

최 종  
연구보고서

GA0255-0115

## 벌꿀 채밀기계 및 품질등급장치 개발

Development of Honey Extractor  
and Quality Evaluation System

연구 기관

한국식품개발연구원

성균관대학교

농 립 부

## 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “벌꿀 채밀기계 및 품질등급장치 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001 년 11 월 23 일

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원

총괄연구책임자 : 김 종 훈

세부연구책임자 : 박 재 복

연 구 원 : 정 진 웅

연 구 원 : 권 기 현

연 구 원 : 이 호 준

연 구 원 : 박 성 훈

연 구 원 : 김 진 주

협동연구기관명 : 성균관대학교

협동연구책임자 : 최 창 현

연 구 원 : 김 영 길

연 구 원 : 남궁만준

연 구 원 : 양 원 준

# 요 약 문

## 1. 제 목

벌꿀 채밀기계 및 품질등급장치 개발

### I. 연구개발의 목적 및 중요성

국내에서 양봉이 시작된 삼국시대 초기부터 봉군관리 기술은 전통토착기술로 많은 발전을 하였으나, 벌꿀의 채밀과 채밀후 처리공정에 관한 체계적인 연구가 수행되지 않았으며, 특히 벌꿀의 채밀공정의 기계가 개발되지 않아 현재까지 완전 수작업에 의존하고 있는 실정으로 양봉산업 발전에 걸림돌이 되고 있다.

또한 양봉의 품질판정 기술로 현재 화학적 분석에 의한 방법이 사용되고 있으나, 화학적 분석 방법은 분석시간이 길고 복잡성 등으로 인하여 생산지에서 품질관리가 이루어지지 못하고 있는 실정으로 벌꿀의 품질관리장치를 개발하여 생산지에서 손쉽게 벌꿀의 품질을 평가·관리함으로써 고품질 벌꿀 생산의 기반을 조성할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 국내산 벌꿀의 채밀 및 품질관리 공정을 분석하고 최적 설계를 통하여 벌꿀 채밀기계 및 품질평가장치를 개발하고 현장 실증실험을 통하여 한국형 벌꿀의 채밀 및 품질관리 시스템을 개발하고자 수행하였다.

### II. 연구개발 내용 및 범위

#### 1. 벌꿀의 생산공정 분석

2. 벌꿀의 채밀기계 및 품질평가장치 개발
  - 적정 단위기계 개발을 위한 설계인자 구명
  - 벌꿀의 채밀 및 품질관리의 단위기계 개발
    - 벌꿀 채밀기계 개발 및 성능실험
    - 벌꿀의 실시간 품질평가장치 개발 및 성능실험
3. 개발된 단위공정별 기계의 현장 실증실험
4. 한국형 벌꿀 채밀기계 및 품질관리 시스템 모델 개발

#### IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구에서는 한국형 벌꿀 채밀기계와 벌꿀 품질관리 시스템을 개발하였으며, 구체적인 연구결과는 다음과 같다.

##### 1. 한국형 벌꿀 채밀기계 개발

###### 가. 소비내 벌꿀의 원심분리 특성

채밀작업은 꿀이찬 소비를 벌꿀 채밀기에 장착하여 회전함으로서 소비내에 원심력이 작용하여 소비로부터 꿀을 분리하여 꿀을 채집하는 작업으로서 채밀기 회전축의 회전방향과 소비의 위치에 따라 소비에 걸리는 원심력이 결정된다. 채밀방법에 따른 소비내 벌꿀의 원심분리 방식은 Radial 방식, Tangential 방식, Horizontal 방식으로 나타났다.

###### 나. 벌꿀 채밀 시작기 개발 및 성능실험

벌꿀 채밀 시작기는 원심력 작용에 따른 채밀방법인 Radial 방식, Tangential 방식, Horizontal 방식에 따른 채밀능력을 분석하기 위하여 Radial 방식, Tangential 방식,

Horizontal 방식의 시삭기를 설계·제작하여 채밀실험을 수행하였다.

Radial 방식은 회전방향을 중심으로 방사형태로 소비를 꼽아 채밀하는 방법으로 수직 회전축에 소비 장작틀을 설치하여 소비가 수직축을 중심으로 회전하게 된다. 따라서 소비의 벌꿀은 회전에 의한 원심력에 의하여 소비로부터 이탈되어 벌꿀을 수집할 수 있다.

Tangential 방식은 회전방향의 접선방향으로 소비가 위치하여 채밀하는 방법으로 채밀기의 회전축을 회전시키는 경우 소비 장작틀이 채밀기 내부에 회전가능하게 장착되어 있으므로 회전방향에 따라 상기 소비 장작틀이 좌우로 젖혀짐으로써 채밀기 내 측면에 밀착된다. 따라서, 회전축을 정방향 혹은 역방향으로 회전시키면 상기 소비 장작틀이 적절하게 회전함으로써 소비의 양면이 원심력에 대하여 수직방향으로 위치됨으로 벌꿀 채밀작업을 수행할 수 있다. 이러한 채밀방식은 소비로부터 벌꿀을 원활히 채밀하기 위하여 회전축을 정방향과 역방향으로 회전시키는 것이 반드시 필요하다.

Horizontal 방식은 회전축의 회전방향과 동일한 방향으로 소비가 위치하여 소비 고정틀 자체를 회전시켜 채밀하는 방법으로 소비 양면에 원심력이 균일하게 작용하게 된다.

채밀실험 결과에서 적정 채밀조건은 Radial 방식의 경우에는 회전축의 회전속도가 200 rpm에서 채밀시간 4분, Tangential 방식의 경우에는 회전축의 회전속도가 140 rpm에서 채밀시간 3분의 작업조건, Horizontal 방식의 경우에는 회전축의 회전속도가 300 rpm에서 채밀시간 1분의 작업조건으로 나타났다.

#### 다. 한국형 벌꿀 채밀기계 개발

원심력에 따른 벌꿀 채밀 성능실험 결과에서 국내의 벌꿀의 채밀작업에 Radial과 Tangential 방식 모두 현장의 채밀작업에 적용 가능할 것으로 판단되었으나, Radial 방식의 경우 200 rpm의 높은 회전수를 요구하고 있어 채밀기의 기어나 베어링의 상태에 따라 차이가 나타나지만 일반적으로 수작업으로 채밀작업시 계속적으로 200 rpm을 유지하기는 어렵다. 또한 Tangential 방식의 경우에는 채밀작업시 소조의 앞뒤

면을 바꾸어주어야 하므로 채밀작업시 번거로움이 따르며 이를 해결하기 위하여 정역 방향으로 회전시 자동으로 소조의 앞 뒤 위치가 변환되도록 설계되어야 한다. 또한 같은 크기의 채밀장치의 경우에는 1회 채밀작업시 Radial 방식이 Tangential 방식보다 40%이상의 소비를 동시에 채밀할 수 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 수작업용 채밀기에는 작업요건을 고려하여 Tangential 방식의 적용이 바람직한 것으로 나타났으며, 고정식 양봉의 동력을 이용한 기계적 채밀기에는 Radial 방식의 적용이 바람직 할 것으로 판단되었다.

또한 Horizontal 방식의 벌꿀 채밀장치는 회전수가 300 rpm 이상의 고속 회전이 필요한 것으로 나타나 수작업 채밀방법에는 적절하지 않은 것으로 판단되었고, 동력을 이용한 기계적 채밀방법에 적절한 것으로 나타났다. Horizontal 방식이 Radial 방식이나 Tangential 방식보다도 같은 공간에 많은 소비를 채밀할 수 있고, 채밀작업 시간도 가장 빠르게 나타나 국내와 같이 이동식 양봉을 하며 공간과 1회 채밀양이 중요한 실정에서는 동력을 이용한 한국형 자동 채밀기계에 가장 적합한 방식으로 판단되었다.

따라서 한국형 벌꿀 채밀기계의 모델은 채밀실험 결과를 토대로 채밀능력, 채밀기에서 소비의 공급·배출의 용이성, 적정 동력장치, 이동·설치의 편이성, 작업 후 세척의 용이성 등을 고려하여 Horizontal 방식의 원심력을 이용한 자동 채밀기계를 개발하였다.

개발된 한국형 벌꿀 채밀기계는 회전하는 축방향과 수평하게 소조를 넣고 소조 자체를 회전시켜 채밀하는 방법인 Horizontal 방식의 채밀방식으로 같은 공간에 많은 소비를 채밀할 수 있고 채밀작업시간도 단축할 수 있다. 그리고 한국형 벌꿀 채밀기계는 채밀작업시 작업효율을 높이고 작업의 편이성 제고를 위하여 밀개작업 후 바로 외부 소비 공급대에 소비를 넣은 후 채밀기에 장착하도록 설계하여, 현장에서 가장 큰 애로사항으로 나타난 소비의 공급·배출의 용이성 문제를 해결하였다. 또한 이동양봉을 고려하여 개발된 채밀기의 동력원은 200V 전기 및 이동식 발전기를 사용하도록 설계하였다.

본 연구에서 개발한 한국형 벌꿀 채밀기계는 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

첫째, 소비를 회전축의 회전방향과 동일 방향으로 장착함으로써, 회전시 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용함으로 벌꿀의 분리가 용이하여 채밀효율이 향상된다.

둘째, 다수의 소비를 소비 트레이에 삽입할 수 있으므로 1회의 작업에 다량의 벌꿀을 채밀할 수 있으며, 채밀기를 소형화 할 수 있다.

셋째, 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용함으로 회전방향을 정방향 혹은 역방향으로 전환할 필요가 없으므로 채밀기의 조작이 간편하다.

넷째, 300 rpm 이상의 고속회전이 가능함으로 채밀시간이 단축되는 장점이 있다.

다섯째, 소비 트레이를 소조에 서로 반대 방향으로 장착함으로써, 소조 회전시 무게중심이 균형을 이루게 됨으로 편심이 방지되어 정속운전이 가능하다.

여섯째, 작업전에 다량의 소비를 소비 트레이에 삽입하고 이 소비 트레이를 소조에 장착 하여 작업을 하게 됨으로 소비 교체작업이 간편하며, 교체시간이 단축되는 장점이 있다.

## 2. 벌꿀 품질관리 시스템 개발

### 가. 벌꿀의 광학적 특성 구명

가시광선과 근적외선 영역의 반사 스펙트럼을 이용하여 벌꿀의 광학적 특성을 구명하고 벌꿀의 성분을 예측할 수 있는 모델을 개발하였다. 벌꿀 시료는 아카시아 꿀과 잡화 꿀 두 종류의 벌꿀로서 벌꿀의 수분, 회분, 전화당, 자당, 과당/포도당 비, HMF(hydroxymethyl furfural), 탄소동위원소비율을 측정하였다. 분광분석기와 Horizontal 모듈을 이용하여 400~2500 nm의 파장 영역에서 2 nm 간격으로 반사 스펙트럼을 측정하였다. 측정된 반사 스펙트럼은 교정부와 검증부로 분리하였으며, 교정부는 모델 개발에, 검증부는 모델의 검증에 각각 사용되었다. 부분최소자승(PLS)을 이용하여 벌꿀 시료의 성분과 스펙트럼의 상관 관계를 분석하였다.

벌꿀 시료의 성분 분석 결과 수분 함량은 17.0~27.3%로, 회분의 함량은 0.05~

0.22%로, 전화당의 함량은 55.7~77.3%로, 자당의 함량은 2.2~15.4%로, 과당/포도당 비는 1.04~2.04로, HMF 함량은 10.0~24.9 mg/kg으로 나타났으며 분석된 시료의 90%는 보건복지부의 성분규격을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 탄소동위원소비율( $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ )은 -28.3~-11.2로, 오직 18.8%만이 -23.0 이하인 것으로 나타나 우수한 품질의 꿀이 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

PLS 분석 결과, 수분 함량은 1900~2200 nm, 전화당 함량은 1100~1300 nm, 1600~1800 nm 파장대에서, 회분 함량은 1400~1800 nm에서, 자당 함량은 1100~1300 nm, 1600~1800 nm의 영역에서 높은 상관관계를 보여주고 있다. HMF 함량은 1100~1300 nm 영역에서 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, 검증부 오차가 3.32 mg/kg으로 매우 높게 나타나 모델이 실제로 HMF 함량을 예측하기 어려운 것으로 판단된다. 과당/포도당 비는 1100~1300 nm에서, 탄소동위원소비율은 1100~1300 nm, 1400~1800 nm, 1900~2200 nm에서 상관관계가 우수한 것으로 나타났다.

#### 나. 품질평가장치의 설계 및 성능 분석

벌꿀의 품질평가장치를 설계하고 시작품을 제작하였으며, 분광분석기와 품질평가장치를 이용하여 벌꿀의 반사 스펙트럼을 측정하고, 품질평가장치의 성능을 비교·분석하였다. 벌꿀의 품질 평가 성분으로 수분, 전화당, 자당, 과당/포도당 비, 탄소동위원소비율을 측정하였다.

품질평가장치는 전원공급부, 광원부, 분광부, 광섬유(optical fiber) 프로브 등으로 구성되어 있다. 전원공급부는 리튬-이온 방식의 배터리 셀을 사용하여 계속적으로 충전하며 DC 12V를 공급하고, 광원부는 자외선-가시광선-근적외선(UV-VIS/NIR) 영역을 광선을 방출할 수 있는 텅스텐-할로겐 램프로 구성되어 있으며, 분광부는 자동 초점 분광기, 검출기, 신호처리가 하나의 모듈에 일체형으로 구성되어 있다. 품질평가장치는 측정 대상물에 따라 적합한 광섬유 프로브를 장착하여 1100~1750 nm 파장 영역의 반사 및 투과 스펙트럼을 측정할 수 있으며, 파장 대역은 15 nm 이하이나 자료를 2 nm 단위로 측정할 수 있다.



벌꿀 시료의 성분 분석 결과, 수분 함량은 16.8~22.2%로 나타났으며, 233점(76.1%)의 시료가 21.0% 이하인 것으로 나타났다. 전화당의 함량은 70.7~75.5%로 나타났으며, 305점(99.7%)의 시료가 65.0% 이상인 것으로 나타났다. 자당의 함량은 2.99~8.504%로 매우 큰 분포를 보여 주었으며, 304점(99.3%)의 시료가 7.0% 이하인 것으로 나타났다. 과당/포도당 비는 1.13~1.93로, 모든 시료가 1.0 이상인 것으로 나타났다. 보건복지부의 성분규격을 고려하면 분석된 시료 일부분이 수분을 초과하고 있으나 당류는 모두 검사기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 탄소동위원소비율은 -25.2~-10.7로 나타났으며, 209점(68.3%)이 -23.0 이하인 것으로 나타나 우수한 품질의 꿀이 과거에 비해 상대적으로 증가된 것으로 나타났다.

휴대용 분광분석기는 1100~1300 nm와 1400~1700 nm 파장 영역에서 벌꿀의 성분과 높은 상관 관계를 보여주었다. 수분 함량의 상관계수는 0.873, 검증부 오차는 0.456%로, 전화당은 상관계수가 0.822, 검증부 오차가 1.282%로, 자당은 상관계수가 0.792, 검증부 오차는 0.532%로 나타났다. 과당/포도당(F/G) 비는 상관계수가 0.942, 검증부 오차가 0.061로 나타났으며, 탄소동위원소비율(C12/C13)은 상관계수가 0.923, 검증부 오차는 1.411로 나타났다. 탄소동위원소비율의 예측 결과가 매우 우수하게 나타나 개발된 품질평가장치가 설탕물의 유입 및 벌꿀의 진위판정에 매우 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있다. 휴대용 품질평가장치의 예측 정확도는 정밀급 분광분석기에 비하여 다소 저조하나, 현장에서 실시간 벌꿀 품질평가장치로 유용하게 사용될 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 휴대용 품질평가장치의 정확도 향상을 위하여서는 측정범위 1900 nm 이상으로 확대하고, 검출기 PDA의 화소수를 증가하여 스펙트럼의 측정 분해능을 향상시켜야 한다.

본 연구의 결과는 관련기술의 특허출원 및 관련기술의 홍보를 위한 전문 학회에서 발표하였고, 한국양봉협회에서 실시하는 산지 양봉농가의 양봉기술 교육에 활용하고 양봉농가 및 생산자단체에 보급·활용함으로써 벌꿀 수확의 생력화 및 고품질화를 유도하여 양봉농가의 소득증대 및 양봉산업의 경쟁력 확보에 기여하고자 한다.

## SUMMARY

This study was carried out to develop honey extractor by analysis of honey extracting process and optimal design, and to develop quality evaluation system by actual test in producing area.

Korean honey extractor, horizontal type automatic honey extractor using centrifugal force was developed based on results of extraction test such as extraction capacity, easy of comb supply and discharge, easy of transfer and set up, easy of wash after operation and optimal power device. Three prototype machinery with different extraction methods such as radial type, tangential type and horizontal type was manufactured to analyze extraction capacity. Optimum extraction conditions(rotary velocity of shaft and extraction time) were 200rpm, 3min for radial type, 140rpm, 3min for tangential type and 300rpm, 1min for horizontal type, respectively. Developed Korean honey extractor, which is horizontal extraction type, showed high efficiency in space and time. Developed honey extractor solved comb supply and discharge problems by designing to attach comb tray after putting comb to extractor. Also, developed extractor designed to use 220V and moving dynamo considering moving extraction.

The study was conducted to determine the optical characteristics of Korean bee-honeys by NIR spectroscopic technique, and to develop the quality evaluation system of bee-honey. Two kinds of bee-honey from acacia and polyflower sources were tested in this study. Reflectance spectra, moisture contents, ash, invert sugar, sucrose, F/G (fructose/glucose) ratio, HMF (hydroxymethyl furfural), and C12/C13 ratio of honeys were measured.

A spectrophotometer (Foss, model 6500, USA), equipped with a horizontal setup module, was used to collect reflectance data from honey. The reflectance spectra

were measured in wavelength ranges of 400 ~2498 nm with 2 nm of interval. Thirty-two repetitive scans were averaged, transformed to  $\log(1/\text{Reflectance})$ , and then were stored in a microcomputer file, forming one spectrum per measurement. A sample cell and reflectance plate were made to hold honey samples constantly. Spectra of honey samples were divided into a calibration set and a validation set. The calibration set was used during model development, and the validation set was used to predict quality parameters from unknown spectra. The PLS(Partial Least Square) models were developed to predict the quality parameters of honeys. The PLS models showed good relationships between predicted and measured quality parameters of honeys in the wavelength range of 1100 ~2200 nm. However, the PLS analysis was not good enough to predict HMF of honeys.

The portable quality evaluation system of honey consists of power supply, tungsten-halogen lamp, spectrometer, and optical fiber probe. The performance of the quality evaluation system was analyzed by comparing the prediction accuracy of the laboratory spectrophotometer. Total of 306 samples of honey were analyzed. Reflectance spectra, moisture contents, invert sugar, sucrose, F/G ratio, and C12/C13 ratio of honeys were measured. The PLS analysis showed good relationships between predicted and measured quality parameters of honeys in the wavelength range of 1100 ~1300 nm and 1400 ~1700 nm. The results showed the feasibility of the quality evaluation system to determine the quality parameters of bee-honey in the field during harvesting.

# CONTENTS

Chapter 1	Introduction .....	17
Section 1	Background .....	17
Section 2	Present status of technologies .....	20
Section 3	Objectives .....	23
Chapter 2	Development of honey extractor .....	25
Section 1	Production process of honey .....	25
Section 2	Structure of comb and component of honey .....	26
Section 3	Design and performance analysis of heoney extractor .....	28
Section 4	Honey extractor for Korean beekeeping .....	44
Chapter 3	Development of quality evaluation system for honey .....	47
Section 1	Quality grading criteria of honey .....	47
Section 2	Optical characteristics of honey .....	56
Section 3	Design and performance analysis of quality evaluation system .....	71
Chapter 4	Conclusions .....	85
References	.....	91
Appendix		
Patent applied	.....	97

# 목 차

제 1 장 서 론 .....	17
제 1 절 연구개발의 필요성 .....	17
제 2 절 관련기술현황 .....	20
제 3 절 연구개발의 목표 .....	23
제 2 장 한국형 벌꿀 채밀기계 개발 .....	25
제 1 절 벌꿀 생산공정 분석 .....	25
제 2 절 소비의 구조 및 벌꿀의 성분 .....	26
제 3 절 벌꿀 채밀 시작기 설계 및 성능 분석 .....	28
제 4 절 한국형 벌꿀 채밀기계 .....	44
제 3 장 벌꿀 품질평가장치 개발 .....	47
제 1 절 벌꿀의 품질등급 규격 .....	47
제 2 절 벌꿀의 광학적 특성 .....	56
제 3 절 품질평가장치의 설계 및 성능 분석 .....	71
제 4 장 요약 및 결론 .....	85
참고문헌 .....	91
부록	
특허출원(벌꿀 채밀기) .....	97

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 연구개발의 필요성

### 1. 기술적 측면

국내 벌꿀 생산량은 1980년대 이후 연간 7,000~10,000톤 규모를 유지하고 있으며, 1997년의 경우에는 개량종이 7,197톤, 재래종이 464톤으로 7,661톤의 벌꿀을 생산하였고, 단위 생산량은 군당 1.5kg으로, 국내 벌꿀의 품질은 세계적으로 우수한 것으로 인정받고 있다.

벌꿀의 생산은 벌통에 소비를 넣은 후 꿀이 짙으면 소비로부터 꿀을 채밀하여 수확하게 되는데 이러한 벌꿀 채밀작업에 많은 인력이 필요하며 고품질 벌꿀의 생산을 위하여 수확적기에 많은 물량을 처리해야하는 어려움이 있으나, 국내에서는 아직 자동화 작업이 가능한 기계가 없어 원시적 형태의 장치를 이용하여 사람 힘으로 채밀작업이 이루어져 양봉농가에서 고품질 꿀 생산에 어려움을 겪고있는 실정이다. 국내 양봉산업의 국제 경쟁력 확보 및 양봉농가의 소득증대를 위해서는 벌꿀의 수확·처리과정을 기계화함으로써 벌꿀 생산의 생력화 및 현대화가 절실한 실정이다.

양봉산업은 벌꿀 등 양봉산물을 생산하여 얻는 직접적인 경제적 가치는 물론 낙농에 필요한 목초의 종자생산, 과실의 결실에 필수적으로 농업 기반조성에 이바지하고 있다. 이러한 국내 양봉산업이 영세성과 벌꿀의 수입개방으로 인하여 어려움을 겪고 있는 실정으로 경제적 가치와 농업생산 기반조성 차원에서 국내 양봉산업의 존속·발전이 필요하다.

