째의 수분함량은 초음파 비처리 고추장이 71.390%, 초음파 처리 고추장이 73.533%를 나타냈다. 초음파 처리 고추장의 증가율이 더 높게 나타났다.

(다) 색도

초음파 처리 된장, 고추장, 간장과 비처리 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 색도 변화를 Table 7에 나타내었다.

Table 7. Color value of each samples used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

Sample	Type	Hunter Value	Color value					
			Day 0	Day 10	Day 20	Day 30	Day 40	Day 50
Soybean paste	Non-ultrasonication	L	58.45±0.67	57.16±0.34	58.84±0.39	54.26±0.96	48.32±0.45	47.57±0.26
		a	4.89±0.18	6.19±0.15	7.63±0.95	6.08±0.37	6.26±0.58	6.15±0.34
		b	22.83±0.17	21.75±0.05	33.01±1.51	21.64±0.97	21.44±1.17	20.45±0.65
	Ultrasonication	L	54.62±0.37	53.71±0.44	51.30±0.28	49.82±0.59	47.19±0.48	46.16±0.63
		a	6.47±0.49	7.21±0.51	7.33±0.07	8.14±0.07	7.85±0.16	7.77±0.13
		b	21.41±0.74	22.01±0.14	19.55±0.43	17.99±0.72	19.33±0.43	18.61±0.28
Hot pepper soybean paste	Non-ultrasonication	L	47.21±0.66	47.59±0.37	47.82±0.56	45.44±0.31	43.22±0.46	42.65±0.40
		a	22.43±0.39	22.33±0.63	22.33±0.30	23.62±0.22	22.59±0.34	22.78±0.31
		b	33.49±1.16	31.76±0.43	31.76±0.51	27.85±0.24	28.86±0.42	29.66±0.34
	Ultrasonication	L	46.95±0.71	47.48±0.45	48.39±0.22	47.84±0.13	44.51±0.42	43.06±0.32
		a	21.79±0.08	22.59±0.43	22.34±0.34	23.12±0.66	23.40±0.45	23.14±0.42
		b	32.30±0.93	32.71±0.34	31.32±0.60	30.85±1.01	31.55±0.69	30.45±0.33
Soy sauce	Non-ultrasonication	L	93.22±0.13	89.41±0.26	68.18±1.31	74.74±0.07	65.40±0.20	58.91±0.02
		a	-0.54±0.01	-0.61±0.03	0.26±0.04	0.17±0.03	0.17±0.04	0.09±0.01
		b	3.16±0.09	5.03±0.02	11.65±0.06	13.13±0.01	13.16±0.01	15.02±0.01
	Ultrasonication	L	92.87±0.19	76.60±0.15	59.82±0.69	75.77±0.04	60.12±0.01	52.36±0.00
		a	-0.64±0.01	-0.02±0.03	2.02±0.01	0.92±0.01	0.43±0.01	0.33±0.01
		b	4.41±0.01	9.71±0.03	17.86±0.12	17.77±0.03	18.02±0.01	18.47±0.01

① 된장

된장의 경우에는 숙성기간이 증가함에 따라 L(lightness)값은 감소하는 경향을 보였으나 a(redness)값은 증가하는 경향을 보여 된장의 색상은 숙성이 경과함에 따라 점차 어두워지며 적갈색이 증가하는 것으로 나타났다. 된장 제조 직후 초음파 비처리 된장은 58.45, 초음파 처리 된장은 54.62로 초음파 처리 된장보다 비처리 된장이 L값이 더 높았으며 숙성 50일째에는 비처리 된장은 47.57, 초음파 처리 된장은 46.16으로 그 격차가 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 초음파 비처리 된장의 a값은 숙성 초기 4.89에서 점차 증가하여 숙성 20일째 7.63으로 가장 높은 값을 나타냈다. 숙성 50일째 6.15로 숙성 초기보다 적갈색이 증가하였다. 초음파 처리 된장의 a값은 숙성 초기 6.47에서 점차 증가하여 숙성 30일째 8.14로 가장 높은 값을 나타냈고 점차 감소하였다. 전반적으로 초음파 처리 된장의 적색도가 더 높은 것으로 나타났다. b(yellowness)값은 증가와 감소를 반복하며 다소 복잡한 경향을 보였으며 초음파 비처리 된장의 b값이 숙성 전 기간에 걸쳐 전반적으로 더 높은 값을 나타냈다.

② 고추장

고추장의 색도는 소비자 품질평가 기준 중 가장 중요한 요인이다. 고추장의 명도를 타내는 L값의 경우 숙성 초기 초음파 비처리 고추장 47.21, 초음파 처리 고추장 46.95를 나타낸 후 점차 증가하여 숙성 20일째 47.82, 48.39로 가장 높은 값을 나타냈으며 이후 감소하였다. 초음파 비처리 고추장의 적색도를 나타내는 a값은 숙성 기간에 따라 큰 차이가 없었으며 초음파 처리

고추장은 숙성 초기 21.79에서 숙성 50일째 23.14로 소폭 상승하였다. 황색도를 나타내는 b값은 비처리 고추장의 경우 숙성 초기 33.49였으나 숙성 50일째 29.66으로 감소하는 경향을 나타냈으며 초음파 처리 고추장도 숙성 초기 32.30에서 숙성 50일째 30.45로 감소하였다. 초음파 처리 고추장과 비처리 고추장의 L, a, b 값 모두 그 차이가 미미하였다.

③ 간장

간장의 경우 초음파 처리, 비처리 모두 숙성기간이 증가함에 따라 명도를 나타내는 L값은 점차 감소하여 담금 직후와 숙성 90일째의 값이 큰 차이를 나타냈다. 초음파 처리 간장의 명도가 비처리 간장의 값보다 약간 더 낮은 값을 나타냈다. 반면 적색도를 나타내는 a값은 증가와 감소를 반복하였으며 황색도를 나타내는 b값은 숙성기간에 따라 증가하였으며 초음파 처리 간장의 값이 더 높은 경향을 나타냈다.

(라) 염도

초음파 처리 된장, 고추장, 간장과 비처리 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 염도 변화를 Table 8에 나타내었다.

Table 8. Salinity value of soybean paste, hot pepper soybean paste and soy sauce used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

Sample	Type	Salinity value (g/g)					
		Day 0	Day 10	Day 20	Day 30	Day 40	Day 50
Soybean paste	Non-ultrasonication	7.33±0.06	7.33±0.06	9.33±0.06	8.00±0.00	7.67±0.06	7.33±0.06
	Ultrasonication	7.67±0.06	10.67±0.06	8.67±0.06	9.00±0.00	8.67±0.12	8.33±0.06
Hot pepper soybean paste	Non-ultrasonication	15.67±0.06	12.00±0.00	9.67±0.06	9.00±0.00	9.67±0.06	10.00±0.00
	Ultrasonication	15.33±0.06	12.67±0.00	9.67±0.06	9.33±0.00	10.00±0.06	10.33±0.00
Soy sauce	Non-ultrasonication	20.33±0.06	21.00±0.00	21.00±0.00	20.67±0.06	20.67±0.06	20.00±0.00
	Ultrasonication	20.67±0.00	21.33±0.06	21.33±0.00	20.67±0.00	20.33±0.06	20.00±0.00

① 된장

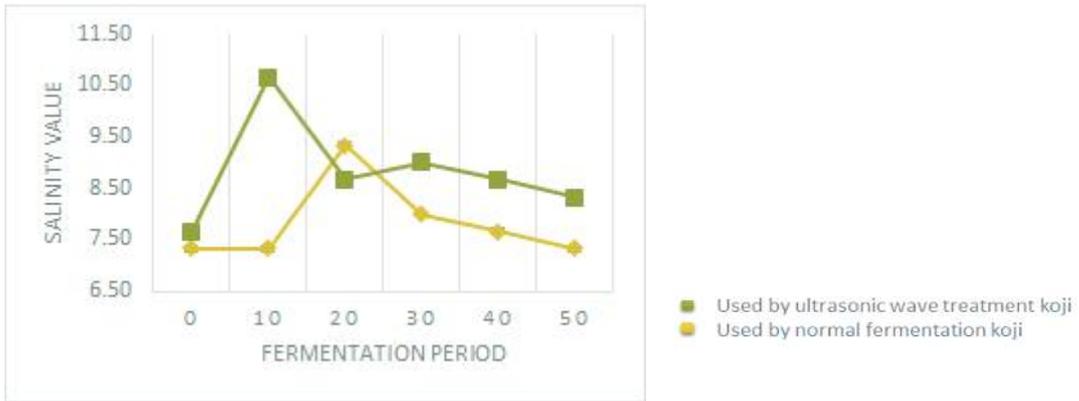


Fig. 27. Salinity value of soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

초음파 비처리 된장의 담금 직후 염도는 7.33%였으며 숙성 20일 째에는 9.33%로 증가하다가 이후 감소하였다. 초음파 처리 된장의 담금 직후 염도는 7.67%였으며 숙성 10일째 10.67%로 증가하였다가 숙성 50일째 8.33%로 감소하였다.

② 고추장



Fig. 28. Salinity value of hot pepper soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

고추장의 담금 직후 초음파 처리 고추장과 비처리 고추장의 염도는 15.33~15.67%이었고, 숙성 30일째 9.00~9.33%로 가장 낮아졌다가 숙성 최종 단계에서는 10.00~10.33%를 나타냈으며 초음파 처리여부에 따른 차이는 미미하였다.

③ 간장



Fig. 29. Salinity value of soy sauce used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

초음파 처리 간장과 비처리 간장의 담금 직후 염도는 20.33~20.67%이었고, 숙성 최종 단계에서는 20.00%로 숙성기간에 따라 큰 변화가 없었다.

(마) pH

초음파 처리 된장, 고추장, 간장과 비처리 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 pH 변화를 Table 9에 나타내었다.

Table 9. pH value of soybean paste, hot pepper soybean paste and soy sauce used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

Sample	Type	pH value					
		Day 0	Day 10	Day 20	Day 30	Day 40	Day 50
Soybean paste	Non-ultrasonication	5.30±0.04	4.87±0.03	5.05±0.01	4.82±0.01	4.62±0.01	4.54±0.04
	Ultrasonication	5.31±0.01	4.63±0.02	4.66±0.01	4.57±0.01	4.55±0.01	4.32±0.02
Hot pepper soybean paste	Non-ultrasonication	4.65±0.03	4.25±0.02	4.16±0.01	4.01±0.00	3.99±0.01	3.92±0.03
	Ultrasonication	4.64±0.03	4.23±0.04	4.15±0.02	3.98±0.05	3.92±0.10	3.88±0.05
Soy sauce	Non-ultrasonication	6.73±0.03	6.52±0.02	6.02±0.02	5.66±0.02	5.39±0.01	5.34±0.00
	Ultrasonication	6.79±0.00	5.80±0.02	5.45±0.04	5.32±0.02	5.21±0.00	5.15±0.00

① 된장

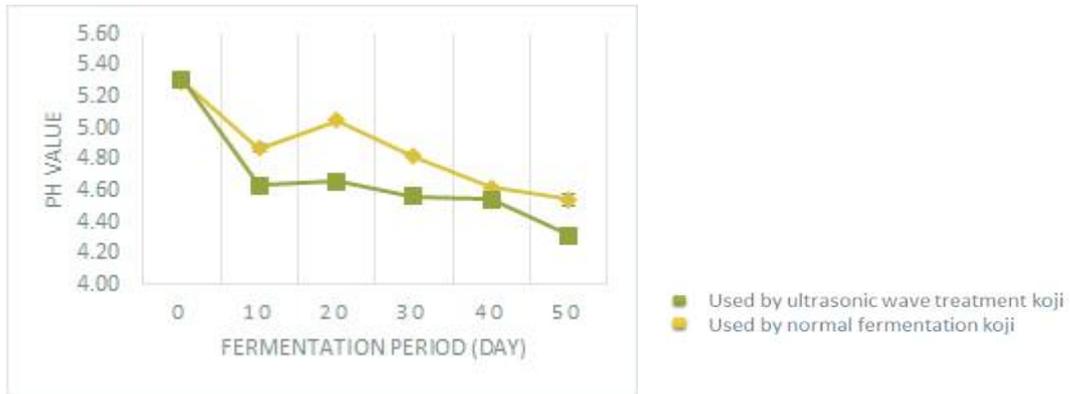


Fig. 30. pH value of soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

된장의 pH의 변화는 처리방법에 관계없이 숙성기간이 증가할수록 전체적으로 감소하는 경향을 보였다. 숙성 초기 초음파 비처리 된장과 초음파 처리 된장의 pH는 5.30, 5.31로 유사하였으나 숙성기간이 지나면서 초음파 처리 된장의 pH가 더 낮게 나타났다. 숙성 50일째에는 초음파 비처리 된장 pH 4.54, 초음파 처리 된장 pH 4.32의 수준을 보였다.

② 고추장



Fig. 31. pH value of hot pepper soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

고추장의 pH 변화도 처리방법에 관계없이 숙성기간이 증가할수록 전체적으로 감소하였다. 담금 초기 초음파 비처리 고추장의 pH는 4.65, 초음파 처리 고추장의 pH는 4.64이었으나 숙성이 진행됨에 따라 감소하여 비처리 고추장의 pH는 3.92, 초음파 처리 고추장의 pH는 3.88로 낮아졌다. 초음파 처리 고추장의 pH가 숙성 전 기간에 걸쳐 더 낮았다.

③ 간장



Fig. 32. pH value of soy sauce used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

간장의 담금 직후 pH는 6.73~6.79이었으며 숙성 최종 단계에서는 pH 5.15~5.34로 낮아졌다. 초음파 처리 간장의 pH는 숙성 10일째 급격히 감소하였으며 숙성 전 기간에 걸쳐 초음파 처리 간장의 pH는 대조구에 비해 더 낮은 값을 나타냈다.

(바) 적정산도

초음파 처리 된장, 고추장, 간장과 비처리 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 적정산도 변화를 Table 10에 나타내었다.

Table 10. Titration acidity of soybean paste, hot pepper soybean paste and soy sauce used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

Sample	Type	Titration acidity (mL)					
		Day 0	Day 10	Day 20	Day 30	Day 40	Day 50
Soybean paste	Non-ultrasonication	3.77±0.06	4.13±0.06	4.17±0.06	4.47±0.06	4.77±0.12	4.80±0.00
	Ultrasonication	4.40±0.00	4.70±0.00	4.80±0.00	5.03±0.06	5.30±0.00	5.30±0.00
Hot pepper soybean paste	Non-ultrasonication	1.17±0.06	1.20±0.00	1.47±0.06	1.67±0.06	1.73±0.06	1.93±0.06
	Ultrasonication	1.27±0.06	1.27±0.00	1.53±0.06	1.77±0.06	1.83±0.06	2.03±0.06
Soy sauce	Non-ultrasonication	0.20±0.00	0.60±0.00	0.60±0.00	0.60±0.00	0.70±0.00	0.73±0.06
	Ultrasonication	0.23±0.06	0.57±0.06	0.60±0.00	0.63±0.06	0.70±0.06	0.77±0.06

① 된장

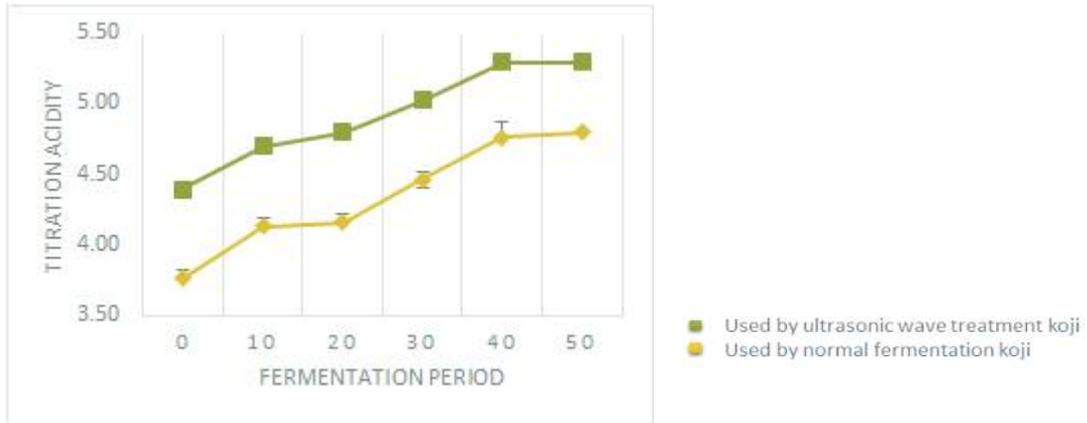


Fig. 33. Titration acidity of soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

된장의 적정산도는 초음파 처리 된장, 비처리 된장 모두 숙성 기간에 따라 증가하였으며 특히 초음파 처리 된장의 적정산도가 비처리 된장에 비해 더 높게 나타났다.

② 고추장

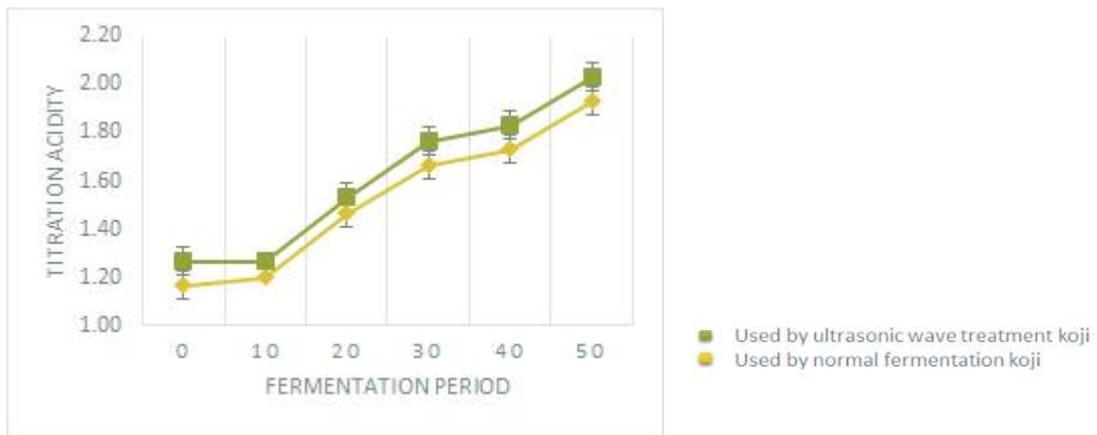


Fig. 34. Titration acidity of hot pepper soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

담금 초기 초음파 비처리 고추장의 적정산도는 1.17mL, 초음파 처리 고추장의 적정산도는 1.27mL 이었으나, 숙성 최종 단계에서는 비처리 고추장 1.93mL, 초음파 처리 고추장 2.03mL로 증가하였다. 초음파 처리 고추장이 비처리 고추장에 비해 숙성 전 기간에 걸쳐 더 높은 값을 나타냈다.

③ 간장

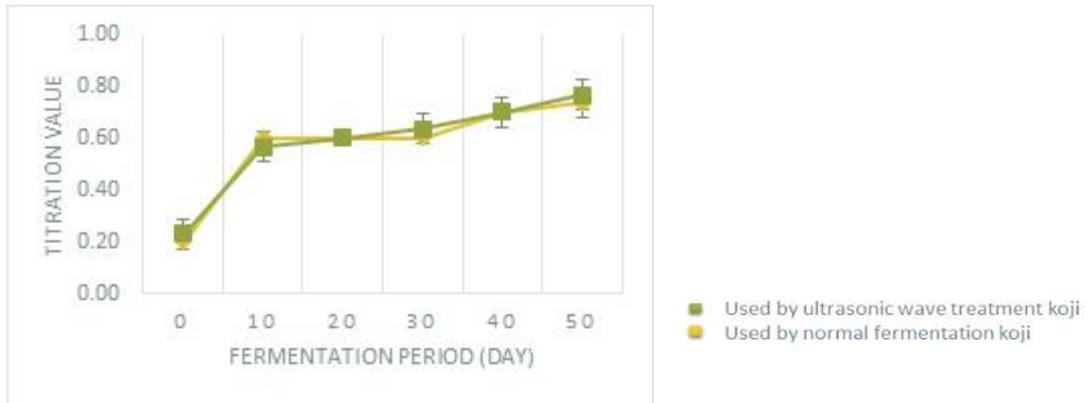


Fig. 35. Titration acidity of soy sauce used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

담금일에 초음파 비처리 간장의 적정산도는 0.20mL, 초음파 처리 간장은 0.23mL였으며 숙성 50일째 초음파 비처리 간장 0.73mL, 초음파 처리 간장 0.77mL로 숙성과정 중 증가하는 경향을 보였다. 초음파 처리 간장과 비처리 간장의 적정산도 값의 큰 차이는 보이지 않았다.

(사) 아미노태 질소함량

초음파 처리 된장, 고추장, 간장과 비처리 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 아미노태 질소함량 변화를 Table 11에 나타내었다.

Table 11. Amino-type nitrogen of soybean paste, hot pepper soybean paste and soy sauce used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

Sample	Type	Amino-type nitrogen (%)					
		Day 0	Day 10	Day 20	Day 30	Day 40	Day 50
Soybean paste	Non-ultrasonication	0.1391 ±0.007	0.2480 ±0.014	0.3859 ±0.004	0.4412 ±0.008	0.4769 ±0.004	0.4979 ±0.004
	Ultrasonication	0.2443 ±0.002	0.3600 ±0.004	0.4877 ±0.004	0.4951 ±0.004	0.5222 ±0.107	0.5432 ±0.000
Hot pepper soybean paste	Non-ultrasonication	0.0702 ±0.004	0.1044 ±0.021	0.1162 ±0.004	0.1337 ±0.004	0.1686 ±0.004	0.1825 ±0.004
	Ultrasonication	0.1191 ±0.005	0.1159 ±0.008	0.1410 ±0.004	0.1481 ±0.004	0.1900 ±0.011	0.2018 ±0.007
Soy sauce	Non-ultrasonication	0.0408 ±0.002	0.0607 ±0.004	0.0747 ±0.004	0.0887 ±0.004	0.1073 ±0.004	0.1097 ±0.004
	Ultrasonication	0.0513 ±0.005	0.0817 ±0.004	0.1167 ±0.004	0.1353 ±0.004	0.1540 ±0.000	0.1680 ±0.007

① 된장



Fig. 36. Amino-type nitrogen of soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

초음파 처리 된장과 비처리 된장의 담금 초기 아미노태 질소함량은 각각 0.2443, 0.1391%였으며 숙성기간에 따라 점차 증가하여 숙성 50일째에는 0.5432, 0.4979%를 나타냈다. 초음파 처리 된장의 아미노태 질소함량 값이 숙성 전기간에 걸쳐 더 높은 값을 나타냈다.

② 고추장

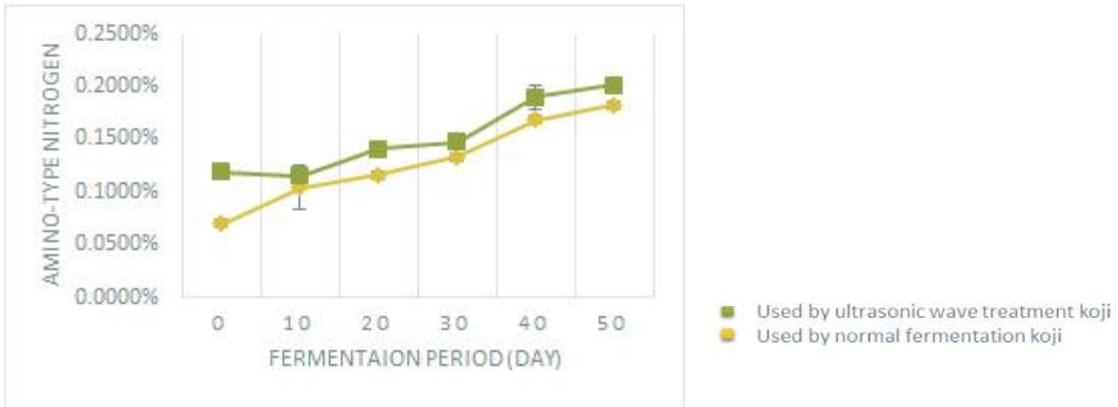


Fig. 37. Amino-type nitrogen of hot pepper soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

고추장 담금 초기 초음파 비처리 고추장의 아미노태 질소 함량은 0.0702%, 초음파 처리 고추장은 0.1191% 였으나, 숙성 50일째에는 비처리 고추장 0.1825%, 초음파 처리 고추장 0.2018% 로 증가하였다. 비처리 고추장에 비해 초음파 처리 고추장에서 아미노태 질소함량이 높게 나타났다.

③ 간장

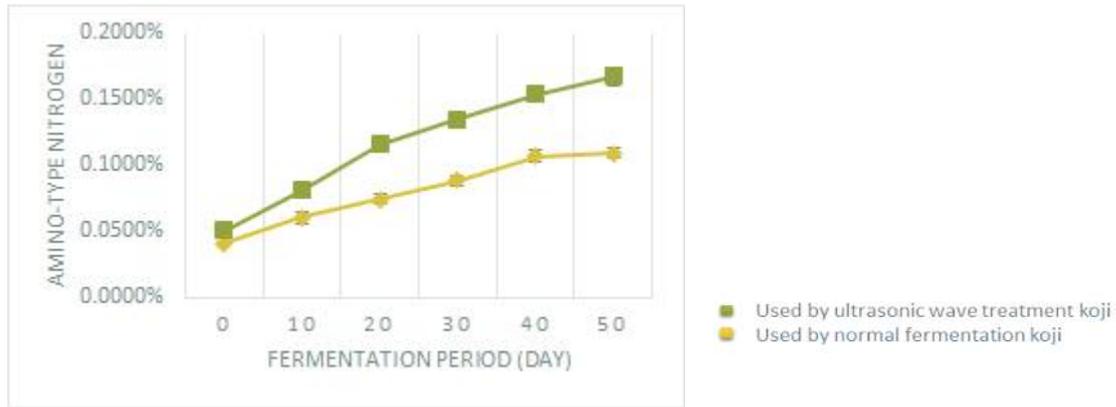


Fig. 38. Amino-type nitrogen of soy sauce used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

본 연구에서 제조된 간장 시료의 모든 경우에서 아미노태 질소는 숙성 기간에 비례하여 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 담금 직후 초음파 처리 간장과 비처리 간장의 아미노태 질소 함량은 각각 0.0513%, 0.0408%를 나타냈으며 꾸준히 증가하여 숙성 50일째에는 0.1097%, 0.1680%를 나타냈다. 초음파 처리 간장의 아미노태 질소함량이 숙성 전 기간에 걸쳐 더 높은 값을 나타냈다.

(아) ABTs radical 소거능

초음파 처리 된장, 고추장, 간장과 비처리 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 ABTs radical 소거능에 대한 변화를 Table 12에 나타내었다.

Table 12. ABTs radical scavenging activity of soybean paste, hot pepper soybean paste and soy sauce used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

Sample	Type	ABTS radical scavenging activity (%)					
		Day 0	Day 10	Day 20	Day 30	Day 40	Day 50
Soybean paste	Non-ultrasonication	11.49±0.26	9.88±0.51	18.28±0.16	22.30±0.54	23.24±0.32	23.99±0.21
	Ultrasonication	13.38±0.62	13.32±0.57	17.20±0.67	24.76±0.06	26.65±0.25	27.05±0.07
Hot pepper soybean paste	Non-ultrasonication	5.62±0.18	9.77±0.15	16.45±0.66	17.86±0.34	19.44±0.35	21.07±0.21
	Ultrasonication	6.26±0.25	10.43±0.27	17.26±0.16	18.82±0.27	20.14±0.30	21.76±0.10
Soy sauce	Non-ultrasonication	5.00±0.08	5.46±0.08	8.34±0.17	10.78±0.18	12.35±0.22	14.56±0.28
	Ultrasonication	5.39±0.18	5.98±0.07	8.58±0.22	10.87±0.04	13.06±0.12	14.84±0.21

① 된장

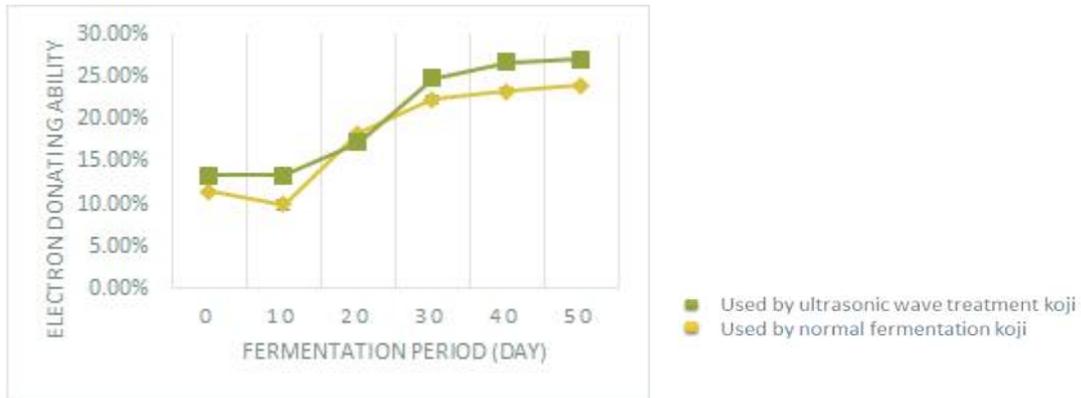


Fig. 39. ABTs radical scavenging activity of soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

된장의 ABTs radical 소거능은 초음파 비처리 된장의 경우 담금 초기 11.49%였으며 숙성 50일째에 23.99%로 점차 증가하였다. 초음파 처리 된장도 담금 초기 13.38%에서 숙성기간 중 증가하여 숙성 50일째에는 27.05%의 값을 나타냈다. 전반적으로 초음파 처리 된장의 ABTs값이 더 높은 경향을 보였다.

② 고추장

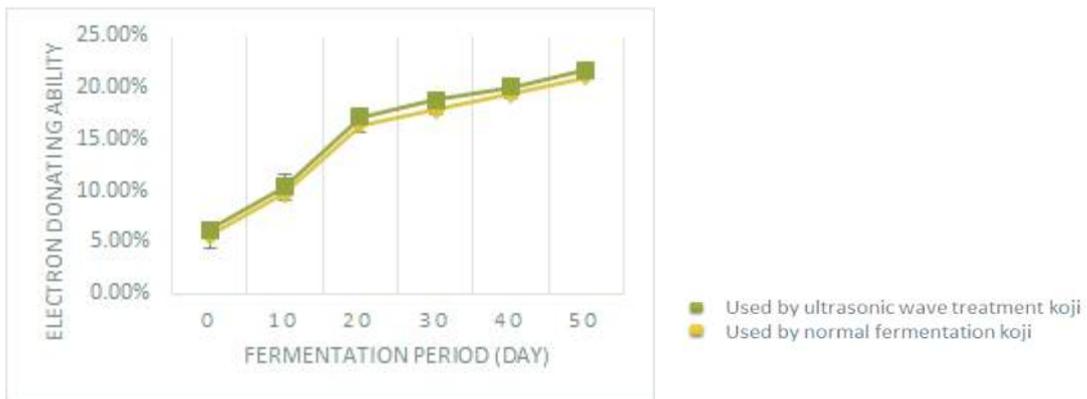


Fig. 40. ABTs radical scavenging activity of hot pepper soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

고추장 담금 초기부터 숙성기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. 특히 숙성 20일째 급격히 증가하였으며 초음파 처리 고추장과 비처리 고추장은 유사한 활성화반응을 나타냈다.

③ 간장



Fig. 41. ABTs radical scavenging activity of soy sauce used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

간장의 ABTs radical 소거능은 숙성 기간 증가에 따라 시료군 모두 증가하는 현상으로 나타났다. 숙성 초기 초음파 비처리 간장은 5.00%, 초음파 처리 간장은 5.39%를 나타냈으며 숙성 기간에 따라 꾸준히 증가하여 숙성 50일째에는 초음파 비처리 간장 14.56%, 초음파 처리 간장 14.84%의 소거능을 보였다. 간장의 ABTs radical 소거능 또한 초음파 처리 여부에 관계없이 비슷한 양상을 보였다.

(자) Capsaicin 함량

Fig. 42은 본 연구에서 사용된 capsaicin의 크로마토그램이다.

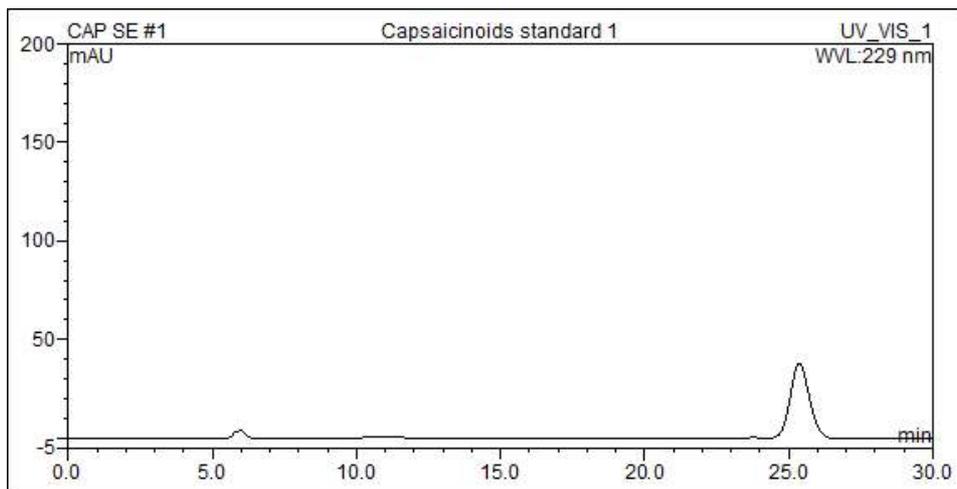


Fig. 42. Capsaicin contents chromatogram of standard solution.

초음파 처리 고추장과 비처리 고추장의 숙성기간 중 capsaicin의 함량 변화를 Fig. 43에 나타내었다. capsaicin은 숙성기간에 따라 감소하였으며 초음파 처리 고추장의 경우 더 빠르게 감소하였다.

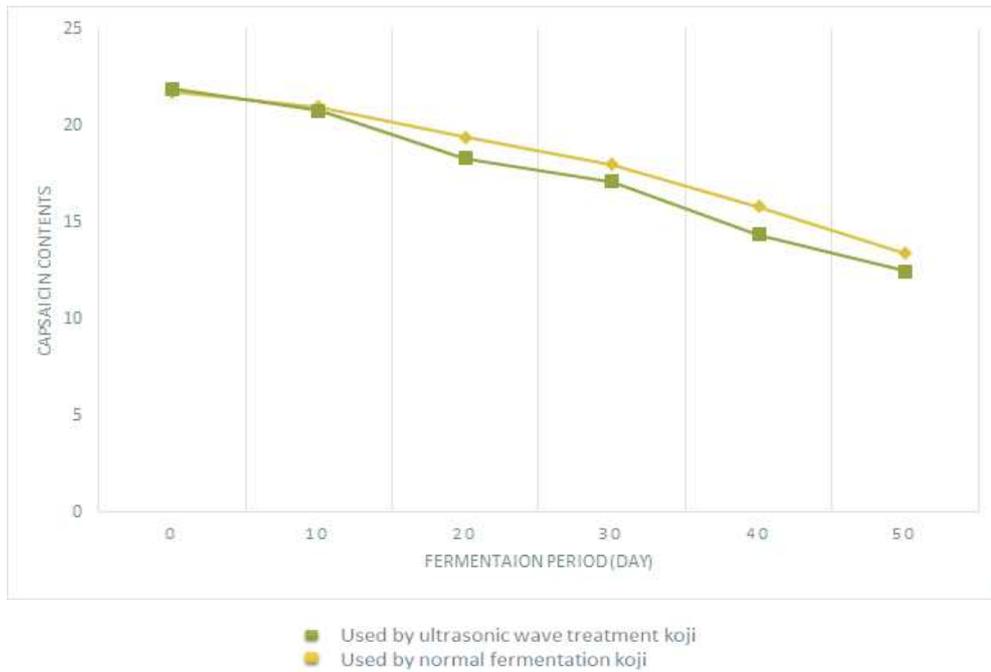


Fig. 43. Capsaicin contents(ppm) of hot pepper soybean paste used by non-ultrasonication and ultrasonication koji.

라. 초음파를 발효실 내부에 균일하게 조사할 수 있는 기술 및 장치 개발

(1) 초음파 발생 스피커 콘을 이용한 초음파 조사부 설계

(가) 초음파 발생 스피커 콘을 이용한 초음파 조사부 제조

초음파 조사를 위하여 드럼타입의 공간에 적용할 수 있는 최적의 형태로 설계하였다. 드럼형을 조사하기 위하여 원형의 조사판을 제작하였으며, 최적화된 제어성을 구성하기 위한 크기를 설정하였다. 물이라는 매질이 없는 공기 중에서 원하는 지점으로 조사될 수 있도록 디스크 후면을 가공하여 일정 거리와 일정량의 초음파가 집중될 수 있도록 설계하였다.