국내에서 양봉이 시작된 삼국시대 초기부터 봉군관리 기술은 전통토착기술로 많은 발전을 하였으나, 벌꿀의 채밀과 채밀후 처리공정에 관한 체계적인 연구가 수행되지 않았으며, 특히 벌꿀의 채밀공정의 기계가 개발되지 않아 현재까지 완전 수작업에 의

존하고 있는 실정으로 양봉산업 발전에 걸림돌이 되고 있다.

외국의 경우 벌꿀 채밀기계가 개발되어 현장에서 사용되고 있다. 이 기계들의 경우 대규모 양봉농장에서 사용되는 고정식 대형 채밀기계가 대부분으로서, 국내의 경우 밀원을 따라 남부지방에서 중부지방으로 이동하며 벌꿀을 수확하는 이동식 양봉이 이루어지고 있고 양봉의 규모가 외국에 비해 상대적으로 적기 때문에 국내 양봉생산에 그대로 적용하기에는 어렵다. 그러므로 국내 실정에 적합한 한국형 벌꿀 채밀기계를 개발하는 것이 필요하다.

또한 양봉의 품질판정 기술로 현재 화학적 분석에 의한 방법이 사용되고 있으나, 화학적 분석 방법은 분석시간이 길고 복잡성 등으로 인하여 생산지에서 품질관리가 이루어지지 못하고 있다. 최근 외국에서는 실시간 벌꿀의 품질을 판정하는 기술에 관한 연구가 활발히 수행되어 실용화를 추진하는 실정으로 국내에서도 벌꿀의 실시간 품질평가 판정장치를 개발하여 생산지에서 손쉽게 벌꿀의 품질을 평가함으로써 고품질 벌꿀 생산의 기반을 조성할 필요가 있다.

꿀벌의 생육 및 관리기술은 축산분야에서 많은 연구가 수행되고 있으며, 관련 기술은 세계적으로 우수한 것으로 알려지고 있으나, 벌꿀의 수확·처리공정의 기계화에 관한 연구는 현재까지 미비한 실정이다. 채밀기계 및 품질관리장치 개발의 필요성은 양봉농가, 양봉 생산자단체에서 절실하게 느끼는 현실로서 양봉산업의 유지·발전을 위해서는 양봉산업의 기계화에 관한 연구개발이 필요하다.

## 2. 경제·산업적 측면

WTO 체제 출범은 양봉산업의 경쟁력에 큰 영향을 주고 있다. 1995년부터 벌꿀이 수입 개방되어 1995년도는 250톤, 1996년도는 262톤, 1997년도에는 248톤이 수입되었고, 2005년도부터는 벌꿀 수입이 완전 자유화된다. 따라서 국내 양봉산업은 세계 양봉산업과 완전 자유경쟁체제에 놓이게 된다. 이러한 양봉시장 환경 변화에 대하여 국내 양봉산업은 국제 경쟁력을 제고할 대비가 충분하지 않다. 현재까지 국내의 양봉농가에서는 봉군의 관리기술에만 주력했을 뿐 양봉산물 생산의 기계화와 품질관리 경영도

입 등 양봉산업의 현대화에 소홀하였다. 게다가 품질을 등급화하여 인증하는 제도가 정착되지 않아서 소비자의 신뢰마저 많이 상실한 상태이다.

양봉은 꿀벌을 활용하여 각종 식물의 꽃으로부터 꿀을 생산하는 직접적인 경제적 가치는 물론 농작물의 화분매개 효과, 부존자원 활용 등 간접적인 효과도 매우 중요하다. 현재 국내에서 화분매개용 꿀벌이 절대적으로 부족하여 연간 수십억원의 외화를 화분매개곤충을 들여오는데 사용하고 있다. 현재 화분매개가 필요한 작물의 재배 면적은 100만 km<sup>2</sup>에 이르며 필요한 화분매개 꿀벌의 봉군 수도 26만군에 이르며 그 액수는 200억원에 다다른다.

향후 국내 양봉산업이 유지·발전되기 위해서는 벌꿀 채밀과정을 기계화함으로써 벌꿀생산을 생력화하고, 품질등급제도를 활성화하여 벌꿀 품질의 신뢰성을 회복하여 국내 양봉산업의 국제 경쟁력 제고 및 양봉농가의 소득증대가 절실하다.

### 3. 사회·문화적 측면

양봉은 직접적으로는 양봉산물의 생산을 통한 경제적 소득이 있고, 간접적으로는 각종 농산물의 화분매개를 통하여 농업 증산에 이바지하였으며, 양봉산물은 자연산 감미료로서의 역할, 보건의약품으로서의 역할, 의약품으로서의 역할, 각종 공업재료로서의 역할 등을 통하여 사회적으로 많은 공헌을 하고 있다.

이와 같이 양봉은 사회적으로 큰 의의를 지닌 생산산업으로 인정을 받아 이미 세계 여러 선진국들에서는 양봉을 중요한 농업정책에 크게 반영하여 양봉산업의 발전을 도모하고 있으며 양봉규모를 소규모에서 대규모로, 양봉생산의 기계화로, 국내산업에서 수출산업으로 발전하고 있다.

국내 양봉에 종사하는 인구는 45,629명에 달하고 있으나 국내 양봉업계는 양봉산물 수확의 기계화와 품질관리에 관한 연구 부족으로 영세성을 벗어나지 못하였고 양봉산물의 고객 신뢰도도 낮은 실정이다.

소득수준의 향상은 지속적으로 고품질 꿀의 수요를 증가시킬 것으로 올바른 벌꿀의 품질평가에 의한 유통이 확립되지 않는다면 국내 벌꿀은 점차 수입꿀에 의해 잠식



될 것이며 이는 국내양봉산업의 사활을 좌우할 것이다.

국내 농산물 중에서 제품의 품질에 관한 소비자의 신뢰도가 낮은 품목으로는 고춧가루와 벌꿀 등이 대표적이다. 이런 소비자의 불신을 해소하고, 소비자 기호의 다양화와 고품질의 소비경향에 맞추기 위해서는 간편하고 객관성을 가지는 품질평가 기술이 개발되어 현장에 적용되어야 한다.

## 제 2 절 관련기술 현황

### 1. 벌꿀 채밀공정의 기계화

벌꿀의 수확은 벌통안 소비에 꿀이 쌓이면 소비로부터 꿀을 채밀하여 수확하게 되는데, 국내의 경우 벌꿀 채밀공정의 기계개발 및 기계화 방안에 관한 연구는 한국양봉학회, 한국농업기계학회, 한국식품과학회 등 관련학회의 논문조사 결과 찾아볼 수 없었으며, 현재 국내에서 대부분 3조~6조의 채밀장치를 이용하여 수작업에 의하여 벌꿀을 채밀하고 있는 실정이다.

외국의 경우에는 양봉기구와 벌꿀 수확의 기계화에 많은 관심을 가지고 연구를 수행하고 있다. 개량식 벌통은 Maradi의 단소비식벌통에서 시작하여 1700년대 Huber의 엽상식벌통을 거쳐 현재 표준모델로 사용되고 있는 라식벌통은 Langestroth에 의하여 개발·발전된 것이다. Franz(1865)는 근대 양봉에 지대한 공헌을 한 채밀기구를 처음으로 발표하였고, 그 이후 Pidek(1982), Culhane(1986), Tan(1988), Thomas(1986) 등에 의하여 지속적인 연구발전을 통하여 현재 외국의 경우에는 채밀기계가 산업화되어 양봉농장에서 사용되고 있다.

해외에서 벌꿀 채밀기를 생산하는 업체로는 Dadant(미국), Bentley(캐나다), Swienty(덴마크), Thomas(프랑스) 등이 있다. Swienty사의 채밀기계(model : radial extractor, Item 8600)의 경우 42~54개의 소비가 동시에 채밀하도록 되어있으며, Dadant사의 Radial Extractor의 경우에는 12~60개의 소비를 채밀하도록 설계되어있

다. 이 기계들의 경우 대규모 양봉농장에서 사용되는 고정식 채밀기계가 대부분으로서, 국내의 경우 밀원을 따라 이동하는 이동식 양봉이 대부분이고 외국의 대규모 양봉농장 비해 상대적으로 영세한 국내 양봉농가에 그대로 적용하기에는 어려운 실정이다.

한국형 채밀기계는 국내 실정을 고려하여 채밀과정에서의 손실율을 최대한 줄이고, 이동작업이 가능하여야하며 소비의 투입 및 배출이 간편해야한다. 또한 국내의 경우 주로 산 등지에서 벌꿀수확이 이루어지므로 채밀기의 수평고정의 용이성 및 이동식 동력공급장치 등이 고려되어야하며, 채밀작업시 구리, 아연, 납, 철 등이 용출되어서는 안 된다.

## 2. 벌꿀의 품질평가 기술

꿀은 다른 당류보다 상대적으로 가격이 비싸기 때문에 설탕, 물엿, 전화당 등을 혼합하는 사례가 빈번하여 오래 전부터 꿀의 진위를 가리는 방법이나 품질평가에 관하여 많은 관심을 가지고 연구를 수행하여 왔다. 벌꿀의 주성분은 전화당과 미량의 설탕, 올리고당 등과 같은 탄수화물이 대부분이며, 기타 미량 성분으로 단백질, 아미노산, 무기물, 회분, 효소류, 비타민류, 유기산류 등이 포함되어 있다. 벌꿀은 원산지, 밀원(蜜源), 채밀 시기 등에 따라 그 성분이 확연한 차이를 가지고 있어 통합된 품질 평가기준을 만들기가 어려운 것으로 보고되고 있다. 벌꿀의 품질에 영향을 미치는 요인으로 당의 조성, 수분, 회분, 산도, HMF(hydroxymethyl furfural), 조단백질, proline, PH, diastase activity 등이 있다.

벌꿀의 진위여부를 가리는 방법이나 품질평가에 관한 연구는 오래 전부터 많은 과학자들에 의하여 연구되어왔다. 기존에는 꿀의 주성분인 당의 조성을 이용하는 방법과 HMF의 생성인자에 대한 연구가 활발히 수행되었으며, 꿀의 향기성분 조성을 이용하여 품질을 평가하는 방법(Maga, 1983), 꿀에 존재하는 무기질의 함량을 측정하여 Na/K의 비율로 전화당의 혼입여부를 판별하는 방법(Shallenbergen, 1939), 유기산의 조성으로 판별하는 방법(Stinson, 1960), 효소의 역가를 측정하는 방법(Thrasyvoulon,

1986) 등 여러 가지 방법들이 연구되어 발표되었다. 최근에는 탄소동위원소비율에 의하여 설탕 및 고과당 옥수수시럽(High fructose corn syrups, HFCS)의 혼입 여부를 판별할 수 있는 방법이 보고되고 있다. 그러나 대부분은 화학적 분석에 의한 벌꿀의 품질을 평가하는 방법으로서 분석방법이 어렵고 분석시간이 많이 소요되며 분석장비의 고가로 인하여 현장에 적용되지 못하고 있는 실정이다.

국내 벌꿀의 품질관리기준은 보건복지부 식품공전에 제시되어 있으나 식품공전의 기준은 품질 등급화에 대한명시가 없어 고품질 벌꿀 생산을 유도하기 위한 기준으로는 부족한 점이 많다. 현재 “한국양봉협회”에서는 “벌꿀품질관리제도”를 시행하고 있는데, 한국양봉협회는 보건복지부고시 88-40호, 91-24호 규정을 따르고 있으며, 필요한 경우 협회 자가관리기준을 적용해 추가로 검사하고 있다.

벌꿀의 품질판정은 화학적 분석에 의존하고 있는 실정으로 “벌꿀품질관리제도”에 참여하는 생산자도 생산제품의 때 드럼마다 샘플을 채취하여 품질을 검사하고 있는 실정이다. 또한 화학적 분석 방법은 전문인력이 필요하며 분석시간이 길고 고비용 등으로 인하여 생산지에서 품질관리가 이루어지지 못하고 있다. 그러므로 고품질의 벌꿀생산 및 소비자의 신뢰도 확보를 위해서는 실시간 벌꿀의 품질을 관리할 수 있는 품질평가 판정장치 개발이 필요하다.

식품 및 농산물의 품질을 검사하는데 주로 사용되는 화학적 분석 방법은 한 번 사용한 샘플을 다시 반복하여 사용할 수 없는 단점이 있다. 또한, 대부분의 분석 방법은 전처리가 필요하므로 시간이 많이 소모되어 신속하지 못하고, 전수조사가 아닌 표본조사에 의존하고 있으므로 대표성에 대한 의문이 제기되고 있다. 분광분석법은 시료 내·외부의 상태에 따른 광학적 특성을 분석하여 품질을 비파괴적으로 평가하는 방법이다. 근적외선 영역에서는 수분에 의한 흡수가 아주 미약하여 전수검사가 가능하며, 유기물을 구성하는 C-H, N-H, O-H 등의 관능기가 나타내는 정보가 근적외선 영역에서 압축되어 나타나므로 식품의 물리화화학적 특성 정보를 동시에 얻을 수 있다. 또한 분광분석법은 시료의 특성을 분석할 수 있는 특정 파장영역이 결정되면 다른 비파괴 검사법에 비하여 품질평가시스템을 구성하기 쉽고, 분석시 숙련된 기술이 필요 없으며, 결과의 해석이 간편할 뿐만 아니라 적은 비용으로 시스템을 구성할 수 있는

장점이 있다. 최근 비파괴 품질평가 방법을 이용하여 벌꿀의 품질을 실시간 판정을 위한 연구가 활발히 수행되고 있으나, 현장에 적용 가능한 장치는 개발되지 않고 있다.

### 제 3 절 연구개발의 목표

본 연구에서는 국내산 벌꿀의 채밀 및 품질관리 공정을 분석하고 최적 설계를 통하여 벌꿀 채밀기계 및 품질평가장치를 개발하고 현장 실증실험을 통하여 한국형 벌꿀의 채밀 및 품질관리 시스템을 개발하고자 수행하였으며 그 구체적 목표는 다음과 같다.

1. 벌꿀의 생산공정 및 국내외의 벌꿀 품질등급 규격을 조사하고, 국내 벌꿀의 성분을 분석한다.
2. 벌꿀 채밀기계의 설계인자를 구명한다.
3. 벌꿀 채밀 시작기를 제작하고 성능실험을 통하여 한국형 벌꿀 채밀기계를 개발한다.
4. 가시광선과 근적외선 영역의 반사 스펙트럼을 이용하여 벌꿀의 광학적 특성을 구명한다.
5. 분광분석법을 이용하여 벌꿀의 성분을 결정할 수 있는 PLS (Partial Least Square) 모델을 개발한다.
6. 광원, 분광기, 프로브 등으로 구성된 벌꿀의 실시간 품질평가장치를 개발하고, 장치의 성능을 비교·분석한다.



## 제 2 장 한국형 벌꿀 채밀기계 개발

### 제 1 절 벌꿀 생산공정

벌꿀 생산은 양봉장소를 선정하고 꿀벌들을 질병이나 해충으로부터 보호하며 다량의 우수한 꿀을 수집하기 위하여 봉군관리를 하며, 그 후 채밀공정을 통하여 소비로부터 꿀을 분리 수확한다. 수확한 꿀의 불순물제거를 위하여 여과공정을 거친 후 필요할 경우 후숙(숙성)공정을 거쳐 저장·유통하게 된다. 즉 벌꿀의 생산공정은 양봉장 선정 → 봉군관리 → 채밀작업 → 정화 및 여과 → 후숙(숙성) → 포장으로 이루어지고 있다.

벌꿀 생산공정에서 봉군관리 기술은 국내에서 양봉이 시작된 삼국시대 초기부터 전통토착기술로 많은 발전을 하였고 최근에도 기술발전을 위하여 많은 노력이 이루어지고 있다. 채밀공정은 벌통에 소비를 넣은 후 꿀이 찰이면 소비로부터 꿀을 분리, 수확하는 공정으로서 이러한 벌꿀공정에는 많은 인력이 필요하며 고품질 벌꿀의 생산을 위하여 수확적기에 많은 물량을 처리해야하는 어려움이 있으나, 국내에서는 아직 자동화 가능한 기계가 없어 원시적 형태의 장치를 이용하여 양봉농가에서 벌꿀 생산에 어려움을 겪고 있다.

채밀공정은 아카시아 채밀기의 경우 3일 간격으로 작업이 이루어지며, 새벽부터 오전 10시까지 작업이 이루어진다. 작업인원은 100봉군을 기준으로 보통 6~7명으로 이루어지며, 채밀량은 숙련자의 경우 1일 6시간 작업에 100~130통으로 수확적기에 빠른 시간에 채밀작업이 이루어져야 생산량을 확보할 수 있다.

우 등(1998)은 적정 채밀시기와 채밀작업시 고려되어야 할 사항에 대하여 발표한 내용에서 채밀시기는 벌꿀의 수분함량을 낮추기 위하여 신중을 기해야하며, 현재 일반적인 것은 아카시아 채밀기에 3일 간격으로 채밀하는 것이지만 다소 채밀시기가 늦어지더라도 75% 이상이 완전히 밀개된 이후에 채밀하는 것이 바람직하다라고 보고하

고있다. 또한 채밀작업은 바람이 불거나 비가 오는 날, 기온이 30℃가 넘을 때는 피하는 것이 좋으며, 채밀작업시 주의할 점은 채밀작업시 연기를 이용하여 벌이 달려들지 못하도록 훈연을 하는데, 이때 유독 화학물질을 사용하지 않아야 하며 천연성분의 연기를 사용할 때도 유독한 화학성분이 없어야 한다. 그리고 가급적 연기의 사용을 줄이고 채밀하기 적합한 날에 신속하게 작업하는 것이 필요하다.

이와 같은 채밀공정에 필요한 한국형 채밀기계 개발시 고려되어야 할 사항은 국내 실정을 고려하여 채밀과정에서의 손실율을 최대한 줄이고, 이동작업이 가능하여야 하며 소비의 투입 및 배출이 간편해야 한다. 또한 국내의 경우 주로 산 등지에서 벌꿀수확이 이루어지므로 채밀기의 수평고정의 용이성 및 이동식 동력공급장치 등이 고려되어야 한다.

## 제 2 절 소비의 구조 및 벌꿀의 성분

국내에서는 대부분 소비 10매들이 표준벌통을 사용하고 있으며 찻수는 폭 370mm, 세로 466mm, 깊이 242mm이다. 벌꿀 채밀 실험장치 설계에 필요한 국내에서 사용되는 소비를 조사한 결과에서 상부는 483mm, 하부는 448mm, 높이는 232mm, 폭은 35mm로 그림 2-1과 같다.

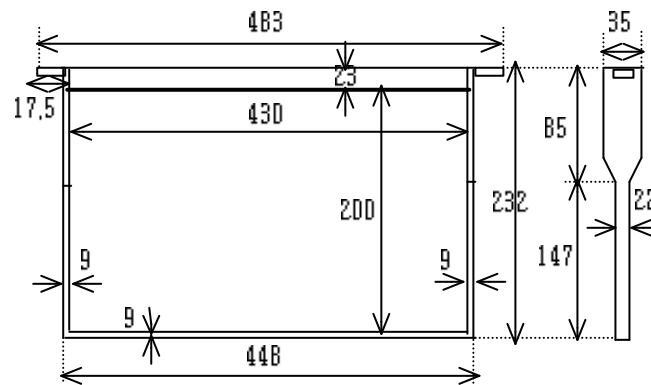


그림 2-1. 소비의 구조

국내산 벌꿀의 밀원 종류별로 분류하여 벌꿀의 성분을 분석하였다. 벌꿀의 주요 성분인 수분, 회분, 산도, 전화당, 자당, HMF를 분석하였다.

수분은 상압가열 건조법에 준하여 분석하였으며, 회분은 AOAC법(44.05)에 따라 측정하였다. 시료 5~10 g을 채취하여 미리 전기로에서 강하게 가열하여 항량을 구한 자제도가니에 정확히 달아 열판위에서 태운 후 전기로에 넣어 600℃ 전후에서 2~3시간 회화시킨 것을 데시케이터에 넣고 실온에서 방치 냉각한 후 무게를 달았다. 항량이 될 때까지 이를 반복하여 회분량을 산출하였다. 산도는 AOAC법(4.4.20)에 의하여 정량하였고, 전화당 및 자당은 식품공전에 따라 HPLC로 측정하였으며, 검체 약 1 g에 물 25 mL를 가하여 acetonitrile로 100 mL 메스플라스크의 표면까지 채운 뒤 여과하여 시험용액으로 하였다. Hydroxymethylfurfural(HMF)은 AOAC법에 따라 측정하였다. 검체 약 5 g을 물 25 mL로 용해하여 50 mL 메스플라스크에 옮긴다. 15%의 potassium ferrocyanide(페로시아화 칼륨) 용액 0.5 mL를 넣어 혼합한 다음 30% zinc acetate dihydrate 용액 0.5 mL를 넣고 증류수를 가하여 정용한 다음 여과하여 검액으로 사용하였다. 이용액 5 mL를 2개의 시험관에 취하고 공시험관에는 0.2% Sodium 1-hydrogen sulfite(아황산수소나트륨) 용액 5 mL를 본 시험관에는 증류수 5 mL를 각각 가한 다음 284 nm과 336 nm에서 각각의 흡광도를 측정하여 HMF의 함량을 계산하였다. 표 2-1은 밀원별 벌꿀의 주요 성분 분석결과를 나타낸 것이다.

표 2-1. 밀원별 벌꿀의 주요 성분분석

	acacia	rape	polyflower	chestnut	buckwheat	
moisture (%)	17.57-22.6	18.6-27.0	18.5-20.2	18.76-20.21	22.4-22.42	
ash (%)	0.02-0.18	0.08-0.28		0.05-0.57	0.09-0.12	
acidity (meq/kg)	8.5-14.35	12.14-20.5		22.38-23.8	16.56-28.20	
hydroxymethylfulfural (mg/kg)	0.059	0.029	0.088-0.123	0.059		
free sugar (%)	fructose	35.7-50.2	36.6-48.15	32.82-34.46	35.7-40.82	41.29
	glucose	25.7-31.9	31.3-48.62		31.27-31.7	40.57
	sucrose	3.2-6.1	0.3-1.9		6.12	4.51



### 제 3 절 벌꿀 채밀 시작기 설계 및 성능 분석

#### 1. 소비내 벌꿀의 원심분리 특성

원심력은 다음과 같이 회전반경과 중력가속도에 반비례하고 물체의 무게와 회전속도 제곱승으로 비례하게 된다. 원심력은 회전물체의 법선방향으로 작용하게 되므로, 원심력을 이용한 벌꿀 채밀기계 개발시 소비의 양쪽면 모두에서 원심력이 작용하도록 설계되어야 한다.

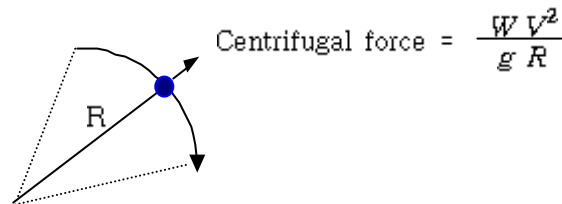


그림 2-2. 회전시 소비내의 원심력

채밀작업은 꿀이찬 소비를 벌꿀 채밀기에 장착하여 회전함으로서 소비내에 그림 2와 같은 원심력이 작용하여 소비로부터 꿀을 분리하여 꿀을 채집하는 작업으로서 채밀기 회전축의 회전방향과 소비의 위치에 따라 소비에 걸리는 원심력이 결정된다. 원심력 작용에 따른 채밀방법을 크게 Radial 방식(방사형), Tangential 방식(접선형), Horizontal 방식(수평형)으로 구분할 수 있다.

Radial 방식은 회전방향을 중심으로 방사형태로 소비를 쪼아 채밀하는 방법으로 수직 회전축에 소비 장작들을 설치하여 소비가 수직축을 중심으로 회전하게 된다. 따라서 소비의 벌꿀은 회전에 의한 원심력에 의하여 소비로부터 이탈되어 벌꿀을 수집할 수 있다. 이러한 구조를 갖는 벌꿀 채밀기는 소비의 양면이 회전축에 대하여 수직 방향으로 장착됨으로, 회전시 소비 양면에 작용하는 원심력이 서로 상이한 관계로 회전방향에 부착된 벌꿀은 분리가 잘 이루어지나, 그 이면의 벌꿀은 상대적으로 분리가 잘 이루어지지 않는다. 따라서, 이면의 벌꿀을 완전히 분리하기 위해서는 다시 역방향으로 회전시키거나 소비를 빼서 거꾸로 설치하여 회전시켜야 하는 번거로움이 있다.

Tangential 방식은 회전방향의 접선방향으로 소비가 위치하여 채밀하는 방법으로 채밀기의 회전축을 회전시키는 경우 소비 장착들이 채밀기 내부에 회전가능하게 장착되어 있으므로 회전방향에 따라 상기 소비 장착들이 좌우로 겹혀짐으로써 채밀기 내 측면에 밀착된다. 따라서, 회전축을 정방향 혹은 역방향으로 회전시키면 상기 소비 장착들이 적절하게 회전함으로써 소비의 양면이 원심력에 대하여 수직방향으로 위치됨으로 벌꿀 채밀작업을 수행할 수 있다. 이러한 채밀방식은 소비로부터 벌꿀을 원활히 채밀하기 위하여 회전축을 정방향과 역방향으로 회전시키는 것이 반드시 필요하다.

Horizontal 방식은 회전축의 회전방향과 동일한 방향으로 소비가 위치하여 소비 고정틀 자체를 회전시켜 채밀하는 방법으로 소비 양면에 원심력이 균일하게 작용하게 된다. Horizontal 방식의 채밀방법은 소비 양면에 원심력이 균일하게 작용하므로 채밀 작업시 회전방향을 바꾸어 줄 필요가 없다.

## 2. 벌꿀 채밀 시작기 설계 및 제작

벌꿀 채밀 시작기는 원심력 작용에 따른 채밀방법인 Radial 방식, Tangential 방식, Horizontal 방식에 따른 채밀능력을 분석하기 위하여 Radial 방식, Tangential 방식, Horizontal 방식의 시작기를 설계·제작하였다.

Radial 방식은 회전방향을 중심으로 방사형태로 소비가 장착되고, Tangential 방식은 회전방향의 접선방향으로 소비가 장착되는 방식으로서 Radial 방식과 Tangential 방식의 시작기는 외형은 원통형으로 기타 동력전달부 등은 동일하고 소비의 고정틀의 위치를 변경 가능하도록 설계하여 Radial 방식과 Tangential 방식의 채밀실험을 수행할 수 있도록 제작하였다. Horizontal 방식의 시작기는 회전축의 회전방향과 동일한 방향으로 소비가 위치하여 소비 고정틀 자체를 회전시키도록 설계·제작하였다.

가. Radial 방식 · Tangential 방식 시작기

소비 고정틀의 위치를 조정함으로써 Radial 방식과 Tangential 방식의 원심력을 이용한 벌꿀의 채밀실험이 가능하도록 설계 · 제작되었으며, 채밀기와 제어기로 구성 되어 있다.

그림 2-3은 Radial 방식 · Tangential 방식 시작기의 소비 고정틀을 나타낸 것으로 A형태로 회전축에 6개의 소비 고정틀을 고정시키면 회전방향을 중심으로 방사형태로 소비가 위치하여 Radial 방식의 채밀되어지며, 회전축의 고정핀을 풀면 회전축의 회전 시 소비의 고정틀이 B형태로 회전방향의 접선방향에 위치하여 Tangential 방식으로 채밀되도록 설계되었다.

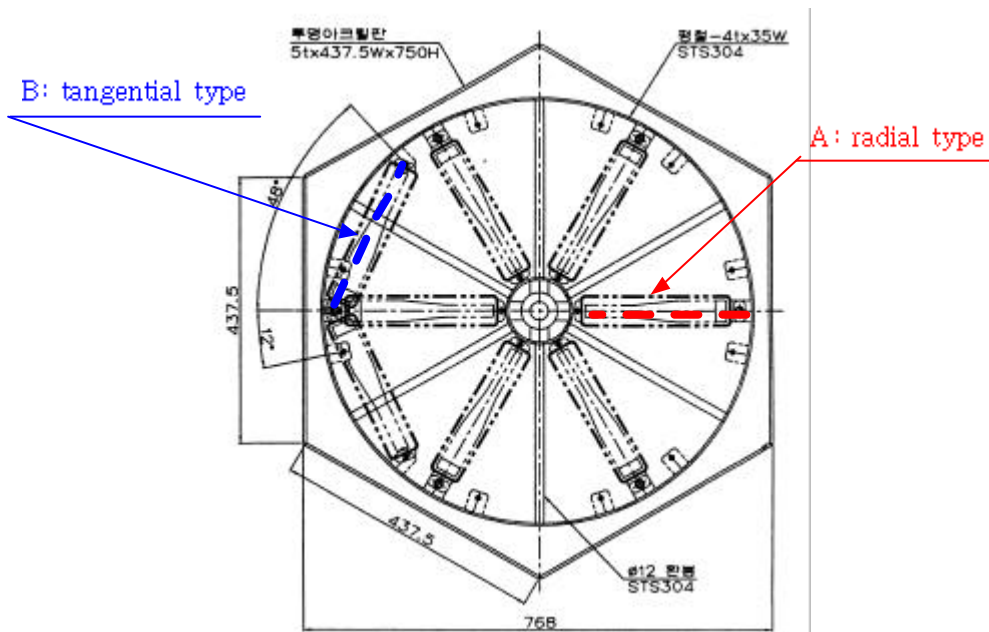


그림 2-3. Radial 방식 · Tangential 방식 시작기의 소비 고정틀

그림 2-4는 Radial 방식 · Tangential 방식 시작기의 설계도면을 나타낸 것이고, 시작기 제원 및 특기사항은 다음과 같다.

(시작기 제원)

- 크기 :  $\phi 760 \times 1350H$
- 형식 : Radial Type, Tangential Type 겸용
- 외형 : 6각 투명 아크릴
- G/R Motor : 1Hp (220V, 단상)
- Control Box : 회전방향 및 회전속도 조절
- 회전속도 조절기능 : 사용자프로그램 제어 기능

(특기사항)

- Radial 방식 및 Tangential 방식의 채밀실험이 가능함
- 회전모터의 작동시간 및 속도 제어가 가능함
- 소비 장착 회전축의 속도는 0~250 rpm까지 조절이 가능함
- 회전축 회전속도 조절은 사용자 프로그램식으로 비례제어가 가능함
- 실험시 소비에서 벌꿀의 채밀과정을 관찰이 가능함

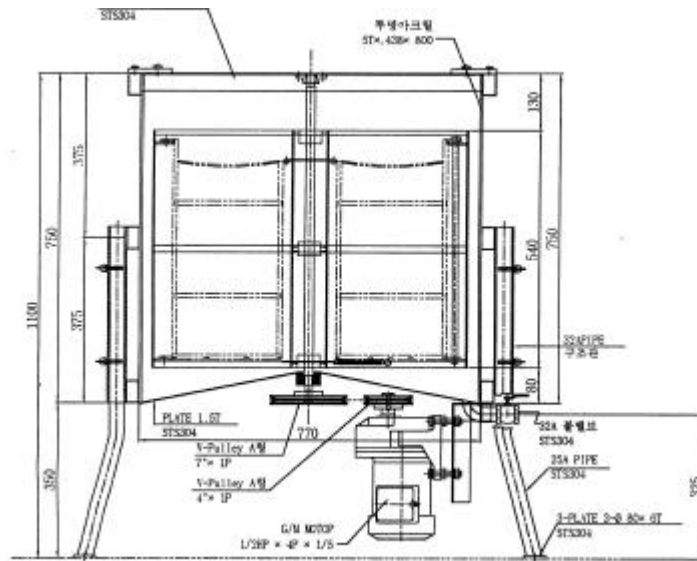
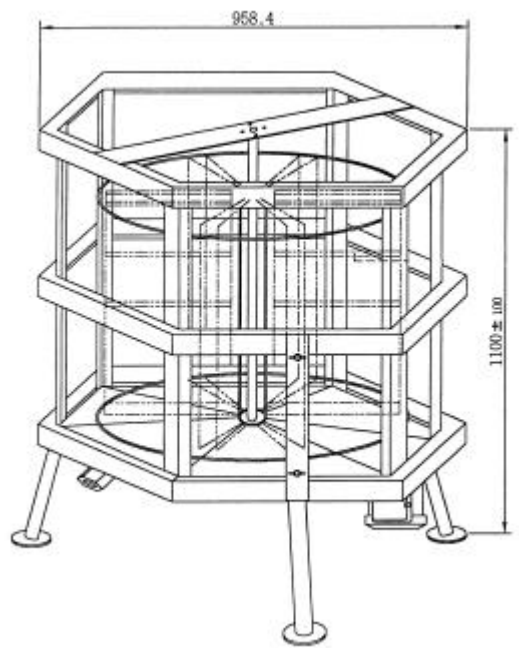


그림 2-4. Radial 방식 · Tangential 방식 시작기 도면

#### 나. Horizontal 방식 시작기

Horizontal 방식의 시작기는 원심력을 이용한 벌꿀의 원심분리 특성 분석과 채밀기 설계인자 구명하기 위하여 설계·제작되었으며, 채밀실험장치와 제어기로 구성되어 있다.

Horizontal 방식의 시작기는 회전축의 회전방향과 동일한 방향으로 소비가 위치하여 소비 고정틀 자체를 회전시켜 채밀하도록 되어있어 소비 양면에 원심력이 균일하게 작용하게 된다. 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용함으로 회전방향을 정방향 혹은 역방향으로 전환할 필요가 없으므로 채밀기의 조작이 간편하다. 또한 다수의 소비를 소비 트레이에 삽입할 수 있으므로 1회의 작업에 다량의 벌꿀을 채밀할 수 있으며, 채밀기를 소형화 할 수 있다.

그림 2-5는 Horizontal 방식 시작기의 설계도면을 나타낸 것이고, 시작기 제원 및 특기사항은 다음과 같다.

##### (시작기 제원)

- 크기 :  $\phi 620 \times 1120H$
- 형식 : Horizontal type
- 외형 : 횡형드럼 type
- G/R Motor : AC 1/2hp (220V, 단상)
- Control Box : 회전방향 및 회전속도 조절
- 회전속도 조절기능 : 사용자프로그램 제어 기능

##### (특기사항)

- Horizontal 방식의 채밀실험이 가능함
- 소비 장착 회전축의 속도는 0~500 rpm까지 조절이 가능함
- 회전축 회전속도 조절은 사용자 프로그램식으로 비례제어가 가능함
- 실험시 소조에서 벌꿀의 채밀과정을 관찰이 가능함

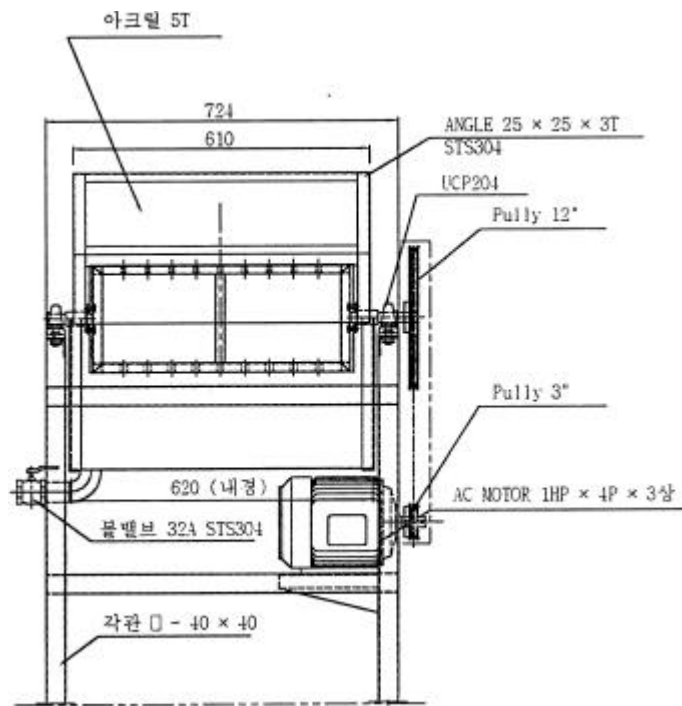
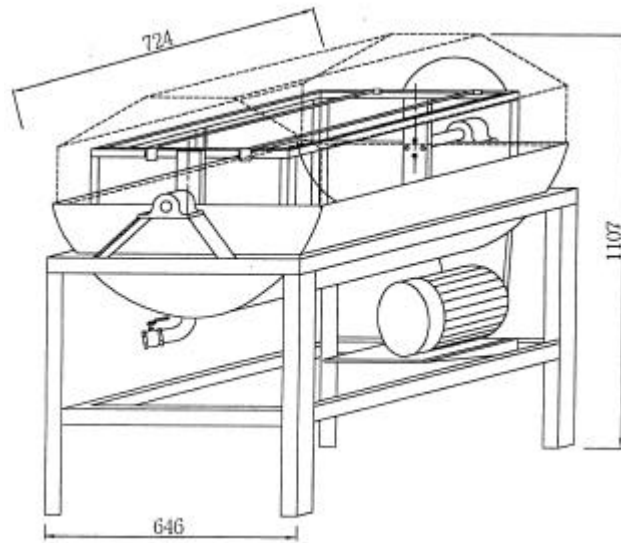


그림 2-5. Horizontal 방식 시작기 도면

### 3. 원심력에 따른 벌꿀 채밀실험

원심력에 의한 Radial 방식, Tangential 방식, Horizontal 방식의 채밀방법에 대한 벌꿀의 채밀특성을 구명하고 원심력에 따른 벌꿀 채밀특성을 이용하여 한국형 벌꿀 채밀기를 개발하고자 하였다.

#### 가. 실험재료 및 방법

실험장치는 본 연구에서 설계·제작된 Radial, Tangential, Horizontal 방식의 시작기를 사용하여 벌꿀의 채밀 특성을 분석하였다. 예비실험은 한국식품개발연구원에서 수행되었으나 양봉장으로부터 실험장소까지 소비와 벌통 이동의 어려움과 양봉장의 새로운 벌통과 소비의 공급 등의 문제로 인하여 벌꿀의 채밀실험은 벌꿀 생산지인 용인 양봉원에 제작한 시작기를 설치하여 수행되었다.

실험은 회전속도와 채밀시간에 따른 채밀능력을 분석하였으며, 처리구별 3회 반복 실험을 수행하였다. 채밀능력은 실험 전 벌꿀이 찬 소비무게에 대한 채밀 후 벌꿀이 분리된 소비의 무게 비율로서 분석하였다.

$$\text{채밀능력} = \frac{\text{채밀전 소비무게} - \text{채밀후 소비무게}}{\text{채밀전 소비무게}} \times 100$$

실험조건은 예비실험을 통하여 Radial과 Tangential 방식의 경우에는 회전속도 120, 140, 160, 180, 200 rpm와 채밀시간 1, 2, 3, 4, 5, 6min, Horizontal 방식의 경우에는 회전속도 100, 200, 300, 400, 500 rpm와 채밀시간 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5min으로 선정하였다.

#### 나. 결과 및 고찰

##### 1) Radial & Tangential 방식의 채밀실험

Radial과 Tangential 방식의 채밀실험에서는 국내 벌꿀의 Radial과 Tangential 방식의 원심력을 이용한 기계적 채밀에 대한 적용과 적정 채밀 작업조건을 알아보고자



채밀시간과 회전수에 따른 채밀실험을 수행하였다. 그림 2-6은 Radial, Tangential 방식의 시작기를 이용하여 채밀실험하는 모습이다.



(a) Radial & Tangential 방식의 시작기



(b) 채밀실험

그림 2-6. Radial, Tangential 방식의 시작기 및 채밀실험

채밀시간에 따른 실험결과에서 채밀시간이 증가함에 따라 채밀능력이 증가하는 경향을 나타냈다.

그림 2-7은 Radial 방식의 경우에서 회전축의 회전속도가 200 rpm, Tangential 방식의 경우에는 회전축의 회전속도가 140 rpm에서 채밀시간이 1, 2, 3, 4, 5, 6분에서 실험한 결과를 나타낸 것이다. Radial 방식의 경우는 채밀시간이 1, 2, 3, 4, 5, 6분으로 증가함에 따라 채밀능력도 59.9, 55.8, 61.0, 66.1, 65.9, 69.9로 증가하는 경향을 나타냈고, 채밀시간 4분 이후에는 그 증가폭이 감소되는 것으로 나타났다. Tangential 방식의 경우에는 채밀시간이 1, 2, 3, 4, 5, 6분으로 증가함에 따라 채밀능력이 68.0, 66.1, 68.8, 68.7, 71.2, 72.9로 채밀시간이 증가하면 채밀능력도 증가하는 경향을 보이고 있으나 Radial 방식의 경우보다는 채밀시간에 따른 증가폭이 적은 것으로 나타났다.

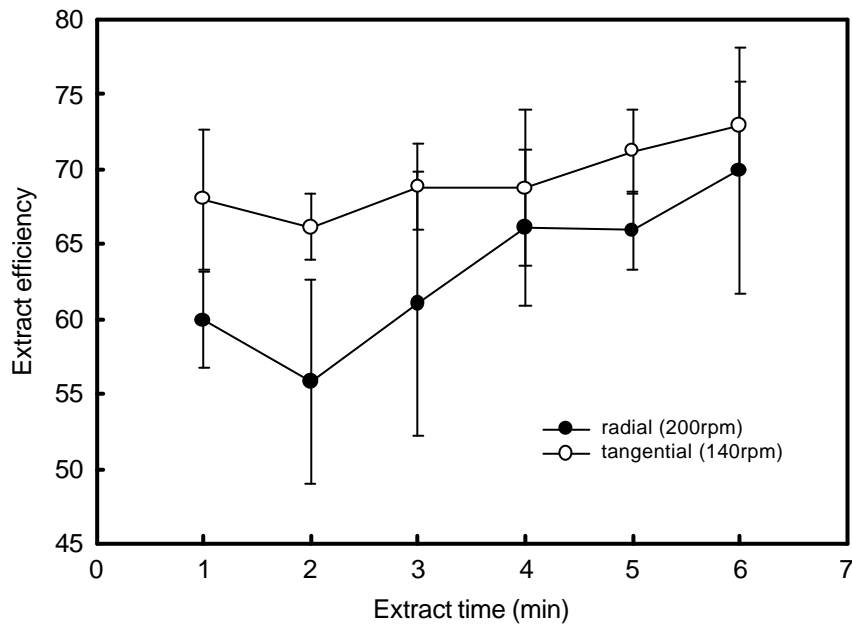


그림 2-7. Radial과 Tangential 방식의 채밀시간에 따른 채밀능력



(a) 채밀전 소비



(b) 채밀후 소비

그림 2-8. 채밀실험 전·후 소비

회전축의 회전속도에 따른 실험결과에서 회전축의 회전속도가 증가함에 따라 채밀 능력이 증가하는 경향을 나타냈다.

그림 2-9는 회전축의 회전속도에 따른 실험결과를 나타낸 것으로 회전축의 회전속도가 120, 140, 160, 180, 200 rpm로 증가함에 따라 채밀능력을 나타낸 것이다. Radial 방식의 경우에는 회전축의 회전속도가 120, 140, 160, 180, 200 rpm으로 증가함에 따라 채밀능력이 40.3, 51.8, 62.2, 60.2, 66.1로 증가하는 경향을 나타냈으며, 회전속도가 160 rpm 이상에서는 그 증가폭이 감소하였다. Tangential 방식의 경우에는 회전속도가 120, 140, 160, 180, 200 rpm으로 증가함에 따라 채밀능력이 66.7, 68.8, 71.8, 73.9, 67.7로 나타났으며, 회전속도가 120 rpm이상에서 회전수가 증가함에 따른 채밀능력의 증가폭은 크지 않았다.