기본적으로 공간의 음압은 음원의 지향성, 반사체의 형상, 흡음체의 형상에 따라 좌우되는 것으로 기본 설계 원칙은 첫째로 초음파 발생장치의 지향특성(Radiation Pattern)이 낮은 음원을 사용하고, 음원의 분포도가 균일하기 위한 설치 각도의 조절, 마주보는 평면을 최소화하여 정재파(Standing Wave) 현상을 완화시킨다. 또한 흡음재를 최소화 시켜야 한다. 설계 시 가장 주목했던 점은 초음파 발생장치의 지향 특성과 정재파의 최소화였다.

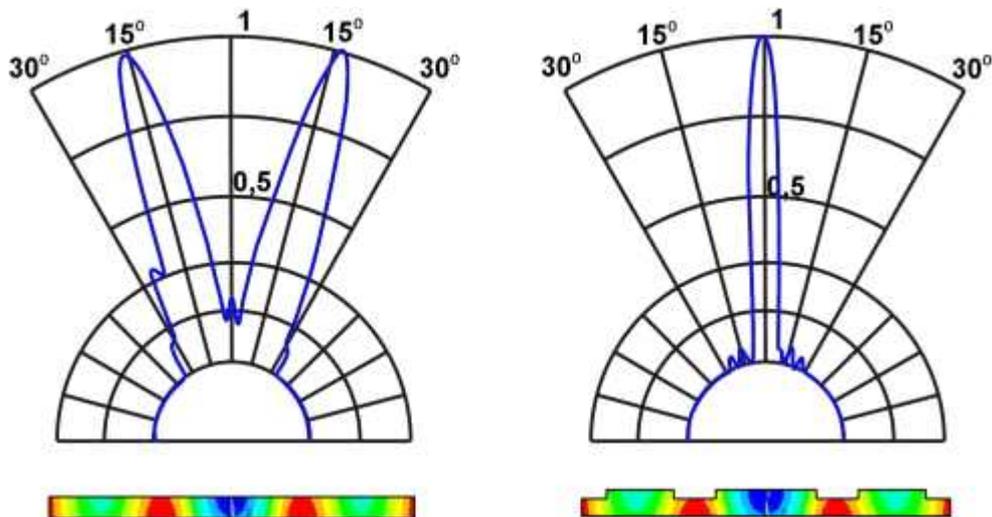
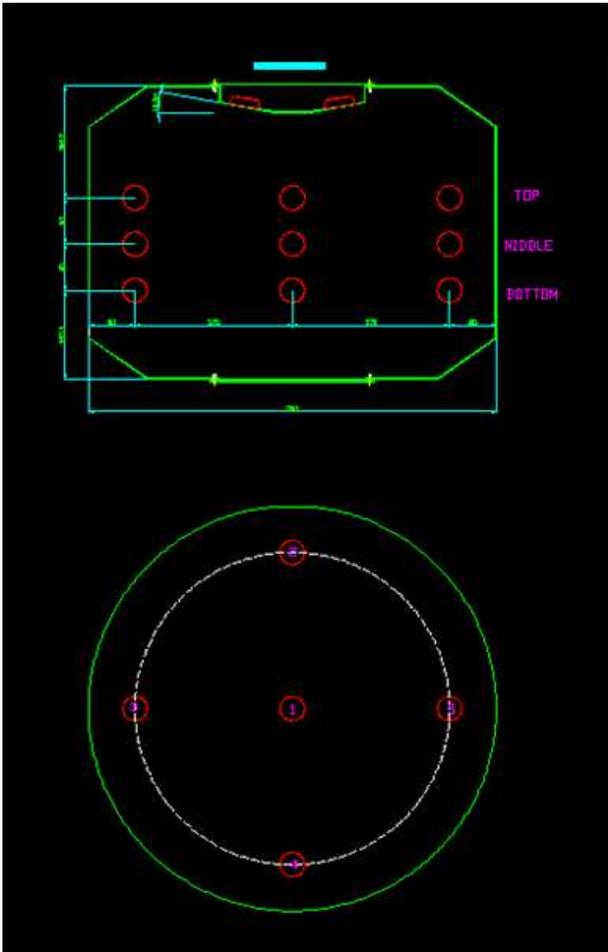


Fig. 44. 좌 : 초음파 스피커의 지향특성, 우 : 초음파 진동자의 지향특성

Fig. 44에서 우측의 초음파 진동자의 지향 특성은 지향성이 매우 날카롭고 한 방향으로 너무 강한 지향성을 보여 균일한 초음파 공간 분포에는 부적합한 특성을 보여준다. 하지만 신규 초음파 스피커 콘 구조는 지향성이 넓고 경제적이며 내부 음장 분포가 월등히 뛰어난 특성을 보여준다.

또한 기존 구조에 비해 반사판을 최소화시키고 정재파(Standing Wave)를 제거함으로써 초음파 발생장치에서 발산되는 초음파와 반사되는 초음파의 파형이 겹침으로써 생성되는 파향의 불균일성을 최소화하여 공간 내 초음파 Frequency와 power의 균일성을 최대화시켰다.

다음과 같은 초음파 음압 측정법을 이용하여 Drum 내부의 초음파 dB를 측정된 결과는 다음과 같다.



음장 측정용 아크릴 Tank 및 측정 위치
 측정 방향 : side
 구동전압 : 15Vpeak-peak

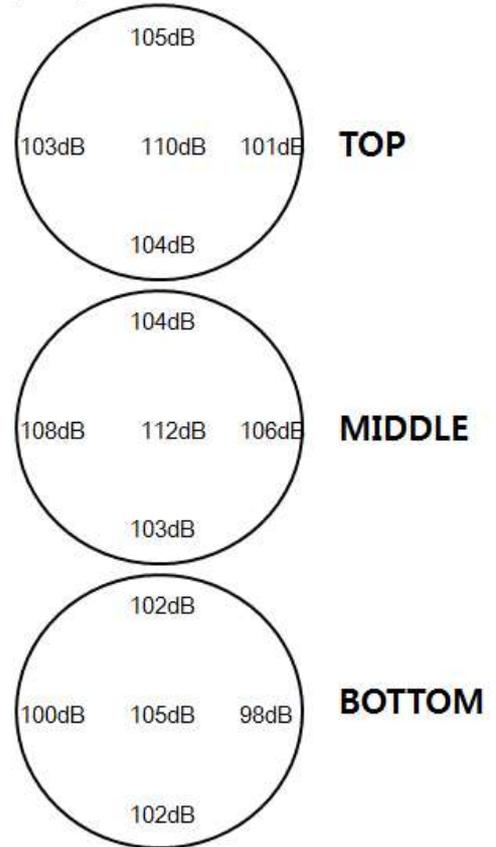


Fig. 45. Drum 내부 공간 초음파 음압 측정

Fig. 45에서 드럼 내 Top, Middle, Bottom의 3개의 상하 부분으로 나누어 각 5개의 point를 지정하여 측정하였을 때 상중단의 중앙 부분의 dB가 높았지만 상중하단의 외곽의 4개 지점은 최대 108dB, 최소 100dB로 출력의 차이가 크지 않고 중앙에 존재하는 반사판이 존재하지 않으므로 정재파(Standing Wave)의 발현이 적어 파형변화가 거의 없어 균일한 제품의 생산이 가능하도록 설계하였다.

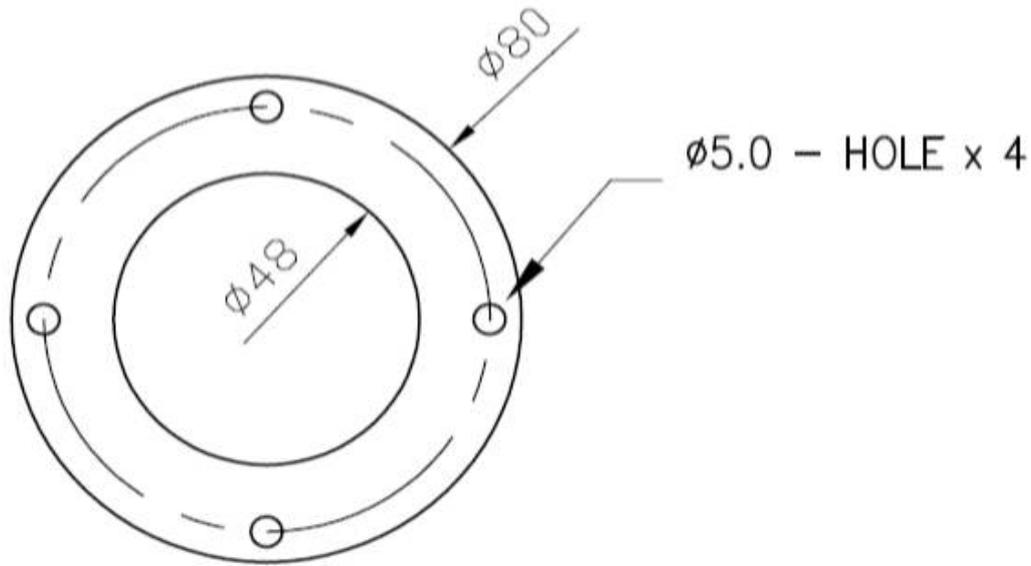


Fig. 46. 초음파 발생장치 스피커 cone 1cell model

Fig. 46은 초음파 발생장치의 핵심부로 초음파 발생 스피커의 개념으로 15Khz~35Khz 까지 조절 가능한 model 의 1개 모델이다.

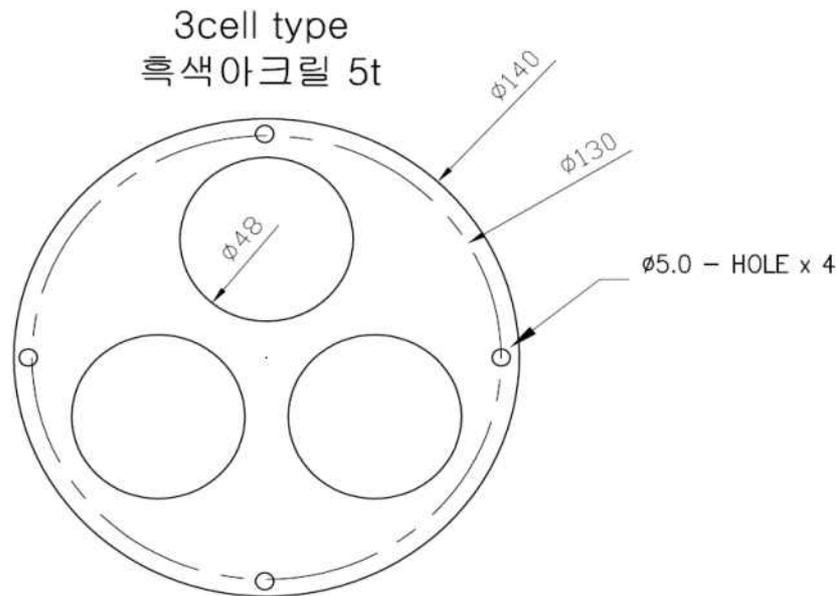


Fig. 47. 초음파 발생장치 스피커 cone 3cell model

Fig. 47은 초음파 발생장치 스피커 cone을 3개를 1set로 만든 것으로 초음파 적용 공간, 즉 제국실의 크기가 늘어날 경우 더 많은 초음파를 발생시키기 위한 장치이다.

(2) 초음파조사 제어시스템, 장비 개발 및 설계

초음파 발생 유니트의 본체에 컨트롤패널을 장착하여 주파수와 파워의 조절이 가능하도록 설계하며 그에 맞는 프로그램을 컴파일하여 적용하였다.

(3) 특정 드럼 내 초음파가 균일하게 조사될 수 있는 메커니즘 개발 및 설계
 초음파 조사실 내부에서 초음파를 조사할 때 발생된 초음파가 발효실 내의 코지에 균일하고 안정적으로 조사될 수 있도록 설계하였다.

Ultrasonic cone array

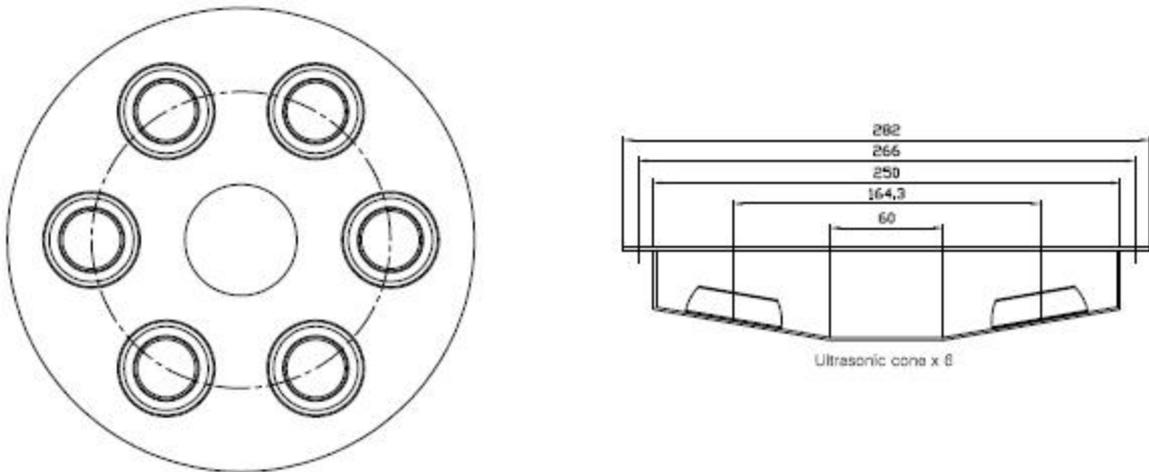


Fig. 48. 초음파 발생 Incubator의 상판 및 하판의 스피커 cone 및 경사와 설계단면도

초음파 발생장치를 설치한 Drum의 단면 설계도로써 상판과 하판에 초음파 발생 스피커 cone 6개 set가 장착된 초음파 유닛을 각각 설치하고 상면과 하면에 경사를 뒤서 제국실에 초음파가 조사될 수 있게 만든 장치이다.

(4) 초음파 조사 드럼(발효실) 유닛의 시제품 제작 및 단계별 성능시험을 통한 최적 조건 수립, 보완 작업

(가) 초음파 조사 유닛의 시제품의 설계도 및 시제품 제작

특히 스피커 콘은 아크릴 소재로, 반사판이나 외벽을 녹이 생기지 않는 Stainless 강 소재로 만들어 청소에 용이한 재질로 설계되었다. 초음파가 보다 효율적으로 전달될 수 있도록 내부를 원통형으로 제작하였으며 이외 반사판을 제거함으로써 정재파에 의한 초음파 주파수 변화를 최소화 시켰다.

또한 하판에 공기순환을 위한 공기 배출구를 설치하여 원활한 공기순환이 이루어지도록 설비를 유지하였으며 컨트롤러에서 유입되는 열과 습기를 blower를 통하여 배출시키고 중앙 연결 부위에 흡기 팬을 이용하여 원활하게 유입이 가능하게 제작하였다.

내부 Tray의 경우에는 공기를 매질로 하여 초음파를 원활히 분포시키기 위하여 중앙이 비어 있고 트레이 외각부에 드럼 내에 장치할 수 있는 걸쇠가 달려있다. Tray 위에 코지를 올려놓고 고체 발효가 가능하다.

컨트롤러에서는 온도와 습도를 조절 유지 가능하며 초음파 Frequency와 파워를 조절할 수 있다.

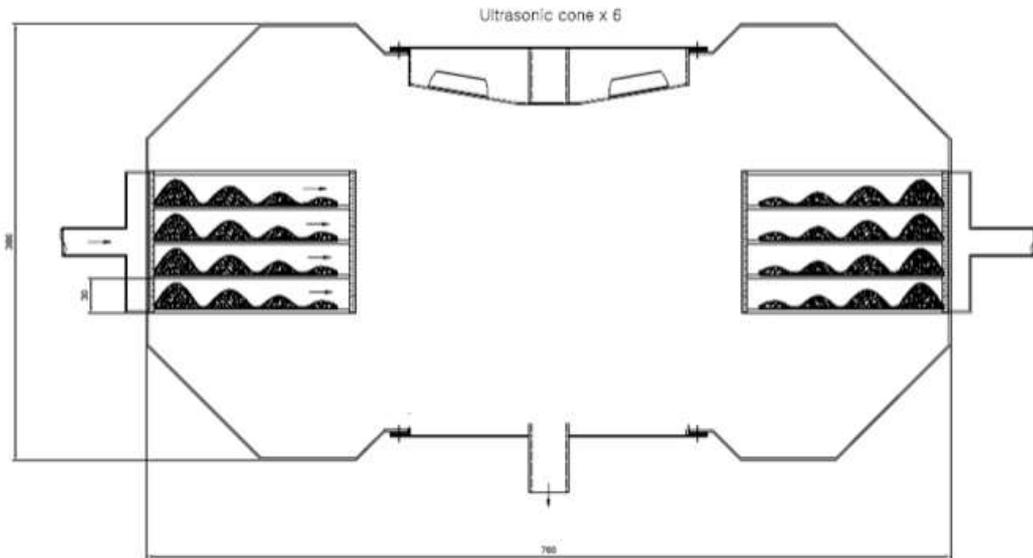
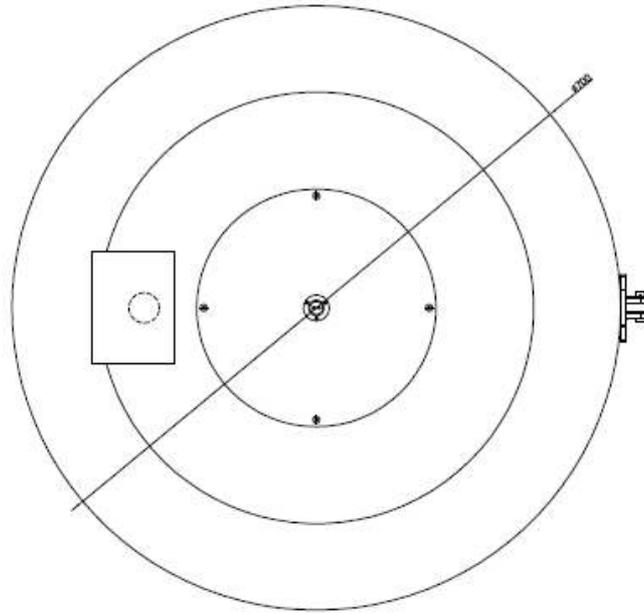
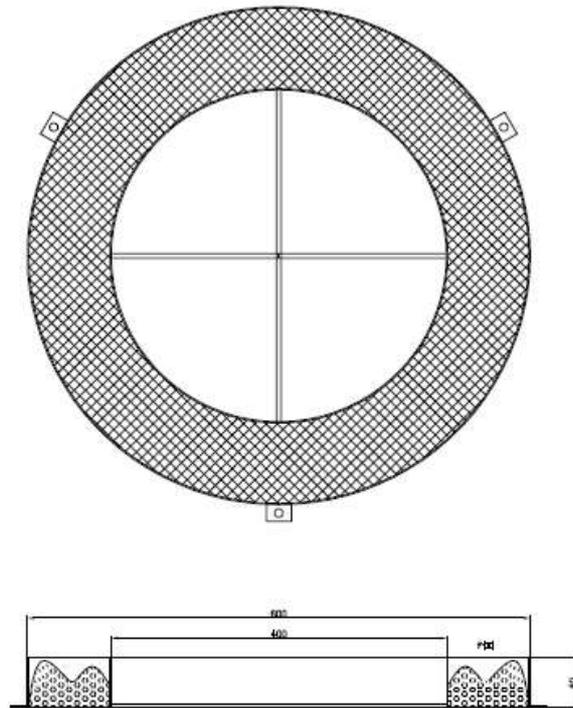


Fig. 49. 초음파 발생 Incubator의 단면도



TOP VIEW

Fig. 50. 초음파 발생 Incubator의 상단 관측도



TRAY 구조

Fig. 51. 초음파 발생 Incubator의 Tray 구조

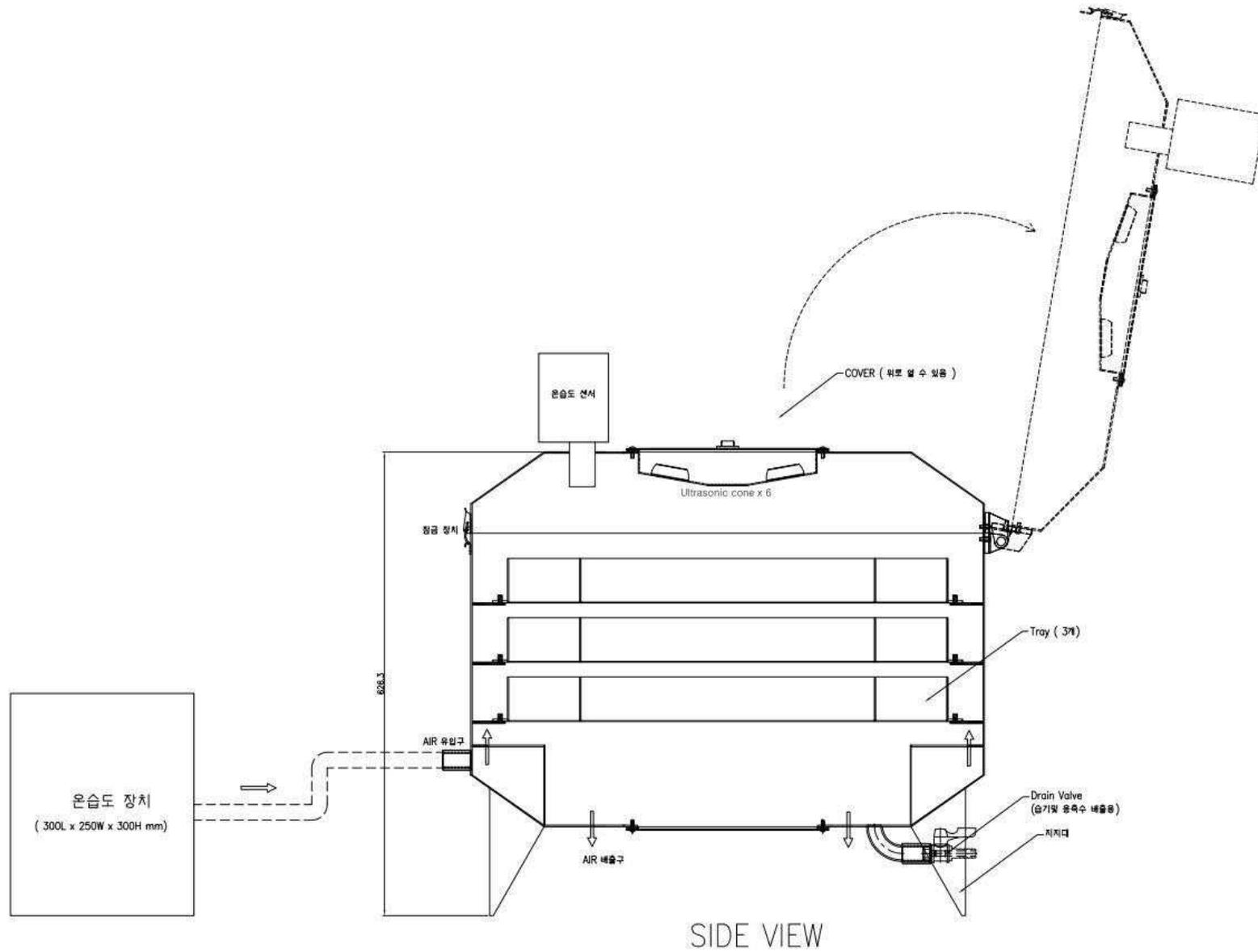


Fig. 52. 초음파 고체발효장치 시제품 설계도 (측면)

제 2 절. 초음파 고체발효장치의 시제품 제작과 코지의 발효 시스템 최적화 <2차년도>

1. 연구 범위 및 연구 수행 방법

가. 시제품 장치에서 초음파에 따른 코지 미생물 생육 특성 및 그 발효 적성 분석

(1) 실험재료

실험에 사용된 콩은 국산 백태(월드그린 영농조합법인)를 사용하였고, 코지 제조를 위한 곰팡이는 한국미생물보존센터에서 배양 받은 *Aspergillus oryzae* KCCM 60241을 사용하였다. *Aspergillus oryzae* KCCM 60241은 26°C에서 Malt extract agar에 3일 동안 배양 후 사용하였다.

(2) 수분함량 및 온도별 곰팡이 포자의 계수, 세균수 측정

(가) 수분함량별 Koji 제조

백태 200g에 가수량을 달리하여 1.2kg/cm²에서 20분 동안 autoclaving 한 후 잘 으깨서 덩어리를 없애고 실온에서 냉각하여 35~40°C가 되었을 때 2mL의 spore suspension을 접종하였다.

(나) 온도별 Koji 제조

온도별 포자의 수를 알아보기 위해 제조한 koji를 20°C, 25°C, 30°C, 35°C에서 각각 보관하였다.

(다) 미생물 수 측정

① 총 곰팡이 수 측정

총 곰팡이 수 측정은 AACC법에 준하여 저장일수별로 다음과 같은 방법으로 실시하였다. PDA(potato dextrose agar) 배지를 만들어서 멸균한 후, 시료 5g을 stomacher 전용의 무균 pouch에 취한 다음 0.1% peptone water 45ml를 붓고 stomacher를 이용하여 2분간 균질화한 후, 10배 희석법으로 희석하여 각 원액을 배지에 0.1ml를 넣고 도말하였다. 37°C의 incubator에서 48시간 배양한 후 생성되는 집락수를 계수하였다.

② 총균수 측정

총균수는 PCA(plate counting agar)배지에 접종하여 37°C의 incubator에서 48시간 배양한 후 발생한 colony수를 계수하여 총균수(CFU/ml)로 하였다.

(3) 수분함량 및 온도별 Amylase, Protease 활성 측정

(가) 효소활성도 측정

Koji의 효소활성도를 측정하기 위하여 시료 10g에 증류수 100ml를 넣고 실온에서 4시간 동안 진탕추출한 후 4°C에서 17,000×g로 10분간 원심분리하여 얻은 상정액을 조효소액으로 하였다.

① Amylase 활성 측정

Amylase 활성은 1% soluble starch용액(50mM phosphate buffer, pH 7.5) 0.9ml에 0.1ml

의 조효소액을 첨가하여 30℃에서 1시간 동안 반응시킨 후 생성된 총 환원당을 DNS법으로 측정하였고 효소액 1ml에서 1분간 μM 의 glucose를 유리할 때를 1unit로 하였다.

② Protease 활성 측정

Protease 활성은 pH 7.0 또는 pH 3.0으로 조정한 0.6% casein 용액 3ml를 30℃, 2분간 예열하여 조효소액 1ml를 첨가한 후 30℃에서 10분 반응시키고, 0.4M trichloroacetic acid(TCA) 5ml를 첨가하여 30℃에서 30분간 반응시킨 액을 여과하여 여액 2ml에 0.4M Na_2CO_3 5 mL와 folin시약 1 mL를 혼합한 후 30℃에서 30분 동안 발색시켜 660nm로 흡광도를 측정하여 효소액 1 mL에서 1분간 1 μM 의 tyrosine을 유리할 때를 1 unit로 하였다.

나. 시제품에서 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화

(1) 된장, 고추장, 간장의 제조

① 된장의 제조

된장 제조의 원료 배합비는 Table 13와 같다. 대두는 수세하여 침지시킨 후 autoclave를 이용하여 121℃에서 1시간 증자하였다. 증자된 대두는 30~40℃로 식힌 후 koji, 소금, 물을 넣고 마쇄하여 잘 섞어주었다. 잘 섞은 된장을 2L 플라스틱 용기에 담아 30℃ 항온항습기에서 90일간 숙성시키며 실험하였다.

Table 13. 된장 제조의 원료 배합비

Ingredients	Weight ratio(%)
Koji	21
대두(Soybean)	41
소금(Salt)	12
물(Water)	26
Total	100

② 고추장의 제조

고추장 제조의 원료 배합비는 Table 14와 같다. 찹쌀가루에 물을 혼합하여 60℃에서 가끔 저어주면서 가열·호화 처리하고 실온에서 식힌 후 소금, 물엿, 고춧가루, koji를 첨가하여 잘 섞어주었다. 잘 섞은 고추장을 2L 플라스틱 용기에 담아 30℃ 항온항습기에서 90일간 숙성시키며 실험하였다.

Table 14. 고추장 제조의 원료 배합비

Ingredients	Weight ratio(%)
Koji	10
찹쌀가루(Glutinous rice)	20
고춧가루(Red pepper powder)	15
소금(Salt)	8.5
물(Water)	45
물엿(Starch syrup)	1.5
Total	100

③ 간장의 제조

간장 제조의 원료 배합비는 Table 15와 같다. koji를 40℃에서 수분함량이 13%가 될 때까지 건조한 후 스테인리스망에 넣어 소금물에 담금하여 2L 플라스틱 용기에 담아 30℃ 항온항습기에서 90일간 숙성시키며 실험하였다.

Table 15. 간장 제조의 원료 배합비

Ingredients	Weight ratio(%)
Koji	18
소금(Salt)	16
물(Water)	66
Total	100

(2) 된장, 고추장, 간장의 품질 측정

① 수분함량 측정

수분함량은 105℃ 상압가열건조법으로 측정하였다.

② 색도 측정

된장과 고추장의 색도는 표준백판(L=97.10, a=0.34, b=1.84)으로 보정된 색도계(CR-300, Minolta Co., Japan)를 사용하여 Hunter 색체계인 L, a 및 b 값을 측정하였다.

간장의 색도는 액체색차계(NE4000, NIPPON DENSHOKU)를 이용하여 L, a, b를 측정하였다. 표준판은 L=97.04, a=-2.02, b=1.13의 값을 가진 백색판을 이용하였다.

③ 염도 측정

된장, 고추장 및 간장의 염도는 시료 10g에 90ml의 증류수를 가해 균질화한 혼합액을 염도계로 측정하였다.

④ pH 측정

된장, 고추장 및 간장의 pH는 시료 10g에 90ml의 증류수를 가하고 교반하여 균질화한 후 pH meter(ORION 3 Star, Thermo Scientific, USA)를 이용하여 측정하였다.

⑤ 적정 산도 측정

된장, 고추장 및 간장의 적정산도는 pH 측정 시료 20ml를 취하여 0.1N NaOH로 pH 8.3까지 적정하였으며 시료 100g당 1N NaOH 용액의 소비량(ml)으로 표시하였다.

⑥ 아미노태 질소 함량 측정

아미노태 질소 함량은 Formol 적정법에 의해 측정하였다. 삼각플라스크에 시료 10g을 담고 증류수 100mL를 넣어 균질화시켰다. 이것을 heating plate에서 5분간 가열 후 여과하여 250mL가 되도록 희석하였다. 각각의 삼각플라스크에 시료용액 25mL씩을 넣은 후 공시험구에는 증류

수 40mL을 넣었다. 본 시험구에는 35% formaldehyde 용액 (중성) 20mL와 증류수 20mL를 첨가하였으며, 각각의 시료에 phenolphthalein 용액 약 3방울을 가하고 0.1N NaOH 용액으로 적정하였다. 착색이 되어 있는 시료는 적정의 종말점을 찾기 어려우므로 공시험이 홍색을 나타낼 때까지 적정하여, 이것을 기준으로 하여 본 시험도 같은 색이 될 때까지 적정하였으며, 다음 식에 의하여 아미노태 질소 함량을 계산하였다.

$$\text{아미노태 질소(\%)} = \frac{(V_1 - V_0) \times F \times 0.0014 \times D \times 100}{S}$$

V1 = 본시험 적정소비량(mL),

V0 = 공시험 적정소비량(mL),

F = 0.1N NaOH 용액의 역가,

D = 희석배수,

S = 시료의 채취량(g)

0.0014 = 0.1N NaOH 용액 1 ml에 상당하는 질소량(g)

⑦ 항산화 활성 측정

㉓ DPPH radical 소거 활성

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거활성은 Blois(1958)의 방법을 응용하여 실행하였다. 된장, 고추장, 간장 시료 각각의 70% ethanol 추출물 0.2mL와 0.2mM DPPH 0.8mL을 혼합하여 실온·암상태에서 30분간 방치한 후 520nm에서 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys)로 흡광도를 측정하였으며, 공시험구도 같은 조건에서 측정하여, 아래의 식으로 DPPH radical 소거활성을 계산하였다.

$$\text{전자공여능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{무처리구의 흡광도}}\right) \times 100$$

㉔ ABTs radical 소거 활성

ABTs[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] radical 소거능은 2.6mM potassium persulfate에 ABTS 시약을 녹여 7.4mM ABTS 용액을 만들었으며, 실온·암소에서 24시간 동안 방치하여 radical을 형성시켰다. 실험 직전에 증류수를 이용하여 735nm에서 ABTs 시약의 흡광도가 1.0±0.03이 되도록 희석하여 사용하였다. 된장, 고추장, 간장 시료 각각의 70% ethanol 추출물 2μl에 희석된 ABTs 용액 3mL를 첨가하여 암소에서 30분간 반응시킨 후 735nm에서 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys)로 흡광도를 측정하였으며 공시험구도 같은 조건에서 측정하였다. ABTs radical 소거 활성은 DPPH radical 소거 활성과 같은 방법으로 계산하였다.

⑧ 지방산 측정

지방산은 Soxhlet법으로 지방을 추출한 후 식품공전을 참조하여 전처리하였다. 추출한 지방 약 25mg을 유리 튜브에 정밀히 취하고 내부표준용액 1mL를 첨가하였다. 이어 0.5N 메탄올성 수산화나트륨용액 1.5mL를 가하고 질소를 불어넣은 후 즉시 뚜껑을 덮고 혼합하였다. 이어 100°C heating block에서 약 5분간 가온하였다. 이를 냉각한 후 14% 트리플루오로보란메탄올

용액 2mL를 가하고 다시 질소를 불어넣은 후 즉시 뚜껑을 덮고 혼합하고 100℃에서 30분간 가온하였다. 이어 30~40℃로 냉각하여 이소옥탄용액 1mL를 가하여 질소를 불어넣은 후 뚜껑을 덮고 이 온도에서 30초간 격렬히 진탕하였다. 다음 즉시 포화 염화나트륨 용액 5mL를 가하고 질소를 불어넣은 후 뚜껑을 덮고 진탕하였다. 상온으로 냉각한 후 수층으로부터 분리된 이소옥탄층을 무수황산나트륨으로 탈수하여 시험용액으로 하였다.

Capillary column(60m x 0.25mm ID, 0.25 μ m, DB-23, J&W)을 장착한 GC(Agilent GC 7890A, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 분석조건은 inlet 온도 270℃, detector(FID) 온도는 280℃로 설정하였고 oven 온도는 50℃에서 1분간 유지 후 175℃까지 1분당 25℃ 승온 후 230℃까지 1분당 4℃ 승온하여 5분간 유지하였다. Carrier gas는 헬륨가스를 사용하였고 split ratio는 10:1로 하였다. 각 지방산은 동일조건에서 표준지방산(37-component FAMES standard mixture, supelco)과 retention time을 비교하여 정량하였으며 함량은 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 계산하였다.

⑨ Capsaicinoid

고추장 시료 5g을 methanol 50ml를 가해 균질화한 혼합액을 50mL volumetric flask에 깔대기를 놓고 whatman filter paper(whatman No.2, Whatman International Ltd, Maidstone, UK)를 0.45 μ m membrane filter로 여과한 뒤 HPLC를 이용하여 분석하였다.

분석에 이용된 HPLC는 Dionex사의 U-3000을 사용하였으며, 형광검출기(Ex λ =280nm, Em λ =320nm), 컬럼(C18 Symmetry reverse column, 4.6mm × 150mm ID, 5 μ m, Waters Co., Milford, MA, USA)으로 구성되었다. 컬럼의 온도는 30℃로 유지하였으며 이동상은 acetonitrile : water : glacial acetic acid(60:39:1, v/v/v)로, 유속은 1.0 mL/min이며 시료의 일회 주입량은 20 μ l였다.

⑩ 환원당

환원당은 Dinitrosalicylic acid(DNS)법에 따라 증류수를 가하여 100배 희석한 시료 추출액 1mL에 DNS시약 3mL를 가한 후 100℃의 수욕상에서 5분간 중탕 가열한 다음 냉각하여 550nm에서 흡광도를 측정하였다. Glucose(Sigma, USA)를 이용하여 0.2~2.0mg/mL의 농도범위에서 작성한 표준검량곡선에 따라 환원당 함량을 정량하였다.