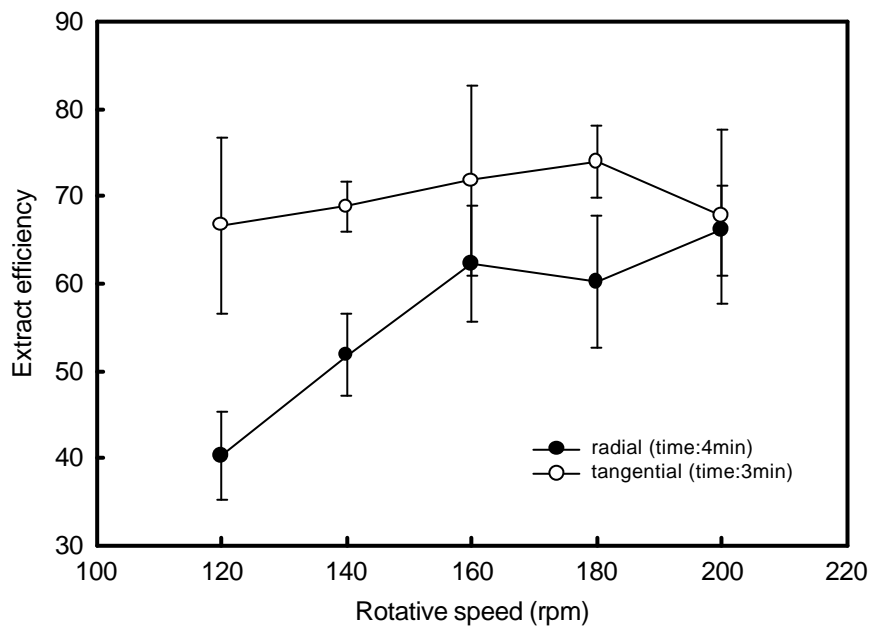


그림 2-9. Radial과 Tangential 방식의 회전속도에 따른 채밀능력

Radial과 Tangential 방식의 채밀실험 결과에서 적정 채밀조건은 Radial 방식의 경우에는 회전축의 회전속도가 200 rpm에서 채밀시간 4분, Tangential 방식의 경우에는 회전축의 회전속도가 140 rpm에서 채밀시간 3분의 작업조건이 좋은 채밀조건으로 판단된다.

Radial과 Tangential 방식의 채밀실험 과정에서 국내의 벌꿀의 채밀작업에 Radial과 Tangential 방식 모두 현장의 채밀작업에 적용 가능할 것으로 판단되었으나, Radial 방식의 경우 200 rpm의 높은 회전축의 회전속도를 요구하고 있어 채밀기의 기어나 베어링의 상태에 따라 차이가 나타나지만 일반적으로 수작업으로 채밀작업시 계속적하여 회전축의 회전속도를 200 rpm으로 유지하기는 어렵다. Tangential 방식이 경우에는 회전방향의 접선방향으로 소비가 위치하여 채밀하는 방법으로 회전축을 정방향 혹은 역방향으로 회전시키면 상기 소비 장착틀이 적절하게 회전함으로써 소비의 양면이 원심력에 대하여 수직방향으로 위치됨으로 벌꿀 채밀작업을 수행할 수 있다. 이러한 채밀방식은 소비로부터 벌꿀을 원활히 채밀하기 위하여 회전축을 정방향과 역방향으로 회전시키는 것이 반드시 필요하다. 즉, 채밀작업시 소조의 앞뒤면을 바꾸어 주어야 하므로 채밀작업시 번거로움이 따르며 이를 해결하기 위하여 정역방향으로 회전시 자동으로 소조의 앞 뒤 위치가 변환되도록 설계되어져야 한다.

또한 같은 크기의 채밀장치의 경우 1회 채밀작업시 Radial 방식이 Tangential 방식보다 40%이상의 소비를 장착하여 채밀할 수 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 수작업용 채밀기에는 작업요건을 고려하여 Tangential 방식의 적용이 바람직하나, 국내와 같이 이동식 양봉을 하며 공간과 1회 채밀량이 중요한 실정에서는 동력을 이용한 기계적 채밀기에는 Tangential 방식보다 Radial 방식의 적용이 바람직 할 것으로 판단되었다.

## 2) Horizontal 방식의 채밀실험

Horizontal 방식은 회전축의 회전방향과 동일한 방향으로 소비가 위치하여 소비 곁들 자체를 회전시켜 채밀하는 방법으로, 최근 프랑스, 캐나다 등에서 벌꿀 채밀의

새로운 방법으로 보고되고 있어 국내 벌꿀 채밀작업의 적용과 Horizontal 방식의 벌꿀 원심분리 특성을 분석하였다. 그림 2-10은 본 연구에서 제작한 Horizontal 방식의 실험장치 및 채밀실험을 나타낸 것이다.



(a) Horizontal 방식의 시작기



(b) 채밀실험

그림 2-10. Horizontal 방식의 실험장치 및 채밀실험

그림 2-11은 Horizontal 방식의 채밀시간에 따른 채밀실험 결과를 나타낸 것으로, 회전축의 회전속도가 300 rpm일 때 채밀시간을 30초, 1분, 1분30초, 2분에서의 실험결과이다. 채밀시간이 30초, 1분, 1분30초, 2분으로 증가함에 따라 채밀능력은 10.2, 65.3, 67.1, 67.0으로 증가하는 경향을 나타냈으며 채밀시간 1분 이후에는 증가폭이 크게 감소하였으며 채밀시간 1분 30초와 2분의 증가폭은 매우 작게 나타났다.

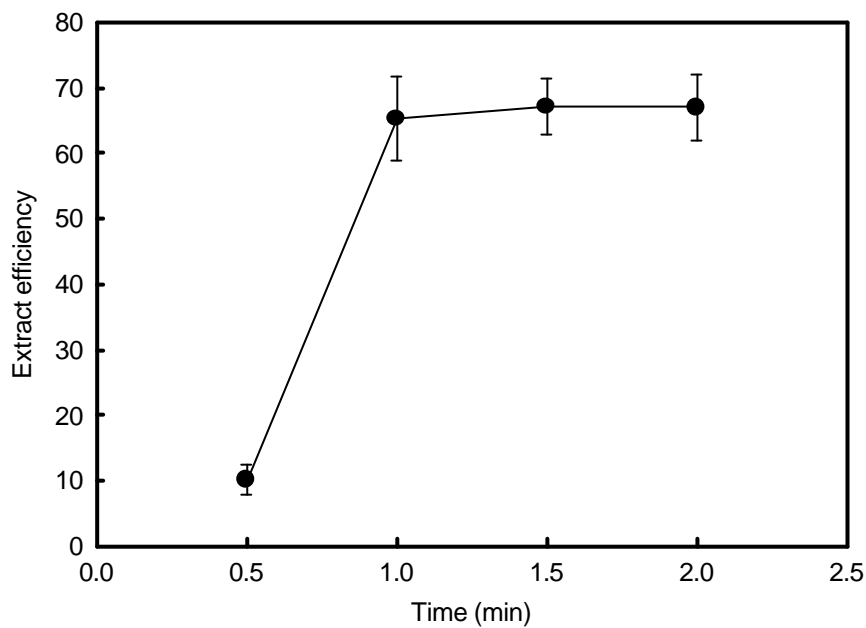


그림 2-11. Horizontal 방식의 채밀시간에 따른 채밀능력

그림 2-12는 Horizontal 방식의 회전축의 회전속도에 따른 채밀실험 결과로서 채밀시간이 1분 30초일 때 회전축의 회전속도가 200, 300, 400, 500 rpm으로 증가함에 따른 채밀능력을 나타낸 것이다. 회전축의 회전속도가 200, 300, 400, 500 rpm으로 증가함에 따라 채밀능력은 31.2, 67.1, 64.3, 68.5로 증가하는 경향을 나타냈으며, 회전수 300 rpm 이후에서는 그 증가폭이 매우 작게 나타났다.

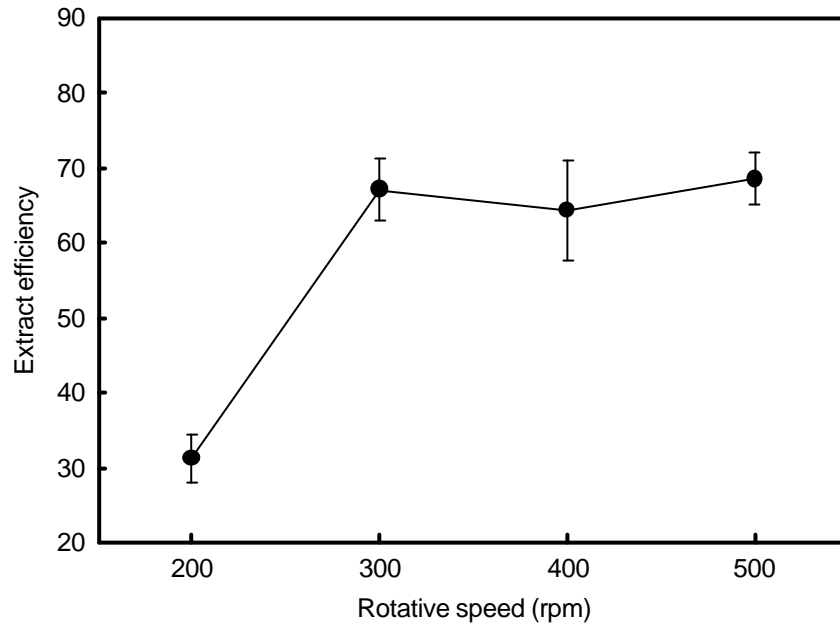


그림 2-12. Horizontal type의 회전수에 따른 채밀능력

위의 결과에서 Horizontal type의 벌꿀 채밀장치는 회전수가 300 rpm 이상의 고속 회전이 필요한 것으로 나타나 수작업 채밀방법에는 적용이 될 수 없을 것으로 판단되었고, 동력을 이용한 기계적 채밀방법에는 적용이 가능할 것으로 판단되었다. 또한 Horizontal type이 Radial이나 Tangential type 보다도 같은 공간에 많은 소비를 채밀할 수 있는 장점을 가지고 있다.



## 제 4 절 한국형 벌꿀 채밀기계

원심력에 따른 벌꿀 채밀 성능실험 결과에서 국내의 벌꿀의 채밀작업에 Radial과 Tangential 방식 모두 현장의 채밀작업에 적용 가능할 것으로 판단되었으나, Radial 방식의 경우 200 rpm의 높은 회전수를 요구하고 있어 채밀기의 기어나 베어링의 상태에 따라 차이가 나타나지만 일반적으로 수작업으로 채밀작업시 계속적으로 200 rpm을 유지하기는 어렵다. 또한 Tangential 방식의 경우에는 채밀작업시 소조의 앞뒤면을 바꾸어주어야 하므로 채밀작업시 번거름이 따르며 이를 해결하기 위하여 정역방향으로 회전시 자동으로 소조의 앞 뒤 위치가 변환되도록 설계되어야 한다. 또한 같은 크기의 채밀장치의 경우에는 1회 채밀작업시 Radial 방식이 Tangential 방식보다 40%이상의 소비를 동시에 채밀할 수 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 수작업용 채밀기에는 작업요건을 고려하여 Tangential 방식의 적용이 바람직한 것으로 나타났으며, 고정식 양봉의 동력을 이용한 기계적 채밀기에는 Radial 방식의 적용이 바람직 할 것으로 판단되었다.

또한 Horizontal 방식의 벌꿀 채밀장치는 회전수가 300 rpm 이상의 고속 회전이 필요한 것으로 나타나 수작업 채밀방법에는 적절하지 않은 것으로 판단되었고, 동력을 이용한 기계적 채밀방법에 적정한 것으로 나타났다. Horizontal 방식이 Radial 방식이나 Tangential 방식보다도 같은 공간에 많은 소비를 채밀할 수 있고, 채밀작업 시간도 가장 빠르게 나타나 국내와 같이 이동식 양봉을 하며 공간과 1회 채밀량이 중요한 실정에서는 동력을 이용한 한국형 자동 채밀기계에 가장 적합한 방식으로 판단되었다.

따라서 한국형 벌꿀 채밀기계의 모델은 채밀실험 결과를 토대로 채밀능력, 채밀기에서 소비의 공급·배출의 용이성, 적정 동력장치, 이동·설치의 편의성, 작업 후 세척의 용이성 등을 고려하여 Horizontal 방식의 원심력을 이용한 자동 채밀기계를 개발하였다. 한국형 채밀기계의 기계적 구조 및 구체적인 내용은 별첨 벌꿀 채밀기 특허 출원 내용과 같다.

개발된 한국형 벌꿀 채밀기계는 회전하는 축방향과 수평하게 소조를 넣고 소조 자체를 회전시켜 채밀하는 방법인 Horizontal 방식의 채밀방식으로 같은 공간에 많은 소비를 채밀할 수 있고 채밀작업시간도 단축할 수 있다. 그리고 한국형 벌꿀 채밀기계는 채밀작업시 작업효율을 높이고 작업의 편이성 제고를 위하여 밀개작업 후 바로 외부 소비 공급대에 소비를 넣은 후 채밀기에 장착하도록 설계하여, 현장에서 가장 큰 애로사항으로 나타난 소비의 공급·배출의 용이성 문제를 해결하였다. 또한 이동양봉을 고려하여 개발된 채밀기의 동력원은 200V 전기 및 이동식 발전기를 사용하도록 설계하였다.

한국형 벌꿀 채밀기계는 다음과 같은 기술적 목적을 두고 개발되었다.

첫째, 소비의 양면에 원심력이 효과적으로 작용하도록 하여 벌꿀이 보다 용이하게 분리됨으로서 채밀효율을 향상시킬 수 있는 벌꿀 채밀기

둘째, 다량의 소비를 장착함으로써 작동시 많은 벌꿀을 채밀할 수 있는 벌꿀 채밀기

셋째, 회전축을 한방향으로만 회전시키므로 구동부의 구조가 간단하고 고속회전이 가능하므로 채밀시간이 단축될 수 있는 벌꿀 채밀기

넷째, 다수개의 소비를 소비 케이스에 한 번의 작업으로 교체가능함으로 소비 교체시간이 단축될 수 있는 벌꿀 채밀기

따라서 본 연구에서 개발한 한국형 벌꿀 채밀기계는 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

첫째, 소비를 회전축의 회전방향과 동일 방향으로 장착함으로써, 회전시 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용함으로 벌꿀의 분리가 용이하여 채밀효율이 향상된다.

둘째, 다수의 소비를 소비 트레이에 삽입할 수 있음으로 1회의 작업에 다량의 벌꿀을 채밀할 수 있으며, 채밀기를 소형화 할 수 있다.

셋째, 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용함으로 회전방향을 정방향 혹은 역방향으로 전환할 필요가 없음으로 채밀기의 조작이 간편하다.

넷째, 300 rpm 이상의 고속회전이 가능함으로 채밀시간이 단축되는 장점이 있다.

다섯째, 소비 트레이를 소조에 서로 반대 방향으로 장착함으로써, 소조 회전시 무

계 중심이 균형을 이루게 됨으로 편심이 방지되어 정속운전이 가능하다.

여섯째, 작업전에 다량의 소비를 소비 트레이에 삽입하고 이 소비 트레이를 소조에 장착하여 작업을 하게 됨으로 소비 교체작업이 간편하며, 교체시간이 단축되는 장점이 있다.

## 제 3 장 벌꿀 품질평가장치 개발

### 제 1 절 벌꿀의 품질등급 규격

#### 1. 벌꿀의 성분

꿀은 다른 당류보다 상대적으로 가격이 비싸기 때문에 설탕, 물엿, 전화당 등을 혼합하는 사례가 빈번하여 오래 전부터 꿀의 진위를 가리는 방법이나 품질평가에 관하여 많은 관심을 가지고 연구를 수행하여 왔다. 벌꿀의 주성분은 전화당과 미량의 설탕, 올리고당 등과 같은 탄수화물이 대부분이며, 기타 미량 성분으로 단백질, 아미노산, 무기물, 회분, 효소류, 비타민류, 유기산류 등이 포함되어 있다. 벌꿀은 원산지, 밀원(蜜源), 채밀 시기 등에 따라 그 성분이 확연한 차이를 가지고 있어 통합된 품질 평가기준을 만들기가 어려운 것으로 보고되고 있다. 벌꿀의 품질에 영향을 미치는 요인으로 당의 조성, 수분, 회분, 산도, HMF(hydroxymethyl furfural), 조단백질, proline, PH, diastase activity 등이 있다.

벌꿀은 자연식품 중에서 가장 복잡한 당 혼합물로서 주성분인 당의 조성은 과당(fructose)과 포도당(glucose)이 주종을 이루며, 이들의 함량은 전체의 약 70~80% 정도를 차지한다. 미국산 벌꿀의 과당 함량은 35.1~38.3%, 포도당 함량은 23.1~33.6%, 한국산 양봉꿀의 과당 함량은 28.3~39.9%, 포도당 함량은 21.8~37.6%로 보고되고 있다. 벌꿀의 당도 조성에서 포도당(glucose), 과당(fructose), 자당(sucrose)은 지역, 환경, 밀원에 따라 달라지며 복합적인 요인에 기인하여 당의 성분은 결정된다. 그러나 일반적으로 같은 밀원에서 만들어진 벌꿀은 포도당, 과당, 자당이 거의 일정한 비율로 나타남을 알 수 있다. 일반적으로 벌꿀중의 당의 조성비는 과당>포도당>자당의 순서로 나타나는데, 그 비는 밀원에 따라 차이가 있으나 동일 밀원에 한하여는 거의 일정한 조성비를 보이는 것으로 나타나 이를 기준으로 삼아 벌꿀의 품질 평가기준에 적용할 수 있다.

보통 자당은 토종이나 양봉 꿀에서는 그 양이 작으나 사양(飼養)꿀에서는 높게 나

타나 그 조성비 중 차지하는 퍼센트가 높을 경우 품질이 떨어지는 것으로 판단해도 무방할 것이다. 결정화에 영향을 미친다고 생각되는 과당/포도당(F/G) 비는 그 비가 클수록 결정화 속도가 느려진다. 저장 중 과당/포도당 비 값이 증가하는데 포도당이 과당보다 빠르게 감소하기 때문이다. 이는 효소에 의한 포도당의 축합과 분해에 관계한다. 밀원에 따라 그 차이가 있으나 보통 과당/포도당 비는 1.0을 전후에서 나타난다.

벌꿀의 수분은 벌집에서의 숙성기간에 따라 각기 다른 함량을 나타낸다. 벌꿀은 흡습성이 높을 뿐 아니라 20~21% 이상의 수분을 함유하게 되면 효모에 의한 발효가 일어나기 쉽고, 벌꿀이 응고하는 결정화에도 큰 영향을 미치기 때문에 벌꿀의 품질에 있어서 수분 함량은 매우 중요하다. 잘 숙성된 벌꿀의 수분 함량은 18% 정도이며, 벌꿀의 품질을 원래대로 장기간 유지하려면 18~20% 정도가 적절하다고 보고되고 있다. 한국 식품공전의 규격은 수분함량이 21% 이하이며, 미국 FDA에서는 수분함량을 25% 이하로 규정하고 있다.

HMF(hydroxymethyl furfural)은 천연의 벌꿀 속에 미량 존재하나 가열이나 장시간 저장 등에 의해 증가하는 성분으로 알려져 있다. 벌꿀의 종류나 저장 조건에 의해 약간의 차이는 있으나, HMF의 생성은 저장기간과 저장상태에 따라 가속화된다고 보고되고 있다. HMF의 함량이 많은 벌꿀은 가공 처리시 과열되었거나 저장 조건이 나쁘거나 또는 채밀 후 꽤 오랜 시간이 지난 것 등으로 판단하고 있으며, 풍미의 저하를 나타내어 꿀의 품질상 좋지 않은 것으로 판단되고 있다. 또한 꿀은 전화당과 같은 물질의 첨가에 의한 정량이 가끔 문제가 되므로 인공전화당의 검출이란 관점에서 HMF의 측정이 행해지고 있다. 이러한 관점으로부터 꿀의 국제권고규격(유럽 규격)에서는 15~40mg/kg, 한국 식품공정에는 40mg/kg 이하로 규정하고 있다.

회분의 함량은 벌꿀에 따라 차이가 많이 나는 성분 중의 하나로 벌들의 배설에 의해서 벌꿀로부터 제거되어지는데 이 작업이 벌집 밖에서 이루어져야 하기 때문에, 회분 함량이 많은 꿀은 겨울을 나려는 벌들에게 불리하다. 다른 연구자의 실험 결과에 의하면 회분 함량이 토종꿀은 0.31% 양봉꿀이 0.11%의 평균치를 보였으며, 밀원의 차이 때문에 토종꿀이 양봉꿀 보다 3배 정도의 높은 함량을 나타낸 것으로 추측된다. 벌꿀의 조단백질 함량은 매우 낮은 수준이지만, 일찍부터 이를 이용하여 벌꿀의 변조

여부를 판단하는데 이용하여 왔으며, 벌꿀의 여러 특성에도 깊은 관련이 있어 주요한 성분으로 주목받고 있다. 벌꿀은 함유되어 있는 유기산 때문에 대부분 산성을 나타냄으로써 미생물의 생육을 억제한다. 국내산 벌꿀의 pH는 평균 4.0 정도로 크게 차이가 없는 것으로 보고되고 있다.

벌꿀에 함유되어 있는 대부분의 성분은 밀원으로부터 오거나, 숙성 중에 생성되지만, proline이나 diastase와 같은 효소는 벌이 식물의 nectar를 벌꿀로 전환시키는 과정 중에 plant nectar에 가해주는 물질들이다. 벌은 벌꿀에 많은 효소들을 첨가하여 숙성시키는데 그 중에서도 벌꿀 중의 효소 활성을 측정하는데 가장 보편적으로 이용되고 있는 효소가 diastase이다. 높은 온도로 열처리를 하거나 장기간 보관하게 되면 효소의 활성이 낮아지게 되므로 diastase activity는 벌꿀의 신선도와 품질을 측정하는데 하나의 지표가 된다. 벌꿀 중의 proline은 밀원식물이 nectar에서부터 오는 물질이 아니라 벌이 nectar에 효소를 가할 때 높은 삼투압을 조절해 주기 위해서 nectar에 첨가해 주는 물질로 여겨지고 있다.

## 2. 국내 벌꿀의 규격기준

우리나라에서 생산되는 벌꿀의 종류는 크게 유채꿀, 아카시아꿀, 밤꿀, 잡화꿀 및 짜리꿀이 있으며, 품질검사는 물리적인 방법과 화학적인 방법으로 크게 나눌 수 있는데 물리적인 방법보다 화학적인 방법을 통해서만 벌꿀의 진위여부를 확인할 수 있다. 현재 벌꿀의 검사방법은 보건복지부 식품위생법에 따른 벌꿀검사방법에 따라 검사하며 이들에 대해 고시된 성분규격으로는 표 3-1에 나타난 바와 같이 색상, 수분, 회분, 산도, 전화당, 자당, HMF, 타알색소, 인공감미료, 이성화당 등의 규격 기준이 있다. 색상은 고유의 색, 향미 및 점조성이 있어야 하고, 수분은 21% 이하, 회분은 0.6% 이하, 산도는 40.0meq/kg 이하, 전화당은 65% 이상, 자당 7% 이하, HMF 40mg/kg 이하로 규정되어 있다. 그 외 타르색소와 인공감미료는 검출되어서는 안되며 이성화당은 음성이어야 한다. 그러나 색도에 관한 규격은 특별히 제한하고 있지 않은 상태이며, 10가지 항목 이외에 채밀기준이나 소분기준을 제시하고 있는 것이 전부이다. 따라서 한국양봉협회에서는 국제 무역시 벌꿀색깔 등급기(Pfund Color Grader)를 이용하여 벌

꿀에 등급을 매기는데, 그 기준은 표 3-2와 같다.

벌꿀은 산지 및 밀원에 따라 그 개별적인 특성이 확연하게 차이가 있어 하나의 기준에 의한 품질의 평가가 무의미하므로 실질적으로 꿀의 품질평가에 관한 등급별 기준은 제시되지 않고 있다. 그러므로, 벌꿀의 품질에 영향을 미치는 당의 조성, 수분, 회분, 산도, HMF, 조단백질, proline, PH, diastase activity 등의 수치를 제시하고 산지, 밀원, 채밀시기를 고려하여 품질을 평가하는 방법을 채택하고 있다.

표 3-1 우리나라의 벌꿀규격기준 (보건복지부 고시 88-40호, 91-24호)

항 목	규 격
성상	고유의 색택과 향미를 가지고 점조성이 있어야 한다.
수분	21% 이하
회분	0.6% 이하
산도	40meq/kg 이하
전화당	65% 이상
자당	7.0% 이하
HMF	40mg/kg 이하
Tar색소	검출되어서는 안된다.
이성화당	음성
인공감미료	검출되어서는 안된다.

표 3-2 색깔로 분류하는 벌꿀의 등급표

색깔	Pfund Scale	분류
물처럼 맑은색 (Water White)	0-8 mm	아카시아, 사과꿀 등
아주 맑은색 (Extra White)	8-16.5 mm	클로버, 칠엽수, 오렌지, 자운영꿀 등
맑은색 (White)	16.5-34 mm	유채, 피나무, 해바라기꿀, 짜리꿀 등
아주 연한 호박색 (Extra Light Amber)	34-50 mm	유칼리, 목화, 옷나무꿀 등
연한 호박색 (Light Amber)	50-85 mm	잡화꿀
호박색(Amber)	85-114 mm	잡화꿀
암갈색(Dark)	114 mm 이상	메밀, 밤나무 등의 잡화꿀

### 3. 외국 벌꿀의 규격기준

Codex(Codex Alimentarius Standards)는 전세계적인 벌꿀 무역의 기준이며, EU (European Directive) 역시 유럽을 대표하는 국제적인 기준이다. 이 두 단체는 벌꿀 품질규격이 표 3-3에서 나타난 바와 같이 매우 유사하지만, EU와 Codex는 서로 다른 세부적인 항목을 제시하고 있다.

수분함량은 단지 평가항목중의 하나이지만 오래전부터 나라간 무역의 품질평가 기준으로써 중요한 항목중의 하나로 인식되어 왔다. 벌꿀의 최대 수분함량이 Codex와 EU 모두 21g/100g으로 규정되어 있지만 clover honey는 이 규정에서 제외되었다. 좀처럼 꿀의 수분 함량은 21g/100g을 넘지 않는데, 실제로 IHA (International Honey



Commission)가 1989년에서 97년까지 30,000개의 꿀을 조사해 본 결과 91-95%의 꿀이 20g/100g 이하인 것으로 나타났다. 따라서 독일, 벨기에, 오스트리아, 이태리 등의 여러 유럽국가들은 품질이 아주 좋은 벌꿀의 최대 수분함량을 17.5-18.5g/100g으로 보고 있다.

국내에서와는 달리 외국에서는 비교적 다양한 꿀에 대한 전화당 및 자당의 값을 규정하고 있다. 일반적인 꽃꿀과 감로의 경우 전화당 함량의 기준이 다르므로 감로꿀과 꽃꿀의 차이를 식별하는데 전화당 함량을 측정하는 방법이 많이 쓰이고 있다. Codex에서는 특별히 45g/100g이상, EU에서는 60g/100g이상으로 제안하고 있으며 이들 규정에서 rosemary honey는 제외되었는데 실제로 다른 꿀보다 전화당 함량이 5%나 높은 것으로 보고되었다. 그러나 최근에는 보다 간편하고 쉬운 측정 방법으로 전기전도율을 이용하기도 한다.

불용성 고체함량은 우리나라의 식품공전에는 없는 규정이나 이 방법은 벌꿀의 순도를 감지하는데 중요한 수단으로 이용된다. Codex와 EU, 영국, 캐나다에서는 불용성고체함량도 품질평가항목으로서 0.1% 이하로 제한하고 있다. Wax나 그 밖의 불용성고체 함량이 많을수록 꿀의 품질이 떨어지므로 벌꿀의 순도 지표로서 이것의 함량은 중요하다고 볼 수 있으며, 외국에서는 가공공정에서부터 미리 paper filter방법을 이용하여 불순물들을 제거하는 방법들을 시도하고 있다. Proline이나 diastase와 같은 효소는 벌이 식물의 nectar를 벌꿀로 전환시키는데 필요한 물질인데 이들의 값은 높은 온도로 열처리를 하거나 장기간 보관하게 되면 효소의 활성이 낮아지게 되므로 벌꿀의 신선도와 품질을 측정하는데 지표가 된다. 국내 규격기준에는 없으나 이미 Codex와 EU는 diastase activity값을 8 이상으로 규정하였다.

유럽국가들(독일, 벨기에, 이태리, 오스트리아, 스페인)은 실제로 최상의 품질을 가진 꿀에 대해 HMF 함량을 15mg/kg으로 규정하고 있으며 국제무역에서는 최대 40mg/kg까지는 허용하고 있다. 지난 10년간 IHA는 30,000개의 어떠한 공정도 거치지 않은 꿀에 대해 HMF함량을 조사한 결과 90% 이상이 30mg HMF/kg을 넘지 않는 것으로 나타났다. Codex에서는 규격기준을 60mg/kg으로 하였는데 이는 최대허용량으로 따뜻한 기후의 나라에서 꿀을 저장하는 동안에 HMF가 자연적으로 증가하는 것을

고려해준 것이다. EU의 HMF함량의 기준치는 40mg/kg으로써 diastase activity와 마찬가지로 Codex보다 더욱 엄격한 규제를 하고 있다.

표 3-3 Codex 와 EU의 벌꿀의 규격기준

품질평가 항목		Codex 규격	EU 규격
수분	일반적인 꿀	21g/100g 이하	21g/100g 이하
	heather(히스속식물), 클로버	23g/100g 이하	23g/100g 이하
	산업용, 베이커리용	25g/100g 이하	25g/100g 이하
전화당	일반적인 꿀	65g/100g 이상	65g/100g 이상
	honeydew 혹은 honeydew가 함유된 꽃꿀	45g/100g 이상	60g/100g 이상
자당	일반적인 꿀	5g/100g 이하	5g/100g 이하
불용성 고체	일반적인 꿀	0.1g/100g 이하	0.1g/100g 이하
	Pressed honey	0.5g/100g 이하	0.5g/100g 이하
미네랄(회분)	일반적인 꿀	0.6g/100g 이하	0.6g/100g 이하
	honeydew 혹은 honeydew가 함유된 꽃꿀이나 밤꿀	1.2g/100g 이하	1.2g/100g 이하
산도	모든꿀	50 meq/kg	50 meq/kg
Diastase 성	가공, 혼합의 과정은 거친후의것 (Codex)	8 이상	8 이상
	모든 꿀 (EU) 천연적인 소량의 효소를 함유하고 있는 꿀	3 이하	3 이하
HMF	가공과 혹은 혼합과정을 거친 것 (Codex) 모든꿀 (EU)	60mg/kg 이하	40mg/kg 이하

벌꿀의 보다 정확한 품질 평가를 위하여 새로운 연구가 활발히 진행되면서 지금까지와는 다른 규격들이 제안되고 있다. 미국 등에서는 보다 적극적인 방법의 일환으로 특정당의 함량이나 전기전도율을 측정함으로써 보다 간편하고 신속하게 품질을 평가하고 있다. 전기전도율의 값은 꿀의 회분 함량과 산 함량에 따라 변화하며, 산과 회분 함량이 많은 꿀일수록 전기전도율은 높게 나타난다. 이것은 모든 꽃꿀과 감로에도 폭넓게 전세계적으로 쓰이는 방법으로 국제규격으로 새롭게 권고되고 있다. 특정당의 함량 또한 많이 쓰이는데 과당과 포도당 함량, 자당의 함량, fructose/glucose의 비율 등이 좋은 평가지표이다. 그외 많은 나라에서 invertase activity, proline 함량, specific rotation 등을 함께 병용하여 사용하고 있는 추세이다.

#### 4. 벌꿀의 진위 판정

벌꿀은 꽃의 꿀을 일단 섭취한 다음에는 다시 벌집에 돌아와서 다시 토해내어 저장되기 때문에 벌의 타액이 혼입된다. 꽃꿀의 주성분이 자당은 벌의 타액 속에 함유되어 있는 효소의 작용에 의해 포도당과 과당으로 전화되어 저장된다. 꿀의 채집이 어려운 장마철 등에는 벌의 생육 유지를 위하여 설탕을 급여하는 경우가 있으나, 일부 채밀농가에서는 수확량을 높일 목적으로 개화 여부에 관계없이 다량의 설탕을 급여하는 것으로 알려져 있다. 그러나 다량의 설탕을 급여한 경우라도 숙성 과정중 효소적인 전환과정을 거쳐 꿀의 주성분인 포도당과 과당으로 전화되므로 단순히 당의 분석만으로 설탕의 급여 여부를 판단하기는 곤란하다. 특히 많은 꿀에서 미량의 설탕 성분이 포함되어 있어 이것이 설탕 급여에 의한 것인지, 꽃꿀에 의한 것인지는 당의 조성만으로 판단하기 어렵다.

벌꿀의 경우 오래 전부터 설탕, 물엿, 고과당 옥수수시럽(High fructose corn syrups, HFCS) 등을 꿀에 직접 첨가한 꿀이 천연의 벌꿀처럼 판매되는 사례가 빈번하였다. 물엿이나 설탕을 가수분해시킨 전화당을 혼합한 경우에는 이들 각 당류의 특성을 이용하여 HPLC로 당의 조성을 분석하거나 HMF 등과 같은 물질을 분석하여 전화당의 혼입여부를 분석할 수 있었다. 그러나 최근에는 생물공학적인 방법이 도입되어 효소를 이용한 가수분해법이 개발되었으며 가수분해효율도 매우 높게 되었고 생산

량도 실험실적 규모에서 대량 생산이 가능하게 되었다. 근년에 개발되어 각종 식품에 광범위하게 사용되어지고 있는 고과당 옥수수시럽(HFCS)는 포도당이 52%, 과당이 42%를 차지하고 있어 꿀의 조성과 매우 유사하다. 따라서 HFCS를 꿀에 첨가할 경우 HPLC를 이용하여 당의 조성을 분석하더라도 판별이 거의 불가능하게 되었다.

현재 우리나라의 벌꿀 규격기준표에 의하면 성상, 수분, 회분, 산도, 전화당, 자당, HMF, 타르색소, 인공감미료, 이성화당 등의 규격기준이 있으나 이들 방법만으로는 벌꿀의 품질평가에 그다지 신빙성 있는 판단 자료를 제공하지 못하는 것을 알 수 있다. 꿀의 향기성분 조성을 이용하여 꿀의 품질을 평가하는 방법, 꿀에 존재하는 무기질의 함량을 측정하여 Na/K의 비율로 전화당의 혼입여부를 판별하는 방법, 유기산의 조성으로 판별하는 방법, 효소의 역가를 측정하는 방법 등 여러 가지 방법이 제시되었으나 꿀의 다양성 즉 밀원별, 벌의 분류학상의 종별, 계절적인 인자 및 지역적인 차이 등을 고려할 때 어느 하나의 측정방법으로 벌꿀의 품질을 평가하는 데는 문제가 있는 것으로 보고되고 있다. 그러므로 국제 규격위원회 및 선진국들은 품질평가 항목들을 늘려나가고 있으며, 벌꿀의 특성에 따라 각 분석항목의 밀원별 벌꿀의 규격기준을 다르게 마련하고 자국내의 등급기준을 마련하여 품질을 표준화함으로써 소비자들이 품질을 식별하는데 도움을 주고 있다.

최근에 시도되고 있는 탄소동위원소비율에 의한 측정법은 식물이 광합성에 의해서 대기중의 탄소를 고정할 때에 서로 다른 두 경로를 거치게 되며 이들 두 그룹에 속하는 식물군들은 탄소동화작용으로 고정되는  $^{12}\text{C}$ 와  $^{13}\text{C}$ 와의 비율이 상이하여 이들의 저장에너지를 분석하면 근원되는 식물군의 판별이 가능한 것이다. 이러한 사실이 중요한 것은 꿀을 생산하는 식물군은 모두 C3군에 속하며, 대부분 꿀에 혼입되는 설탕이나 HFCS의 원료인 사탕수수, 감자 및 옥수수는 C4군에 속하며 이들로부터 얻어진 탄소원은 어떠한 물리화학적 처리에도 불구하고 일정한  $\delta^{13}\text{C}$  값을 가지므로 판별이 가능한 것으로 보고되고 있다. 탄소동위원소비율에 의한 측정방법은 표준물질인 Pee Dee Belemnite (PDB)의 동위원소비율에 대한 시료의 동위원소비율을 측정하여 산출한다.

## 제 2 절 벌꿀의 광학적 특성

### 1. 벌꿀 시료의 성분 분석

벌꿀의 광학적 특성을 구명하기 위하여 경기도 수원시 농민회관에 위치한 한국양봉협회 한국양봉산물연구소와 협조하여 채밀농가에서 품질 검사를 의뢰한 시료를 중심으로 벌꿀 시료를 확보하였다. 본 실험에 사용된 벌꿀 시료는 대부분 2000년 4월~6월에 채밀하여 전화시킨 아카시아 꿀과 잡화 꿀 두 종류의 벌꿀로서 지역적 특성을 고려하여 총 397점을 분석하였다.

벌꿀 시료의 화학적 분석은 한국양봉산물연구소에 의뢰하여 수행하였으며 벌꿀의 수분, 회분, 전화당, 자당, 과당/포도당(F/G)의 비, HMF, 탄소동위원소비율(12C/13C)을 측정하였다. 시료는 각 생산자별로 분류하여 플라스틱 샘플 용기에 담은 상태로 상온에서 보관하였다. 화학적 성분 분석이 완료된 시료의 일부를 25 mL의 저장 용기에 담아 성균관대학교로 이동한 후 2일 이내에 스펙트럼 측정을 완료하여 시료의 성분 변화를 최소화하였다.

벌꿀의 수분은 디지털 굴절수분계(Atago Co, Japan)를 이용하여 굴절율을 측정하는 방법으로 시료의 수분을 측정하였다. 회분은 AOAC(American Association of Official Analytical Chemistry)의 기준에 따라 측정하였다. 시료 5g을 취하여 미리 전기로에서 강하게 가열하여 항량을 구한 자제 도가니에 정확히 달아 열판 위에서 태운 후 전기로에 넣어 600°C 전후에서 6시간 회화시킨 것을 데시케이터에 넣고 실온에서 방치 냉각한 후 무게를 달았다. 항량이 될 때까지 이를 반복한 후 회화 후의 잔량을 시료의 무게로 나누어 회분량을 산출하였다.

전화당과 자당은 식품공전의 기준에 따라 측정하였다. 시료 1g에 물 25mL를 가한 뒤 acetonitrile로 희석 정용한 후, 0.45 $\mu$ m의 membrane filter로 여과한 것을 시험용액으로 하였다. 이때 이동상은 acetonitrile : H<sub>2</sub>O = 75 : 25가 사용되었으며 HPLC의 조건은 표 3-4와 같다.

HMF도 식품공전의 기준에 따라 측정하였다. 시료 5 g을 달아 물 50 mL의 메스플

라스크에 녹여 0.45  $\mu\text{m}$ 의 membrane filter로 여과한 것을 시험 용액으로 하였으며, 이때 HPLC의 조건은 표 3-5와 같다. 표준 용액은 HMF 10 ppm 용액을 단계 희석하여 사용하였다.

탄소동위원소비율은 표준물질인 Pee Dee Belemnite (PDB)의 동위원소비율에 대한 시료의 동위원소비율을 측정하여 산출한다. 탄소동위원소비율의 측정은 Iostop Mass (Integra-CN, Europa, UK)를 이용하였다.

표 3-4 당(carbohydrate)의 분석을 위한 HPLC 작동 조건

Column	Waters carbohydrate analysis column
Detector	Refractive index (RI)
Mobile phase	Acetonitrile : H <sub>2</sub> O = 75 : 25 (v/v)
Flow rate	1.2 ml/min
Injection volume	20 $\mu\text{l}$
Column temp.	37 °C

표 3-5 HMF 분석을 위한 HPLC의 작동 조건

Column	Supelco Discovery C18 column (15 cm × 4.6 mm × 5 $\mu\text{m}$ )
Detector	UV detector
Mobile phase	H <sub>2</sub> O : Methanol = 90 : 10 (v/v)
Flow rate	1.2 ml/min
Wavelength	280 nm
Injection volume	20 $\mu\text{l}$

표 3-6은 실험에 사용된 벌꿀 시료의 성분을 나타내고 있다. 벌꿀은 흡습성이 높을 뿐 아니라 21% 이상의 수분을 함유하게 되면 효모에 의한 발효가 일어나기 쉽고, 벌꿀이 응고하는 결정화에도 큰 영향을 미치기 때문에 벌꿀의 품질에 있어서 수분 함량은 매우 중요하다. 수분 함량은 17.0~27.3%로 나타났으며, 337점(85.5%)의 시료가 21.0% 이하인 것으로 나타났다. 회분 함량은 벌꿀에 따라 차이가 많이 나는 성분 중의 하나로 회분 함량이 많은 꿀은 겨울을 나려는 벌들에게 불리한 것으로 보고되고 있다. 회분의 함량은 0.05~0.22%로 나타났으며, 모든 시료가 0.6% 이하로 검사기준을 만족하고 있다.

벌꿀의 주성분인 당의 조성은 과당(fructose)과 포도당(glucose)이 주종을 이루며, 지역, 환경, 밀원에 따라 당의 성분이 달라진다. 전화당의 함량은 55.7~77.3%로 나타났으며, 359점(91.1%)의 시료가 65.0% 이상인 것으로 나타났다. 보통 자당은 토종이나 양봉 꿀에서는 그 양이 작으나 사양(飼養)꿀에서는 높게 나와 그 조성비 중 차지하는 퍼센트가 높을 경우 품질이 떨어지는 것으로 판단해도 무방할 것이다. 자당의 함량은 2.2~15.4%로 매우 큰 분포를 보여 주었으며, 363점(92.1%)의 시료가 7.0% 이하인 것으로 나타났다. 결정화에 영향을 미친다고 생각되는 과당/포도당(F/G) 비는 그 비가 클수록 결정화 속도가 느려진다. 저장 중 과당/포도당 비 값이 증가하는데 포도당이 과당보다 빠르게 감소하기 때문이다. 과당/포도당 비는 1.04~2.04로, 모든 시료가 1.0 이상인 것으로 나타났다.

HMF은 천연의 벌꿀 속에 미량 존재하나 가열이나 장시간 저장 등에 의해 증가하는 성분으로 알려져 있다. 벌꿀의 종류나 저장 조건에 의해 약간의 차이는 있으나, HMF의 생성은 저장기간과 저장상태에 따라 가속화된다고 보고되고 있다. HMF 함량은 10.0~24.9 mg/kg으로, 모든 시료(100%)가 40 mg/kg 이하인 것으로 나타났다.

보건복지부의 성분규격을 고려하면 분석된 시료의 90%이상은 검사기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 그러나, 대부분의 꿀에는 미량의 설탕 성분이 포함되어 있어 단순한 당의 조성만으로 설탕 급여 여부를 판단하기 어렵다. 꿀을 생산하는 식물군은 모두 C3군에 속하며, 대부분 꿀에 혼입되는 설탕이나 HFCS의 원료인 사탕수수, 감자 및 옥수수는 C4군에 속하며 이들로부터 얻어진 탄소원은 어떠한 물리화학적 처리에

도 불구하고 일정한 탄소동위원소비율을 가지므로 설탕 급여의 판별이 가능한 것으로 보고되고 있다. 탄소동위원소비율(12C/13C)은 -28.3~-11.2로 나타났으며, 오직 67점(18.7%)만이 -23.0 이하인 것으로 나타나 우수한 품질의 꿀이 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

표 3-6 벌꿀 시료의 성분 (2000년)

	No. of Samples	Ave.	Max.	Min.	Std. Dev.
Moisture (%)	397	19.9	27.3	15.5	1.76
Ash (%)	395	0.12	0.22	0.05	0.026
Invert Sugar (%)	397	68.4	77.3	55.7	2.76
Sucrose (%)	397	5.7	18.5	2.2	1.74
F/G Ratio	397	1.27	2.04	1.04	0.17
HMF (mg/kg)	209	14.5	44.6	10.0	4.45
12C/13C Ratio	362	-19.7	-11.2	-28.3	3.23

## 2. 스펙트럼 측정

성분 분석이 완료된 벌꿀 시료는 25 mL의 저장 용기에 담아 성균관대학교로 이동한 후 가시광선/근적외선 분광분석기(model 6500, Foss, USA)와 Horizontal 모듈을 이용하여 반사 스펙트럼을 측정하였다. 가시광선/근적외선 분광분석기는 회절격자형으로 400~2498 nm 파장 범위에서 2 nm간격으로 시료의 반사 및 투과 스펙트럼을 측정할 수 있으며, 파장의 정밀도는  $\pm 0.3$  nm이다. 또한, 근적외선 분광분석기는 시료의 상태와 종류에 따라 각각 다른 모듈을 설치하여 측정할 수 있다.