⑪ 관능검사

초음파 처리에 따른 된장, 고추장, 간장의 품질 차이를 알아보려고 관능평가를 하기 위해 동국대학교 식품생명공학과 학생을 무작위로 20명 선발하였다. 숙성기간이 90일된 고추장을 일정량 취하여 시료로 제공하였다. 평가항목은 색, 향, 맛 및 전체적인기호도로 7점 척도법을 이용하여 평가하였다. 즉 매우 싫다: 1점, 보통으로 싫다: 2점, 약간 싫다: 3점, 좋지도 싫지도 않다: 4점, 약간 좋다: 5점, 보통으로 좋다: 6점, 대단히 좋다: 7점으로 하였다.

2. 연구 결과 및 고찰

가. 초음파 고체 발효장치의 시제품 설계 및 제작

(1) 가습 장치 개선

기존 장치의 가습장치로는 충분한 습도 유지가 어려워 90%이상의 습도를 유지할 수 있도록 개선하였다. 가습장치는 가습전문업체인 에이치원의 산업용 가습기(Fig. 53)를 사용하여 보완하였다. 시간당 가습량 3.3kg/h이고, 진동자에 의하여 약 4~5 μ m의 입자를 분무하므로 발효기내 충분한 습도유지가 가능하다. 또한 습도 제어(0 ~ 100%)에 따라 분무량 조절이 가능하도록 제작되었다. 설치가 간단하며 분사입자가 매우 작기 때문에 빨리 기화되어 습도를 유지한다. 100mm 다굴질 호스로 가스방향이 자유롭고 위생적이며 조용한 가습이 특징이다. Table 16는 사용한 이 산업용 가습기의 사양을 나타낸 것이다.



Fig. 53. 산업용 가습기(UH-303, H1ENG)

Table 16. 산업용 가습기(UH-303, H1ENG)의 사양

항목	사양
크기	W465×D150×H300
사용전압	AC 220V 60Hz
소비전력	340W
사용면적	100~135m ²
분사입자	4~5 μ m
소음수치	약 50 dB
가습량	3.3 kg/h
진동자수명	2,500~3,000 시간
급수사용압력	3kg/cm ² 이하

(2) 전체 제어 시스템 설계 및 제작

(가) 초음파 고체 발효장치(모델 1)

Fig. 54는 모델 1의 온습도 제어장치 실제사진이다. 발효기 내부의 온도와 습도를 감지하는 센서가 포함되어 설정된 온도, 습도를 유지할 수 있도록 하는 Controller를 제작하였다.



Fig. 54. 온습도 제어장치(모델1)

(나) 코지 배양시스템(모델 2)

Fig. 55는 모델 2 코지 배양 시스템의 전체 제어 장치 부분의 실제 사진이다. 모델 1과 마찬가지로 온도와 습도를 조절할 수 있도록 제작되었다. 모델 1과 다르게 코지 각각의 온도를 확인할 수 있으며 이산화탄소 농도 조절이 가능하도록 제작되었다. 또한 히터, 스팀, 순환펌프, 브로워를 ON·OFF 할 수 있도록 제작되어 원하는 조건에 맞추어 조작성이 가능하도록 하였다.



Fig. 55. 코지 배양 시스템의 제어장치(모델2)

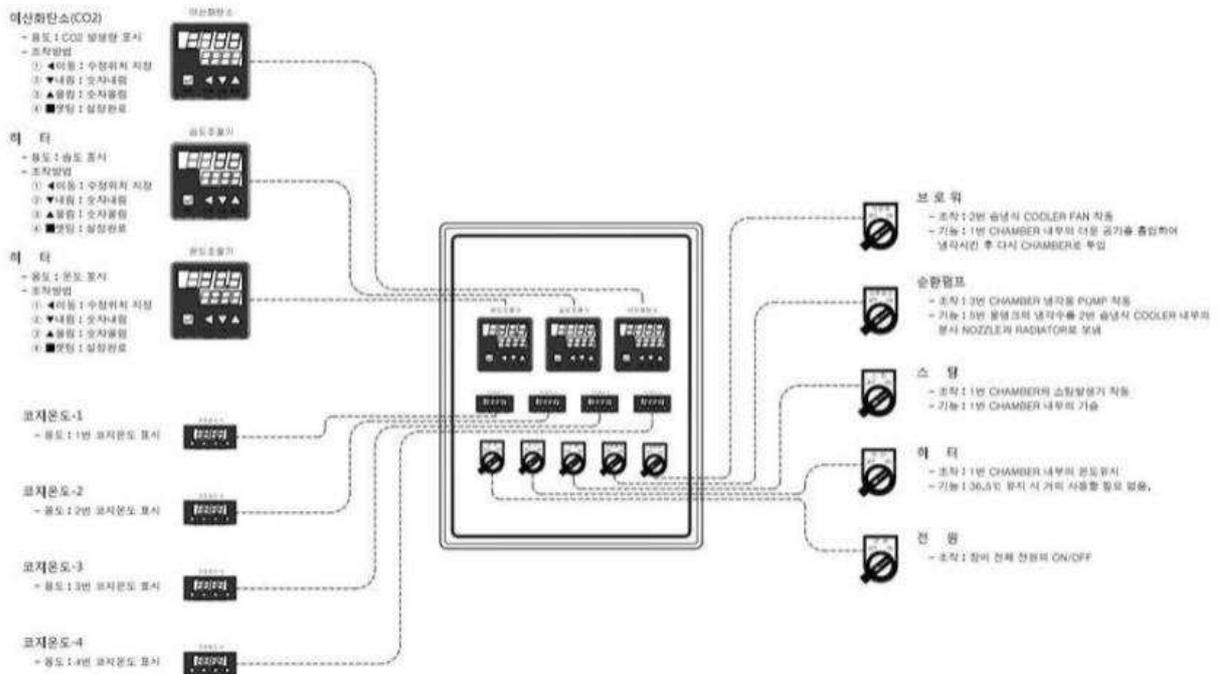


Fig. 56. 코지 배양 시스템의 제어장치(모델2)의 도면 및 조작설명서

(3) 최종 발효기의 설계 및 제작

(가) 초음파 고체 발효장치 (모델 1)



Fig. 57. 초음파 고체 발효장치 (모델 1)

공기 유입구와 공기 배출구가 구비된 하우징과 하우징의 개방된 단부를 마감하는 커버와 커버에 구비되는 초음파 유닛 및 공기를 공급하는 공조장치를 포함한 형태로 제작되었다. 초음파 유닛은 하단방향으로 직경이 좁아지도록 경사부가 구비된 원통 형상의 바디와 상기 바디에 조립되는 초음파 스피커를 포함하되 상기 초음파 스피커는 바디의 경사부에 배치되었다. 다수 개로 구비된 상기 트레이를 통해 대량의 코지 생산이 가능하며 트레이에 그물망으로 형성되고 중공부가 형성됨에 따라 초음파 유닛에서 조사된 초음파에 인가되는 저항이 크게 감소하여 초음파가 하우징 내부에 고르게 분포되고 이에 따라 초음파 유닛에서 초음파가 조사될 시에 발생하는 정재파 발생을 감소시키게 된다.

하우징에는 공조장치가 구비되고 공기유입구와 연결되어 내부에 공기를 공급하는 공조유닛과 커버에 하우징 내부의 공조상태를 감지하는 공조센서 및 내부의 공기를 외부로 배출하는 송풍장치를 포함하고 있다.

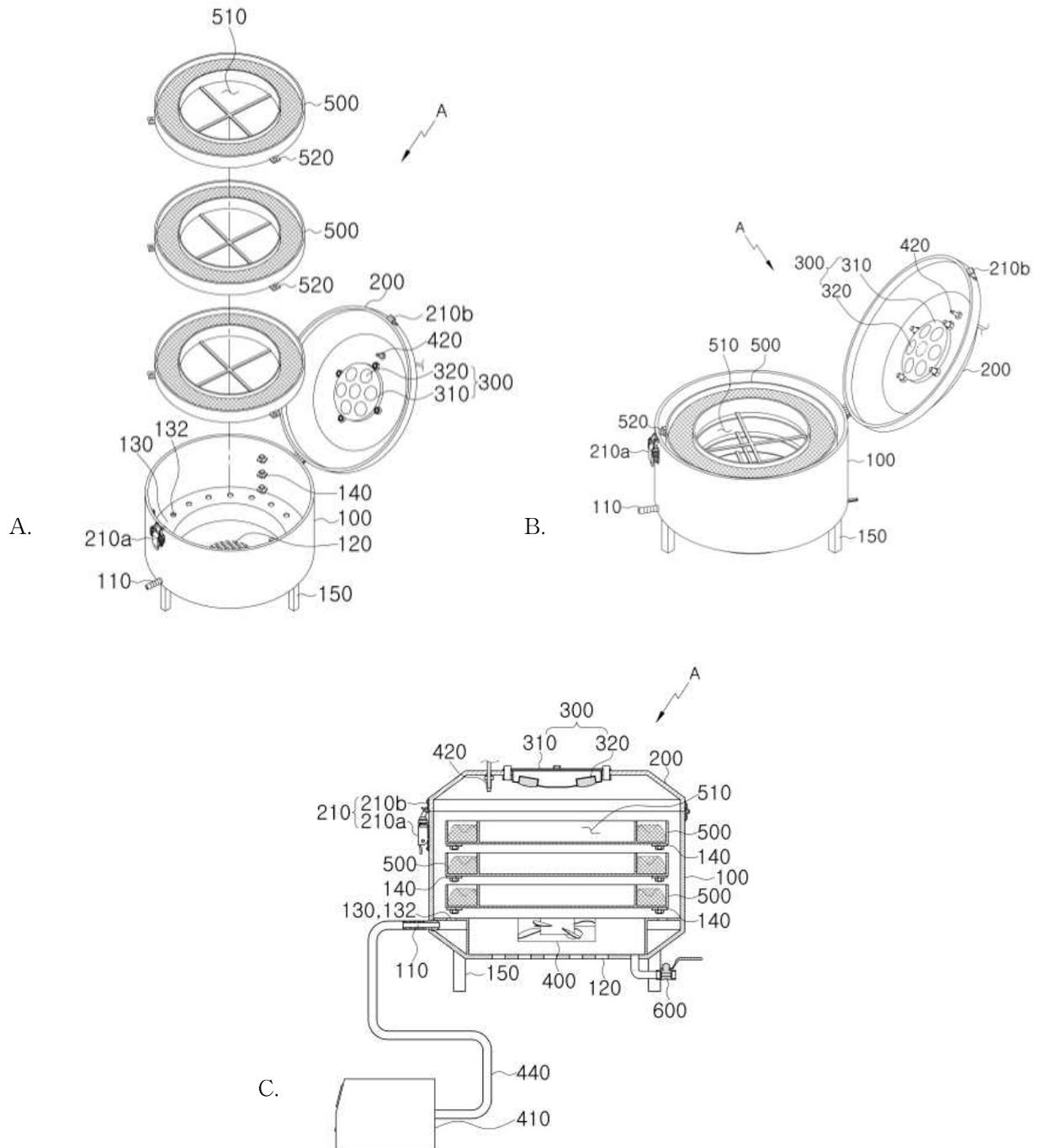


Fig. 58. 초음파 고체 발효장치의 도면 A. 초음파 고체발효장치의 분해사시도, B. A의 조립도, C. 초음파 고체 발효장치의 단면도 (100: 공기유입구, 120: 공기배출구, 130: 공기공급부, 132: 공급홀, 140: 고정부재, 150: 지지대, 200: 커버, 210: 잠금장치, 300: 초음파 유닛, 310: 바디, 312: 경사부, 320: 초음파 스피커, 400: 건조장치, 410: 건조유닛, 420: 건조센서, 430: 송풍장치, 440: 유입관, 500: 트레이, 510: 증공부, 520: 결합부재, 600: 제어부, 700: 드레인밸브)

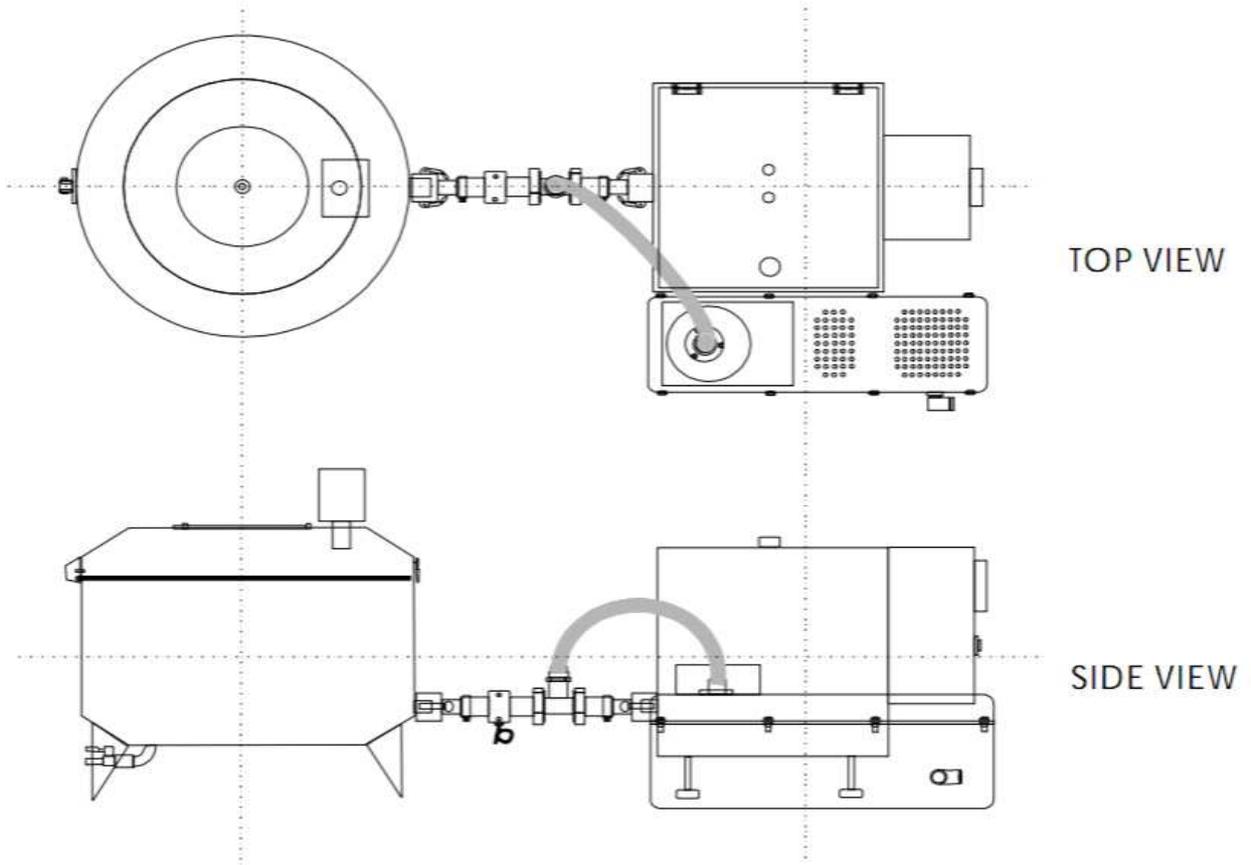


Fig. 59. 초음파 고체발효장치의 전체 도면

(나) 코지 배양 시스템(모델 2)

Fig. 60은 코지 배양 시스템의 최종 제작품을 나타낸 것이고, Fig. 61은 이 코지 배양 시스템의 도면을 나타낸 것이다.



Fig. 60. 코지 배양 시스템(모델 2)

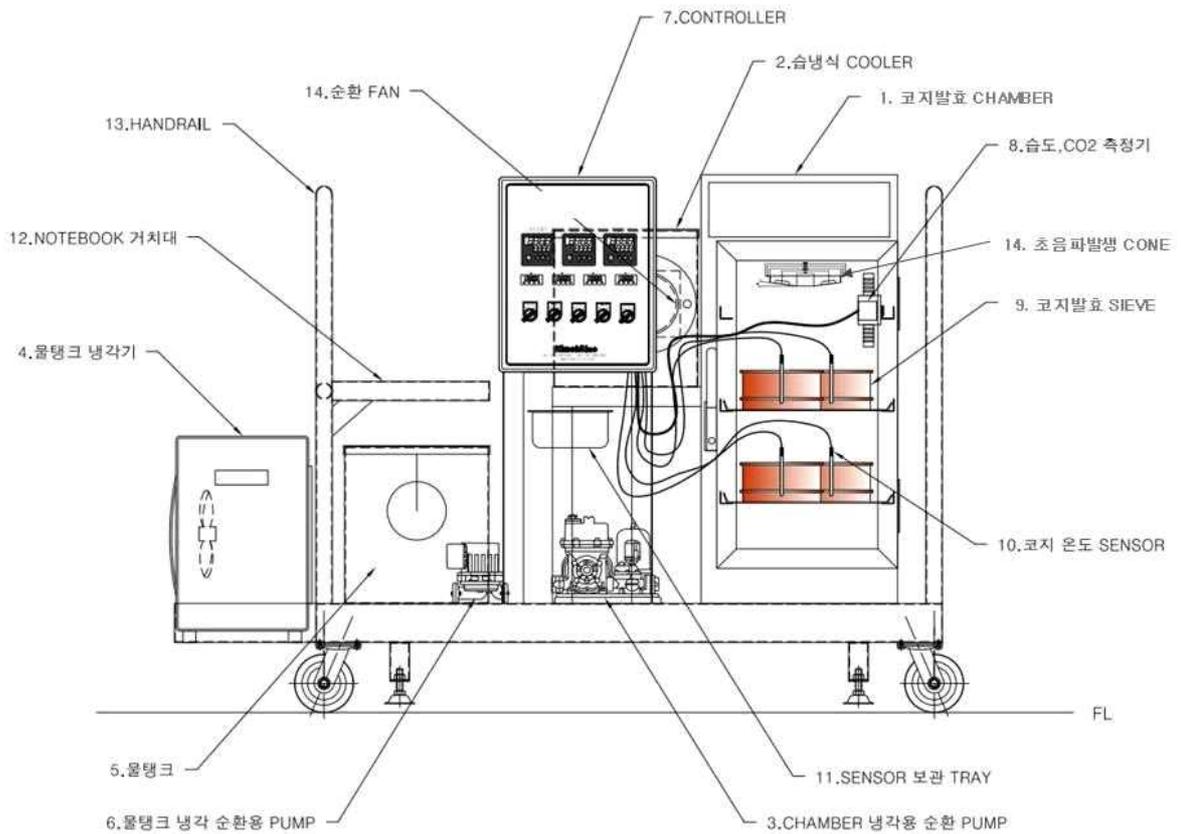


Fig. 61. 코지 배양 시스템의 도면 (모델 2)

나. 시제품장치에서 초음파에 따른 코지 미생물 생육 특성 및 그 발효 적성 분석

(1) 코지의 미생물의 생물활성 연구

(가) 곰팡이 포자 수

① 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

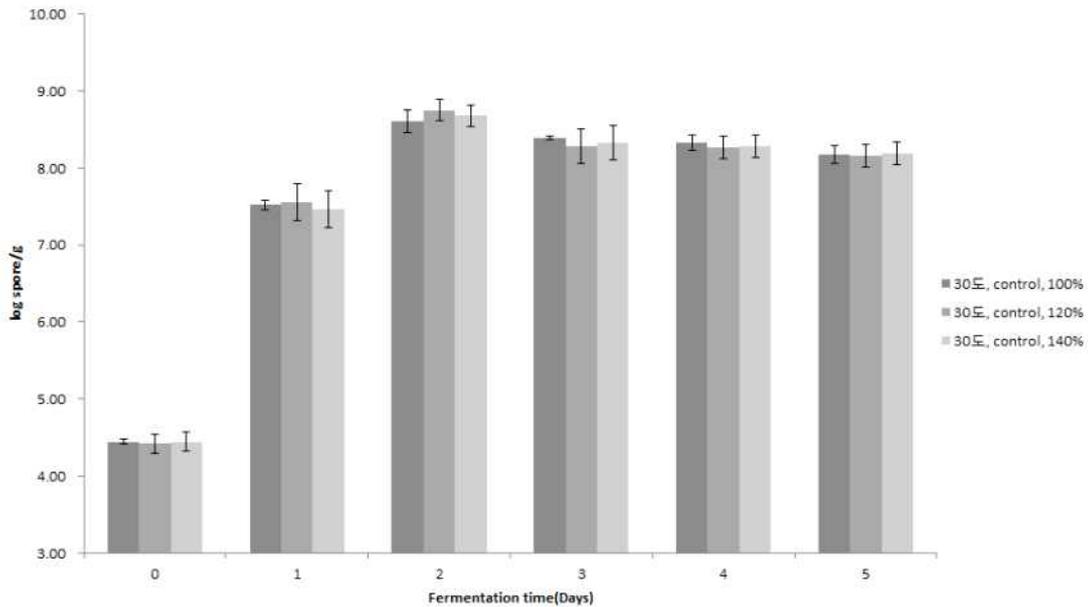


Fig. 62. 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

Fig. 62는 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화를 나타낸 그래프이다. 3가지 시료의 초기 곰팡이 포자수는 4.44 log spore/g이고 발효 1일차에 급격한 증가를 보이며 약 3 log spore/g 증가하였다. 발효 2일차에는 가장 높은 곰팡이 포자수를 보이며 가수량 100, 120, 140% 시료별로 각각 8.61, 8.75, 8.68 log spore/g을 나타냈다. 발효 2일차 이후에는 곰팡이 포자수는 서서히 감소하였다.

② 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

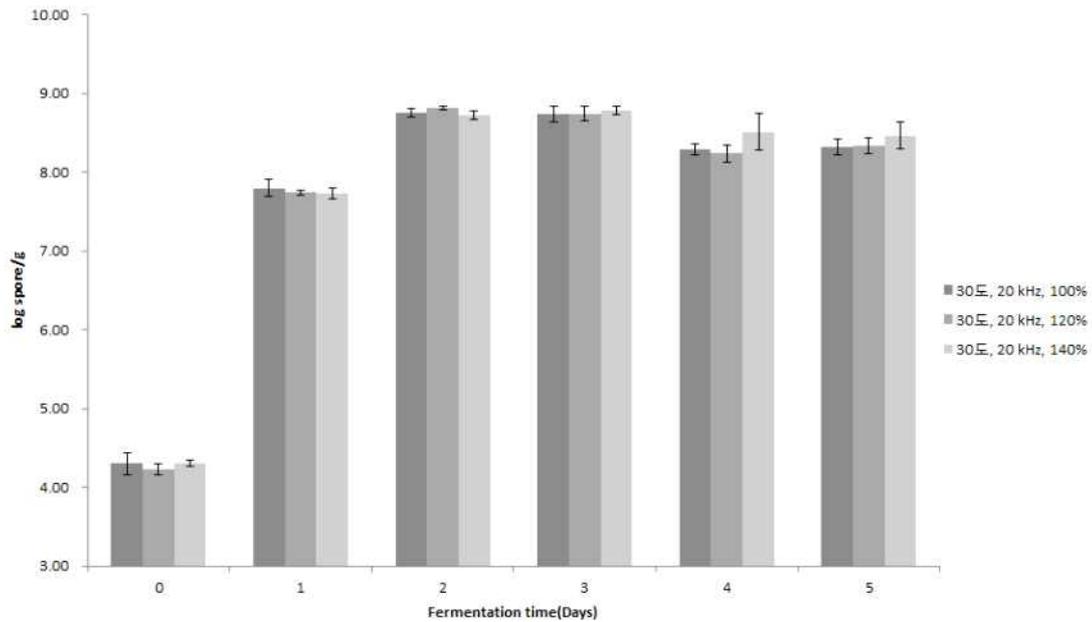


Fig. 63. 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

Fig. 63은 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화를 나타낸 그래프이다. 3가지 시료의 초기 곰팡이 포자수는 4.28 log spore/g이고 발효 1일차에 급격한 증가를 보이며 약 3 log spore/g 증가하였다. 가수량 100, 120%에서는 발효 2일차에서 가장 높은 곰팡이 포자수를 보였으며 가수량 140%에서는 발효 3일차에서 가장 높은 곰팡이 포자수를 나타내었다. 가장 높은 곰팡이 포자수는 가수량 100, 120, 140%에서 각각 8.75, 8.82, 8.79 log spore/g을 나타내었다. 가장 높은 포자수를 나타낸 이후로는 서서히 감소하고 있음을 그래프를 통해 알 수 있다.

③ 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

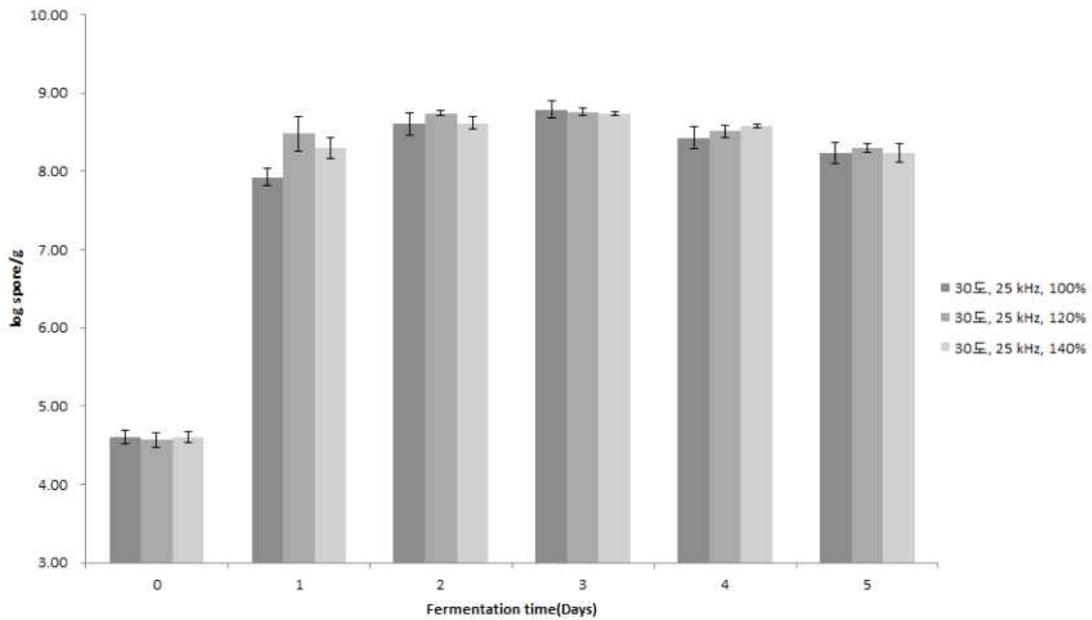


Fig. 64. 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

Fig. 64는 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화를 나타낸 그래프이다. 초기 곰팡이 포자수는 4.59 log spore/g이고 발효 1일차에 급격한 증가를 보였으며 가수량 100, 120%의 경우에는 발효 2일차에 가장 높은 곰팡이 포자수를 나타내었고 가수량 140%는 발효 3일차에 가장 높은 곰팡이 포자수를 나타내었다. 가장 높은 곰팡이 포자수는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 8.75, 8.82, 8.79 log spore/g이었다. 가장 높은 곰팡이 포자수를 보인 이후에는 서서히 감소함을 알 수 있다.

④ 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

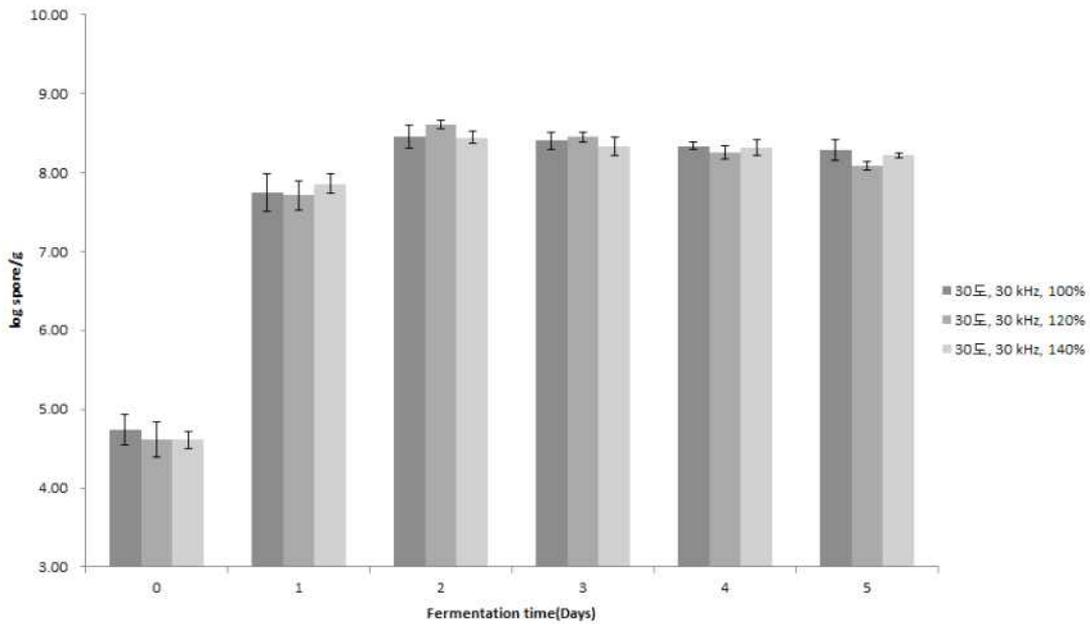


Fig. 65. 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

Fig. 65는 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화를 나타낸 그래프이다. 초기 곰팡이 포자수는 4.66 log spore/g이며 발효 1일차에서 급격히 증가하였으며 발효 2일차에서 가장 높은 곰팡이 포자수를 나타내었다. 발효 2일차에서의 곰팡이 포자수는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 8.45, 8.61, 8.45 log spore/g을 나타내었다. 발효 2일차 이후에는 곰팡이 포자수가 서서히 감소함을 알 수 있다.

⑤ 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

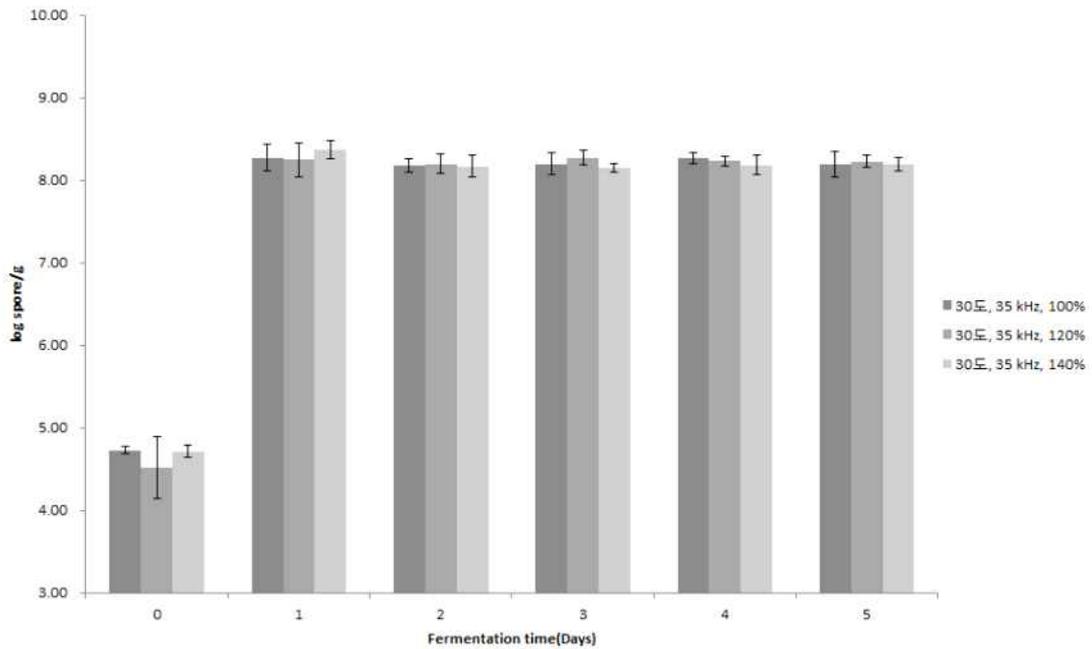


Fig. 66. 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

Fig. 66은 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 1일차에 곰팡이 포자수가 급격히 증가하였으며 가수량 100, 120, 140% 시료별로 각각 8.27, 8.25, 8.37 log spore/g의 포자수를 나타내었다. 발효 1일차에 가장 높은 곰팡이 포자수를 나타낸 후, 서서히 감소하였음을 그래프를 통해 알 수 있다.

⑥ 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

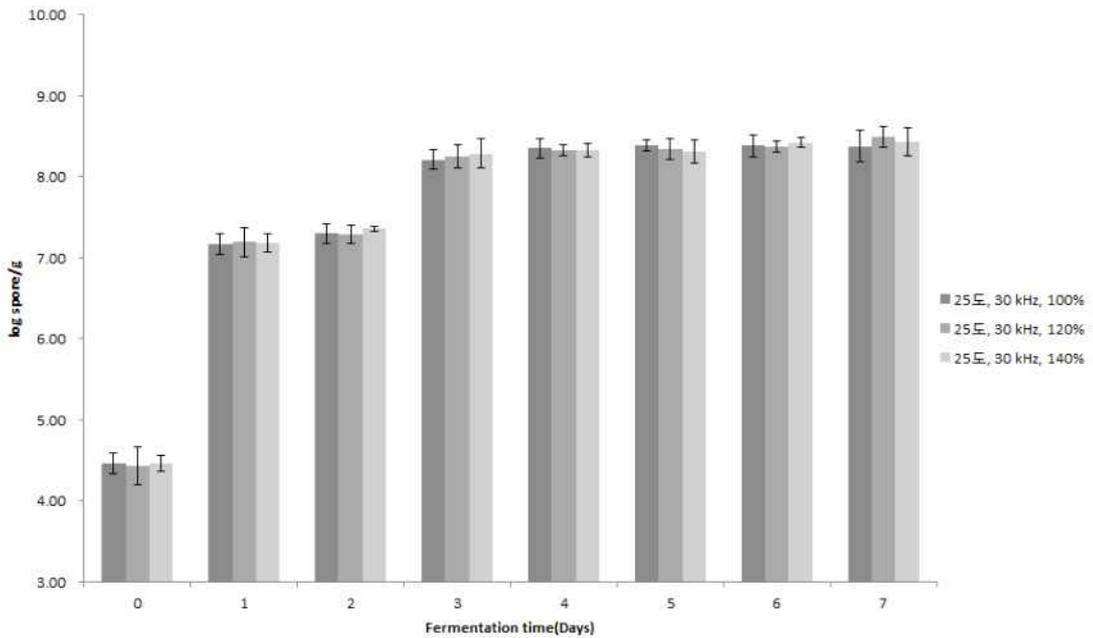


Fig. 67. 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

Fig. 67은 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 1일차에 급격한 증가를 보이며 발효 7일차까지 서서히 증가함을 알 수 있다. 30℃에서는 발효 2일차에서 가장 높은 곰팡이 포자수를 나타내었지만 위의 25℃에서는 발효 7일차에서 가장 높은 곰팡이 포자수를 나타냄을 알 수 있다. 위 결과를 통해 코지 제조 시 사용되는 온도는 30℃가 더 적합할 것으로 판단된다.

⑦ 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

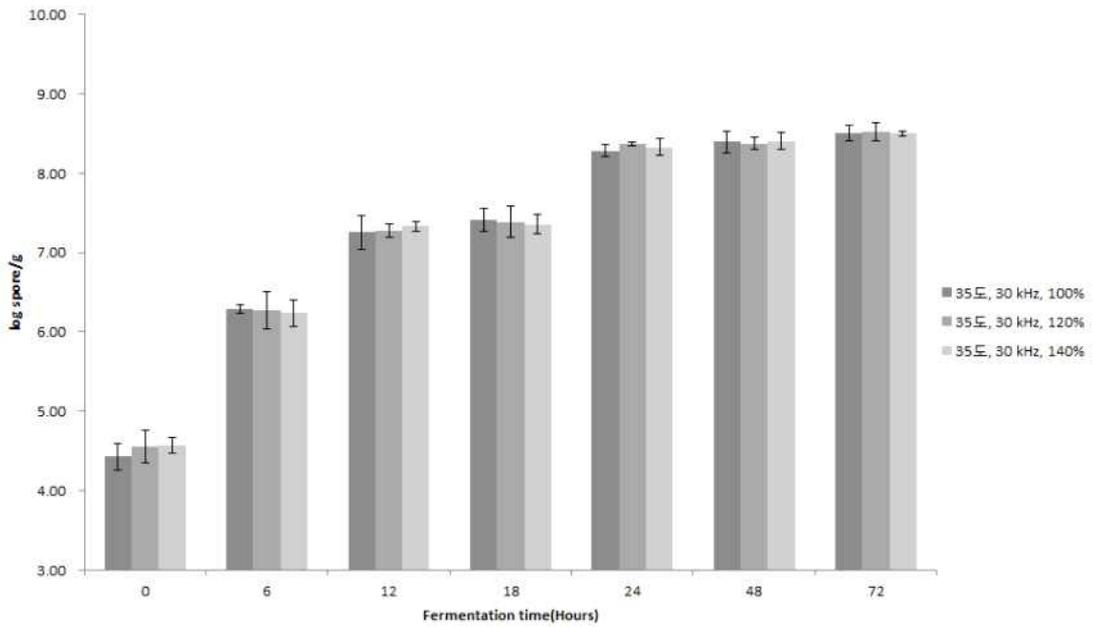


Fig. 68. 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화

Fig. 68은 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 곰팡이 포자수 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 3일차까지 지속적인 증가를 보임을 알 수 있다. 발효 3일차에서의 곰팡이 포자수는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 8.51, 8.52, 8.50 log spore/g을 나타내었다.