반사 스펙트럼의 측정을 위하여 분광분석기의 Horizontal 모듈에 적합하게 그림 3-1과 같은 샘플 셀을 제작하였다. 샘플 셀은 지름 50 mm, 높이 30 mm의 크기로 바닥은 두께 3 mm의 수정으로 제작되었으며, 반사판은 지름 35 mm의 알루미늄으로 제



작되었다. 반사판의 바닥은 평면을 고르게 정밀 가공한 후 반사율을 높이기 위하여 금으로 도금하였다. 반사판의 높이에 따른 벌꿀 시료의 흡광도가 변화되므로 시료의 투과 거리를 고려하여 반사판의 높이를 1 mm로 제작하였다.

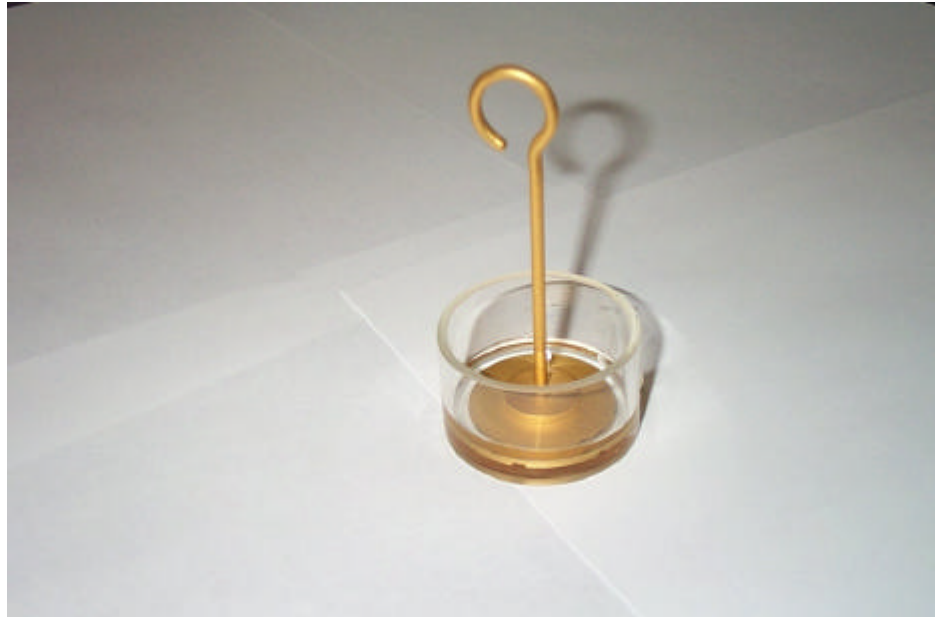


Figure 3-1. Sample cell for reflectance measurement

그림 3-2와 같이 분광분석기와 Horizontal 모듈을 이용하여 400 ~2498 nm의 파장영역에서 2 nm간격으로 벌꿀 시료의 반사 스펙트럼을 측정하였으며, 분광분석기의 구동을 위하여 전용 프로그램인 NEWISI(NIRSystems, USA)를 이용하였다. 분광분석기를 30 ~40분 이상 예열 시킨 후 기준(reference) 스펙트럼을 측정하고, 각각의 샘플 용기에 담겨진 벌꿀 시료를 샘플 셀에 부은 후 높이 1 mm의 반사판을 넣고 약 5분간 대기하여 벌꿀 시료가 완전히 정지한 후 시료의 반사 스펙트럼을 측정하고, 다시 기준 스펙트럼을 측정하는 방법으로 반복하여 397점 벌꿀 시료의 반사 스펙트럼을 측정하였다. 기준 스펙트럼은 항상 일정한 흡광도를 나타내는 세라믹판(ceramic plate)을 이

용하였으며, 반사 스펙트럼은 시료에 광선을 32회 주사(scan)하여 측정된 스펙트럼을 평균하여 흡광도( $\log(1/R)$ )로 변환한 스펙트럼을 컴퓨터의 파일로 저장하였다. 스펙트럼을 측정시 실내 온도를 26℃로 유지했으며 이때 습도는 58%로 측정되었고 실험시 실내온도와 습도의 오차는 각각  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ,  $\pm 0.5\%$  내외로 측정되었다.



Figure 3-2. Spectrophotometer and horizontal module for reflectance spectrum measurement

### 3. 예측모델의 개발

스펙트럼을 이용한 예측 모델을 개발하기 위하여 전체 스펙트럼의 50%를 교정부로, 50%를 검증부로 분류하였다. 스펙트럼을 전화당 함량의 크기 순서로 정렬한 후 순차적으로 교정부와 검증부로 분류하였으며, 교정부와 검증부의 화학성분이 유사한 크기와 범위의 분포를 갖도록 조정하였다. 교정부의 스펙트럼은 모델의 개발단계에서 반복하여 사용되었으며, 검증부는 예측 모델의 최종평가에 1회 사용되었다.

다중선형회귀(multiple linear regression, MLR)와 부분최소자승(partial least squares, PLS)을 이용하여 벌꿀 시료의 성분과 반사 스펙트럼의 상관 관계를 분석하였다. 다중회귀 분석을 위해서 NEWISI(NIRSystems, USA)을, PLS 분석은 상용 프로그램인 Unscramber(Camo, Norway)를 사용하였다. 각 성분의 예측 모델을 개발하기 위해서 원시 스펙트럼, 분할간격(gap) 및 평활화 간격을 변화시킨 1차 및 2차 미분 스펙트럼을 사용하였다. 반사 스펙트럼은 시료 입자의 비선형성으로 인하여 흡광도의 차이가 발생한다. 흡광도의 차이는 빛의 산란으로 발생하며, 산란은 스펙트럼 곡선의 변화를 가져온다. 그러므로 빛의 산란효과를 제거하기 위하여 전처리 방법으로서 다분산보정(Multiplicative Scatter Correction; MSC)과 표준정규화(Standard Normal Variate and Detrending; SNV & Dtr.)를 이용하였다.

MLR 분석은 변수증감법(stepwise method)을 이용하여 최대 6개의 파장을 선택할 수 있도록 설정하였다. MLR 방법은 각 성분과 관련된 파장을 정확히 나타내나 개발할 실시간 측정장치에 관련 파장의 수치를 그대로 적용하기 어려운 단점이 있어 적절한 파장 범위를 선정하는데 참고 자료로 이용하였다. PLS 모델은 교차검증(cross validation)을 이용하여 개발하였으며, 팩터의 수와 PRESS(Prediction Residual Error Sum of Squares)값을 참조하고 상관계수(R)와 교정부 오차(Standard Error of Calibration, SEC)를 비교하여 선정하였다. 팩터의 수가 증가하면 PRESS값은 감소하나 팩터의 수가 너무 많으면 검증시 예측능력이 떨어지므로, F-검증을 수행하고 F-검증의 확률이 0.75미만이 되는 팩터의 수를 모델의 최적 팩터의 수로 결정하였다. 최적의 PLS 모델은 상관계수, 교정부 오차, 팩터의 수를 고려하여 선정하였다. 각 모델의 예측 성능은 검증부 오차(Standard Error of Prediction, SEP), 편차(bias)를 이용하여 분석하였다.

분광분석법을 이용하여 벌꿀의 수분, 회분, 전화당, 자당, 과당/포도당(F/G)의 비, HMF, 탄소동위원소비율(C12/C13)을 예측할 수 있는 PLS 모델은 수학적 처리에 관계없이 전처리로서 다분산보정을 하면 모델의 예측 성능이 우수한 경우도 있었으나 큰 차이가 없어 전처리 과정이 없이 분석하였다.

표 3-7과 표 3-8에 나타난 바와 같이 수분의 함량은 1900 ~2200 nm에서 가장 우수

한 상관관계를 얻을 수 있었다. 순수한 물의 흡수 스펙트럼은 근적외선 영역이나 혼합물의 수분에 의한 흡수과장은 알려진 것이 없으며, C-H밴드의 배음대 영역이 포함된다. 모델의 검증 결과 상관계수는 0.985, 검증부 오차는 0.39%로 나타났다(그림 3-3).

회분의 함량은 가시광선 영역과 근적외선 영역의 스펙트럼과 상관관계가 높게 나타나고 있으므로, 벌꿀 시료의 색상, 밀원 등의 영향을 받는 것으로 판단된다. 1400 ~ 1800 nm 파장 영역에서 모델의 검증 결과 상관계수는 0.873, 검증부 오차는 0.012%로 나타났다(그림 3-4).

전화당의 함량은 근적외선 전체 영역을 이용하여 분석한 것보다 스펙트럼의 피크를 중심으로 일부 영역을 선택하여 분석한 결과 양호한 상관관계를 보여 주었으며, PLS 모델에서는 1100~1300 nm, 1600~1800 nm를 동시에 사용한 영역에서 가장 우수한 상관관계를 보여주고 있다. 모델의 검증 결과 상관계수는 0.959, 검증부 오차는 0.862%로 나타났다(그림 3-5).

자당의 함량은 1100~1300 nm과 1600~1800 nm의 영역에서 우수한 상관관계를 보여주고 있다. 표 3-8과 그림 3-6에서와 같이 상관계수는 0.966, 검증부 오차는 0.456%로 검증부 오차가 전화당의 경우보다는 작으나 더욱 감소하여야 모델의 신뢰성을 향상시킬 수 있다. 과당/포도당(F/G) 비는 1100~1300 nm에서 상관관계가 우수한 것으로 나타났다. 모델의 검증 결과 상관계수는 0.988, 검증부 오차는 0.042 나타났다(그림 3-7).

HMF의 함량은 1100~1300nm에서 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 그러나, 교정부의 경우 상관계수가 0.802, 검증 결과 상관계수는 0.628으로 매우 낮게 나타났으며, 검증부 오차는 3.32 mg/kg으로 매우 높게 나타나 모델이 실제로 HMF 함량을 예측하기 어려운 것으로 판단된다.

탄소동위원소비율(C12/C13)은 1100~1300 nm, 1400~1800nm, 1900~2200nm의 영역에서 상관관계가 우수한 것으로 나타났다. 모델의 검증 결과 상관계수는 0.968, 검증부 오차는 1.067로 나타나(그림 3-8), 품질이 우수한 벌꿀의 판별이 가능한 것으로 판단된다.

표 3-7 벌꿀 시료의 PLS 모델 교정 결과

	Range (nm)	Factor	Corr.	SEC
Moisture Content (%)	1900-2200	5	0,985	0,297
Ash	1400-1800	11	0,873	0,802
Invert Sugar (%)	1100-1300 1600-1800	6	0,959	0,794
Sucrose (%)	1100-1300 1600-1800	7	0,966	0,440
F/G Ratio	1100-1300	8	0,988	0,033
HMF (mg/kg)	1100-1300	8	0,802	2,420
C12/C13 Ratio	1100-1300 1400-1800 1900-2200	12	0,968	0,092

표 3-8 벌꿀 시료의 PLS 모델 검증 결과

	Corr.	SEP	Bias
Moisture Content (%)	0,973	0,390	0,057
Ash	0,900	0,012	0,000792
Invert Sugar (%)	0,942	0,862	0,022
Sucrose (%)	0,952	0,456	-0,035
F/G Ratio	0,967	0,042	0,000619
HMF (mg/kg)	0,628	3,320	0,961
C12/C13 Ratio	0,948	1,067	-0,036

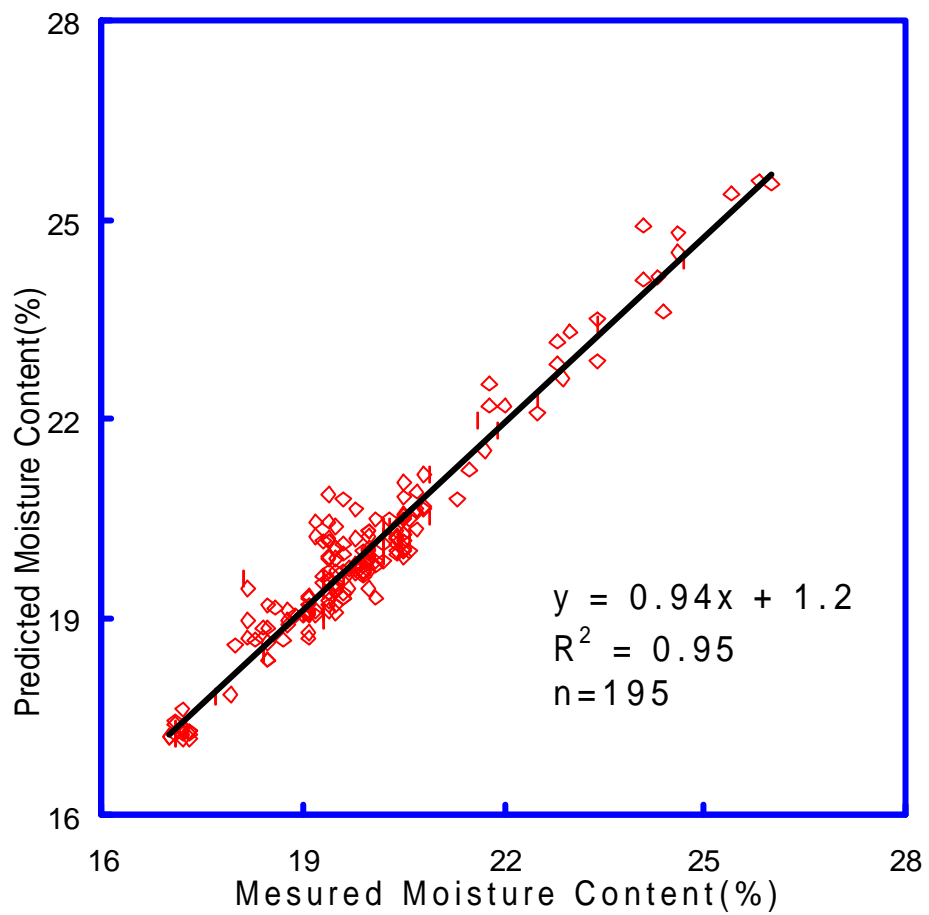


Figure 3-3 Comparison of predicted and measured values for moisture content of honey.

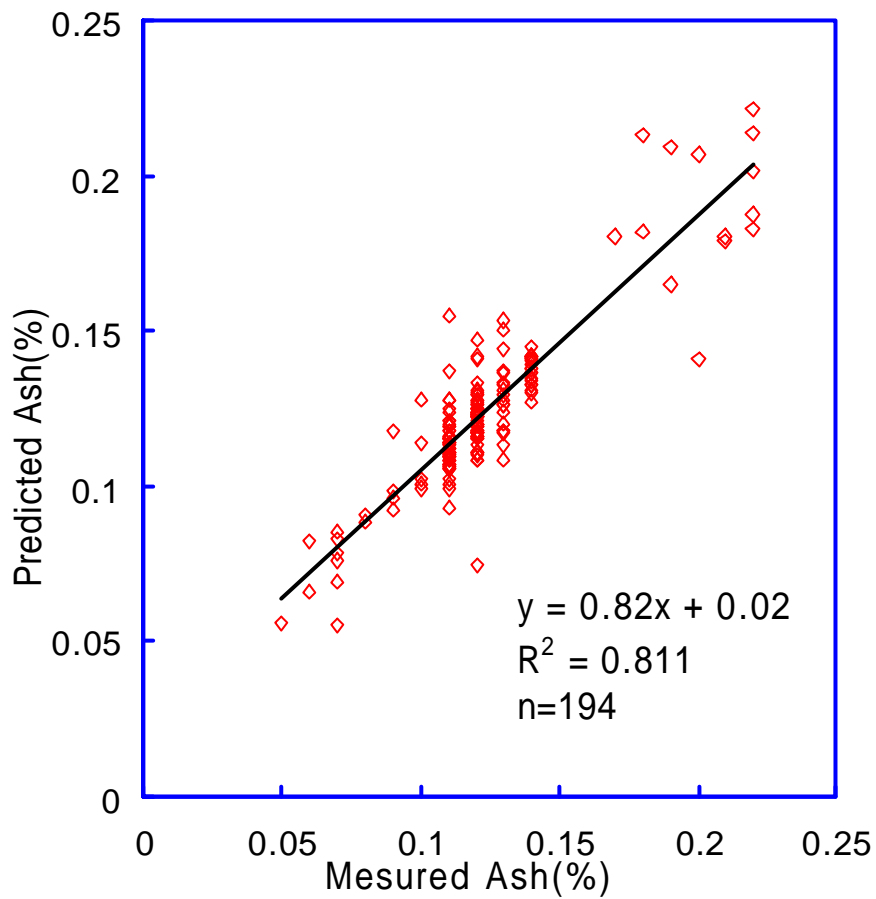


Figure 3-4 Comparison of predicted and measured values for ash of honey.

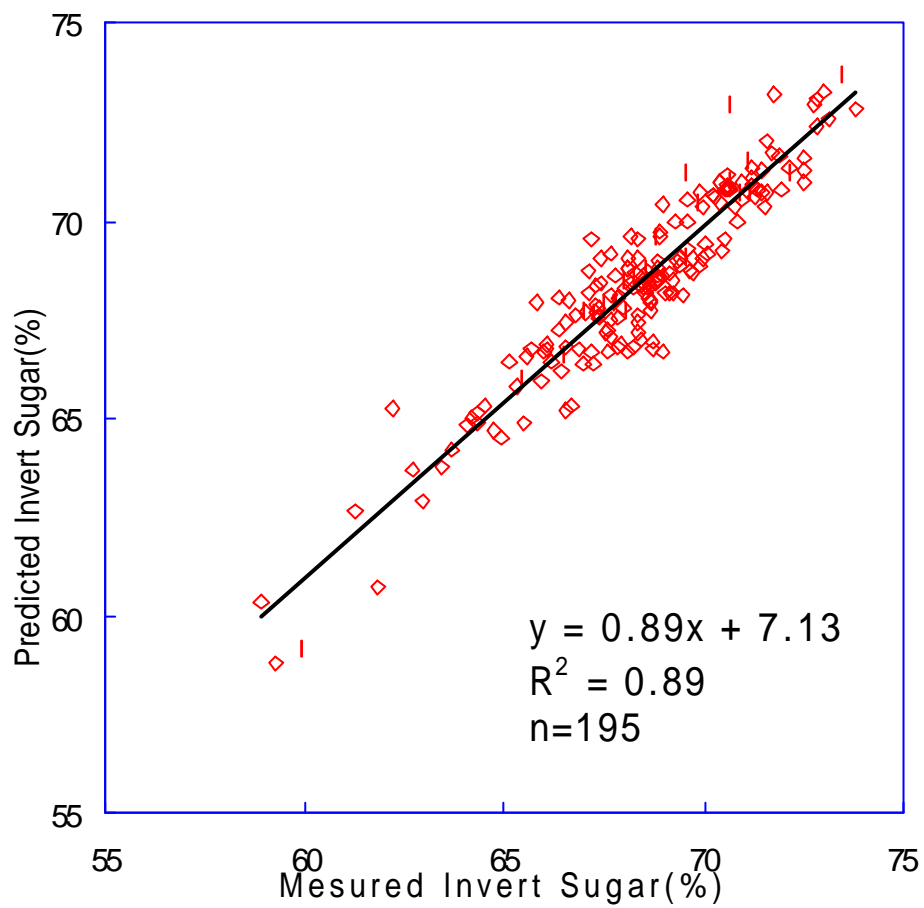


Figure 3-5 Comparison of predicted and measured values for invert sugar of honey.



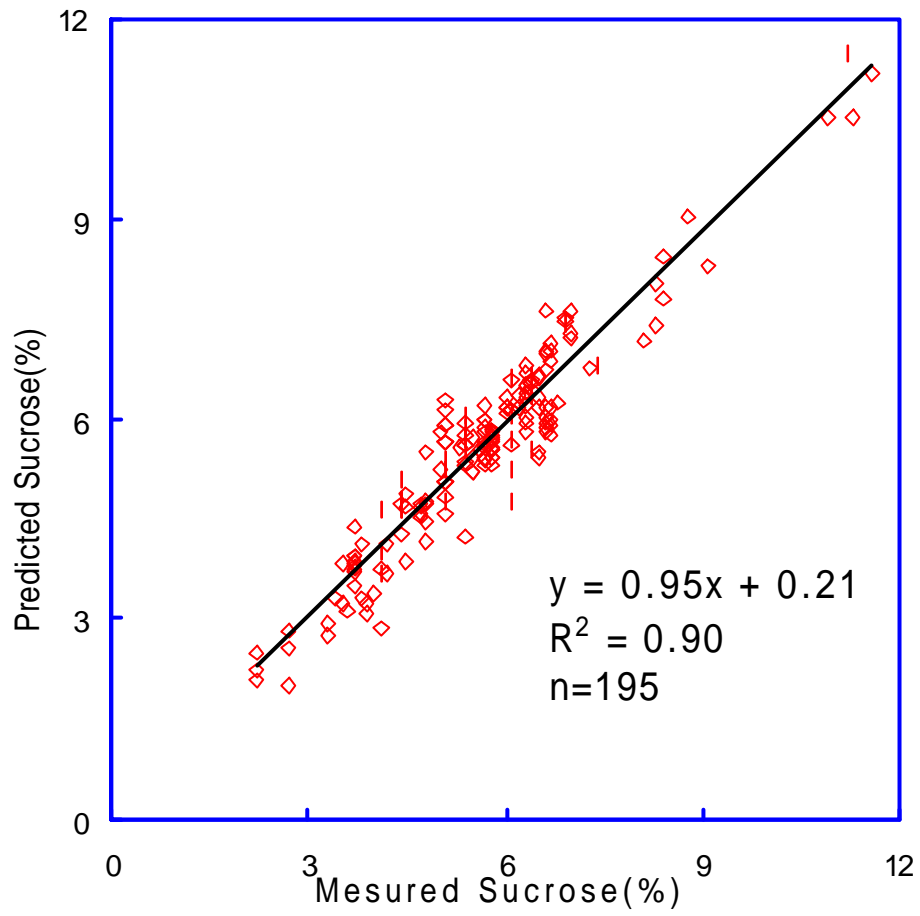


Figure 3-6 Comparison of predicted and measured values for sucrose of honey.