(나) 일반 세균수

① 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

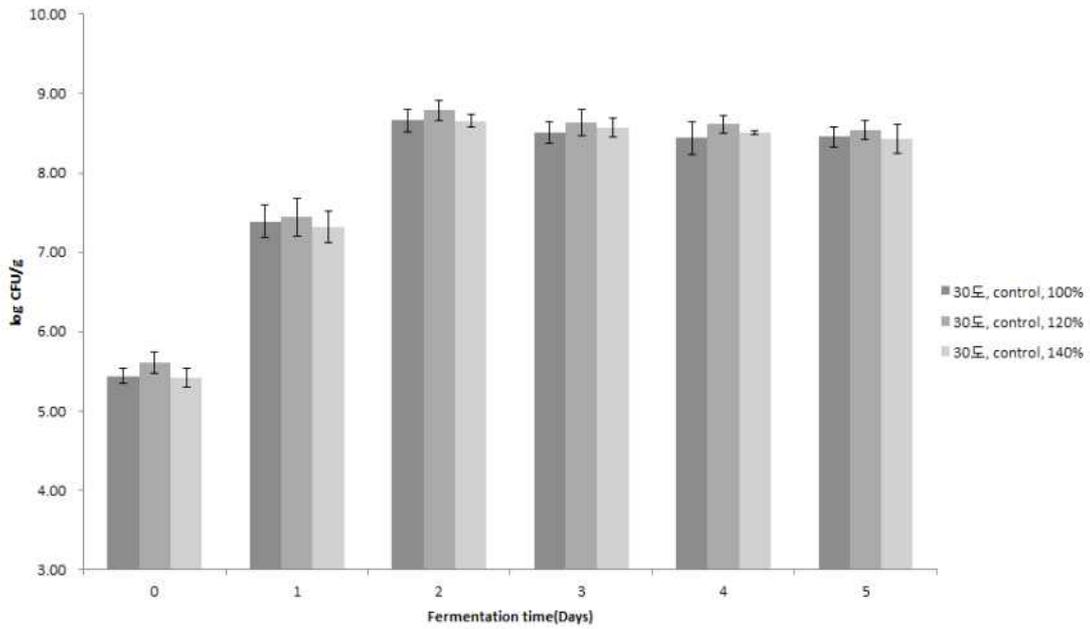


Fig. 69. 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

Fig. 69는 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화를 나타낸 그래프이다. 초기 일반 세균수는 약 5.49 log CFU/g이었으며 발효 2일차에서 가장 높은 균수를 나타내었다. 이때의 균수는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 8.66, 8.79, 8.65 log CFU/g이었으며 발효 2일차 이후, 균수가 서서히 감소함을 그래프를 통해 알 수 있다.

② 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

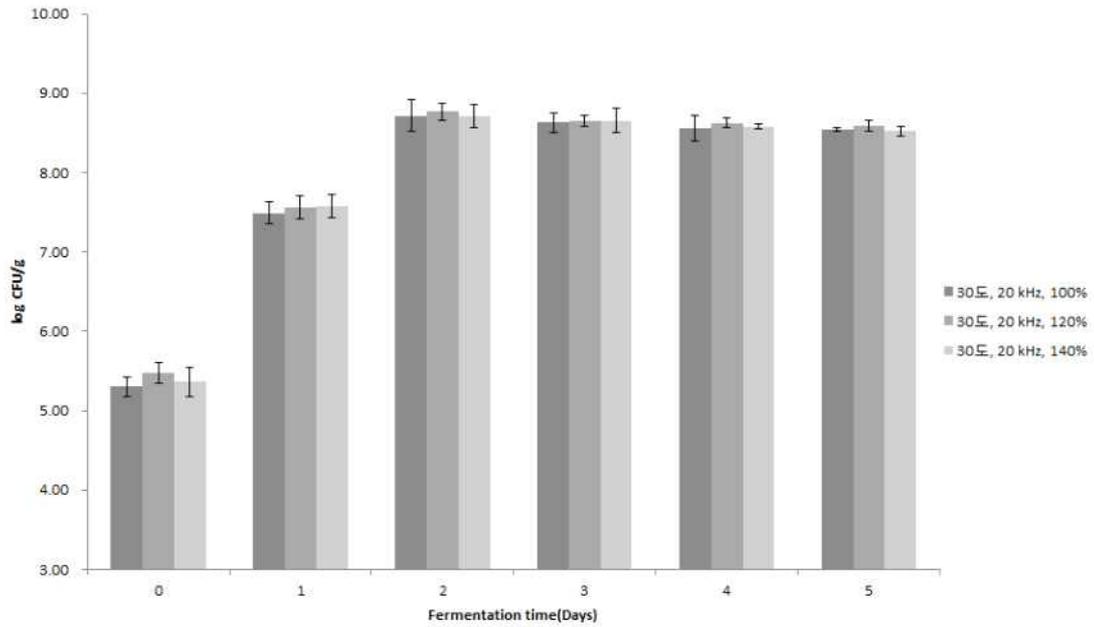


Fig. 70. 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

Fig. 70은 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화를 나타낸 그래프이다. 초기균수는 약 5.38 log CFU/g이며 발효 2일차까지 계속적으로 증가한 후에는 감소함을 알 수 있다. 가장 높은 균수를 보이는 발효 2일차에서 가수량 100, 120, 140% 시료 각각의 균수는 8.72, 8.77, 8.72 log CFU/g이다.

③ 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

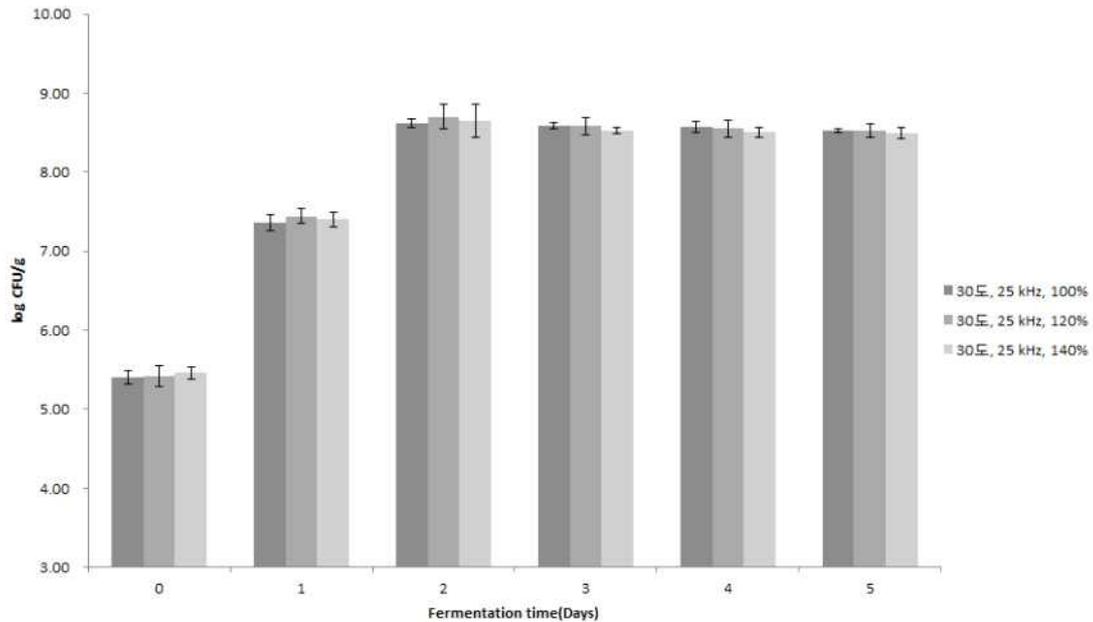


Fig. 71. 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

Fig. 71은 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화를 나타낸 그래프이다. 초기균수는 약 5.43 log CFU/g이며 발효 1일 차에 급격히 증가하였고 발효 2일차까지 증가한 이후 감소하였음을 알 수 있다. 발효 2일차에서의 가수량 100, 120, 140% 시료 각각의 균수는 8.63, 8.70, 8.65 log CFU/g이며, 이 값은 발효기간 동안 가장 높은 균수이다.

④ 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

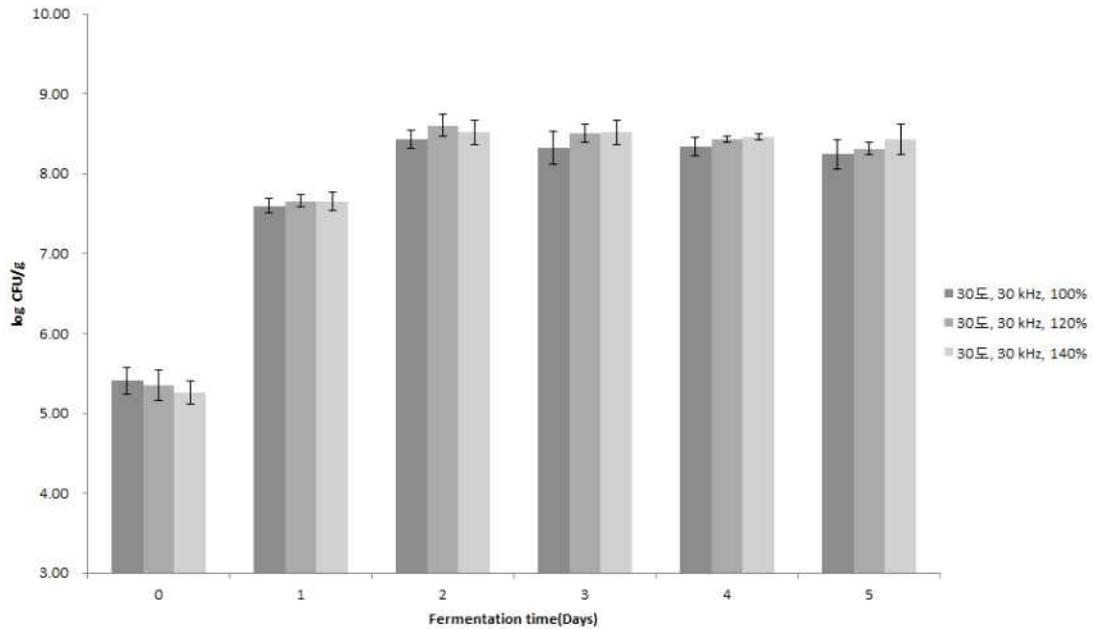


Fig. 72. 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

Fig. 72은 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화를 나타낸 그래프이다. 초기 균수는 약 5.34 log CFU/g이며 발효 1일 차에 급격한 증가를 보이며 발효 2일차에 가장 높은 균수를 나타냈다. 이때의 균수는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 8.43, 8.61, 8.52 log CFU/g이며, 발효 2일차 이후에는 서서히 균수가 감소함을 그래프를 통해 알 수 있다.

⑤ 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

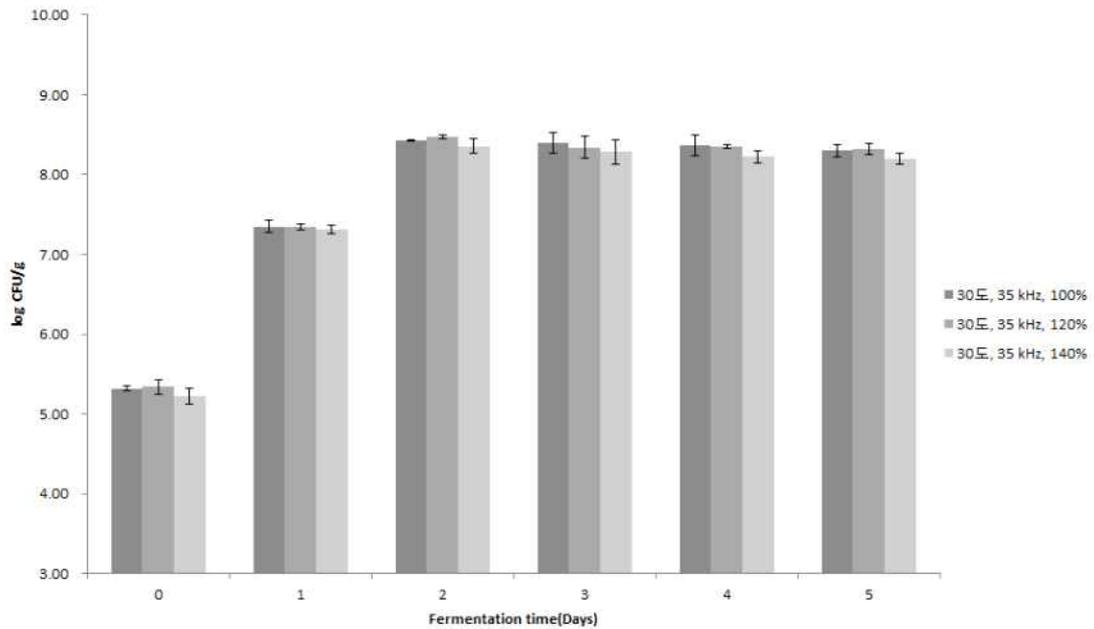


Fig. 73. 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

Fig. 73는 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화를 나타낸 그래프이다. 초기 균수는 약 5.29 log CFU/g이며, 발효 1일차에 급격한 증가를 보였고 발효 2일차에서 가장 높은 균수를 보였다. 이 때의 균수는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 8.42, 8.47, 8.36 log CFU/g이며, 발효 2일차 이후에는 균수가 서서히 감소함을 알 수 있다.

⑥ 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

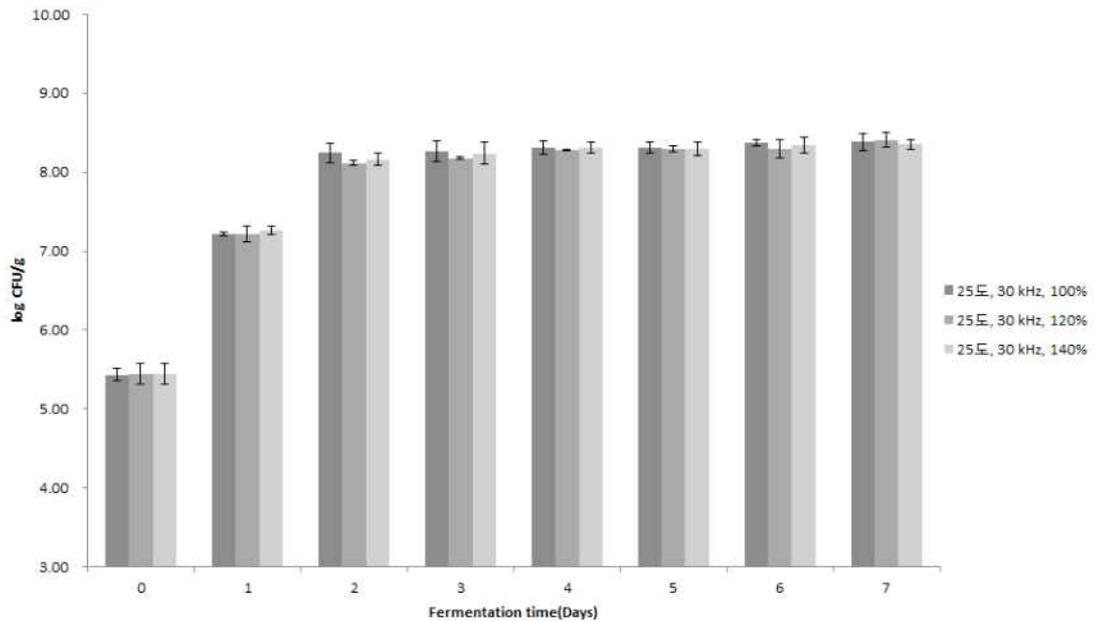


Fig. 74. 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

Fig. 74은 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화를 나타낸 그래프이다. 초기균수는 약 5.44 log CFU/g이며 발효 1일차에 급격한 증가를 보였고 서서히 증가하여 발효 7일차까지 지속적인 증가를 보임을 알 수 있다. 발효 7일차에서의 균수는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 8.38, 8.41, 8.35 log CFU/g이다.

⑦ 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

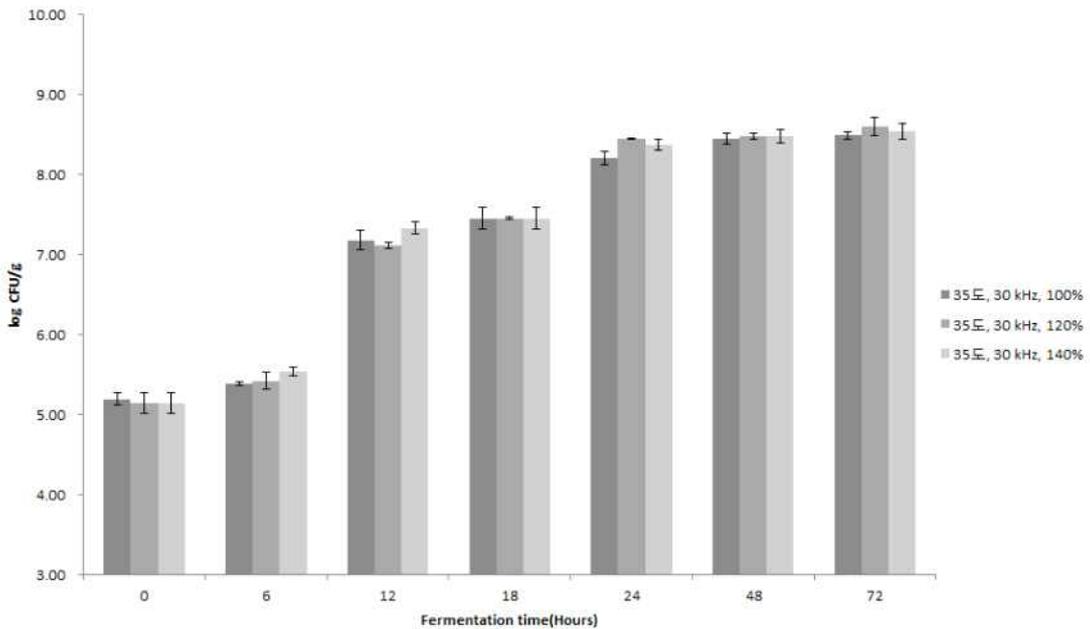


Fig. 75. 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화

Fig. 75는 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 일반 세균수 변화를 나타낸 그래프이다. 초기균수는 약 5.16 log CFU/g이며 발효 12시간차에서 급격한 증가를 보였으며 발효 3일차까지 서서히 증가함을 알 수 있다. 발효 3일차에서의 일반 세균수는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 8.49, 8.61, 8.55 log CFU/g이다.

(2) 코지의 미생물의 효소활성 변화

(가) Amylase activity 변화

① 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

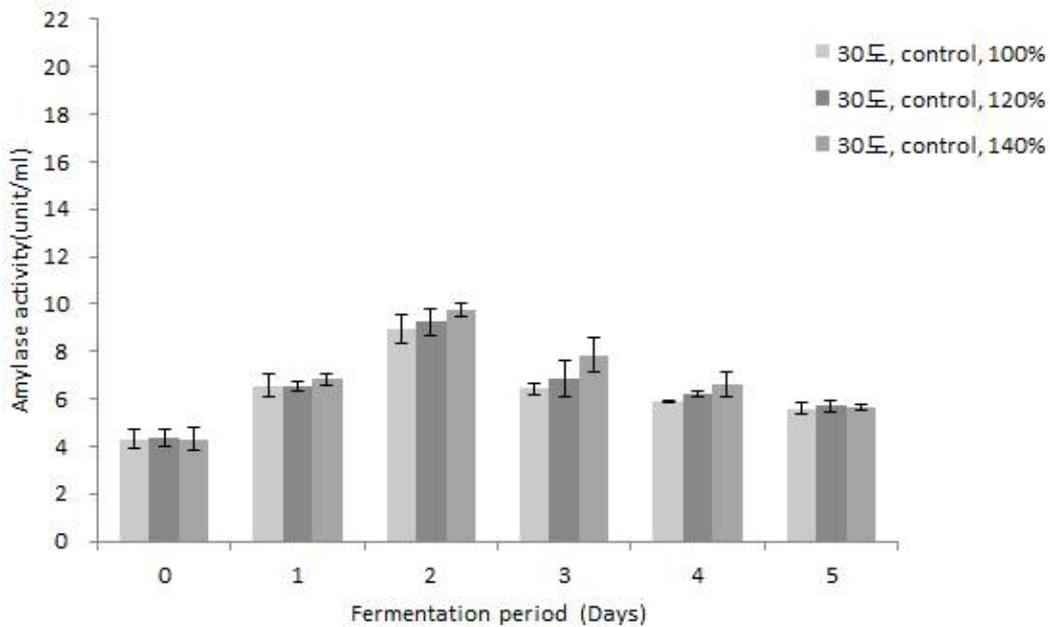


Fig. 76. 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

Fig. 76는 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화를 나타낸 그래프이다. 0일차에는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 4.312, 4.360, 4.300 unit/ml 이고 서서히 증가하여 발효 2일차에 가장 높은 amylase activity를 보였다. 발효 2일차의 amylase activity는 가수량 100, 120, 140% 각각 8.956, 9.235, 9.755 unit/ml이다. 발효 2일차에 가장 높은 활성을 보인 후에는 서서히 감소함을 알 수 있다.

② 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

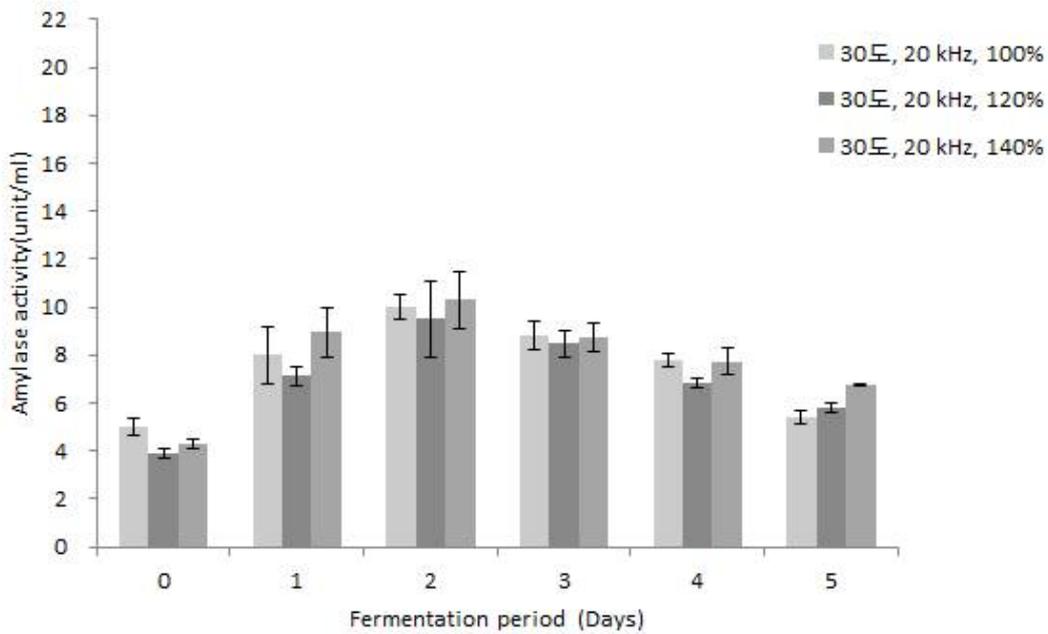


Fig. 77. 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

Fig. 77은 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차에는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 4.977, 3.913, 4.288 unit/ml이다. 발효 2일차까지 amylase activity는 계속적으로 증가하고 이 때의 amylase activity는 가수량 100, 120, 140% 각각 9.984, 9.501, 10.287 unit/ml이다. 발효 2일차에 가장 높은 활성을 보인 후에는 서서히 감소함을 알 수 있다.

③ 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

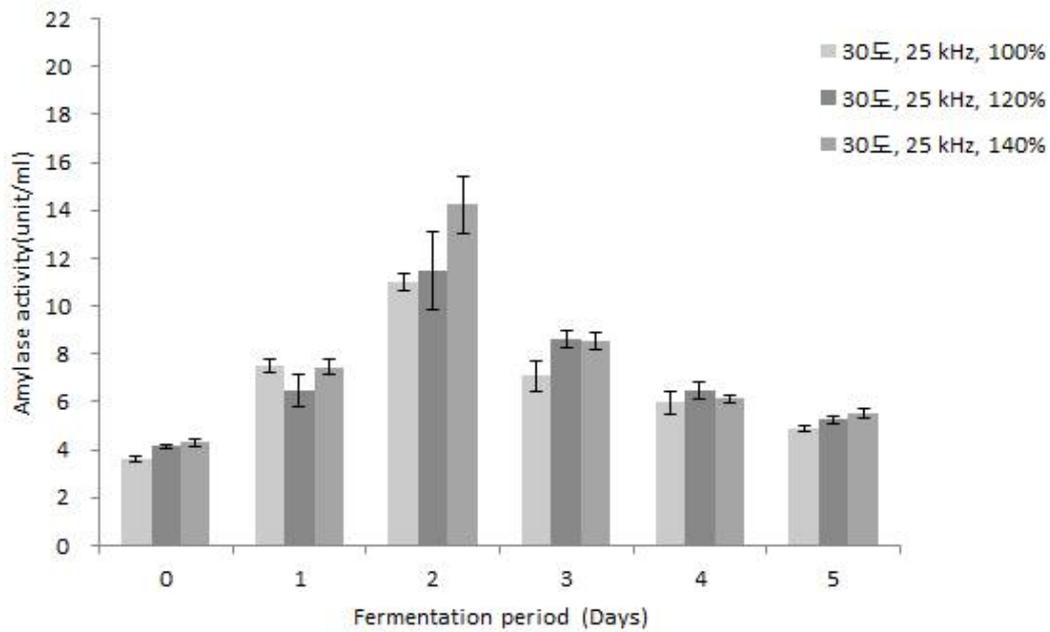


Fig. 78. 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

Fig. 78은 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차의 amylase activity는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 3.635, 4.143, 4.300 unit/ml이다. 발효 2일차까지 계속적으로 증가하여 이때의 amylase activity는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 11.013, 11.484, 14.230 unit/ml이다. 발효 2일차 이후에는 활성이 감소하였다.

④ 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

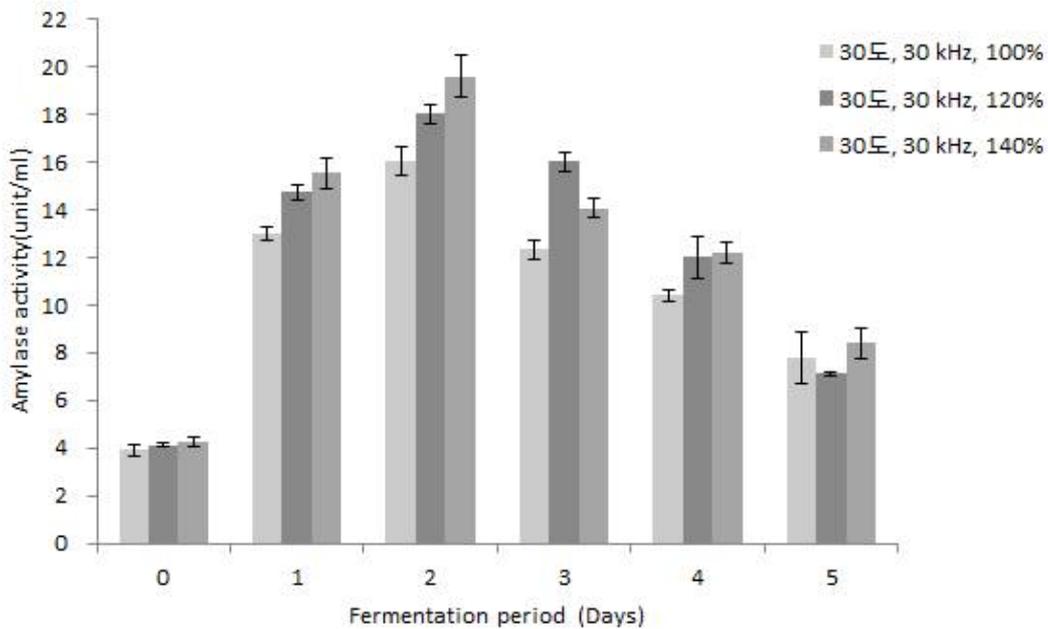


Fig. 79. 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

Fig. 79은 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차에는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 3.901, 4.130, 4.227 unit/ml의 amylase activity를 나타냈으며 발효 2일차까지 증가하였다. 발효 2일차에 가장 높은 amylase activity를 보였으며 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 16.044, 18.016, 19.600 unit/ml을 나타내었다. 발효 2일차 이후에는 활성이 서서히 감소하였다. 발효 2일차에서의 초음파를 처리하지 않고 제조한 코지의 amylase activity와 비교해 보았을 때 약 2배 높은 활성을 가지고 있으며 초음파 주파수 중에서도 30 kHz가 가장 높은 amylase activity를 보였음을 알 수 있다.

⑤ 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

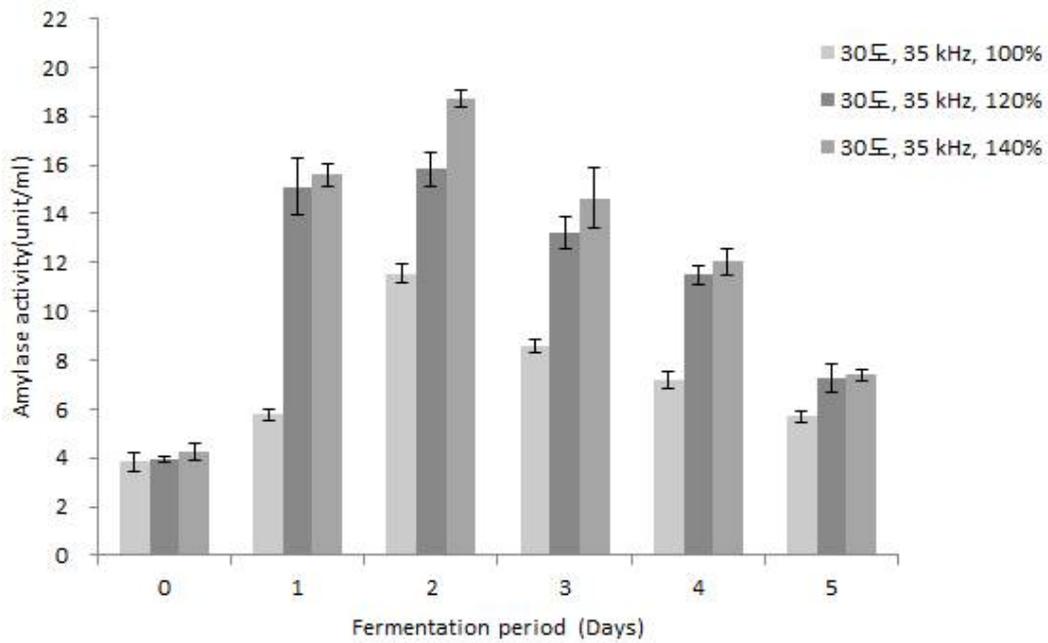


Fig. 80. 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

Fig. 80는 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차에는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 3.840, 3.937, 4.276 unit/ml의 amylase activity를 나타냈으며 발효 2일차까지 계속적으로 증가하여 이 때 가장 높은 활성을 나타내었다. 이 때의 amylase activity는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 11.533, 15.826, 18.729 unit/ml 이다. 발효 2일차 이후에는 활성이 서서히 감소함을 알 수 있다.

⑥ 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

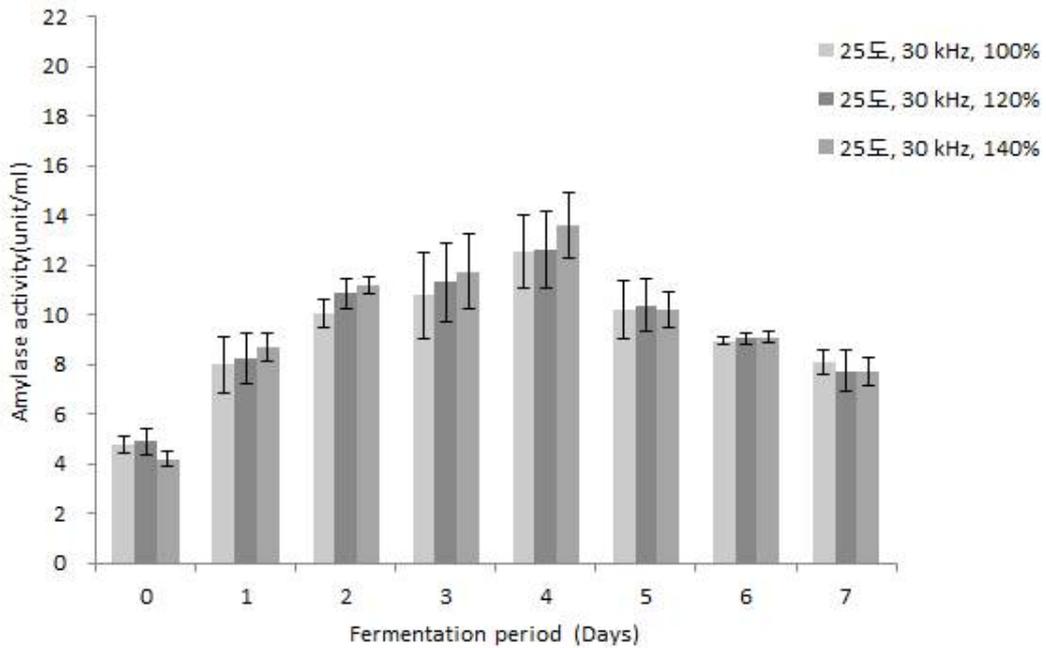


Fig. 81. 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

Fig. 81은 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차에서는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 4.784, 4.880, 4.191 unit/ml의 amylase activity를 나타냈으며 발효 4일차 까지 계속적으로 증가하였고 그 이후에는 활성이 감소하였다. 가장 높은 활성을 보인 4일차에서 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 12.537, 12.609, 13.589 unit/ml의 amylase activity를 보였다. 발효 4일차 이후에는 활성이 서서히 감소하였다.

⑦ 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

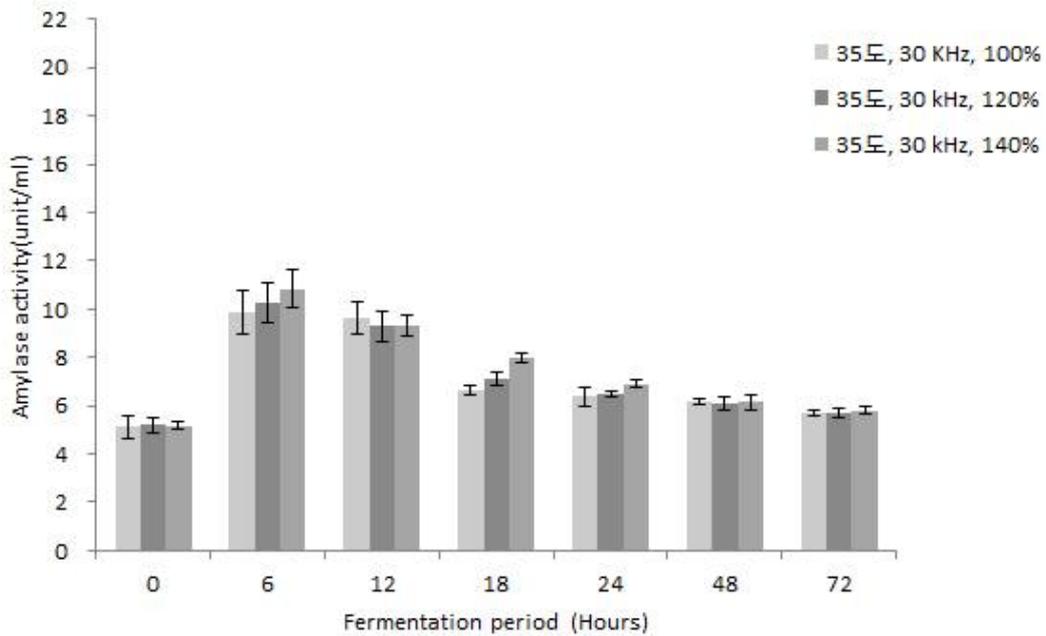


Fig. 82. 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화

Fig. 82은 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 amylase activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차에서는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 5.110, 5.207, 5.159 unit/ml의 amylase activity를 보였으며 발효 6시간차에 가장 높은 활성을 보인 이후 서서히 감소함을 그래프를 통해 알 수 있다. 발효 6시간차에서의 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 9.864, 10.263, 10.843 unit/ml의 amylase activity를 보였지만 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하여 제조한 코지의 amylase activity와 비교해 보았을 때, 낮은 활성을 갖고 있음을 알 수 있다.

(나) Protease activity 변화

① 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

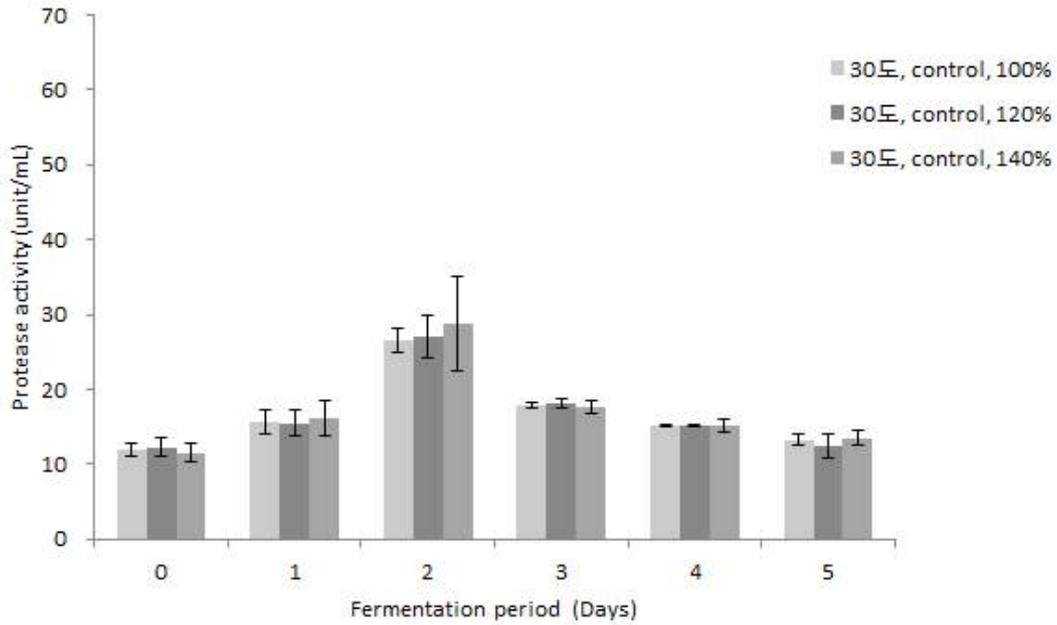


Fig. 83. 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

Fig. 83는 30℃에서의 초음파를 처리하지 않고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화를 나타낸 그래프이다. 0일차에는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 11.902, 12.274, 11.577 unit/ml 이고 서서히 증가하여 발효 2일차에 가장 높은 protease activity를 보였다. 발효 2일차의 protease activity는 가수량 100, 120, 140% 각각 26.599, 27.065, 28.739 unit/ml이다. 발효 2일차에 가장 높은 활성을 보인 후에는 서서히 감소함을 알 수 있다.

② 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

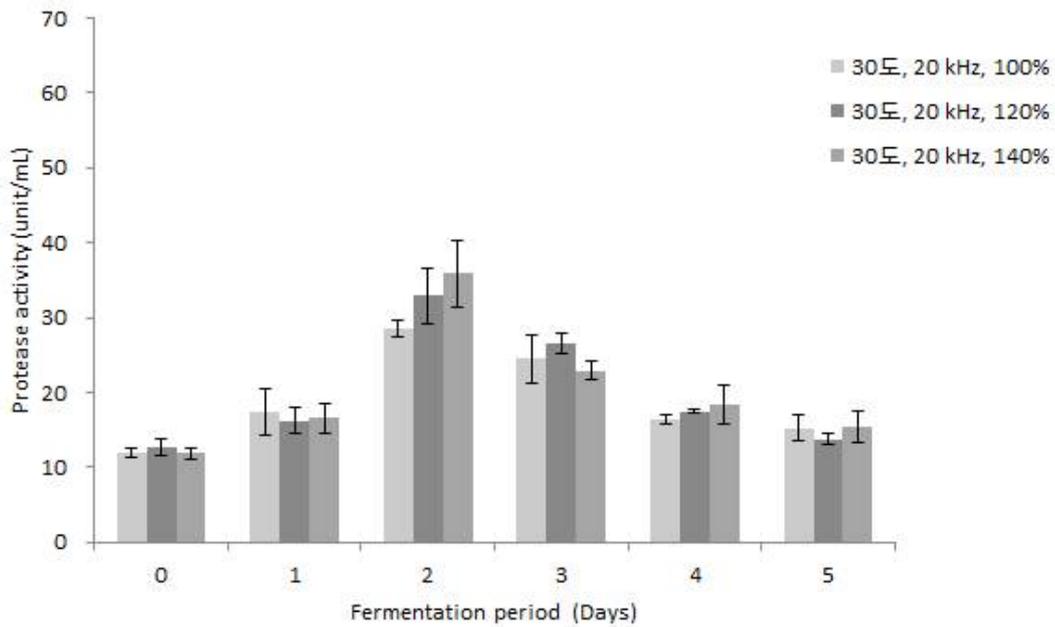


Fig. 84. 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

Fig. 84은 30℃에서의 초음파 주파수 20 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차에는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 11.949, 12.600, 11.902 unit/ml이다. 발효 2일차까지 protease activity는 계속적으로 증가하고 이 때의 protease activity는 가수량 100, 120, 140% 각각 28.553, 32.925, 35.855 unit/ml이다. 발효 2일차에 가장 높은 활성을 보인 후에는 서서히 감소함을 알 수 있다.

③ 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

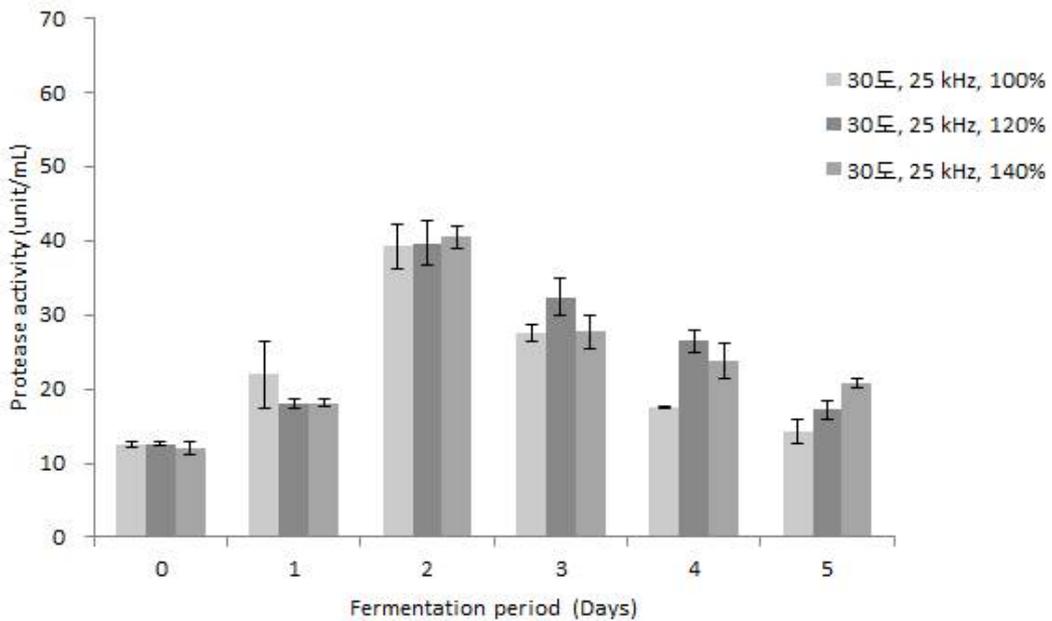


Fig. 85. 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

Fig. 85는 30℃에서의 초음파 주파수 25 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차의 protease activity는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 12.553, 12.553, 11.949 unit/ml이다. 발효 2일차까지 계속적으로 증가하여 이때의 protease activity는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 39.204, 39.669, 40.506 unit/ml이다. 발효 2일차 이후에는 활성이 감소하였다.

④ 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

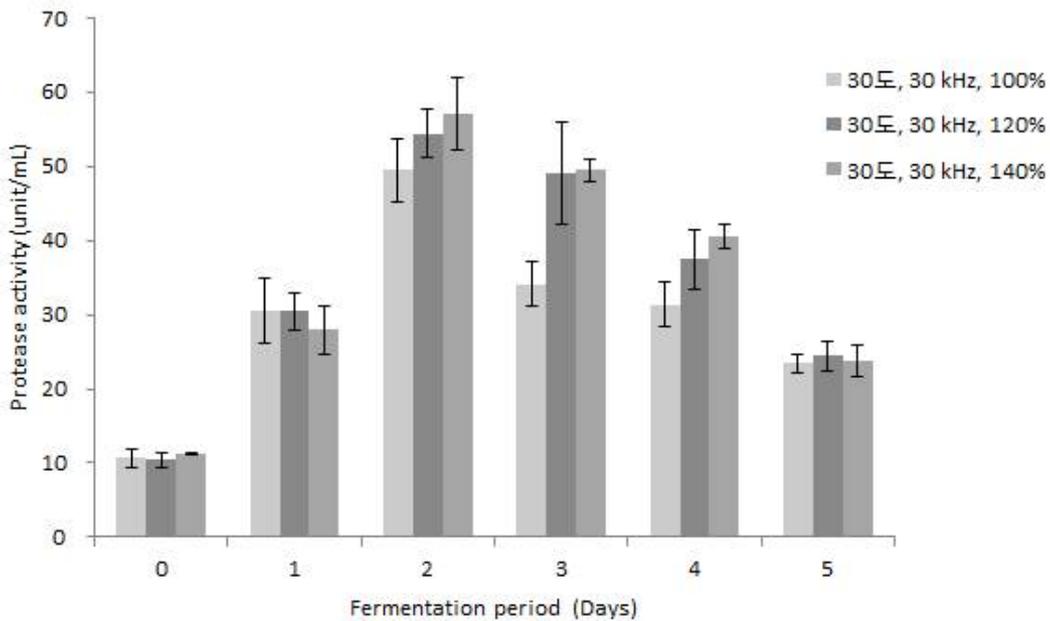


Fig. 86. 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

Fig. 86는 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차에는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 10.693, 10.414, 11.297 unit/ml의 protease activity를 나타냈으며 발효 2일차까지 증가하였다. 발효 2일차에 가장 높은 protease activity를 보였으며 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 49.483, 54.413, 57.017 unit/ml을 나타내었다. 발효 2일차 이후에는 활성이 서서히 감소하였다. 발효 2일차에서의 초음파를 처리하지 않고 제조한 코지의 protease activity와 비교해 보았을 때 약 2배 높은 활성을 가지고 있으며 초음파 주파수 중에서도 30 kHz가 가장 높은 protease activity를 보였음을 알 수 있다.

⑤ 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

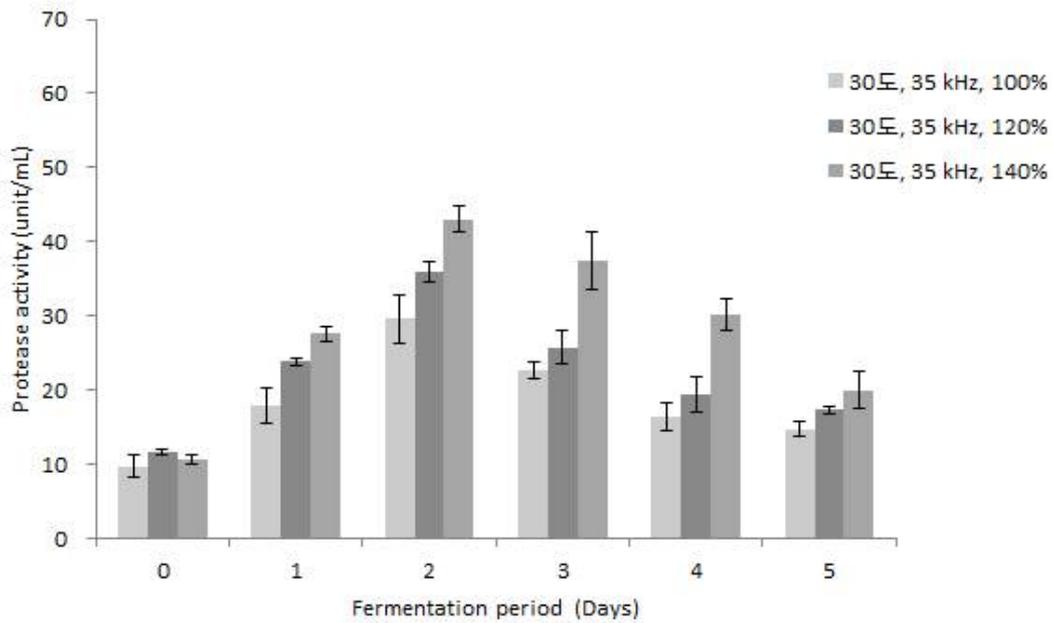


Fig. 87. 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

Fig. 87은 30℃에서의 초음파 주파수 35 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차에는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 9.763, 11.670, 10.646 unit/ml의 protease activity를 나타냈으며 발효 2일차까지 계속적으로 증가하여 이 때 가장 높은 활성을 나타내었다. 이 때의 protease activity는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 29.576, 35.948, 43.064 unit/ml 이다. 발효 2일차 이후에는 활성이 서서히 감소함을 알 수 있다.

⑥ 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

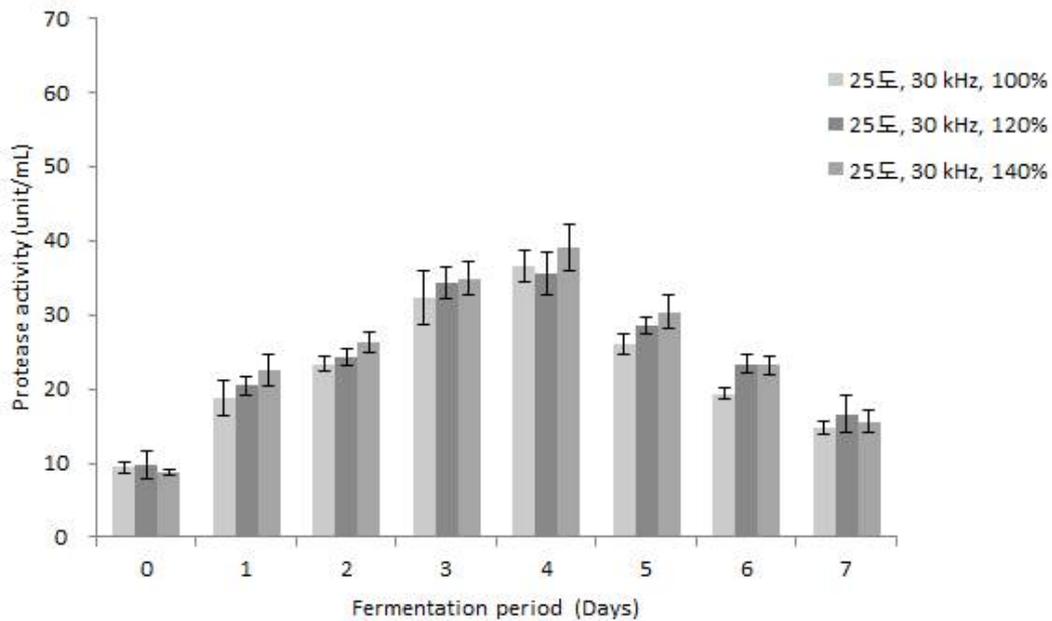


Fig. 88. 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

Fig. 88은 25℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차에서는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 9.391, 9.763, 8.786 unit/ml의 protease activity를 나타냈으며 발효 4일차까지 계속적으로 증가하였고 그 이후에는 활성이 감소하였다. 가장 높은 활성을 보인 4일차에서 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 36.506, 35.529, 39.018 unit/ml의 protease activity를 보였다. 발효 4일차 이후에는 활성이 서서히 감소하였다.

⑦ 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

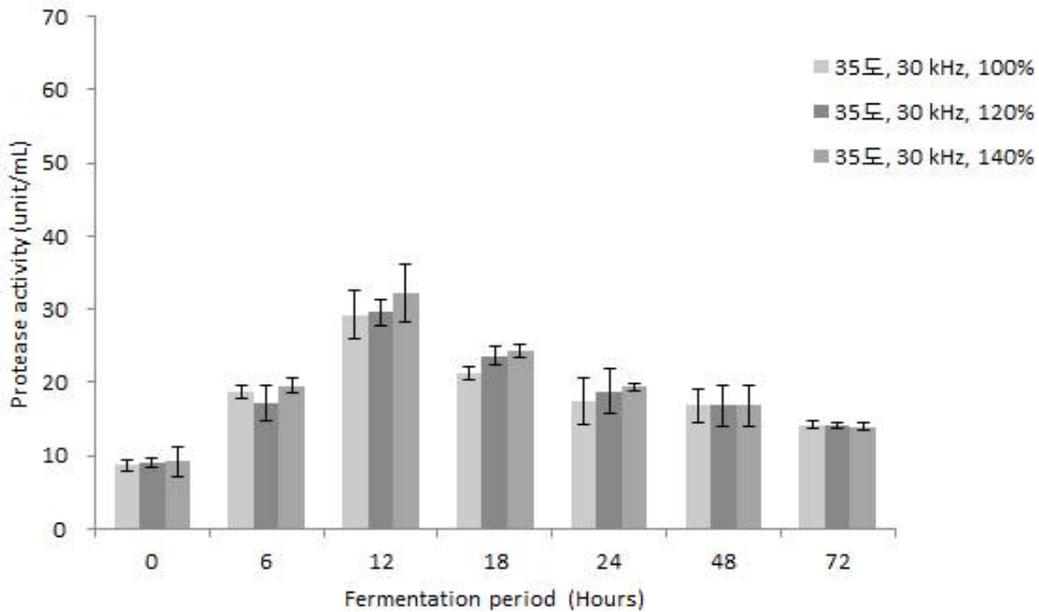
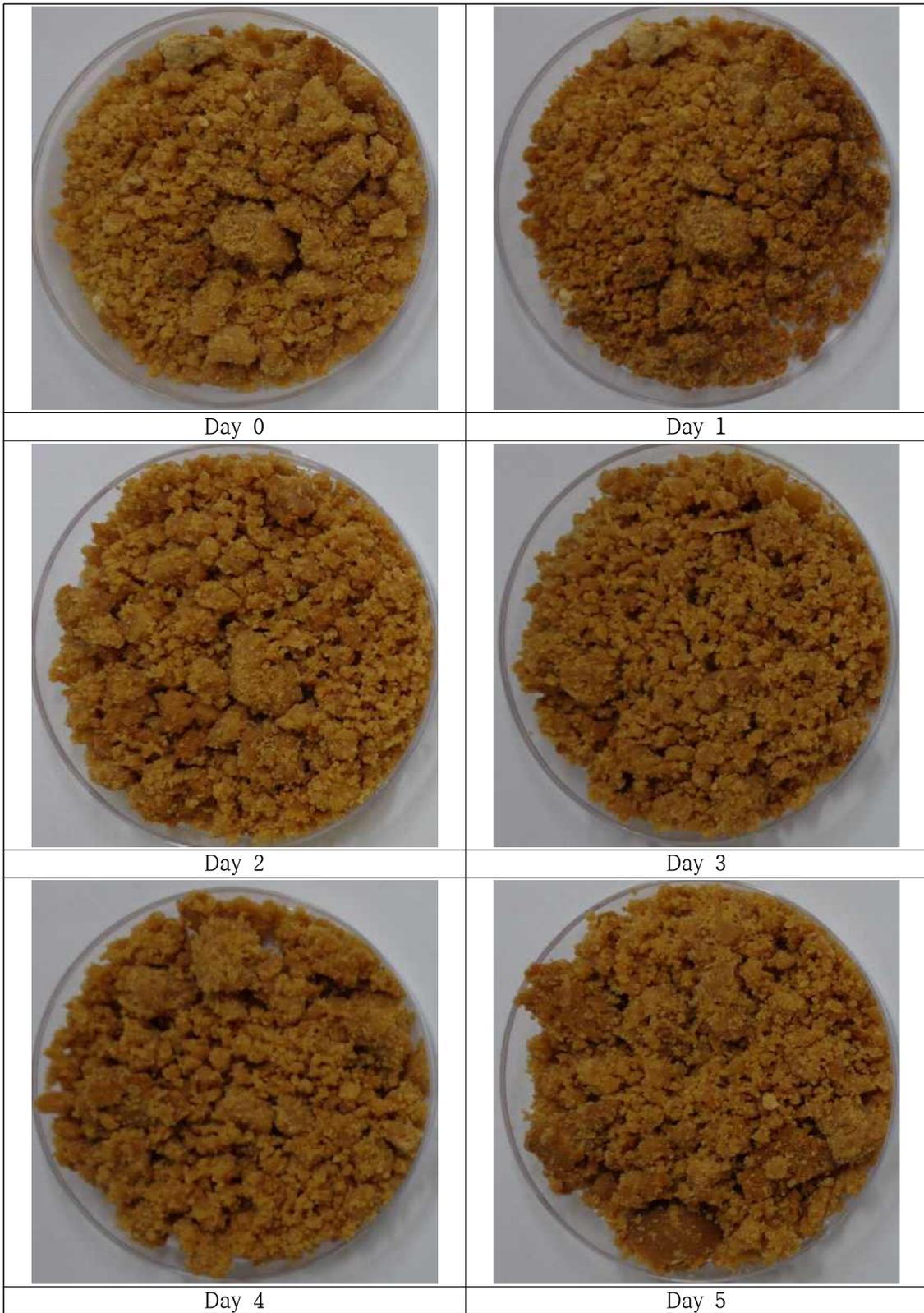


Fig. 89. 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화

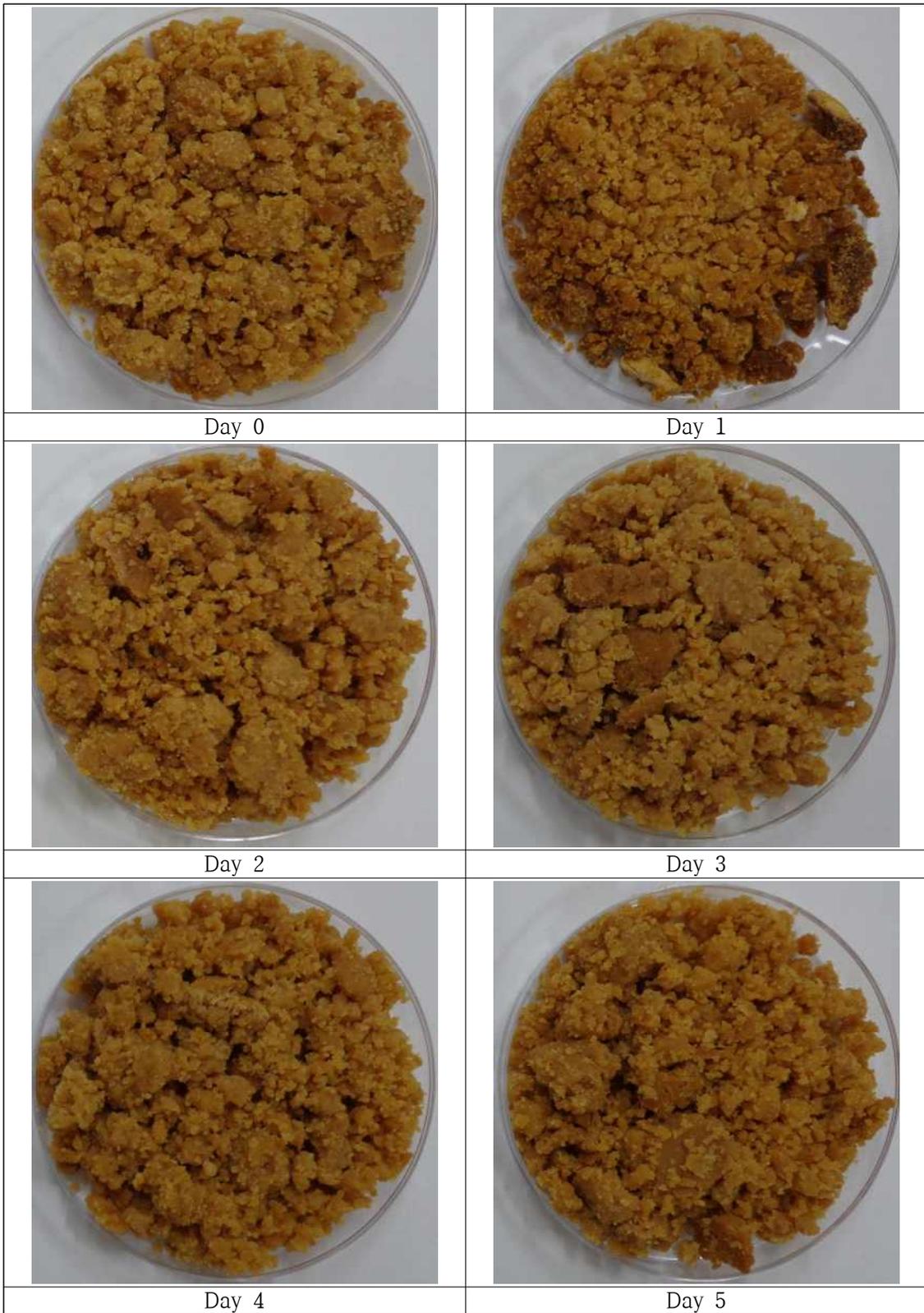
Fig. 89은 35℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하고 가수량 100, 120, 140%로 첨가하여 제조한 코지의 protease activity 변화를 나타낸 그래프이다. 발효 0일차에서는 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 8.646, 9.018, 9.158 unit/ml의 protease activity를 보였으며 발효 12시간 차에 가장 높은 활성을 보인 이후 서서히 감소함을 그래프를 통해 알 수 있다. 발효 12시간차에서의 가수량 100, 120, 140% 시료 각각 29.204, 29.576, 32.274 unit/ml의 protease activity를 보였지만 30℃에서의 초음파 주파수 30 kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity와 비교해 보았을 때, 낮은 활성을 갖고 있음을 알 수 있다.

(3) 코지의 외관변화

(가) 초음파를 처리하지 않은 코지 (30℃, 가수량 100%)



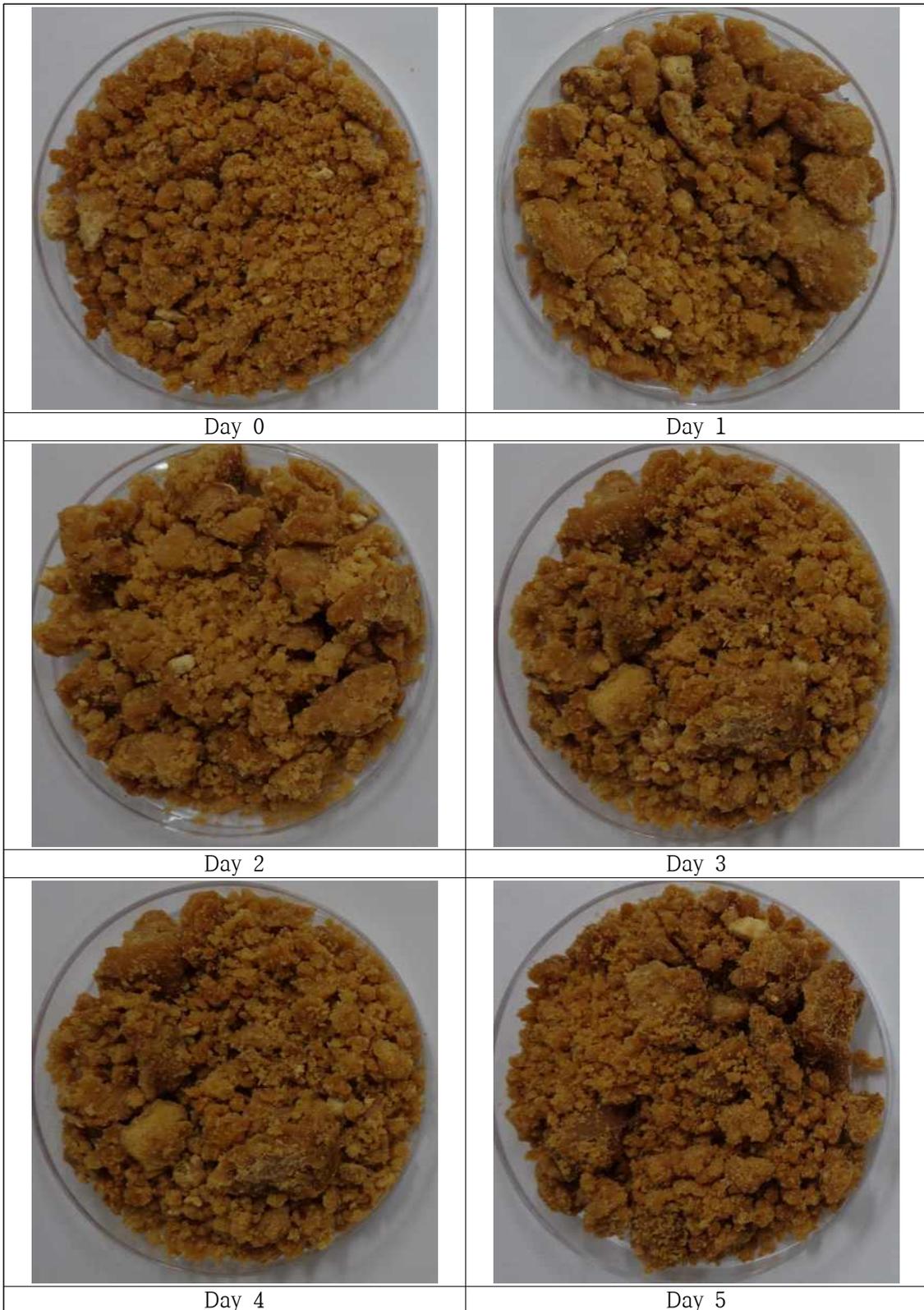
(나) 초음파를 처리하지 않은 코지 (30℃, 가수량 120%)



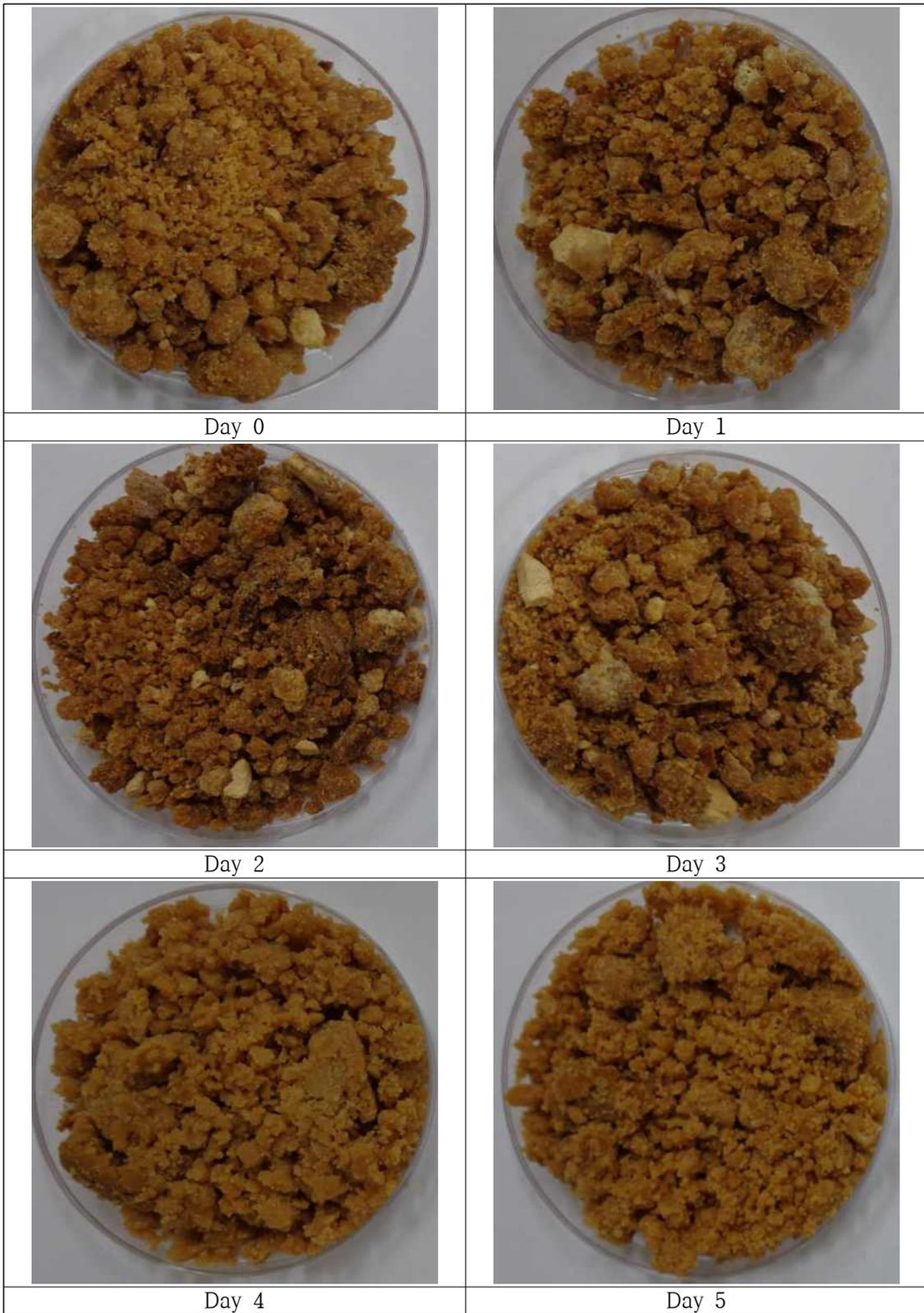
(다) 초음파를 처리하지 않은 코지 (30℃, 가수량 140%)



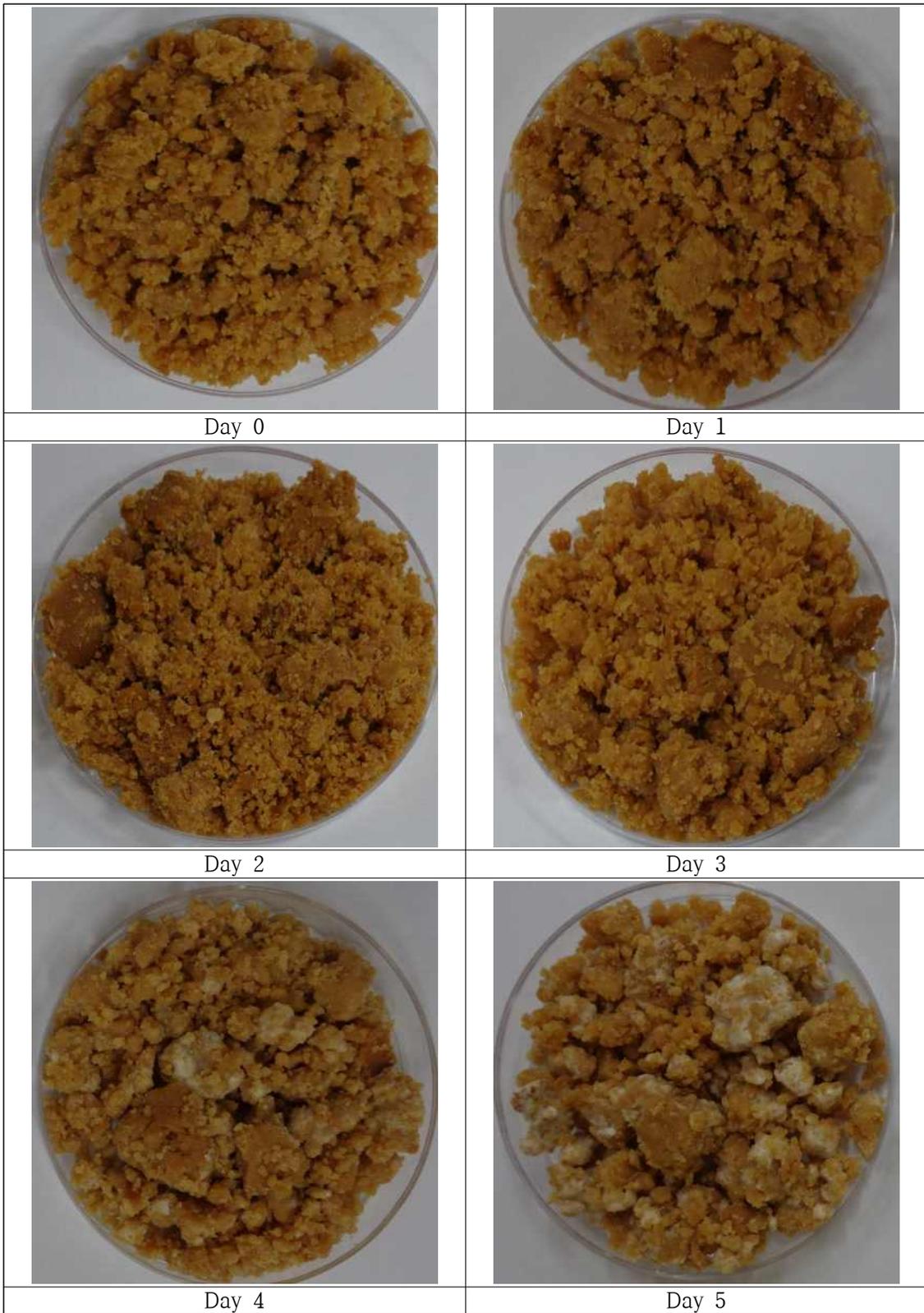
(라) 초음파 주파수 20kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 100%)