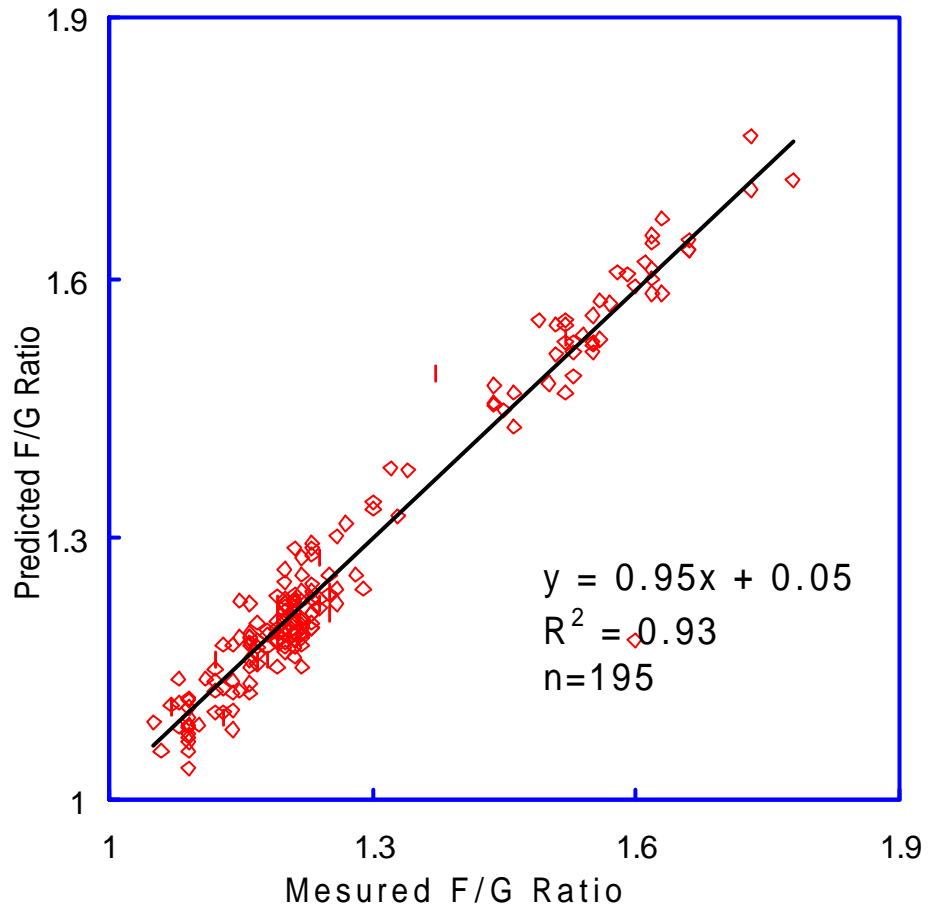


Figure 3-7 Comparison of predicted and measured values for F/G ratio of honey.

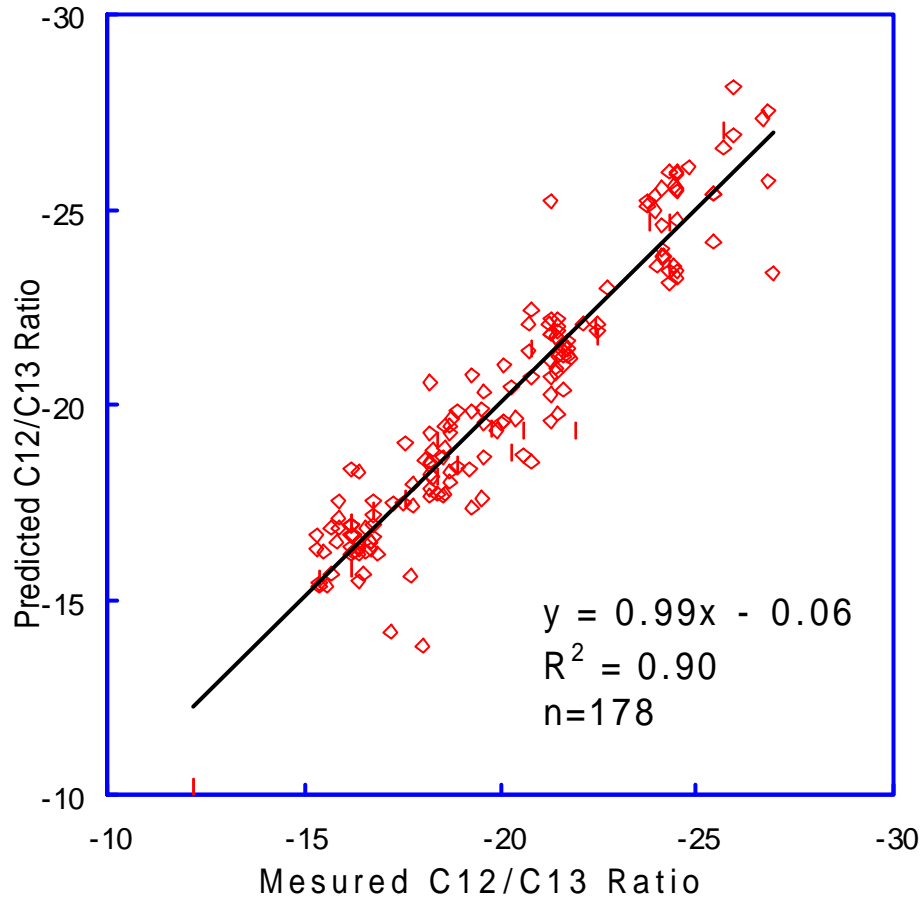


Figure 3-8 Comparison of predicted and measured values for C12/C13 ratio of honey.

### 제 3 절 품질평가장치 설계 및 성능 분석

#### 1. 품질평가장치의 구성

분광분석법을 이용하여 벌꿀의 수분, 회분, 전화당, 자당, 과당/포도당(F/G)의 비, HMF, 탄소동위원소비율(C12/C13)을 예측할 수 있는 PLS 모델을 개발하고, 모델을 검증한 결과 벌꿀의 성분 요인은 대부분 1100~2200 nm의 파장 영역에서 결정할 수 있는 것으로 나타났다. 그러므로 근적외선 영역인 1100~2200 nm 파장대의 신호를 감지할 수 있도록 광원, 분광기, 프로브 등의 단위장치를 설계하였으나, 파장 영역이 1100~2200 nm인 검출부는 대부분 고가의 장비에 사용되고 있어 검출부의 파장 영역은 분광 특성을 고려하여 1100-1700 nm로 결정하였다.

품질평가장치 시작품은 그림 3-9와 같이 국내 스펙트론테크(주)사에서 개발한 휴대용 분광분석기(NearIRSTA HN1100)을 기준으로 일부 단위장치를 변형하여 제작되었다. HN1100은 그림 3-10과 같이 전원공급부, 광원부, 분광부, 광섬유(optical fiber) 프로브 등으로 구성되어 있으며, 제원은 표 3-9와 같다. HN1100은 측정 대상물에 따라 적합한 광섬유 프로브를 장착하여 근적외선 파장 영역(1100~1750 nm)의 반사 및 투과 스펙트럼을 측정할 수 있으며, 파장 대역은 15 nm이하이나 자료를 2 nm 단위로 측정할 수 있다. 광원부에서 나와 시료와 광섬유 프로브를 통과한 빛(투과 또는 반사)은 마이크로 분광기에 내장된 초소형 오목 회절발(grating)에 의해 파장대별로 분리되어 다중채널 광 다이오드 검출기 및 증폭회로에 의해 전기적인 신호로 변환된다. 이 전기적인 신호는 A/D 변환 회로에 의해 디지털 신호로 바뀌어 내장 통신채널을 통하여 PC로 전송된다.

전원공급부는 리튬-이온 방식의 배터리 셀을 사용하여 90~250 V의 교류를 이용하여 계속적으로 충전하며 DC 12 V를 공급한다. 광원부는 자외선-가시광선-근적외선(UV-VIS/NIR) 영역을 광선을 방출할 수 있는 텅스텐-할로겐 램프로 구성되어 있으며 광원부의 사양은 표 3-10과 같다. 분광부는 자동 초점 분광기, 검출기, 신호처리가 하나의 모듈에 일체형으로 구성되어 있다.



Figure 3-9 Potable spectrophotometer

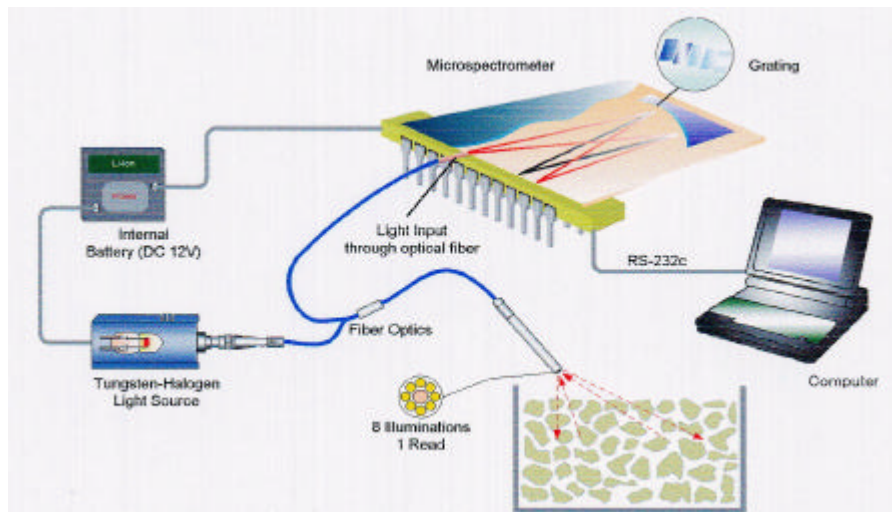


Figure 3-10 Schematic diagram of potable spectrophotometer

표 3-9 휴대용 광학분석기의 사양

Item	Specifications
Light Source	Tungsten-Halogen Lamp
Wavelength Range	1100 ~ 1750 nm
Spectral Bandwidth	< 15 nm
Data Interval	2 nm
Signal to Noise Ratio	1 : 10000
Stray Light	< 1% at 1450 nm
Fiber Type	Single fiber, 300 $\mu$ m diameter
Detector	InGaAs PDA (128 pixels)

표 3-10 광원부(tungsten halogen lamp)의 사양

Item	Specifications
Spectral Range	360 ~ 2000 nm
Dimension (L×W×H)	9.0 cm × 5.0 cm × 3.2 cm
Power input	12 VDC/800 mA
output	6.5 W
Bulb Life	10,000 hr
Time to Stabilized output	~30 min

반사 및 투과 스펙트럼은 광원의 특성, 투과 거리 등을 고려하여 별도의 샘플 홀더와 샘플 셀을 제작하고 광섬유 프로브를 이용하여야 측정이 가능하다. 품질평가장치는 그림 3-11와 같이 “ㄷ”자형 반사용 프로브를 이용하여 프로브를 직접 벌꿀 속에 집어넣고 반사 스펙트럼을 측정하였다.

휴대용 분광분석기 HN1100의 운영 프로그램은 측정된 스펙트럼을 저장, 인쇄, 이용할 수 있도록 스펙트럼 자료를 다양한 형태로 변환이 용이하며, 스펙트럼의 전저리를 위한 평활화, 미분 등의 기능들을 보유하고 있다. HN1100의 운영 프로그램은 윈도우 환경에서 작동되며, 마우스와 키보드를 이용하여 화면에 나타나는 대화상자를 통하여 손쉽게 분광분석기를 운용할 수 있도록 설계되어 있다. 검출부 온도, 적분시간 및 이득(Gain)과 같은 측정 파라미터들은 사용자 요구에 의해 프로그램 내에서 조절이 가능하다. HN1100은 모든 현장에서 노트북 PC와 연결되어 분광분석기의 제어, 작동 조건, 스펙트럼 측정 및 인쇄, 자료의 분석 등을 할 수 있는 장점이 있다.



Figure 3-11 Probe for reflectance spectrum measurement

## 2. 벌꿀 시료의 분석

품질평가장치의 성능 분석을 위하여 2000년도와 같이 한국양봉협회 한국양봉산물 연구소와 협조하여 채밀농가에서 품질 검사를 의뢰한 시료를 중심으로 벌꿀 시료를 확보하였다. 본 실험에 사용된 벌꿀 시료는 대부분 2001년 4월~6월에 채밀하여 전화 시킨 벌꿀로서 지역적 특성을 고려하여 총 306점을 분석하였다.

벌꿀 시료의 화학적 분석은 2000년과 같이 한국양봉산물 연구소에 의뢰하여 수행하였으며 벌꿀의 수분, 전화당, 자당, 과당/포도당의 비, 탄소동위원소비율을 측정하였다. 시료는 각 생산자별로 분류하여 플라스틱 샘플 용기에 담은 상태로 상온에서 보관하였다. 화학적 성분 분석이 완료된 시료의 일부를 25 mL의 저장 용기에 담아 성균관대학교로 이동한 후 2일 이내에 스펙트럼 측정을 완료하여 시료의 성분 변화를 최소화하였다. 벌꿀의 수분은 디지털굴절수분계(Atago Co, Japan)로 측정하였으며, 전화당과 자당은 식품공전의 기준에 따라 측정하였다. 탄소동위원소비율은 표준물질인 Pee Dee Belemnite (PDB)의 동위원소비율에 대한 시료의 동위원소비율을 측정하여 산출하였다.

벌꿀 시료의 성분 분석 결과는 표 3-11에 나타난 바와 같이 2000년도의 분석 결과와 매우 유사한 경향을 보여주고 있다. 수분 함량은 16.8~22.2%로 나타났으며, 233점(76.1%)의 시료가 21.0% 이하인 것으로 나타났다. 전화당의 함량은 70.7~75.5%로 나타났으며, 305점(99.7%)의 시료가 65.0% 이상인 것으로 나타났다. 자당의 함량은 2.99~8.504%로 매우 큰 분포를 보여 주었으며, 304점(99.3%)의 시료가 7.0% 이하인 것으로 나타났다. 과당/포도당 비는 1.13~1.93로, 모든 시료가 1.0 이상인 것으로 나타났다. 보건복지부의 성분규격을 고려하면 분석된 시료 일부분이 수분을 초과하고 있으나 당류는 모두 검사기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 탄소동위원소비율은 -25.2~-10.7로 나타났으며, 209점(68.3%)이 -23.0 이하인 것으로 나타나 2000년에 비하여 우수한 품질의 꿀이 상대적으로 증가된 것으로 나타났다.



표 3-11 벌꿀 시료의 성분 (2001년)

	No. of Samples	Ave.	Max.	Min.	Std. Dev.
Moisture (%)	306	20.3	22.2	16.8	0.93
Invert Sugar (%)	306	70.7	75.5	62.2	2.29
Sucrose (%)	306	4.44	8.50	2.99	0.93
F/G Ratio	306	1.49	1.93	1.13	0.19
12C/13C Ratio	306	-22.1	-10.7	-25.2	3.72

### 3. 성능 분석

품질평가장치의 성능 분석을 위하여 가시광선/근적외선 분광분석기(model 6500, Foss, USA)와 휴대용 분광분석기(NearIRSTA HN1100)를 이용하여 반사 스펙트럼을 측정하고 벌꿀 시료 성분의 예측 성능을 비교 분석하였다. 성분 분석이 완료된 벌꿀 시료는 25 ml의 저장 용기에 담아 성균관대학교로 이동한 후 반사 스펙트럼을 측정하였다.

분광분석기(Foss 6500)는 Horizontal 모듈을 이용하여 400~2498 nm의 파장영역에서, 휴대용 분광분석기(HN1100)는 광섬유 프로브를 (NearIRSTA HN1100)를 이용하여 1100~1750 nm의 파장영역에서 2 nm간격으로 벌꿀 시료의 반사 스펙트럼을 측정하는데 각각 사용되었다. 먼저 기준 스펙트럼을 측정하고, 벌꿀 시료를 샘플 셀에 부은 후 높이 1 mm의 반사판을 넣고 벌꿀 시료가 완전히 정지한 후, 시료의 반사 스펙트럼을 측정하고 다시 기준 스펙트럼을 측정하는 방법으로 반복하여 306점 벌꿀 시료의 반사 스펙트럼을 측정하였다. 분광분석기(Foss 6500)의 반사 스펙트럼은 시료에 광선을 32회 주사하여 측정하여 평균한 스펙트럼을, 휴대용 분광분석기(HN1100)는 50 msec간 측정된 스펙트럼을 흡광도( $\log(1/R)$ )로 변환하여 컴퓨터의 파일로 저장하였다. 분광분석기의 구동을 위하여 각 제조회사에서 분광분석기의 전용 프로그램을 이용하

었다. 기준 스펙트럼은 항상 일정한 흡광도를 나타내는 세라믹판을 이용하였으며, 스펙트럼을 측정시 실내 온도 26℃, 습도는 58%로 측정되었다.

스펙트럼을 이용한 예측 모델을 개발하기 위하여 200년도와 같이 전체 스펙트럼의 50%를 교정부로, 50%를 검증부로 분류하였다. 스펙트럼을 전화당 함량의 크기 순서로 정렬한 후 순차적으로 교정부와 검증부로 분류하였으며, 교정부와 검증부의 화학성분이 유사한 크기와 범위의 분포를 갖도록 조정하였다. 교정부의 스펙트럼은 모델의 개발단계에서 반복하여 사용되었으며, 검증부는 예측 모델의 최종평가에 1회 사용되었다. PLS 분석은 상용 프로그램인 Unscrambler (Camo, Norway)를 사용하였으며, 2000년도 연구 결과를 고려하여 원시 스펙트럼을 이용하여 상관 관계가 높은 파장대를 중심으로 분석되었다. PLS 모델은 교차검증을 이용하여 개발하였으며, 팩터의 수와 PRESS값을 참조하고 상관계수(R)와 교정부 오차(SEC)를 비교하여 선정하였다. 각 모델의 예측 성능은 검증부 오차(SEP), 편차(bias)를 이용하여 분석하였다.

표 3-12과 표 3-13은 가시광선/근적외선 분광분석기(Foss 6500)과 휴대용 분광분석기(HN1100)를 이용한 PLS 모델의 교정 결과를 보여주고 있다. 정밀급 분광분석기(Foss 6500)로 측정하여 예측한 벌꿀 시료의 성분은 2000년도와 유사한 파장대에서 높은 상관 관계를 보여 주고 있었으며, 휴대용 분광분석기는 1100~1300 nm와 1400~1700 nm에서 벌꿀 시료의 성분을 결정할 수 있는 것으로 나타났다. 휴대용 품질평가장치인 휴대용 분광분석기는 정밀한 분광분석기에 비하여 스펙트럼의 측정 범위가 적고, 스펙트럼 분해능도 떨어져 모델의 교정 결과가 다소 저조하게 나왔으나 현장에서 벌꿀의 품질을 결정하기 위하여서는 무난히 사용될 수 있음을 보여주고 있다.

표 3-14는 정밀급 분광분석기와 휴대용 분광분석기를 이용한 PLS 모델의 검증 결과를 보여주고 있다. 정밀급 분광분석기를 이용하여 예측한 벌꿀 성분은 2000년도에 비하여 정확도가 다소 저조하나 큰 차이가 없이 벌꿀의 품질을 결정할 수 있음을 나타내고 있다. 휴대용 품질평가장치의 예측 정확도는 정밀급 분광분석기에 비하여 정확도가 떨어지나 비교적 우수한 상관관계를 보여주고 있다.

휴대용 품질평가장치의 모델 검증 결과는 다음과 같다. 수분 함량의 상관계수는 0.873, 검증부 오차는 0.456%로 나타나 스펙트럼의 측정 영역을 확대할 필요가 있음을

알 수 있었다. 전화당은 상관계수가 0.822, 검증부 오차가 1.282%로 나타났으며, 자당은 상관계수가 0.792, 검증부 오차는 0.532%로 나타났다. 전화당과 자당 모델의 신뢰성을 향상시키기 위하여서는 PDA 검출기의 화소(pixel)수를 더욱 증가하여 스펙트럼의 측정 분해능을 향상하여야 한다. 과당/포도당(F/G) 비는 상관계수가 0.942, 검증부 오차가 0.061로 나타났으며, 탄소동위원소비율(C12/C13)은 상관계수가 0.923, 검증부 오차는 1.411로 나타났다. 탄소동위원소비율의 예측 결과가 매우 우수하게 나타나 개발된 품질평가장치가 설탕물의 유입 및 벌꿀의 진위판정에 매우 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있다. 그림 3-12부터 그림 3-16까지는 벌꿀 성분의 예측 결과를 나타내고 있다.

휴대용 품질평가장치의 예측 정확도는 정밀급 분광분석기에 비하여 다소 저조하나, 현장에서 실시간 벌꿀 품질평가장치로 유용하게 사용될 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 휴대용 품질평가장치의 정확도 향상을 위하여서는 측정범위 1900 nm 이상으로 확대하고, 검출기 PDA의 화소수를 증가하여 스펙트럼의 측정 분해능을 향상시켜야 한다.