(마) 초음파 주파수 20kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 120%)



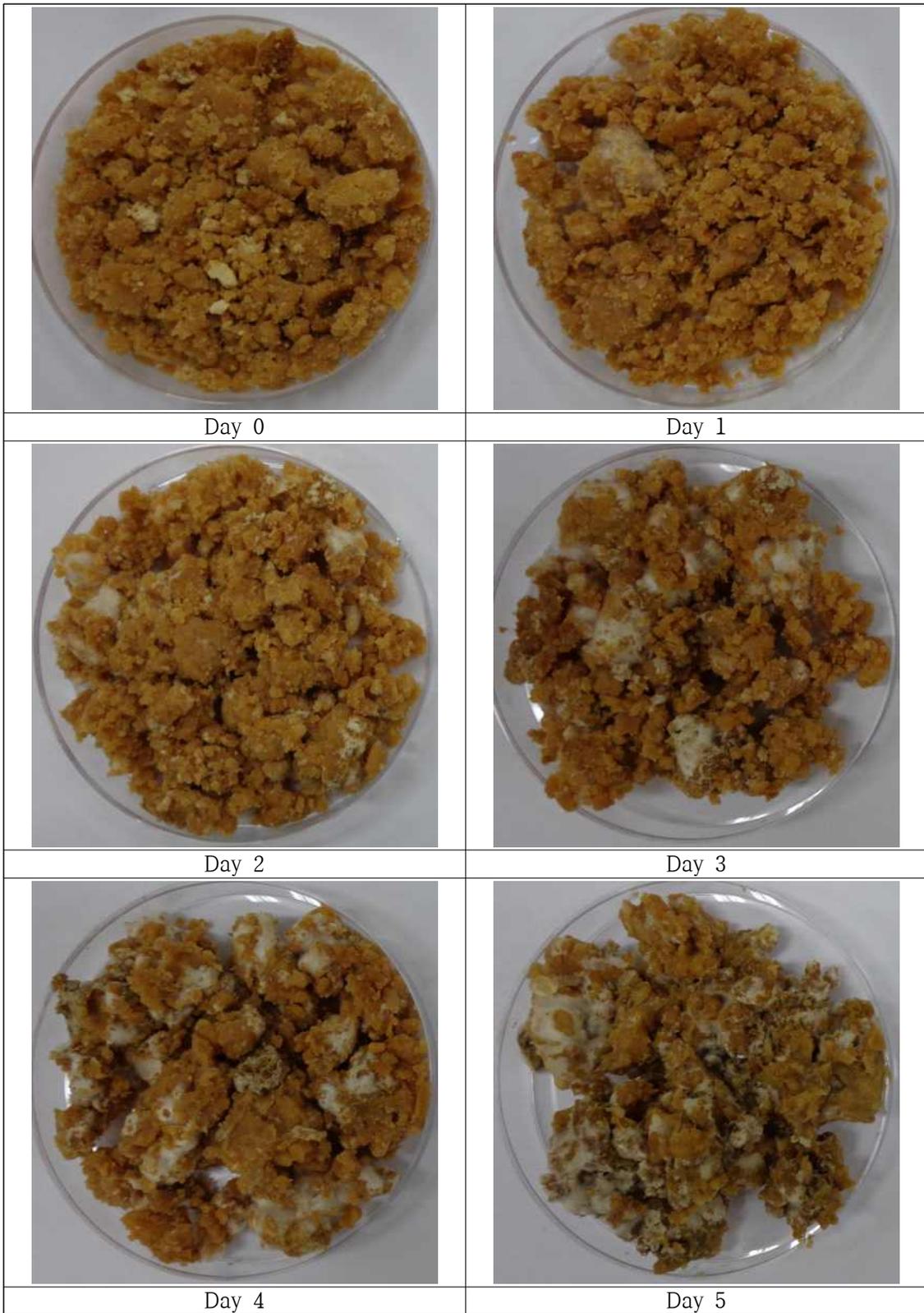
(바) 초음파 주파수 20kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 140%)



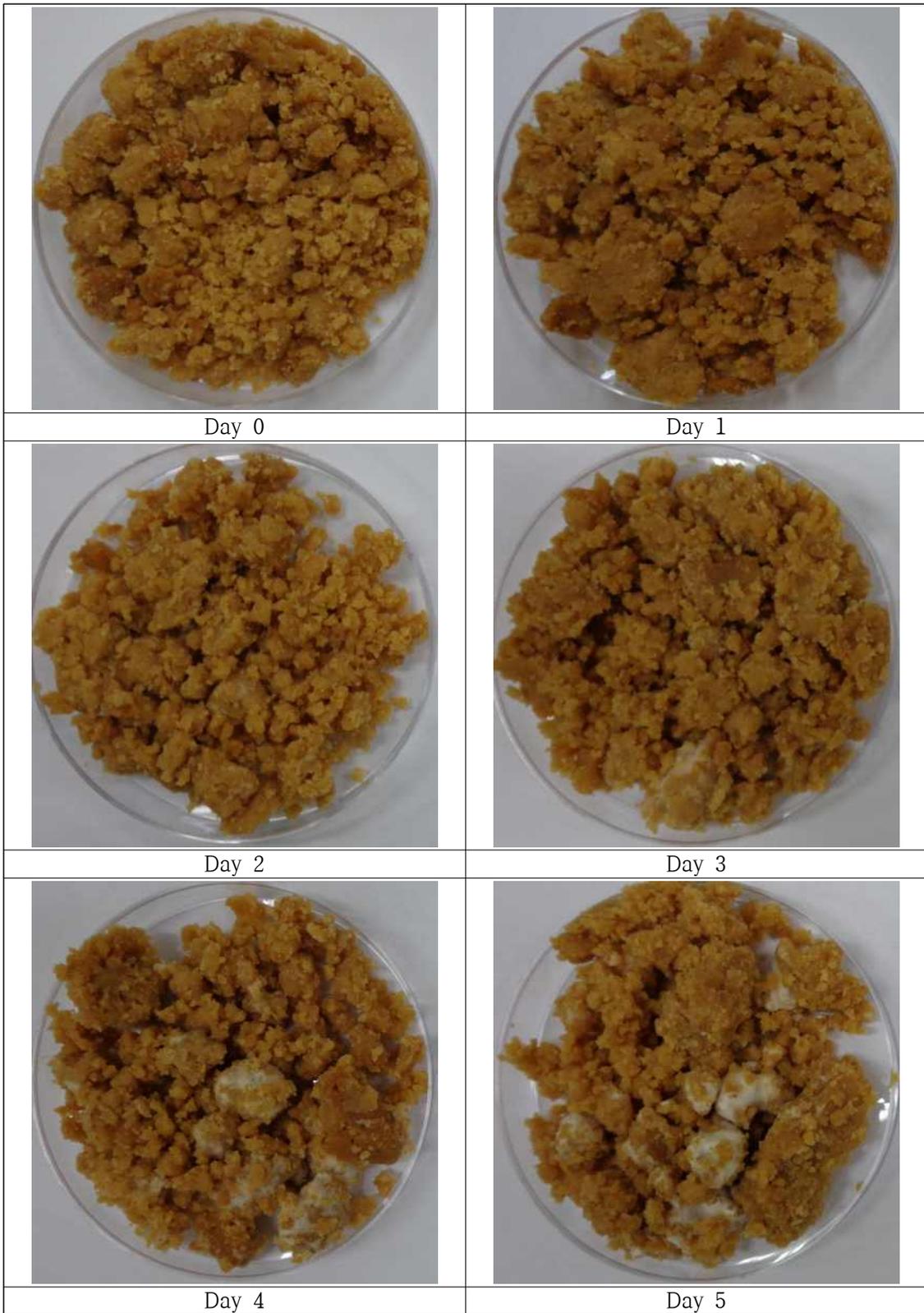
(사) 초음파 주파수 25kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 100%)



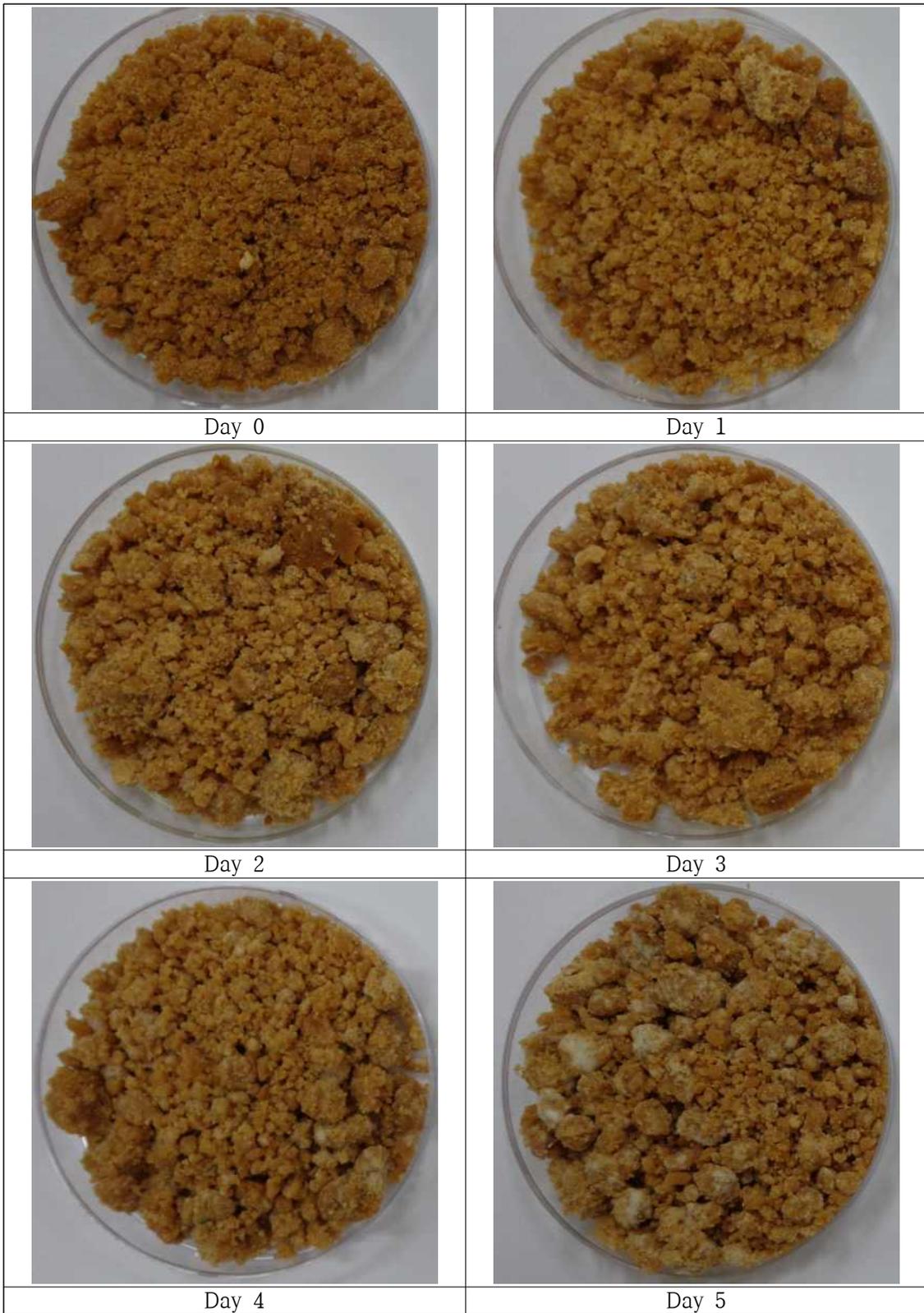
(아) 초음파 주파수 25kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 120%)



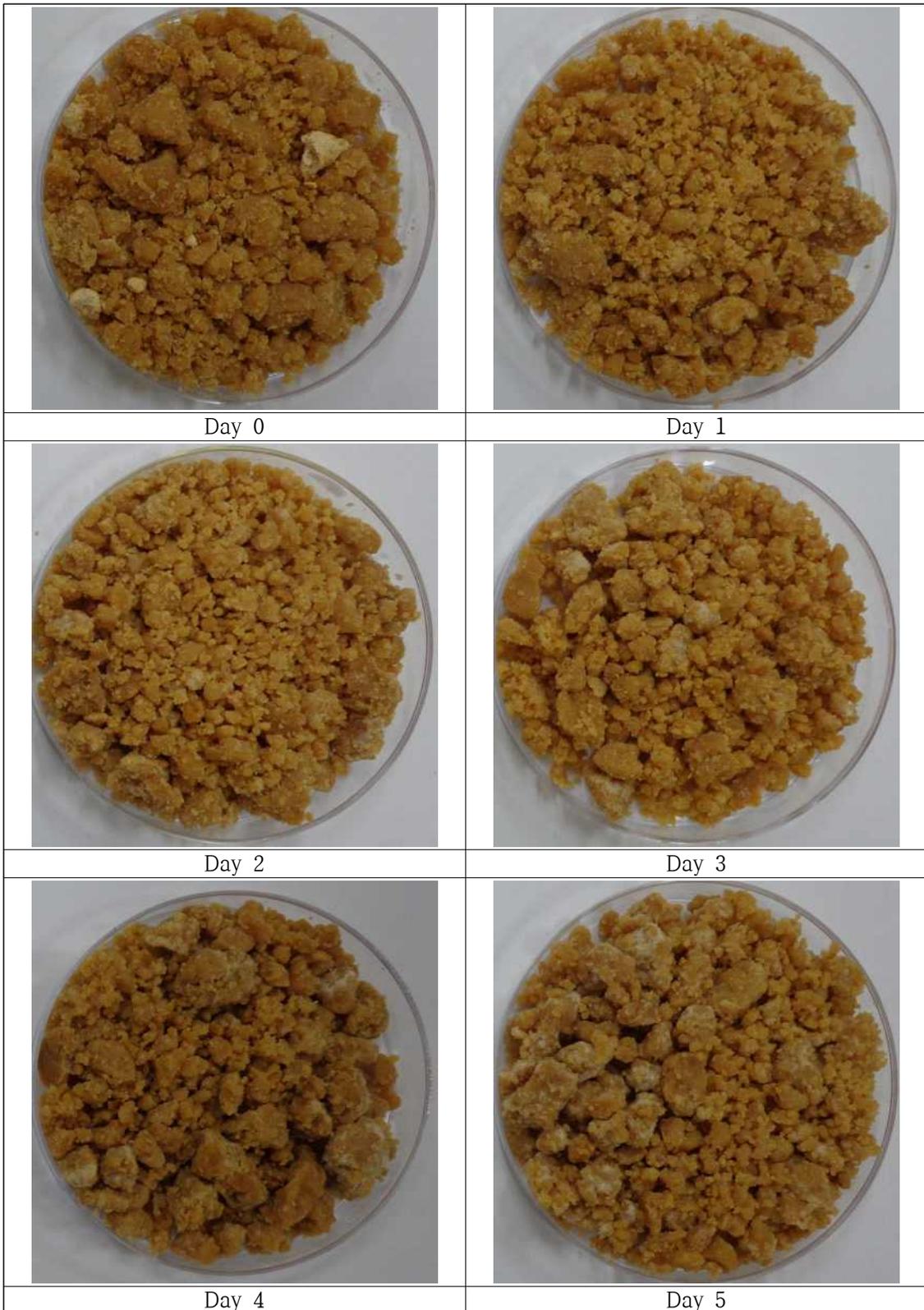
(자) 초음파 주파수 25kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 140%)



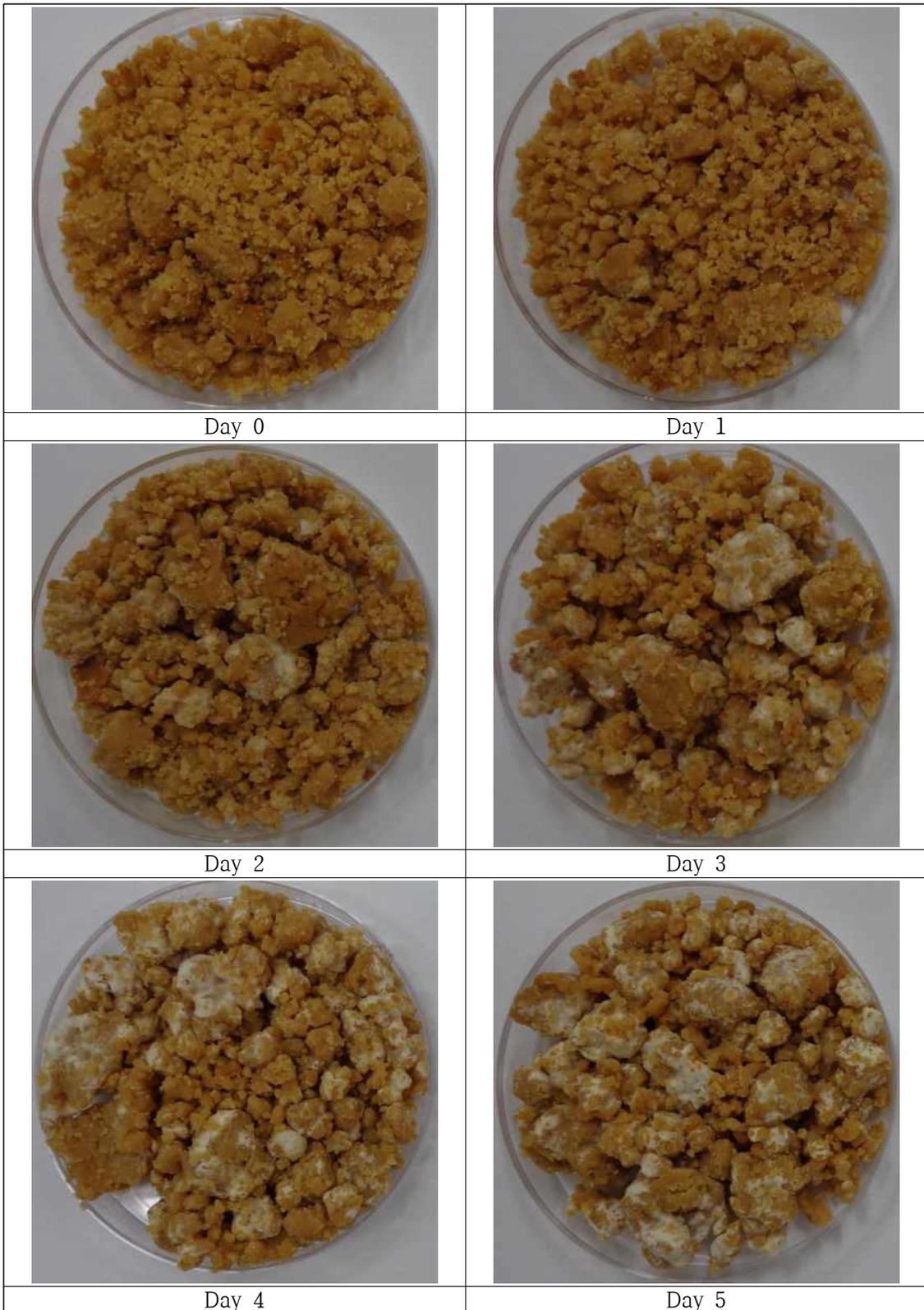
(차) 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 100%)



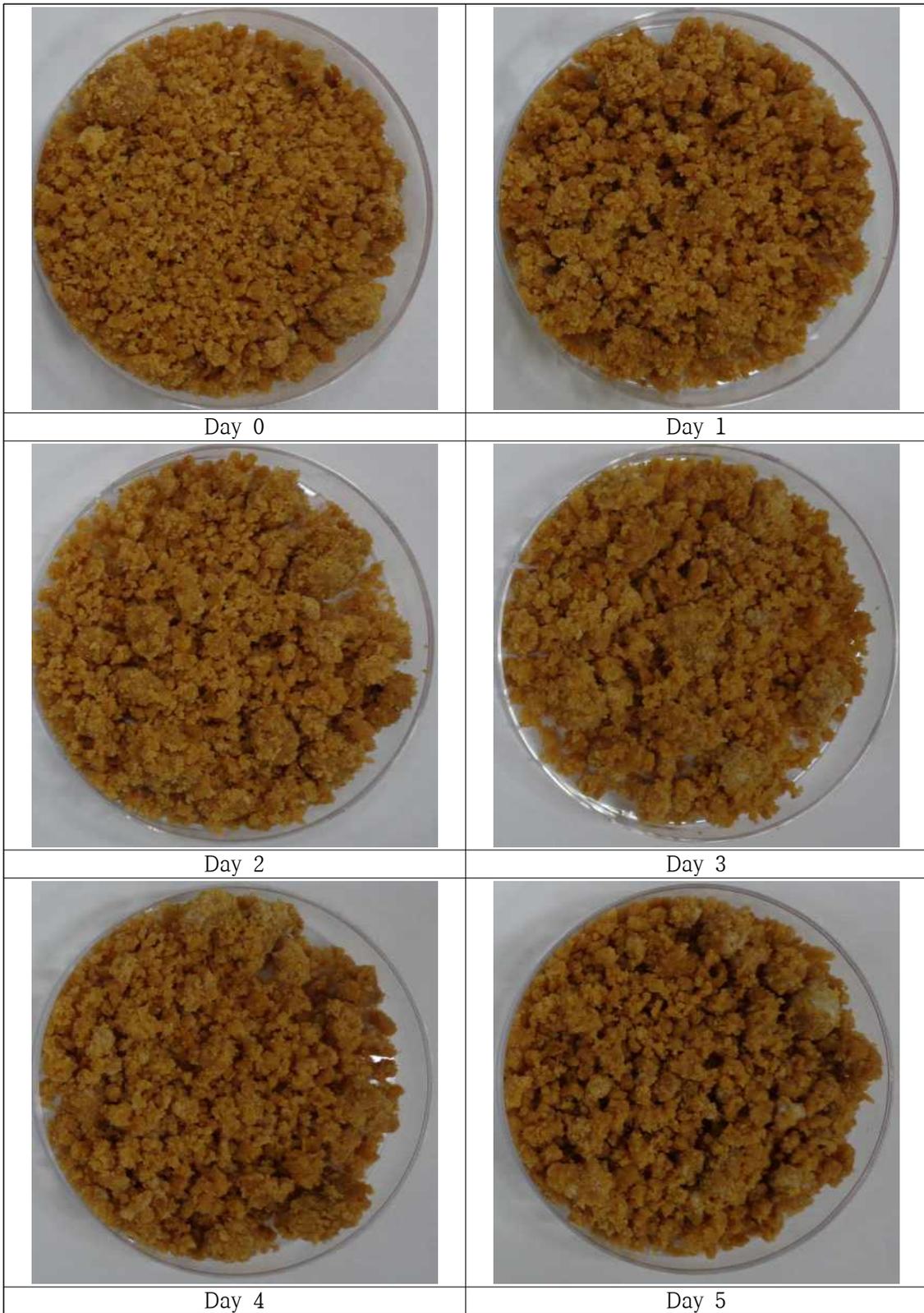
(카) 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 120%)



(타) 초음파 주파수 30kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 140%)



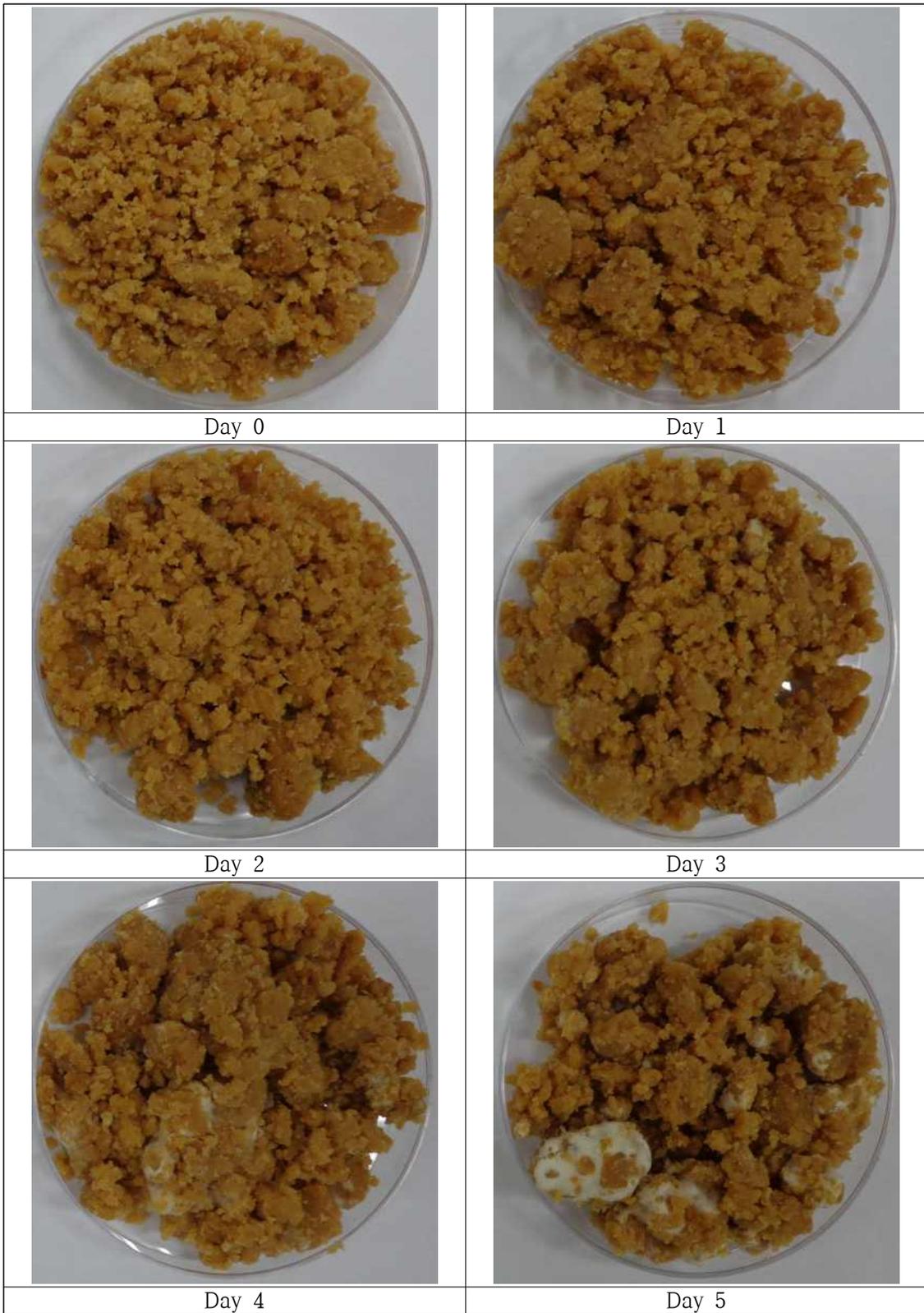
(과) 초음파 주파수 35kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 100%)



(하) 초음파 주파수 35kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 120%)



(거) 초음파 주파수 35kHz를 처리하여 제조한 코지 (30℃, 가수량 140%)



(4) 모델계에서 제조한 코지(1차년도)와 시제품에서 제조한 코지(2차년도)의 효소활성 비교
 (가) amylase activity 비교

Table 17. 1차 년도에서 제조한 koji의 amylase activity

(단위 : unit/ml)

samples	Fermentation time (days)					
	0	1	2	3	4	5
control	4.687±0.673	7.602±1.248	9.864±0.343	7.614±0.400	7.965±0.441	7.130±0.283
20kHz	5.437±0.515	9.319±1.270	11.327±0.565	10.263±0.424	10.408±0.282	8.557±0.400
25kHz	3.368±0.042	7.324±0.233	10.759±0.504	6.634±0.531	5.957±0.247	4.965±0.233
30kHz	3.538±0.096	14.569±0.689	18.016±0.951	13.758±1.447	12.029±0.939	6.985±0.384
35kHz	3.175±0.181	4.856±0.454	12.270±0.597	8.170±0.697	7.989±1.019	5.195±0.327

Table 18. 2차 년도에서 제조한 koji의 amylase activity

(단위 : unit/ml)

samples	Fermentation time (days)					
	0	1	2	3	4	5
control	4.300±0.472	6.828±0.236	9.755±0.267	7.844±0.709	6.622±0.537	5.642±0.158
20 kHz	4.288±0.233	8.944±1.006	10.287±1.166	8.751±0.590	7.735±0.546	6.743±0.055
25 kHz	4.300±0.158	7.457±0.310	14.230±1.204	8.545±0.379	6.126±0.151	5.533±0.221
30 kHz	4.227±0.192	15.524±0.617	19.600±0.866	14.061±0.418	12.198±0.459	8.412±0.654
35 kHz	4.276±0.337	15.584±0.440	18.729±0.327	14.653±1.249	12.041±0.524	7.384±0.202

Table 17은 1차 년도에서 제조한 코지의 amylase activity를 나타낸 표이다. 1차 년도에서는 30℃의 조건으로 코지를 제조하였을 때 가장 효과가 좋았으며 특히 초음파를 처리하지 않은 코지에 비하여 초음파 주파수 30 kHz를 처리하였을 때의 코지가 발효 2일차에서 amylase activity가 가장 높았음을 확인할 수 있었다. Table 18는 2차 년도에서 제조한 코지의 amylase activity를 나타낸 표이다. 2차 년도에서는 30℃, 가수량 140%로 코지를 제조하였을 때 가장 amylase activity가 높았으며 1차 년도와 같이 발효 2일차에서 초음파 주파수 30 kHz를 처리하였을 때가 amylase activity가 가장 높게 나왔음을 확인할 수 있었다. amylase activity가 가장 높은 발효 2일차에서 초음파 주파수 30 kHz를 처리한 코지의 데이터를 비교해보면 1차 년도에서는 18.016 unit/ml 이며, 2차 년도에서는 19.600 unit/ml 이다. 약 1.584 unit/ml이 증가하였음을 확인할 수 있다.

(나) Protease activity 비교

Table 19. 1차 년도에서 제조한 koji의 protease activity

(단위 : unit/ml)

samples	Fermentation time(days)					
	0	1	2	3	4	5
control	12.274±1.266	15.530±1.674	27.065±2.771	18.181±0.639	15.204±0.161	12.414±1.653
20kHz	10.600±1.128	21.669±2.107	40.274±5.251	24.227±2.908	21.576±5.915	17.623±6.803
25kHz	10.693±0.426	28.971±2.928	46.320±7.689	21.204±1.955	17.623±2.914	13.204±1.556
30kHz	10.739±0.950	30.181±0.777	55.438±2.033	34.925±1.830	32.739±1.266	27.344±1.047
35kHz	11.018±1.203	21.158±1.219	32.413±7.126	27.576±0.426	24.314±3.441	12.600±1.968

Table 20. 2차 년도에서 제조한 koji의 protease activity

(단위 : unit/ml)

samples	Fermentation time (days)					
	0	1	2	3	4	5
control	11.577±1.170	16.181±2.256	28.739±6.279	17.669±0.818	15.204±0.818	13.530±1.047
20 kHz	11.902±0.738	16.553±1.975	35.855±4.404	22.972±1.341	18.321±2.558	15.437±2.019
25 kHz	11.949±0.929	18.088±0.449	40.506±1.470	27.669±2.246	23.762±2.421	20.832±0.608
30 kHz	11.297±0.161	27.995±3.279	57.017±4.826	49.483±1.531	40.553±1.543	23.809±2.131
35 kHz	10.646±0.639	27.623±1.057	43.064±1.794	37.436±3.929	30.181±2.193	19.948±2.497

Table 19는 1차 년도에서 제조한 코지의 protease activity를 나타낸 표이다. 1차 년도에서는 30℃의 조건으로 제조하였을 때 가장 효과가 좋았으며 초음파를 처리하지 않은 코지에 비하여 초음파 주파수 30 kHz를 처리한 코지의 protease activity가 발효 2일차에서 가장 높은 값을 보임을 알 수 있다. 발효 2일차에서 초음파 주파수 30 kHz를 처리하여 제조한 코지의 protease activity는 55.438 unit/ml 이었다. Table 20는 2차 년도에서 제조한 코지의 protease activity를 나타낸 표이다. 2차 년도에서는 30℃, 가수량 140%로 코지를 제조하였을 때 protease activity가 가장 높았음을 알 수 있었다. 2차 년도에서도 1차 년도와 같이 발효 2일차에서 초음파 주파수 30 kHz를 처리한 코지의 protease activity가 가장 높았으며 그 값은 57.017 unit/ml 이었다. 1차 년도와 데이터와 비교해보면 약 1.579 unit/ml이 증가하였음을 알 수 있다.

다. 최적발효조건으로 시제품장치에서 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화

- (1) 코지를 사용하여 제조된 된장, 고추장, 간장의 품질 평가

(가) 외관변화

① 0일차



일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 0일차)



초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 0일차)



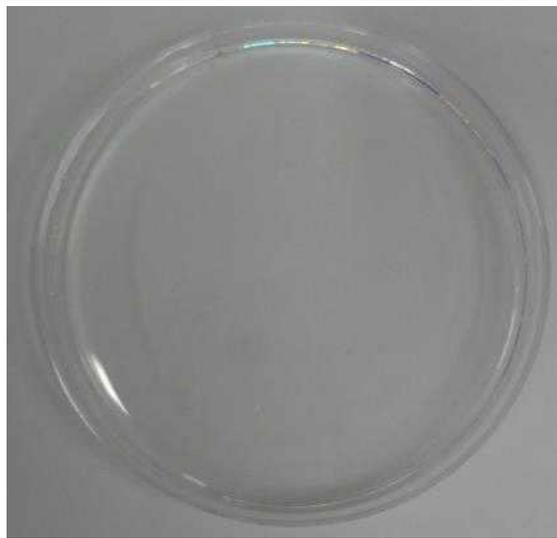
일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 0일차)



초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 0일차)



일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 0일차)



초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 0일차)

② 15일차

	
<p>일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 15일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 15일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 15일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 15일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 15일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 15일차)</p>

③ 30일차



일반 배양 코지 이용 된장(30°C, 30KHz, 30일차)



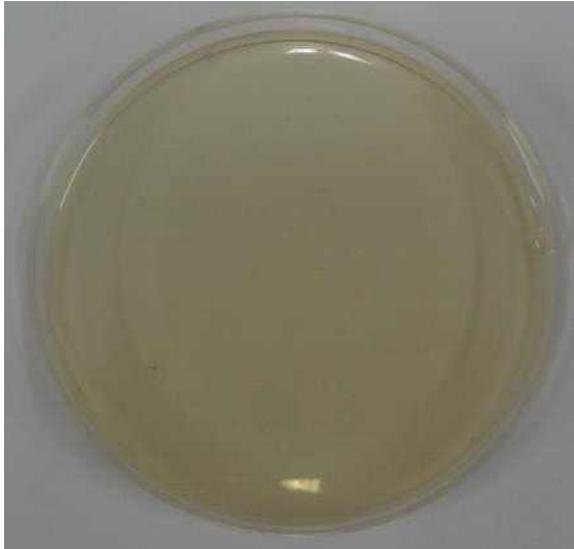
초음파 배양 코지 이용 된장(30°C, 30KHz, 30일차)



일반 배양 코지 이용 고추장(30°C, 30KHz, 30일차)



초음파 배양 코지 이용 고추장(30°C, 30KHz, 30일차)



일반 배양 코지 이용 간장(30°C, 30KHz, 30일차)



초음파 배양 코지 이용 간장(30°C, 30KHz, 30일차)

④ 45일차

	
<p>일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 45일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 45일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 45일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 45일차)</p>
	
<p>일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 45일차)</p>	<p>초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 45일차)</p>

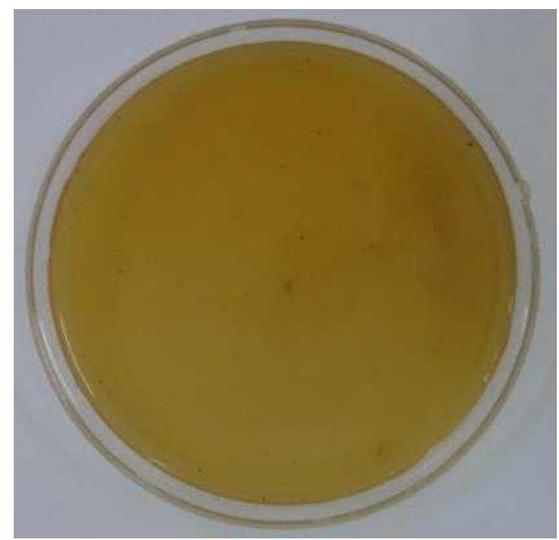
⑤ 60일차

	
일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 60일차)	초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 60일차)
	
일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 60일차)	초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 60일차)
	
일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 60일차)	초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 60일차)

⑥ 75일차

	
일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 75일차)	초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 75일차)
	
일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 75일차)	초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 75일차)
	
일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 75일차)	초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 75일차)

⑦ 90일차

	
일반 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 90일차)	초음파 배양 코지 이용 된장(30℃, 30KHz, 90일차)
	
일반 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 90일차)	초음파 배양 코지 이용 고추장(30℃, 30KHz, 90일차)
	
일반 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 90일차)	초음파 배양 코지 이용 간장(30℃, 30KHz, 90일차)

(나) 수분함량

초음파 처리 된장(S된장), 초음파 처리 고추장(S고추장)과 초음파 비처리 된장(C된장), 초음파 비처리 고추장(C고추장)의 숙성기간 중 수분함량 변화를 Table 21에 나타내었다.

Table 21. Changes of moisture content(%) of *deonjang*, *kochujang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

moisture content(%)		Aging time (days)						
		0	15	30	45	60	75	90
된장	C	61.46±0.32	62.18±0.14	62.04±0.27	63.10±0.15	63.09±0.62	64.25±0.37	64.01±0.25
	S	61.20±1.02	60.38±0.43	60.09±0.19	59.71±0.49	59.64±0.44	59.18±0.46	59.11±0.34
고추장	C	48.24±0.27	50.41±0.15	51.37±0.15	50.94±0.09	52.15±0.26	52.88±0.11	52.77±0.36
	S	48.75±0.25	48.89±0.06	52.31±0.11	52.60±0.16	52.75±0.05	53.61±0.09	53.78±0.51

① 된장

된장 제조 직후 수분함량은 61.20~61.46%로 시료 간에 차이가 없었으나 숙성기간이 증가할수록 차이가 발생하였다. C된장의 수분은 숙성 90일째에 64.01%로 초기에 비해 약 2.55%의 증가를 보인 반면 S된장의 수분은 숙성 90일째에 59.11%로 약 2.09%의 감소를 보였다. 본 연구에서 제조된 된장의 수분함량은 다소 높은 값을 나타내었으며 한국전통식품인증 규격의 된장 수분함량 기준인 55.0%이하 보다 약간 높은 것으로 나타나 향후 된장 제조 시에 배합비의 조절에 의한 수분함량의 조정이 필요한 것으로 보인다.

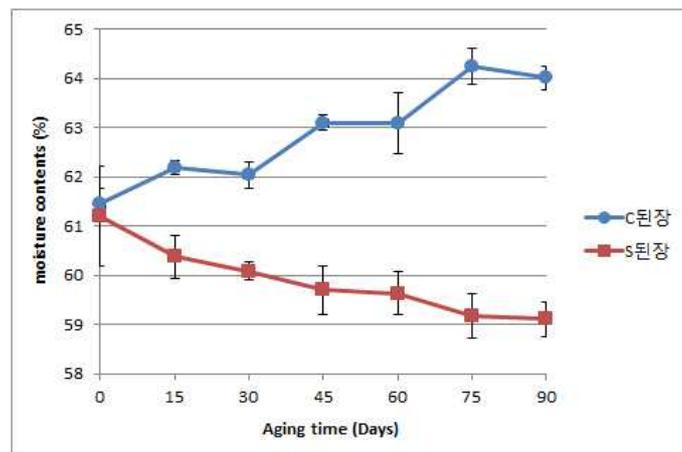


Fig. 90. Changes of moisture content(%) of *deonjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

② 고추장

고추장 담금 직후 C고추장과 S고추장의 수분함량은 48.24 ~ 48.75%로 나타났고, 숙성 최종 단계의 수분함량은 52.77~53.78%로 증가하였다. 숙성기간이 증가할수록 대조군과 처리군 모두에서 수분함량이 증가하는 경향을 보였다.

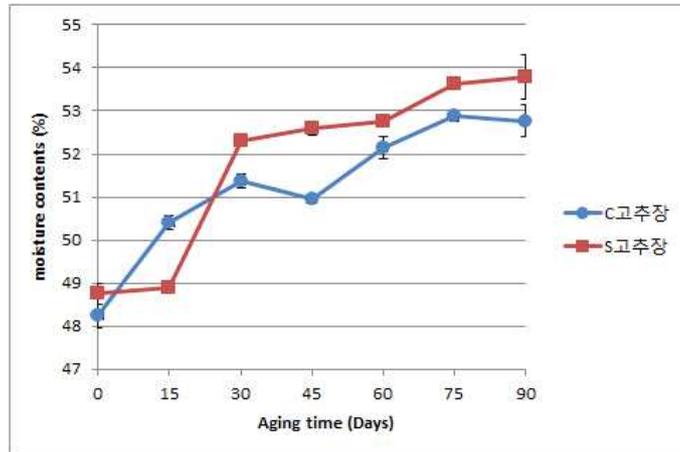


Fig. 91. Changes of moisture content(%) of *kochujang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

(다) 색도

초음파 처리(S) 된장, 고추장, 간장과 비처리(C) 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 색도 변화를 Table 22에 나타내었다.

Table 22. Changes of color value of *deonjang*, *kochujang*, *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

		Aging time (days)							
		0	15	30	45	60	75	90	
된장	L	C	61.37±0.32	61.12±0.63	60.34±0.18	60.40±0.39	59.30±0.22	58.32±0.69	58.25±0.26
		S	54.11±0.13	53.90±0.11	52.16±0.14	50.65±0.45	48.90±0.15	46.77±0.24	46.57±0.06
	a	C	4.60±0.24	4.76±0.23	4.99±0.10	5.23±0.31	5.68±0.46	5.70±0.06	5.64±0.16
		S	5.95±0.19	6.01±0.14	6.28±0.09	6.94±0.18	7.92±0.08	8.29±0.14	8.27±0.11
	b	C	21.49±0.21	21.34±0.72	21.47±0.47	22.31±0.07	21.81±0.59	21.81±0.61	22.62±0.30
		S	20.65±0.28	20.75±0.17	20.74±0.26	21.50±0.18	22.70±0.29	21.68±0.54	21.57±0.08
고추장	L	C	37.90±0.22	38.83±0.54	39.60±0.18	40.31±0.17	41.19±0.41	40.99±0.01	40.26±0.59
		S	38.99±0.48	39.63±0.27	40.25±0.38	41.22±0.23	41.06±0.42	41.78±0.23	41.77±0.18
	a	C	24.55±0.64	25.55±0.84	26.02±0.48	24.78±0.02	25.89±0.15	24.99±0.08	24.68±0.41
		S	25.41±0.36	25.51±0.22	25.76±0.06	25.78±0.16	25.82±0.54	25.39±1.20	25.33±0.17
	b	C	24.88±0.50	26.76±2.57	28.08±0.35	28.56±0.28	30.14±0.96	30.28±0.22	29.90±0.98
		S	26.62±0.73	27.42±0.39	29.28±0.20	30.28±0.38	30.43±1.09	31.20±0.60	31.75±0.24
간장	L	C	97.01±0.01	93.80±0.02	86.02±0.10	78.08±0.06	66.99±0.12	66.53±0.52	65.42±0.03
		S	97.07±0.01	95.37±0.05	85.58±0.14	71.48±0.03	65.57±0.13	64.78±0.46	64.21±0.02
	a	C	-0.33±0.01	-0.45±0.02	-0.13±0.02	0.90±0.01	2.22±0.05	2.49±0.06	2.88±0.01
		S	-0.32±0.01	-0.72±0.03	-0.03±0.04	1.75±0.01	2.64±0.02	2.95±0.06	3.04±0.05
	b	C	0.89±0.01	5.74±0.02	12.87±0.10	17.96±0.02	21.82±0.13	23.12±0.22	24.78±0.03
		S	0.90±0.01	5.88±0.03	13.67±0.01	20.74±0.06	24.05±0.03	27.26±0.10	28.35±0.02

① 된장

된장의 경우 숙성기간이 증가함에 따라 L(lightness)값은 감소하는 경향을 보였으나 a(redness)값은 증가하는 경향을 보여 된장의 색상은 숙성이 경과함에 따라 점차 어두워지며 적갈색이 증가하는 것으로 나타났다. 된장 제조 직후 비처리 된장은 61.37, 초음파 처리 된장은 54.11로 초음파 처리 된장보다 비처리 된장이 L값이 더 높았으며, 숙성 90일째에도 비처리 된장은 58.25, 초음파 처리 된장은 46.57로 같은 경향을 보였다. 90일 숙성 후 비처리 된장의 값은 숙성 초기에 비하여 1.04의 증가를 보였으나, 초음파 처리된 된장의 a값은 2.32가 증가하였다. 비처리 된장의 b(yellowness)값은 증가와 감소를 반복하며 다소 복잡한 경향을 보였고, 초음파 처리 된장의 b값은 증가하다가 숙성 75일째부터 감소하였다. 그러나 그 차이는 미미하였다.

② 고추장

고추장의 색도는 소비자 품질평가 기준 중 가장 중요한 요인이다. 고추장의 명도를 타내는 L값의 경우 담금 초기 가장 낮았으며 숙성기간에 따라 점차 증가하다가 다시 감소하는 복잡한 경향을 나타냈다. 적색도를 나타내는 a값은 숙성기간에 따라 증가와 감소를 반복하며 복잡한 경향을 나타냈으나 다소 미미한 차이를 보였다. 초음파 처리 고추장의 a값은 숙성 60일째까지

증가하다가 이후 감소하였다. 황색도를 나타내는 b값은 비처리 고추장의 경우 숙성 75일까지 점차 증가하다가 90일째 소폭 감소하였으며 초음파 처리구의 경우에는 점차 증가하였다. L, a, b 값 모두 초음파 처리구에서 약간 더 높은 값을 나타냈다.

③ 간장

간장의 경우 초음파 처리, 비처리 모두 숙성기간이 증가함에 따라 명도를 나타내는 L값은 점차 감소하여 담금 직후와 숙성 90일째의 값이 큰 차이를 나타냈다. 초음파 처리 간장의 명도가 비처리 간장의 값보다 약간 더 낮은 값을 나타냈다. 반면 적색도를 나타내는 a값과 황색도를 나타내는 b값은 숙성기간에 따라 증가하였으며 초음파 처리 간장의 값이 더 높은 경향을 나타냈다.

(라) 염도

초음파 처리(S) 된장, 고추장, 간장과 비처리(C) 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 염도 변화를 Table 23에 나타내었다.

Table 23. Changes of salt concentration(%) of *deonjang*, *kochujang*, *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C.

		Aging time (days)						
		0	15	30	45	60	75	90
된장	C	10.00	12.67	12.67	13.00	12.00	12.67	13.00
	S	10.67	12.33	12.67	12.67	12.33	13.00	13.00
고추장	C	10.33	10.17	10.50	10.17	10.00	10.00	9.17
	S	10.00	10.00	10.00	9.67	9.33	9.00	9.00
간장	C	20.33	20.33	21.00	21.33	22.33	22.00	22.33
	S	20.67	20.00	21.67	22.00	22.00	22.00	22.00

① 된장

된장의 담금 직후 염도는 10.00~10.67%였으며 숙성 90일 째에는 13.00%로 증가하였다. 초기에는 소금이 배합된 직후이므로 소금의 용해와 배합상태가 불균일한 것으로 보이며 숙성이 경과됨에 따라 점차 고형물의 분해가 일어남과 동시에 염에 의한 삼투압에 의해 수분이 유출되면서 내부에 평형이 일어나는 것으로 생각된다. 배합 시 목표 염도로 계산했던 12%보다는 다소 높아 향후 된장 담금 시에는 소금량의 감소가 요구된다.

② 고추장

고추장의 담금 직후 초음파 처리 고추장과 비처리 고추장의 염도는 10.00~10.33%이었고, 숙성 최종 단계에서는 9.00~9.17%로 감소하였으며 대조군의 염도가 숙성 전 기간에 걸쳐 약간 높은 것으로 나타났다. 그러나 그 차이는 미미하였다.

③ 간장

초음파 처리 간장과 비처리 간장의 담금 직후 염도는 20.33~20.67%이었고, 숙성 최종 단계에서는 22.00~22.33%로 증가하였다.

(마) pH

초음파 처리(S) 된장, 고추장, 간장과 비처리(C) 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 pH 변화를 Table 24에 나타내었다.

Table 24. Changes of pH of *deonjang*, *kochujang*, *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

		Aging time (days)						
		0	15	30	45	60	75	90
된장	C	5.78±0.01	5.41±0.09	5.40±0.05	5.40±0.01	5.40±0.01	5.30±0.01	5.25±0.02
	S	5.54±0.06	5.25±0.04	5.00±0.01	5.05±0.01	4.95±0.01	4.85±0.05	4.87±0.03
고추장	C	5.30±0.08	5.12±0.01	5.05±0.04	5.04±0.01	4.98±0.01	4.97±0.01	4.91±0.01
	S	5.06±0.05	5.05±0.01	4.99±0.02	4.97±0.02	4.91±0.02	4.91±0.01	4.87±0.01
간장	C	6.62±0.01	5.96±0.05	5.43±0.04	5.52±0.03	5.38±0.02	5.37±0.01	5.21±0.01
	S	6.35±0.01	5.91±0.01	4.56±0.02	4.58±0.01	4.58±0.02	4.53±0.02	4.47±0.01

① 된장

된장의 pH의 변화는 처리방법에 관계없이 숙성기간이 증가할수록 전체적으로 감소하는 경향을 보였으며 초음파 비처리 된장에 비해 초음파 처리 된장의 pH 감소 속도가 월등하여 숙성 90일 후에 비처리 된장의 pH는 5.25인 반면 초음파 처리 된장의 경우 pH 4.87의 수준을 보였다. 초음파 처리 된장의 pH 변화가 비처리 된장에 비해 빠른 것은 미생물의 생육에 영향을 미쳐 유기산이 증가하면서 숙성이 빨리 진행되는 것으로 보인다.

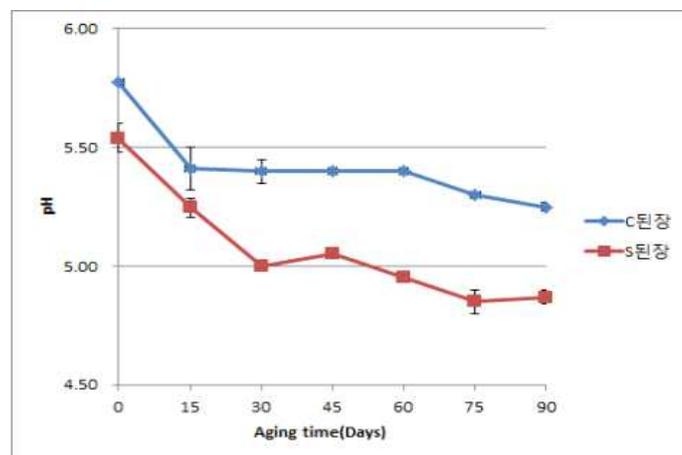


Fig. 92. Changes of pH of *deonjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

② 고추장

담금 초기 초음파 비처리 고추장의 pH는 5.30, 초음파 처리 고추장의 pH는 5.06이었으나 숙성이 진행됨에 따라 감소하여 비처리 고추장의 pH는 4.91, 초음파 처리 고추장의 pH는 4.87로 낮아졌다.

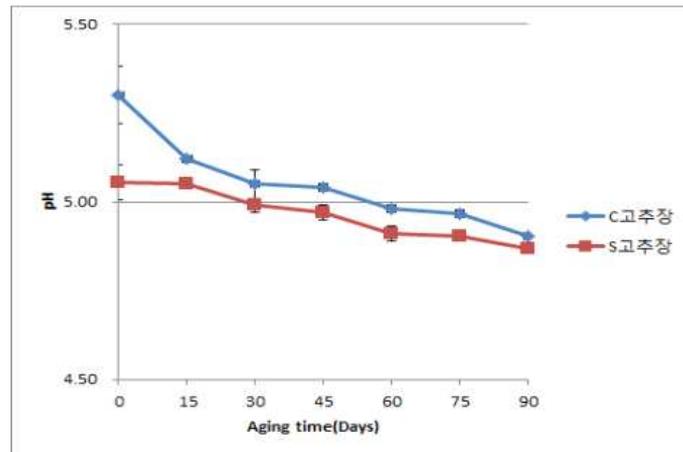


Fig. 93. Changes of pH of *kochujang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

③ 간장

간장의 담금 직후 pH는 6.35~6.62이었으며 숙성 최종 단계에서는 pH 4.47~5.21로 낮아졌다. 초음파 처리 간장, 비처리 간장의 pH는 숙성 30일째까지 급격히 감소하다가 이후에는 미미한 감소를 보였다. 초음파 처리를 함으로써 다소 산성화되었는데 이는 미생물에 의해 발효됨으로써 생성된 유기산의 증가에 의한 것으로 추정된다.

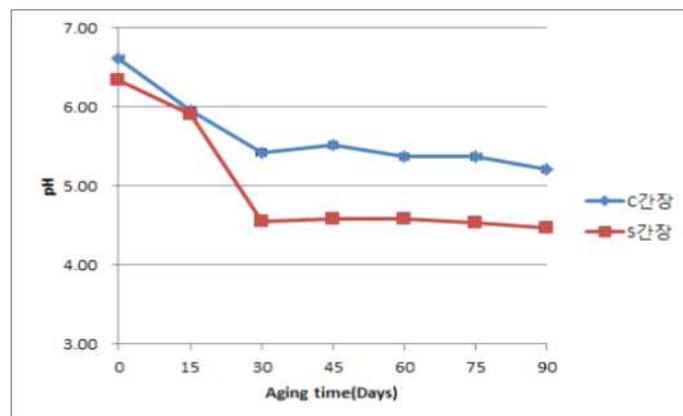


Fig. 94. Changes of pH of *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

(바) 적정 산도

적정 산도는 발효 저장 식품의 신선도 판정 지표로서 이용되고 있다. 초음파 처리(S) 된장,

고추장, 간장과 비처리(C) 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 적정산도 변화를 Table 25에 나타내었다.

Table 25. Changes of titratable acidity(1N NaOH/100g) of *deonjang*, *kochujang*, *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

		Aging time (days)						
		0	15	30	45	60	75	90
된장	C	7.50	9.75	11.75	12.75	13.25	15.00	15.00
	S	5.50	13.50	14.50	16.00	16.50	19.50	19.00
고추장	C	8.20	9.50	9.75	12.00	10.75	11.75	11.75
	S	10.00	11.25	11.50	12.25	13.50	13.00	12.00
간장	C	0.15	3.25	3.50	3.25	3.75	3.50	4.25
	S	0.15	3.75	4.50	5.00	5.25	6.25	5.75

① 된장

된장의 적정산도는 초음파 처리 된장, 비처리 된장 모두 숙성 기간에 따라 증가하였으며 특히 초음파 처리 된장이 비처리 된장에 비해 증가율이 더 높게 나타났다.

② 고추장

담금 초기 초음파 비처리 고추장의 적정산도는 8.20ml, 초음파 처리 고추장의 적정산도는 10.00ml 이었으나, 숙성 최종 단계에서는 비처리 고추장 11.75ml, 초음파 처리 고추장 12.00ml 으로 증가하였다. 초음파 처리 고추장이 비처리 고추장에 비해 숙성 전 기간에 걸쳐 더 높은 값을 나타냈다.

③ 간장

간장의 적정산도는 담금일에 0.15ml 였으나 숙성과정 중 증가하는 경향을 보였다. 마찬가지로 초음파 처리 간장이 비처리 간장에 비해 숙성 전 기간에 걸쳐 더 높은 값을 나타냈다. 숙성이 진행되지 않은 담금 일에는 간장의 pH가 높고 주로 원료자체에서 유래되는 유기산으로 산도가 낮으나, 숙성기간의 경과와 함께 코지에 생육하는 미생물의 발효작용으로 유기산이 증가되어 적정산도가 상승된 것으로 추측된다. 숙성후기 pH의 변화가 없음에도 산도가 다소 저하된 것은 생성된 산이 간장중의 알코올과 결합하여 에스테르와 같은 향기성분의 형성에 이용된 것으로 추측된다.

(사) 아미노태 질소함량

초음파 처리(S) 된장, 고추장, 간장과 비처리(C) 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 아미노태 질소함량 변화를 Table 26에 나타내었다.

Table 26. Changes of amino nitrogen contents(mg%) of *deonjang*, *kochujang*, *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

		Aging time (days)						
		0	15	30	45	60	75	90
된장	C	238±8.9	245±16.8	280±19.1	329±27.0	343±9.0	350±13.8	357±8.8
	S	224±22.8	288±30.2	294±12.8	328±6.2	350±40.2	371±8.5	411±30.4
고추장	C	210±7.5	243±2.2	245±21.1	294±26.7	308±14.1	412±32.1	420±28.5
	S	266±22.1	322±10.1	336±15.5	434±16.1	476±5.8	454±7.4	438±14.2
간장	C	119±5.4	140±24.8	287±48.5	336±19.5	378±18.2	448±46.5	444±18.2
	S	119±10.8	273±4.1	399±8.8	420±11.2	434±24.6	476±7.0	481±9.9

① 된장

아미노태 질소의 함량은 된장의 숙성 정도를 나타내는 중요한 기준이다. 된장의 한국산업규격과 전통식품규격에 의하면 아미노태 질소 함량 기준을 300mg%이상으로 규정하고 있다. 초음파 처리 된장과 비처리 된장의 담금 초기 아미노태 질소함량은 각각 224, 238 mg%였으며 숙성기간에 따라 점차 증가하여 숙성 90일째에는 357, 411mg%을 나타냈다. 초음파 처리 된장의 아미노태 질소함량 값이 숙성 전기간에 걸쳐 더 높은 값을 나타냈다.

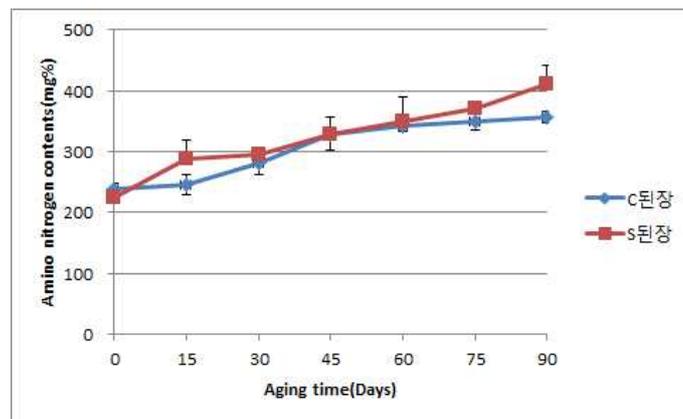


Fig. 95. Changes of amino nitrogen contents(mg%) of *deonjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

② 고추장

고추장의 아미노태 질소함량 또한 고추장의 숙성 정도의 측정과 구수한 맛 등의 품질 평가 기준의 중요한 인자로 유리아미노산 함량과 관련이 있다. 고추장 담금 초기 초음파 비처리 고추장의 아미노태 질소 함량은 210 mg%, 초음파 처리 고추장은 266mg% 였으나, 숙성 90일째에는 비처리 고추장 420 mg%, 초음파 처리 고추장 438mg%로 증가하였다. 비처리 고추장에 비해 초음파 처리 고추장에서 아미노태 질소함량이 높게 나타났다. 특히 초음파 처리 고추장의 아미노태 질소 함량은 60일째에 476mg%로 최대치를 나타냈다가 점차 감소하였다. 아미노태 질소 함량이 숙성기간에 따라 증가하는 것은 숙성 중 미생물에 의해 생성된 단백질 분해효소

의 작용으로 유리 아미노산이 증가하기 때문이다 본 연구에서 초음파 처리 고추장의 아미노태 질소함량이 숙성 전 기간에 걸쳐 높았으며 숙성 중 증가폭도 높은 것으로 나타났는데, 이 결과를 통해 초음파 처리가 고추장의 구수한 맛 증진과 품질 향상에 기여할 것으로 사료된다.

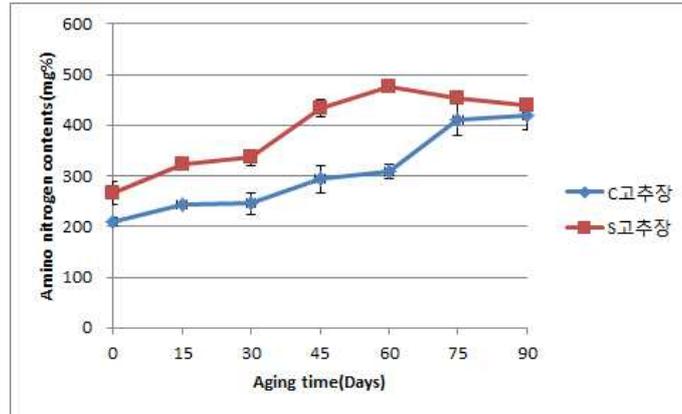


Fig. 96 Changes of amino nitrogen contents(mg%) of *kochujang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

③ 간장

간장의 아미노태 질소는 숙성도를 결정하는 중요한 성분이며 간장 고유의 조미료적인 성질을 부여함과 동시에 영양학적 가치를 부여한다. 본 연구에서 제조된 간장 시료의 모든 경우에서 아미노태 질소는 숙성 기간에 비례하여 지속적으로 증가하는 경향을 보였다. 담금 직후 초음파 처리 간장과 비처리 간장의 아미노태 질소함량은 같은 값을 나타냈으나 숙성 15일째 초음파 처리 간장의 아미노태 질소함량이 급격히 증가하여 숙성 전 기간에 걸쳐 높은 값을 나타냈다.

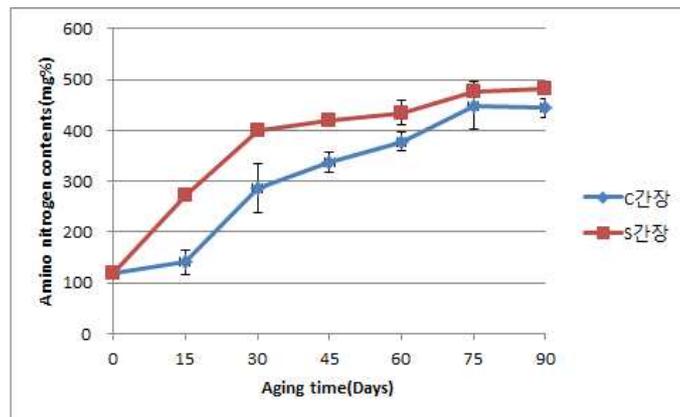


Fig. 97. Changes of amino nitrogen contents(mg%) of *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

(아) 항산화활성

① ABTs 라디칼 소거능

ABTs 라디칼 소거능은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 ABTs·+free radical이 항산화력 물질에 의해 제거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는 것을 상대적으로 측정하는 방법이며, 이는 hydrogen-donating antioxidants와 chain breaking antioxidants 모두를

측정할 수 있고, aqueous phase와 organic phase 모두에 적용이 가능하며 표준물질의 사용으로 추출물간 상대비교가 가능하다는 장점을 지니고 있다. 초음파 처리(S) 된장, 고추장, 간장과 비처리(C) 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 ABTs radical 소거능에 대한 변화를 Table 27에 나타내었다.

Table 27. Changes of ABTs radical scavenging activities(%) of *deonjang*, *kochujang*, *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

		Aging time (days)						
		0	15	30	45	60	75	90
된장	C	32.25±0.27	32.20±0.36	39.67±0.22	38.49±0.18	32.20±0.14	32.70±0.33	34.76±0.21
	S	36.61±0.13	37.09±0.16	41.51±0.23	39.28±0.26	41.46±0.21	39.97±0.18	46.52±0.31
고추장	C	35.30±0.49	37.82±0.30	39.56±0.05	41.40±0.14	43.44±0.20	43.58±0.38	46.63±0.10
	S	41.61±0.22	41.94±0.44	44.87±0.61	46.06±0.39	47.13±0.22	47.55±0.13	47.61±0.13
간장	C	1.80±0.15	16.52±0.11	27.59±0.60	37.98±0.04	49.78±0.17	50.72±0.28	62.60±0.24
	S	1.74±0.09	23.70±0.25	38.64±0.35	51.29±0.16	61.87±0.32	69.40±0.27	72.50±0.41

㉠ 된장

된장의 ABTs radical 소거능은 초음파 비처리 된장의 경우 담금 초기 32.25%였으며 숙성 30일째에 39.67%로 가장 높은 값을 나타낸 후 점차 감소하다가 75일째 다시 증가하는 복잡한 경향을 나타냈다. 초음파 처리 된장은 숙성 30일째까지 점차 증가하다 감소와 증가를 반복하였으며 숙성 90일째 46.52%로 가장 높은 값을 나타냈다. 숙성 전 기간에 걸쳐 초음파 처리 된장의 ABTs radical 소거능이 더 높은 값을 나타냈다.

㉡ 고추장

고추장 담금 초기부터 숙성기간이 증가함에 따라 서서히 증가하는 경향을 보였다. 초음파 처리 고추장의 경우 담금 초기부터 숙성 전체 기간에 걸쳐 더 높은 값을 나타내, 초음파 처리의 항산화활성효과를 확인할 수 있었다.

㉢ 간장

간장의 ABTs radical 소거능은 숙성 기간 증가에 따라 시료군 모두 증가하는 현상으로 나타났으며 초음파 처리 간장의 전자공여능이 더 높은 것으로 나타났다. ABTs radical 소거능은 전자공여능과 상관관계가 높으며 그 활성화에는 페놀화합물과 같은 항산화 물질이 관여하는 것으로 보고된 바 있다.

② DPPH 라디칼 소거능

DPPH radical은 자신이 가지고 있는 odd electron으로 인해 520nm 부근에서 흡광도가 극대화되며 DPPH 분자 내의 질소가 불안정한 상태가 되기 때문에 쉽게 전자를 받아들이는 성질을 가지고 있다. 따라서 이 라디칼은 항산화물질과 반응하여 전자를 받게 되면 hydrazine 형태의 안정한 분자로 환원되어 짙은 자색이 탈색되므로 탈색 정도가 항산화물질의 DPPH radical 소거활성능으로 알려져 있다. 초음파 처리(S) 된장, 고추장, 간장과 비처리(C) 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 DPPH radical 소거능에 대한 변화를 Table 28에 나타내었다.

Table 28. Changes of DPPH radical scavenging activities(%) of *deonjang*, *kochujang*, *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

		Aging time (days)						
		0	15	30	45	60	75	90
된장	C	19.54±0.70	14.69±0.76	22.62±0.22	26.82±0.31	24.44±1.14	32.40±0.91	32.88±0.26
	S	28.29±0.92	29.79±0.41	27.95±0.32	32.12±0.58	29.52±0.76	36.16±0.75	34.31±0.40
고추장	C	40.72±3.31	42.16±1.02	42.77±0.48	47.03±1.56	49.32±0.84	49.39±0.46	50.00±0.75
	S	45.03±1.87	46.01±0.91	47.67±0.64	49.10±2.27	49.17±0.48	50.75±0.20	53.09±0.32
간장	C	4.18±0.21	12.79±0.20	14.40±0.18	19.71±0.50	25.92±0.64	34.75±0.59	39.17±0.14
	S	0.07±0.01	11.94±0.12	14.44±0.24	15.03±0.21	32.85±0.17	41.50±0.40	44.56±0.55

㉑ 된장

된장은 숙성 기간이 증가함에 따라 radical 소거활성이 증가하는 경향을 보였다. 숙성 초기 초음파 처리 된장은 28.29%, 초음파 비처리 된장은 19.54%였으나 최종 단계에서는 초음파 처리 된장 32.88%, 비처리 된장은 32.88%로 증가하였다. 또한 숙성 전 기간에 걸쳐 초음파 처리 된장의 DPPH radical 소거활성이 더 높은 값을 나타내었다.

㉒ 고추장

고추장의 항산화 활성을 알아보려고 유리라디칼 소거작용을 측정하는데, 고추장 담금 초기 초음파 처리 고추장의 DPPH radical 소거능은 45.03%, 비처리 고추장은 40.72%로 초음파 처리 고추장의 값이 더 높았다. 초음파 처리 고추장과 비처리 고추장 모두 숙성 기간이 증가할수록 DPPH radical 소거능은 증가하였다. 초음파 처리 고추장의 값이 더 높은 것으로 나타나 초음파 처리가 고추장의 항산화 효과를 높일 수 있을 것으로 보이며, 고추장 제조 시 유통기한 설정에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

㉓ 간장

간장의 담금 초기 DPPH radical 소거능은 초음파 처리 간장이 0.07%, 비처리 간장은 4.18%로 초음파 비처리 간장이 더 높은 값을 나타냈으나, 숙성 기간이 증가함에 따라 급격하게 증가하여 숙성 90일째에는 초음파 처리 간장 44.56%, 비처리 간장 39.17%의 값을 나타냈다. 초음파 처리 간장의 증가폭이 더 큰 경향을 나타냈다.

(자) 환원당

초음파 처리(S) 된장, 고추장, 간장과 비처리(C) 된장, 고추장, 간장의 숙성기간 중 환원당 변화를 Table 29에 나타내었다.

Table 29. Changes of reducing sugar(mg/g) of *deonjang*, *kochujang*, *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

		Aging time (days)						
		0	15	30	45	60	75	90
된장	C	23.40±0.08	31.02±0.21	33.45±0.09	34.84±0.07	31.25±0.08	27.58±0.05	24.36±0.13
	S	22.90±0.04	36.30±0.12	39.81±0.01	36.30±0.06	35.86±0.01	31.30±0.04	30.25±0.50
고추장	C	31.50±0.12	36.33±1.14	38.05±0.07	48.25±0.01	52.99±0.06	48.25±0.06	47.84±0.06
	S	34.98±0.07	37.57±0.02	40.00±0.05	60.54±0.05	53.32±0.12	51.24±0.02	51.42±0.07
간장	C	21.54±0.08	22.21±0.08	22.57±0.04	21.28±0.03	21.04±0.11	20.55±0.06	20.17±0.61
	S	22.72±0.11	23.17±0.02	23.00±0.10	22.93±0.02	22.59±0.03	22.83±0.04	22.83±0.08

① 된장

된장 제조 직후 초음파 처리 된장의 환원당 값은 22.90 mg/g, 비처리 된장은 23.40 mg/g 이었으며 숙성기간에 따라 증가하여 초음파 처리 된장은 숙성 30일째 39.81 mg/g으로 최대값을 나타낸 후 다시 점차 감소하였다. 비처리 된장은 숙성 45일째 34.84 mg/g으로 최대값을 나타내었으며 이후 감소하였다. 코지의 효소에 의하여 초기에 증가된 환원당이 된장 숙성에 관여하는 미생물의 영양원, 알코올 발효, 유기산 발효의 기질로 당이 이용되었기 때문에 감소한다는 보고와 거의 동일하다고 볼 수 있다. 초음파 처리 된장이 환원당이 높았던 것은 코지의 효소량에 영향을 받는 것으로 생각된다. 본 연구에서는 쌀코지, 보리코지와 같이 탄수화물 함량이 높은 코지보다 더 낮은 값을 나타내는데 콩에는 소량의 sucrose와 stachyose가 존재할 뿐 환원당의 그 원인 전분이 없기 때문이라고 생각된다.

② 고추장

고추장의 단맛을 결정하는 환원당은 고추장 원료인 쌀이나 콩의 전분이 당화효소(amylase)의 작용에 의해 분해되어 생성되는 것으로 관능적 품질면에서 중요한 요인으로 작용하게 된다. 고추장 숙성 초기 초음파 비처리 고추장의 환원당 값은 31.50 mg/g, 초음파 처리 고추장은 34.98 mg/g 으로 숙성기간에 따라 증가하다가 그 이후로는 서서히 감소하였다. 초음파 비처리 고추장은 숙성 60일째 최대값 52.99 mg/g을 나타낸 반면 초음파 처리 고추장은 그보다 15일 이른 숙성 45일째에 60.54 mg/g으로 최대값을 나타내었다. 숙성 전 기간에 걸쳐 초음파 처리 고추장의 환원당은 비처리 고추장에 비해 높은 값을 나타내었다. 고추장이 숙성되어 감에 따라 원료로 사용한 찹쌀가루 등에 들어 있던 전분이 분해되어 생성되는 포도당 등으로 인하여 환원당의 함량이 증가하다가 이들이 유기산 등으로 전환되는 양이 많아지면서 감소한 것으로 보인다.

③ 간장

간장의 경우, 초음파 처리 간장의 환원당 값이 비처리 간장의 값보다 더 높았으며 숙성기간에 걸쳐 급격한 변화는 없었으나 숙성 초기 증가하다 감소하는 경향을 보였다. 초음파 처리 간장의 환원당 값은 숙성 15일째 23.17 mg/g으로 가장 높았으며, 초음파 비처리 간장은 숙성 기간

중 숙성 30일째에 22.57 mg/g로 가장 높은 값을 나타냈다. 환원당은 염기성 용액에서 알데하이드 또는 케톤을 형성하는 당의 일종으로 포도당, 과당, 엿당, 글리세르알데하이드 및 아라비노스 등이 여기에 속하며, 간장 중의 환원당은 간장의 숙성 중에 유입된 미생물에 의해 생성된 amylase가 전분질을 분해하여 생성되므로 amylase의 활성과도 관련성이 있다.

(차) 지방산

초음파 처리(S) 된장과 비처리(C) 된장의 숙성기간 중 지방산 변화를 Table 30에 나타내었다. Fig. 98은 본 연구에서 사용된 지방산 Standard Supelco 37 comp. FAME Mix의 크로마토그램이다.

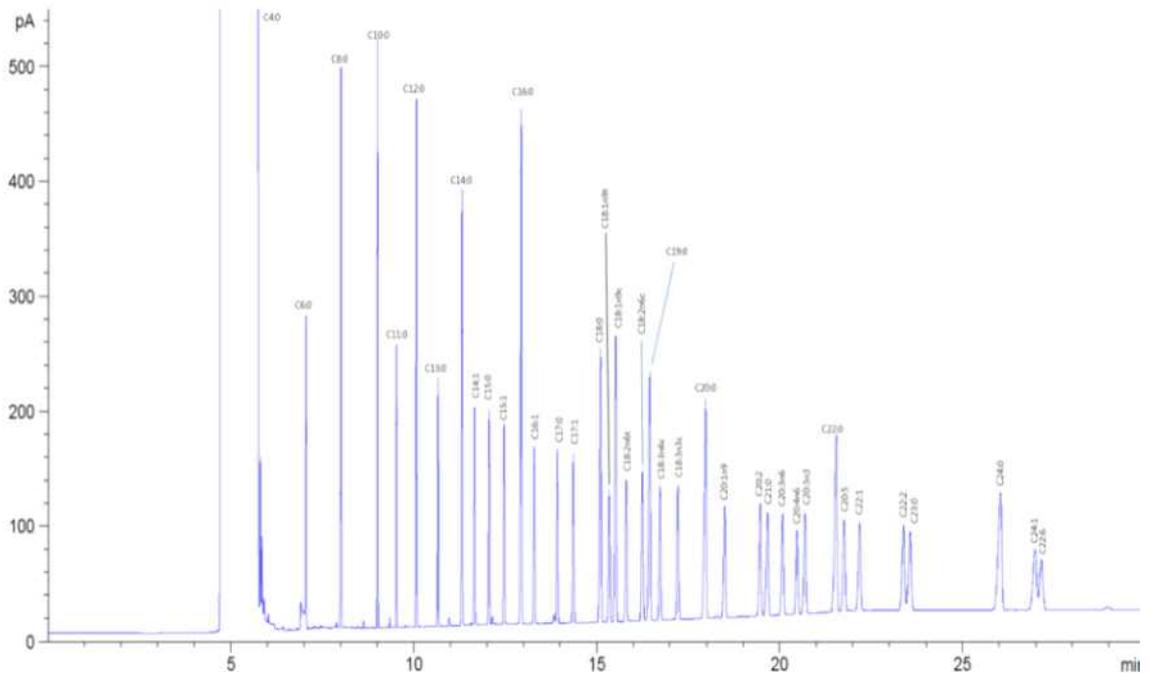


Fig. 98. GC를 이용한 지방산 Standard Supelco 37 comp. FAME Mix

포화지방산은 전체 지방산 중 초음파 비처리 된장은 담금초기 15.7%에서 점차 증가하는 경향을 보였으며 숙성 90일째에는 21.7%의 비율을 차지하였다. 초음파 처리 된장은 담금 초기 17.6%에서 증가와 감소를 반복하였으며 숙성 90일째에는 18.7%의 비율을 차지하여 소폭 상승하였다.

초음파 비처리 된장, 초음파처리 된장 모두 포화지방산 중에서 palmitic acid가 11.1~15.2%로 가장 높게 나타났다.

불포화지방산 중에서는 단일불포화지방산인 oleic acid가 대조군에서 20.4~23.1%였으며 숙성기간에 따라 큰 변화가 없었다. 초음파 처리 된장의 oleic acid 비율은 18.4~22.2%였으며, 숙성 초기보다 숙성 중 더 높은 값을 나타냈다.

또한 PUFA라 불리는 고도불포화지방산이 초음파 비처리 된장에서 숙성 초기 52.0%였으나 점차 증가하여 숙성 45일째 가장 높은 55.5% 비율을 차지한 후 점차 감소하였다. 초음파 처리 된장의 경우에는 숙성 초기 56.0%로 가장 높은 값을 보였으며 숙성 30일째까지 감소하다 다시 증가하였으며 숙성 90일째 소폭 감소하여 54.6%비율을 차지하였다.

불포화지방산 중에서는 linoleic acid가 가장 높은 비율을 차지하였다. 된장의 지방산 중에서 불포화지방산이 차지하는 비율이 초음파처리유무, 숙성기간과 상관없이 70%이상을 차지하였다.

시판 전통식 된장과 가정에서 제조한 전통된장의 지방산 조성을 본 결과 linoleic acid는 각각 52.17%, 49.24% oleic acid는 20.7, 22.86%였고 다음으로 palmitic acid, stearic acid로 나타나 본 연구와 비슷한 결과를 나타냈다. 그러나 Park 등이 90일간 숙성시킨 된장의 지방산을 측정 한 결과 oleic acid가 38.5~46.9%로 가장 많은 비율을 차지하였고, 다음이 stearic acid로 14.8~21.4%, 다음이 linoleic acid와 palmitic acid는 8.3~14.3%를 나타냈으며, linolenic acid는 7.0%미만이었다고 보고하였다. 지방산의 종류는 비슷하나 그 함량에서 차이가 나타났다.

Table 30. Changes of Fatty acid contents(%) of *deonjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

(unit: area%)

fatty acid		Aging time(days)						
		0	15	30	45	60	75	90
palmitic	C	11.3±0.1	11.1±0.2	12.5±0.2	11.7±0.1	13.4±0.3	12.8±0.0	15.2±0.1
	S	12.2±0.0	13.5±0.1	11.5±0.1	11.8±0.1	12.7±0.2	11.7±0.1	12.8±0.2
stearic	C	4.4±0.2	5.2±0.2	5.7±0.1	5.7±0.2	5.3±0.0	6.8±0.2	6.1±0.0
	S	5.4±0.1	4.4±0.0	4.3±0.1	5.1±0.0	5.2±0.1	6.1±0.1	5.9±0.1
Oleic	C	22.1±0.0	23.1±0.0	20.4±0.3	21.0±0.3	22.9±0.1	22.5±0.2	22.7±0.1
	S	18.4±0.0	20.1±0.0	20.4±0.1	19.8±0.1	21.1±0.0	22.2±0.1	21.5±0.1
Linoleic	C	46.6±0.1	47.6±0.1	48.9±0.1	49.4±0.3	46.7±0.2	46.4±0.1	44.6±0.2
	S	51.1±0.1	50.2±0.1	48.4±0.2	48.8±0.2	50.0±0.0	49.6±0.1	49.8±0.1
Linolenic	C	5.4±0.1	5.2±0.3	6.0±0.1	6.1±0.1	4.7±0.1	4.0±0.0	4.6±0.0
	S	4.9±0.2	5.0±0.2	5.7±0.0	5.8±0.1	5.1±0.1	5.6±0.2	4.8±0.1
Unknown	C	10.2±0.2	7.8±0.1	6.5±0.0	6.1±0.0	7.0±0.2	7.5±0.1	6.8±0.2
	S	8.0±0.1	6.8±0.1	9.7±0.2	8.7±0.2	5.9±0.0	4.8±0.2	5.2±0.1

(카) capsaicinoids 함량

고추의 맛 성분 중 가장 중요한 성분은 매운맛을 띠는 지용성 성분인 capsaicinoids이다. 한국산 고추의 매운맛은 capsaicin과 dihydrocapsaicin으로부터 기인한다고 알려져 있다. Fig. 99은 본 연구에서 사용된 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 크로마토그램으로 7.60분에 검출된 피크가 capsaicin이었으며, 9.76분에 검출된 피크는 dihydrocapsaicin이었다.

capsaicinoid의 함량을 capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량의 합으로 나타내었으며, 초음파 처리(S) 고추장과 비처리(C) 고추장의 숙성기간 중 capsaicinoid의 함량 변화를 Table 31에 나타내었다.

capsaicin의 함량은 3.17~3.49 mg/100g, dihydrocapsaicin의 함량은 3.57~4.07 mg/100g 범위를

보였으며, 초음파 처리 고추장의 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 함량이 높게 나타났으나 그 차이는 미미하였다. 초음파 비처리 고추장은 숙성기간에 따라 증가하다가 숙성 75일째부터 감소하였으나 초음파 처리 고추장은 숙성 45일째까지 증가하다가 감소와 증가를 반복하여 불규칙한 양상을 나타내었다.

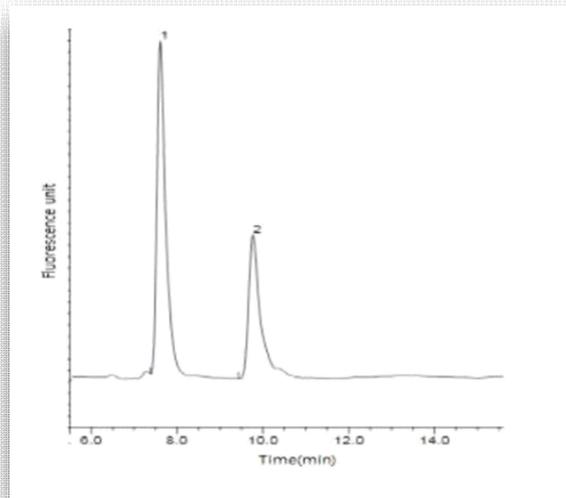


Fig. 99. HPLC chromatograms of capsaicinoids Standard using fluorescence detection. 1 is capsaicin and 2 is dihydrocapsaicin.

Table 31. Changes of capsaicin and dihydrocapsaicin contents (mg/100g) in *kochujang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

		Aging time (days)						
		0	15	30	45	60	75	90
C	Capsaicin	3.19±0.02	3.26±0.04	3.27±0.04	3.34±0.04	3.36±0.06	3.24±0.01	3.17±0.05
	Dihydrocapsaicin	3.71±0.01	3.77±0.02	3.82±0.01	3.87±0.05	3.88±0.04	3.88±0.03	3.74±0.02
	Total	6.90±0.01	7.03±0.03	7.09±0.02	7.21±0.05	7.24±0.05	7.12±0.02	6.91±0.03
S	Capsaicin	3.25±0.05	3.17±0.04	3.27±0.01	3.48±0.03	3.44±0.02	3.49±0.02	3.84±0.03
	Dihydrocapsaicin	3.67±0.01	3.75±0.03	3.83±0.07	4.07±0.05	4.00±0.02	4.06±0.05	3.57±0.01
	Total	6.92±0.03	6.92±0.03	7.10±0.04	7.55±0.04	7.44±0.03	7.55±0.03	7.41±0.02

(타) 관능검사

90일간 숙성시킨 된장, 고추장, 간장에 대한 색, 향, 맛, 전체적인 기호도에 대한 관능평가 결과는 Table 32와 같다.

된장의 경우 색과 맛에 있어서는 초음파를 처리한 된장에서 비교적 좋다고 평가되었으나 향에 있어서는 초음파 비처리 된장이 더 높은 점수를 나타냈다. 전체적인 기호도 역시 초음파 비처리 된장과 처리 된장이 각각 4.90±0.91, 4.95±0.89로 나타나 많은 차이를 보이지 않았다.

고추장의 경우에는 색, 향, 맛, 전반적인 기호도 모두 초음파를 처리한 고추장에서 더 높은 점

수를 보였다.

간장의 경우에는 색과 맛에 있어서는 초음파를 처리한 간장이 비교적 좋다고 평가되었으나 향에 있어서는 더 낮은 점수를 보였다. 간장의 향은 4점 이하로 나타나 그 향이 좋지 않은 것으로 나타나 개선이 필요한 것으로 보인다.

이상의 결과로 볼 때 초음파를 처리한 장류는 색, 맛, 향 등이 초음파 비처리 장류와 비교했을 때 별 다른 차이점이 없어서 거부감이나 이질감을 느끼지 않을 것으로 사료된다.

Table 32. The sensory evaluation score of *deonjang*, *kochujang*, *kanjang* prepared with ultrasonic wave-treated koji during fermentation at 30°C

		Sensory evaluation score			
		Color	Smell	Taste	Overall taste
된장	C	4.95±0.94	5.05±0.94	4.80±0.83	4.90±0.91
	S	5.50±0.83	4.45±1.05	4.95±0.83	4.95±0.89
고추장	C	5.70±0.73	4.95±0.89	4.90±0.72	5.10±0.72
	S	5.75±0.79	5.00±1.03	5.15±0.75	5.25±0.79
간장	C	4.65±1.14	3.90±0.91	4.80±0.83	4.75±0.64
	S	5.40±0.75	3.85±1.04	5.05±0.89	4.80±0.70

초음파 발효장치를 이용하여 제조한 된장, 고추장, 간장의 이화학적 품질을 측정한 결과 코지를 만들 때 첨가된 *Aspergillus oryzae*는 단백질 분해능이 매우 강하여 발효 기간을 단축시키기에 알맞은 발효촉진제로서 일반적인 자가분해효소보다 맛을 향상시키는 아미노산을 생성하는 능력이 뛰어나고 상대적으로 쓴 맛을 내는 아미노산을 적게 생성시킨다. 초음파 처리에 의해 *Aspergillus oryzae*를 자극하여 활성화시켜 단백질분해능이 높아지고 효소가 더욱 활성화되어 발효기간을 단축시킨 것으로 사료된다.

라. 발효장치 경제성 분석

(1) 서론

초음파 고체발효장치는 많은 실험과 수정 및 보완 등을 거쳐 최적의 발효조건을 수립하여 된장, 고추장, 간장을 제조하여 품질을 평가한 결과 매우 만족스러운 결과를 보였다.

그러나 개발된 초음파 고체 발효장치가 실제로 설치되어 운영한 후 이용비용에 경제성이 있는가 하는 문제는 매우 중요한 요소가 된다. 특히 본 연구가 현장에서 직접적으로 혜택을 줄 수 있어야 하기 때문에 경제성 분석은 매우 중요한 의미를 가진다 할 수 있다.

이에 따라 본 연구의 목적은 초음파 고체 발효장치를 통해 만든 코지를 이용한 된장의 품질 평가 등을 통해 획득한 자료를 바탕으로 관행의 방법과 초음파 고체발효장치를 이용하여 된장을 제조하였을 경우의 비용 및 절감효과를 분석하여 산업에 적용될 수 있는지에 대한 가능성 여부를 제시함에 있다.

(2) 연구의 방법

본 연구의 경제성 분석방법에서 이용비용을 고정비와 변동비로 구분하였다.

(가) 고정비

기계 이용시의 고정비용은 감가상각비, 수리비, 이자, 전력비(기본요금) 등의 합으로 계산되며 작업에 이용된 기계구입가격은 조사된 가격을 기준으로 하였다.

초음파 고체발효장치에 대한 감가상각비는 정액법을 적용하여 산출하였다. 내구연한은 문헌 등을 참조하여 (농촌진흥청,2009), 기계류는 8년으로 하였으며, 폐기가격은 구입가격의 5%로 가정하였다. 이자는 총 투자비용에 대하여 4%의 이자를 적용하였다. 수리비는 고정비에 포함시켜 결정하였는데 문헌을 참조하여(정 등, 1995) 일반적으로 적용되는 연간 3%를 수리비로 적용하였다.

(나) 변동비

변동 비용은 다음의 식으로 산출하였다.

$$VC = H(F+L+E)$$

여기서, VC : 변동비용(원/년)

H : 연간 기계 이용시간(시간/년)

F : 1시간 작업시의 소모 연료비용(원/시간)

L : 시간당 노동임금(원/시간)

E : 시간당 소모 전력비(원/시간)

연간 이용시간은 적용시험 및 성능시험을 통하여 산정된 이용시간을 적용하였으며 이를 이용하여 연간이용시간으로 환산하였다.

전력비는 산업용을 기준으로 기본료 5,740 원/kW·월과 사용료 55.7 원/kWh의 합으로 계산되는데(한국전력공사, 2013), 기본료는 고정비로 사용료는 변동비로 분류하여 산출하였다. 연료비

의 경우 면세유가격 1060원/ℓ(농촌진흥청, 2013)을 적용하였다. 시간당 노임은 2012년 농촌 노동임금 전국 평균치인 성인 남자 1인의 경우 10,873원/h로 하였다.

(다) 기타

아래 Table 33은 초음파 고체발효장치(산업용)의 기계사양 및 설비비용을 나타낸 것이다.(총용량 146ℓ, 발효 용량 10ℓ 기준)

Table 33. 초음파 고체발효장치의 기계사양 및 설비비용

구분	내용	수량	단가(원)	금액(원)
1	금형가격(외형, Tray, Control Box)	1	3,600,000	3,600,000
2	Cone 초음파 진동자	6	150,000	900,000
3	온·습도조절 Controller	1	1,000,000	1,000,000
4	열풍 발생장치	1	600,000	600,000
5	가습장치	1	800,000	800,000
6	초음파 Generator	1	1,000,000	1,000,000
7	가습배관 및 배수구 작업비	1	100,000	100,000
8	현장시운전경비 및 공과잡비	1	500,000	500,000
9	기업이윤 (20%)		1,700,000	1,700,000
	합계		10,200,000	10,200,000
	부가세 (10%)		1,020,000	1,020,000
총합계			11,220,000	11,220,000

(3) 결과 및 고찰

(가) 연간이용비용

이상에서 언급한 내용을 토대로 초음파 고체 발효장치를 이용하였을 경우에 코지 생산량별 연간 이용비용을 계산하여 그 결과를 Table 34에 나타내었다. 초음파 고체 발효장치의 연간 고정비는 2,186,655원이며 연간 이용비용은 382,858원으로 나타났다.

Table 34. 초음파 고체 발효장치의 연간 이용비용

항목	초음파 고체 발효장치	
설치가격(원)	11,220,000	
고정비(원/년)	감가상각비	1,332,375
	이자	448,800
	전력비(기본)	68,880
	수리비	336,600
	소계	2,186,655
변동비(원/년)	노임	43,492
	연료비	95,400
	전력비(사용)	243,966
	소계	382,858
연간이용비용(원/년)	2,569,513	

(나) 코지 발효 용량에 따른 생산비용

초음파 고체 발효장치를 이용할 경우 12ℓ의 코지를 생산할 수 있으나 발효 용량에 따라 이용비용은 차이가 날 수 있다. 따라서 아래의 Table 35에 코지 발효 용량에 따른 초음파 고체 발효장치의 이용비용을 나타내었다.

초음파 고체 발효장치를 이용할 경우 발효 용량이 증가함에 따라 이용비용은 급격하게 감소하는 추세이며, 4ℓ 규모에 이르면서 감소세가 완만하게 나타났다. ℓ 당 이용비용은 12ℓ 발효 시 214,126원/년·ℓ 로 나타났다.

Table 35. 초음파 고체발효장치의 코지 발효용량에 따른 이용비용

코지 발효 용량(ℓ)		12	8	4	1
고 정 비	감가상각(원/년)	1,332,375	1,332,375	1,332,375	1,332,375
	이자(원/년)	448,800	448,800	448,800	448,800
	전력비(원/년)	68,880	68,880	68,880	68,880
	수리비(원/년)	336,600	336,600	336,600	336,600
이 용 비 용 변 동 비	소계(원/년)	2,186,655	2,186,655	2,186,655	2,186,655
	노임(원/년)	43,492	28,992	14,496	3,624
	연료비(원/년)	95,400	61,200	30,600	7,950
	전력비(원/년)	243,966	162,648	81,324	20,331
	소계(원/년)	382,858	252,840	126,420	31,905
	이용비용합계(원/년)	2,569,513	2,439,495	2,313,075	2,218,560
	기계비용합계(원/년-ℓ)	214,126	304,937	578,269	2,218,560

제 4 장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	달성도 (%)	관련분야 기여도
1차 년도 (2012)	초음파 조사 고체 발효 기술 및 발효 메커니즘 모델링 개발	모델계에서 초음파에 따른 코지 미생물 생육 특성인 곰팡이 포자 수 및 그 발효 적성인 효소 분석	100	초음파 조사 장류 koji 곰팡이의 최적 성장조건 확립, 효율적인 초음파 조사 시스템 개발을 위한 기초자료 제공
		모델계에서 초음파에 따른 발효 kinetics의 규명	100	생산수준의 고체발효자동제어에서 난제로 알려진 품온 및 습도를 효과적으로 제어할 수 있는 발효 kinetics를 기반으로 한 발효 메커니즘 모델링 개발
		모델계에서 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화	100	모델계에서 제조된 코지를 이용하여 만든 장류의 품질특성을 분석하여 시제품 장치를 제작하기 위한 기초 자료 제공
		가장 핵심인 초음파를 발효실 내부에 균일하게 조사할 수 있는 기술 및 장치 개발	100	발효실 내부에 초음파가 균일하게 조사될 수 있는 모델을 설계함
2차 년도 (2013)	초음파 고체 발효 장치의 시제품 제작 과 코지의 발효 시스템 최적화	시제품 장치에서 코지 미생물 생육 특성인 곰팡이 포자 수 및 그 발효 적성인 효소 분석	100	초음파 조사시기, 최적의 초음파 조사 강도, 가수량에 따른 미생물의 생육 특성, 발효 적성 확인을 통해 최적의 성장조건 확립. 효소활성 증가로 인한 다른 발효제품에의 이용 가능성 제시. 고품질의 장류생산 가능성 제시.
		시제품 장치에 의해 제조된 코지를 사용한 된장, 고추장, 간장의 품질 측정을 통한 시스템 최적화	100	초음파를 적용한 코지생산 발효기술과 생산 장치를 평가하여 시스템을 최적화함. 장류발효기간의 단축으로 인한 비용 절감
		초음파 고체발효장치의 시제품 설계 및 제작	100	초음파 고체발효장치의 시제품을 제작하고 그 장치를 이용한 제품의 품질 평가를 통해 실제 산업에서 적용 가능성을 제시 국내 고체발효산업의 활성화가능. 시간적, 공간적 제약성을 제거하고 공장간 자동 이송공정에의 장착등이 가능.
		발효장치 경제성 분석	100	초음파 고체발효장치를 산업에 적용 시 발효 촉진과 품질 향상을 통한 경제성이 있는지 확인

제 5 장. 연구개발 성과 및 성과활용 계획

제 1 절. 연구 성과

1. 연구개발결과의 성과 및 활용목표 대비 실적

(1) 연구성과 목표

구분		특허		논문		기타
		출원	등록	SCI	비SCI	
1차 년도	목표			1		
	달성			1		
2차 년도	목표	2		3		
	달성	2		1 2(투고중)		
계	목표	2		4		
	달성	2		2		

(2) 연구성과 활용 목표

(단위 : 건수)

구분		기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타
활용건수	목표	1	1	1	1	1	
	달성				1		

2. 논문게재 성과

계재 연도	논문명	저자			학술지명	Vol. (No.)	국내 외 구분	SCI구 분
		주저자	교신저자	공동저자				
2014	Anti-listerial and Amylase-sensitive Bacteriocin Producing Enterococcus faecium SH01 from Mukeunji, a Korean Over-ripened Kimchi	Sung-Ho o Seo		Miran Jung;Wa ng June Kim	Food Science and Biotechnology	23(5)	국내	SCI
2012	Physicochemical Properties and Antioxidant Activities of Commercial Vinegar Drinks in Korea	Han-Seu ng Shin		Sun-Hee Kim; Hyoum- Kyung Cho	Food Science and Biotechnology	21(6)	국내	SCI
2013	Influence of ultrasonic wave treatment on quality of Korean traditional fermented products	Ji-ho Kim	Han-Seu ng Shin		Food Science and Biotechnology		국내	SCI
2013	Airborne Ultrasonic Wave Increases Enzyme Activity of Soy-bean Koji	Ju Yeong Byeon	Wang June Kim		Food Science and Biotechnology		국내	SCI

3. 특허성과

출원된 특허의 경우				
출원연도	특허명	출원인	출원국	출원번호
2014	발효식품 제조장치	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2014-0001129
2013	초음파조사를 이용한 고체발효 코지 및 이의 제조방법	동국대학교 산학협력단	대한민국	10-2013-0127195

제 2 절. 활용 계획

1. 실용화 · 산업화 계획

가. 코지 및 코지제조기계의 산업화

(1) 상품화 방안

· 국내 코지의 생산은 주로 전문성을 가진 대기업(중견기업) 위주로 생산 및 수입되고 있고 그 외 코지의 경우 영세 업체에 의하여 제조되는데 그 기술의 표준화 및 품질 관리가 열악하여 그 발전에 큰 제약이 있는 것으로 파악된 바, 본 장치는 제조 환경 및 생산량과 무관하게 일정한 품질의 코지를 제조할 수 있으므로 관련업체 특히 중소기업 및 소기업에 도움이 될 수 있

다.

- 본 장치로 제조된 코지로 만든 장류는 대량생산, 미생물학적 안전성 및 품질면에서 우수성이 있으므로 첨단장치로서의 상품성이 인정될 수 있다.
- 하우스 음료 시장을 벤치마킹하여 고품질과 고속·대량 생산 등의 안정성을 갖춘 생산시스템을 공급함으로써, 전통음식산업의 지역별 브랜드화 등을 통한 수요 창출을 유도한다.
- 코지 생산뿐만 아니라 발효 제품(발효식품, 발효물질, 효소류, 식량 및 에너지)생산으로 고부가가치 사업이 될 수 있다.

(2) 사업화 방안

- 1차적으로 소형의 장치를 현재 코지 제조 지역의 농협에 공급한다.
- 2차적으로 산업용 장치를 본 장치의 개발로 파생될 수 있는 장류제조업체의 대형화에 따른 산업체에 공급한다.
- 3차적으로 장류의 세계화를 위하여 외국에서도 코지를 제조할 수 있도록 현재 한국 교민이 많은 미국, 일본, 중국 등의 국가부터 순차적으로 수출한다.
- 그 외, 소형화 및 단순화하여 가정(식당)용 발효기로 공급한다.

2. 교육·지도·홍보 등 기술 확산 계획 등

가. 막걸리 제조용 koji 개발에 응용

나. 부가가치가 높은 효소 생산에 응용

다. 발효기술의 응용 분야 접목(생리활성 및 발아촉진) 및 종자관리소 등의 신규 설치시장 조성
라. 종자 외의 곡물, 채소, 과일, 비료, 화학물질, 목재, 기타 발아촉진 및 생리활성을 통한 생산량 증대가 필요한 모든 작물에의 응용 가능

제 6 장 참고문헌

- Anderson JM. Effects of ultrasonic radiation on growth and fermentation in the yeast, *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochimica et Biophysica Acta* 11:122-137 (1953)
- Chuanyun D, Bochu W, Chuanren D, Sakanishi A. Low ultrasonic stimulates fermentation of riboflavin producing strain *Ecemothecium ashbyii*. *Colloids and surfaces*. 30: 37-41 (2003)
- Fernandez M, Perez-Correa JR, Solar I, Agosin E. Automation of a solid substrate cultivation pilot reactor. *Biopro Eng*. 16: 1 - 4 (1996)
- Gao D, Gai W, Lei D. Effect of liner ultrasonic wave irradiation on the growth of *Saccharomyces cerevisiae*. *J. South Chin. Univ. Technol*. 27: 34-37 (2000)
- Jomdecha C, Prateepasen A. The research of Low-Ultrasonic Energy affects to Yeast Growth in Fermentation process. 12thA-PCNDT 2006-Asia-Pacific Conference on NDT, 5th-10th Nov 2006, Auckland, New Zealand.
- Kwon DJ, Kim WJ. Isolation of higher alcohol-producing yeast as the flavor components and determination of optimal culture conditions. *Food Sci. Biotechnol*. 14:576-580 (2005)
- Labuza TP, Fu B. Growth kinetics for shelf-life prediction : Theory and practice. *Journal of Industrial Microbiology*. 12: 309-323 (1993)
- Lee SJ, Hong CG, Han TS, Kang JY, Kown YA. Application of fuzzy control to start-up of twin screw extruder. *Food control*. 13: 301-306 (2002)
- Lee SJ, Kown YA. Study on fuzzy reasoning application for sensory evaluation of sausages. *Food control*. 18: 811-816 (2007)
- Perez-Correa JR, Fernandez-Fernandez M. Predictive controller evaluation including non-stationary high frequency noise and outliers for batch solid substrate fermentation bioreactors. *Bioprocess Biosyst Eng*. 29: 399-407 (2006)
- Pitt WG, Ross SA. Ultrasound increases the rate of bacterial cell growth. *Biotechnol. Prog*. 19:1038-1044 (2003)
- Ryoo D. On-line estimation and control in solid substrate fermentation. PhD thesis, Colorado State University (1990)
- Sakakibara M, Wang D, Ikeda K, Suzuki K. Effect of ultrasonic irradiation on production of fermented milk with *Lactobacillus delbrueckii*. *Ultrasonics Sonochemistry*. 1: 107-110 (1994)

- Toba,T. A new method for manufacture of lactose-hydrolyzed fermented milk. J. Sci. Food Agric.,52: 403-407(1990)
- Ulusoy BH, Colak H, Hampikan H. The use of ultrasonic waves in food technology. Research Journal of Biological Sciences. 2: 491-497 (2007)
- Vachanivinichi K, Kim WJ, Park YI. Microbial study on Krachae, Thai rice wine. UNIDO International Workshop on Lactic Acid Fermentation of Non-Dairy Food and Beverages. Pg. 117-130 (1992)
- Von Meien OF, Mitchell DA. A two-phase model for water and heat transfer within an intermittently-mixed solidstate fermentation bioreactor with forced aeration. Biotech Bio eng. 79: 416 - 428 (2002)
- William G, Aaron S. Ultrasound increases the rate of bacterial cell growth. Biotechnology progress. 19: 1038-1044 (2003)
- Wilson PDG, Brocklehurst TF, Arino S, Thualt D, JakoJaen M, Lange M, Farkas J, Wimpenny JWT, Van Impe JF. Modelling microbial growth in structured food : towards a unified approach. International Journal of Food Microbiology. 73: 275-289 (2002)
- Yaldagard M, Mortazavi SA, Tabatabaie F. The effect of ultrasound with thermal treatment on the germinated barley's alpha-amylase activity. Kor. J. Chem. Eng. 25:517-523 (2008)
- Yaldagard M, Mortazavi SA, Tabatabaie F. Effect of ultrasonic power on the activity of barley's alpha-amylase from post-sowing treatate of seeds. World Appl. Sci. J. 3:91-95 (2008)
- 강일준, 함승시, 정차권, 이상영, 오덕환, 도재준. 산채류를 이용한 양조간장의 제조 및 특성. Korean J. Food Sci. Technol. 31(5): 1203-1210(1999)
- 김옥선, 성정민, 류혜숙. 더덕분말을 첨가한 고추장의 품질 특성 및 항산화 활성. J East Asian Soc Dietary Life 22(5): 667-676(2012)
- 김왕준. 한국 전통메주의 산업적 생산을 위한 연구. 한식연연구보고서 (1998)
- 김왕준. 기능성이 강화된 한국 전통 장류, 간장, 고추장 생산에 관한 연구. 한식연연구보고서 (2000)
- 김왕준. 식품폐기물의 분해를 위한 효소활성이 강한 미생물의 탐색연구. 한식연연구보고서 (1997)
- 김왕준. 한국 전통장류의 과학화를 위한 연구. 한식연연구보고서 (1995)
- 김왕준. 강원도산 메주의 물리화학적 및 미생물학적변화. 한국식품연구원 보고서 (1998)
- 김영호, 이승주. 회전형 Atomizers 분무건조기에 대한 Masters' model를 적용한 모의실험. Food Engineering Progress. 6: 92-100 (2002)

- 김지상, 김현오, 문갑순, 이영순. 숙성 기간에 따른 대두콩과 검은콩간장의 특성 비교연구. J East Asian Soc Dietary Life. 18(6): 981-988(2008)
- 김철희, 한재건, 김영, 정향숙, 오성호, 정명훈, 정경환, 최근표, 박옥연, 이현용. 초음파를 이용한 무증자 저 상품용 감자와 고구마의 알코올 발효 비교. Korean J. Medicinal Crop Sci. 17: 121-124 (2009)
- 남제풍, 이승주. 동결 건조기의 에너지 절약형 선반 온도 제어 시스템의 개발. Food Engineering Progress. 8: 25-29 (2004)
- 박우포, 조성환, 이승철, 김성용. 매실분말 및 농축액을 첨가한 고추장의 숙성중 품질 변화. Korean J Food Preserv. 14(4): 378-384(2007)
- 박정숙, 이명렬, 이택수. 제조 원료를 달리한 된장의 숙성중 당과 지방산 조성의 변화. J. Korean Soc. Food Nutr. 24(6): 917-924(1995)
- 박한조, 심수동, 민상기, 이승주. 육류의 품질과 Time Temperature Integrator(TTI) 온도의존성에 대한 수학적 simulation. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 29:349-355 (2009)
- 안준배, 박진아, 조혜지, 우인혜, 이상화, 장금일. 국내 시판된장 및 재래된장의 품질 및 항산화 특성. Korean J. Food & Nutr. 25(1): 142-148(2012)-엄태규. 열처리 초음파 및 알칼리 병합 전처리에 따른 하수 슬러지의 산 발효 향상에 관한 연구. 한국 수처리 학회지. 16: 23-30 (2008)
- 이병상, 이승주. 식품 동결 건조기의 자동제어. Food Engineering Progress. 1: 240-246 (1997)
- 이승은, 서형주, 황종현. 현미코지를 이용한 쌀된장의 특성. Korean J Food Preserv. 18(6): 859-868(2011)
- 이성웅, 함현미, 김영화, 성지혜, 황인국, 유선미, 정현상, 이준수. 국내 재배지역에 따른 고추의 Capsaicinoid 함량. J Korean Soc Food Sci Nutr 42(1): 129-133(2013)
- 이승주, 원치선, 한역, 목철균, 이병상. 압출성형공정 퍼지제어기의 모의실험. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 164-169 (1995)
- 이승주. 의약품동결건조기의 자동제어. 산업자원부보고서(2009)
- 임명남, 이승주. 돈육 생산 공정 에서의 정량적 위해 평가에 fuzzy 연산의 적용. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 589-593 (2006)
- 임성일, 송선미, 감초, 겨자 및 키토산을 첨가한 저염 고추장의 특성 변화. J Korean Soc Food Sci Nutr. 39(4): 560-566(2010)
- 장유섭, 김동익, 김현환, 김종구, 김성기, 이동현. 육묘용 발아장치 이용효과. 농업공학연구소(2005)
- 함승시, 김수현, 유수정, 오현택, 최현진, 정미자. 해양 심층수염 및 다시마 분말 첨가 고추장의 품질특성. Korean J. Food Preserv. 15(2): 214-218(2008)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치 식품기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 고부가가치 식품기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.