표 3-12 벌꿀 시료의 PLS 모델 교정 결과 (Foss 6500)

	Range (nm)	Factor	Corr.	SEC
Moisture Content (%)	1300-2200	9	0.940	0.325
Invert Sugar (%)	1100-1300 1600-1800	9	0.931	0.853
Sucrose (%)	1100-1300 1600-1800	13	0.923	0.361
F/G Ratio	1100-1300	14	0.979	0.039
C12/C13 Ratio	1100-1300 1400-1800 1900-2200	12	0.963	0.988

표 3-13 벌꿀 시료의 PLS 모델 교정 결과 (HN1100)

	Range (nm)	Factor	Corr.	SEC
Moisture Content (%)	1100-1300 1400-1700	10	0,934	0,339
Invert Sugar (%)	1100-1300 1400-1700	15	0,908	0,936
Sucrose (%)	1100-1300 1400-1700	15	0,895	0,400
F/G Ratio	1100-1300 1400-1700	14	0,964	0,051
C12/C13 Ratio	1100-1300 1400-1700	18	0,954	1,071

표 3-14 벌꿀 시료의 PLS 모델 검증 결과

	Foss 6500		HN1100	
	Corr.	SEP	Corr.	SEP
Moisture Content (%)	0,937	0,326	0,873	0,456
Invert Sugar (%)	0,901	0,959	0,822	1,281
Sucrose (%)	0,888	0,409	0,792	0,532
F/G Ratio	0,982	0,034	0,942	0,061
C12/C13 Ratio	0,963	1,005	0,923	1,411

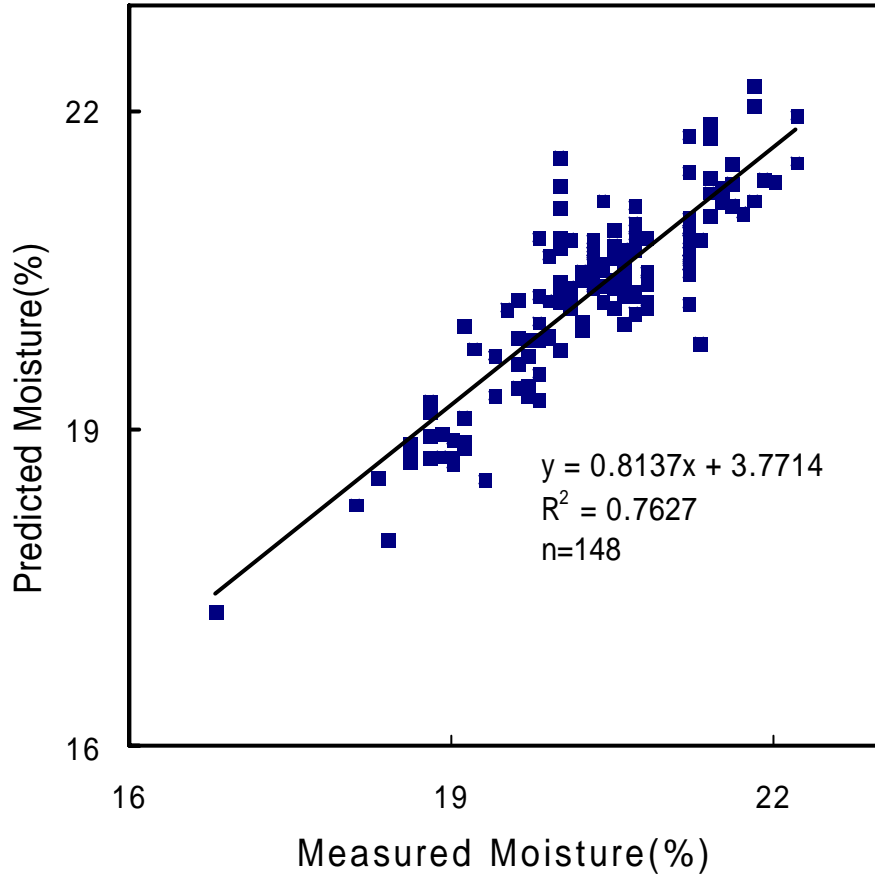


Figure 3-12 Comparison of predicted and measured values for moisture of honey by HN1100

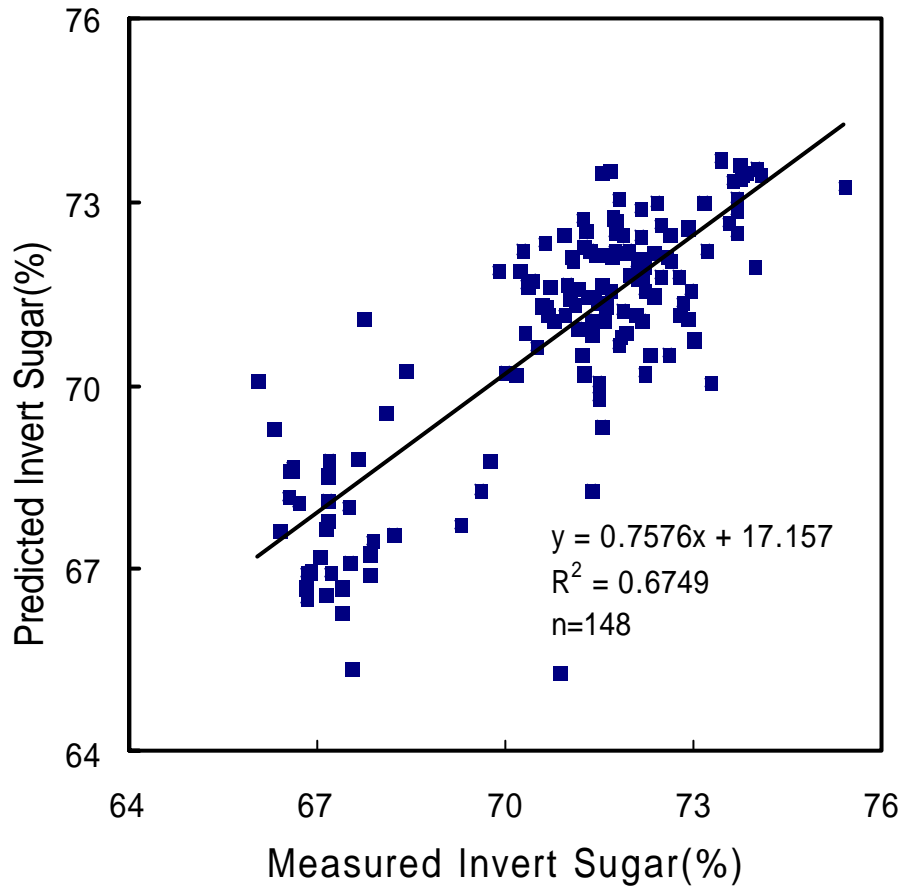


Figure 3-13 Comparison of predicted and measured values for invert sugar of honey by HN1100

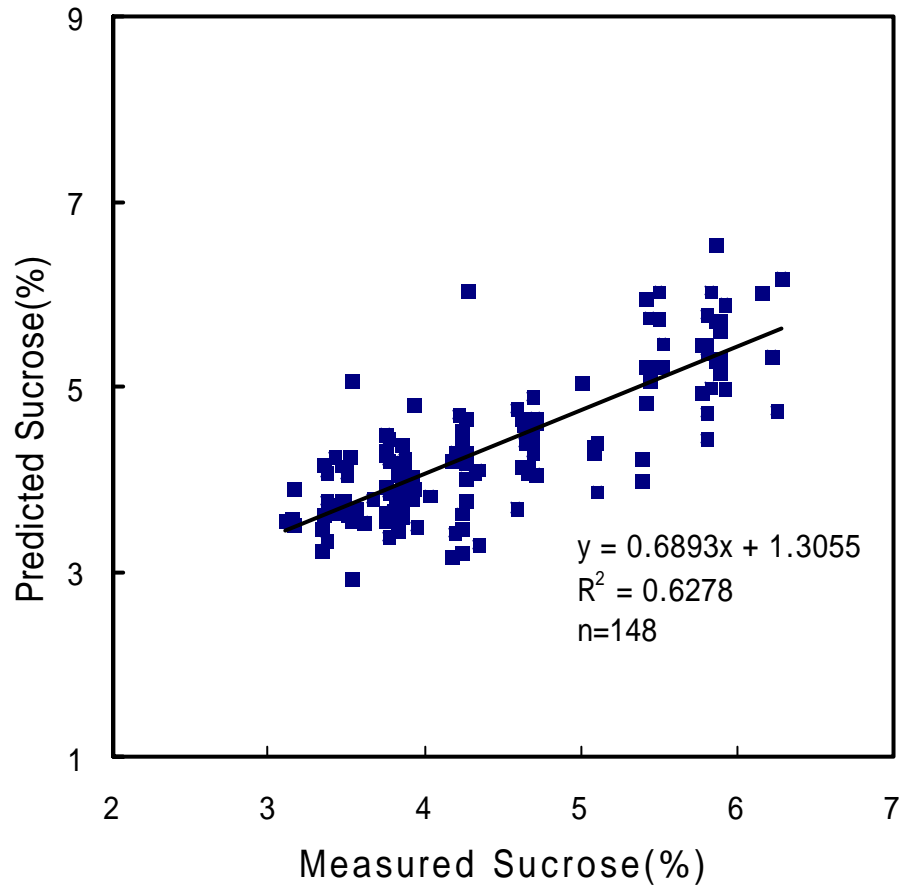


Figure 3-14 Comparison of predicted and measured values for sucrose of honey by HN1100

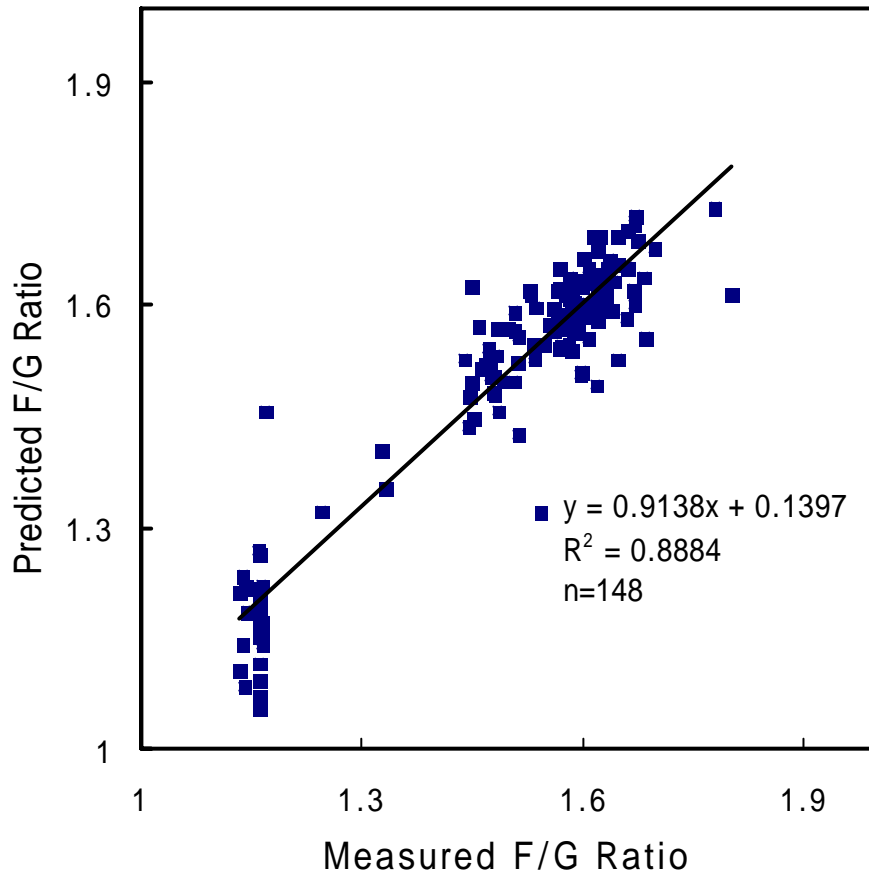


Figure 3-15 Comparison of predicted and measured values for F/G ratio of honey by HN1100



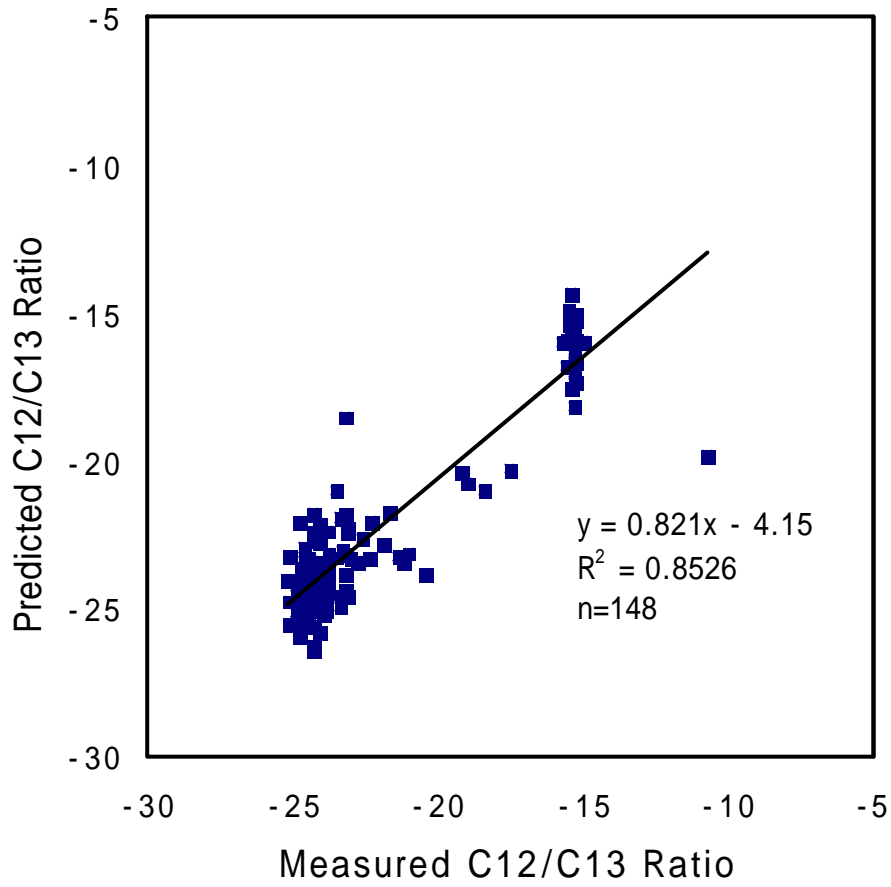


Figure 3-16 Comparison of predicted and measured values for C12/C13 ratio of honey by HN1100

## 제 4 장 요약 및 결론

본 연구에서는 한국형 벌꿀 채밀기계와 벌꿀 품질관리 시스템을 개발하였으며, 구체적인 연구결과는 다음과 같다.

### 1. 한국형 벌꿀 채밀기계 개발

#### 가. 소비내 벌꿀의 원심분리 특성

채밀작업은 꿀이찬 소비를 벌꿀 채밀기에 장착하여 회전함으로써 소비내에 원심력이 작용하여 소비로부터 꿀을 분리하여 꿀을 채집하는 작업으로서 채밀기 회전축의 회전방향과 소비의 위치에 따라 소비에 걸리는 원심력이 결정된다. 채밀방법에 따른 소비내 벌꿀의 원심분리 방식은 Radial 방식, Tangential 방식, Horizontal 방식으로 나타났다.

#### 나. 벌꿀 채밀 시작기 개발 및 성능실험

벌꿀 채밀 시작기는 원심력 작용에 따른 채밀방법인 Radial 방식, Tangential 방식, Horizontal 방식에 따른 채밀능력을 분석하기 위하여 Radial 방식, Tangential 방식, Horizontal 방식의 시작기를 설계·제작하여 채밀실험을 수행하였다.

Radial 방식은 회전방향을 중심으로 방사형태로 소비를 쪼아 채밀하는 방법으로 수직 회전축에 소비 장작틀을 설치하여 소비가 수직축을 중심으로 회전하게 된다. 따라서 소비의 벌꿀은 회전에 의한 원심력에 의하여 소비로부터 이탈되어 벌꿀을 수집할 수 있다.

Tangential 방식은 회전방향의 접선방향으로 소비가 위치하여 채밀하는 방법으로 채밀기의 회전축을 회전시키는 경우 소비 장작틀이 채밀기 내부에 회전가능하게 장착되어 있으므로 회전방향에 따라 상기 소비 장작틀이 좌우로 겹쳐짐으로써 채밀기 내

측면에 밀착된다. 따라서, 회전축을 정방향 혹은 역방향으로 회전시키면 상기 소비 장착틀이 적절하게 회전함으로써 소비의 양면이 원심력에 대하여 수직방향으로 위치됨으로 벌꿀 채밀작업을 수행할 수 있다. 이러한 채밀방식은 소비로부터 벌꿀을 원활히 채밀하기 위하여 회전축을 정방향과 역방향으로 회전시키는 것이 반드시 필요하다.

Horizontal 방식은 회전축의 회전방향과 동일한 방향으로 소비가 위치하여 소비 고정틀 자체를 회전시켜 채밀하는 방법으로 소비 양면에 원심력이 균일하게 작용하게 된다.

채밀실험 결과에서 적정 채밀조건은 Radial 방식의 경우에는 회전축의 회전속도가 200 rpm에서 채밀시간 4분, Tangential 방식의 경우에는 회전축의 회전속도가 140 rpm에서 채밀시간 3분의 작업조건, Horizontal 방식의 경우에는 회전축의 회전속도가 300 rpm에서 채밀시간 1분의 작업조건으로 나타났다.

#### 다. 한국형 벌꿀 채밀기계 개발

원심력에 따른 벌꿀 채밀 성능실험 결과에서 국내의 벌꿀의 채밀작업에 Radial과 Tangential 방식 모두 현장의 채밀작업에 적용 가능할 것으로 판단되었으나, Radial 방식의 경우 200 rpm의 높은 회전수를 요구하고 있어 채밀기의 기어나 베어링의 상태에 따라 차이가 나타나지만 일반적으로 수작업으로 채밀작업시 계속적으로 200 rpm을 유지하기는 어렵다. 또한 Tangential 방식의 경우에는 채밀작업시 소조의 앞뒤면을 바꾸어주어야 하므로 채밀작업시 번거름이 따르며 이를 해결하기 위하여 정역방향으로 회전시 자동으로 소조의 앞 뒤 위치가 변환되도록 설계되어야 한다. 또한 같은 크기의 채밀장치의 경우에는 1회 채밀작업시 Radial 방식이 Tangential 방식보다 40%이상의 소비를 동시에 채밀할 수 있는 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 수작업용 채밀기에는 작업요건을 고려하여 Tangential 방식의 적용이 바람직한 것으로 나타났으며, 고정식 양봉의 동력을 이용한 기계적 채밀기에는 Radial 방식의 적용이 바람직 할 것으로 판단되었다.

또한 Horizontal 방식의 벌꿀 채밀장치는 회전수가 300 rpm 이상의 고속 회전이

필요한 것으로 나타나 수작업 채밀방법에는 적절하지 않은 것으로 판단되었고, 동력을 이용한 기계적 채밀방법에 적절한 것으로 나타났다. Horizontal 방식이 Radial 방식이나 Tangential 방식보다도 같은 공간에 많은 소비를 채밀할 수 있고, 채밀작업 시간도 가장 빠르게 나타나 국내와 같이 이동식 양봉을 하며 공간과 1회 채밀량이 중요한 실정에서는 동력을 이용한 한국형 자동 채밀기계에 가장 적합한 방식으로 판단되었다.

따라서 한국형 벌꿀 채밀기계의 모델은 채밀실험 결과를 토대로 채밀능력, 채밀기에서 소비의 공급·배출의 용이성, 적정 동력장치, 이동·설치의 편이성, 작업 후 세척의 용이성 등을 고려하여 Horizontal 방식의 원심력을 이용한 자동 채밀기계를 개발하였다.

개발된 한국형 벌꿀 채밀기계는 회전하는 축방향과 수평하게 소조를 넣고 소조 자체를 회전시켜 채밀하는 방법인 Horizontal 방식의 채밀방식으로 같은 공간에 많은 소비를 채밀할 수 있고 채밀작업시간도 단축할 수 있다. 그리고 한국형 벌꿀 채밀기계는 채밀작업시 작업효율을 높이고 작업의 편이성 제고를 위하여 밀개작업 후 바로 외부 소비 공급대에 소비를 넣은 후 채밀기에 장착하도록 설계하여, 현장에서 가장 큰 애로사항으로 나타난 소비의 공급·배출의 용이성 문제를 해결하였다. 또한 이동양봉을 고려하여 개발된 채밀기의 동력원은 200V 전기 및 이동식 발전기를 사용하도록 설계하였다.

본 연구에서 개발한 한국형 벌꿀 채밀기계는 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

첫째, 소비를 회전축의 회전방향과 동일 방향으로 장착함으로써, 회전시 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용함으로써 벌꿀의 분리가 용이하여 채밀효율이 향상된다.

둘째, 다수의 소비를 소비 트레이에 삽입할 수 있으므로 1회의 작업에 다량의 벌꿀을 채밀할 수 있으며, 채밀기를 소형화 할 수 있다.

셋째, 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용함으로써 회전방향을 정방향 혹은 역방향으로 전환할 필요가 없으므로 채밀기의 조작이 간편하다.

넷째, 300 rpm 이상의 고속회전이 가능하므로 채밀시간이 단축되는 장점이 있다.

다섯째, 소비 트레이를 소조에 서로 반대 방향으로 장착함으로써, 소조 회전시 무

계 중심이 균형을 이루게 됨으로 편심이 방지되어 정속운전이 가능하다.

여섯째, 작업전에 다량의 소비를 소비 트레이에 삽입하고 이 소비 트레이를 소조에 장착하여 작업을 하게 됨으로 소비 교체작업이 간편하며, 교체시간이 단축되는 장점이 있다.

## 2. 벌꿀 품질관리 시스템 개발

### 가. 벌꿀의 광학적 특성 구명

가시광선과 근적외선 영역의 반사 스펙트럼을 이용하여 벌꿀의 광학적 특성을 구명하고 벌꿀의 성분을 예측할 수 있는 모델을 개발하였다. 벌꿀 시료는 아카시아 꿀과 잡화 꿀 두 종류의 벌꿀로서 벌꿀의 수분, 회분, 전화당, 자당, 과당/포도당 비, HMF(hydroxymethyl furfural), 탄소동위원소비율을 측정하였다. 분광분석기와 Horizontal 모듈을 이용하여 400~2500 nm의 파장 영역에서 2 nm 간격으로 반사 스펙트럼을 측정하였다. 측정된 반사 스펙트럼은 교정부와 검증부로 분리하였으며, 교정부는 모델 개발에, 검증부는 모델의 검증에 각각 사용되었다. 부분최소자승(PLS)을 이용하여 벌꿀 시료의 성분과 스펙트럼의 상관 관계를 분석하였다.

벌꿀 시료의 성분 분석 결과 수분 함량은 17.0~27.3%로, 회분의 함량은 0.05~0.22%로, 전화당의 함량은 55.7~77.3%로, 자당의 함량은 2.2~15.4%로, 과당/포도당 비는 1.04~2.04로, HMF 함량은 10.0~24.9 mg/kg으로 나타났으며 분석된 시료의 90%는 보건복지부의 성분규격을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 탄소동위원소비율(12C/13C)은 -28.3~-11.2로, 오직 18.8%만이 -23.0 이하인 것으로 나타나 우수한 품질의 꿀이 상대적으로 적은 것으로 나타났다.

PLS 분석 결과, 수분 함량은 1900~2200 nm, 전화당 함량은 1100~1300 nm, 1600~1800 nm 파장대에서, 회분 함량은 1400~1800 nm에서, 자당 함량은 1100~1300 nm, 1600~1800 nm의 영역에서 높은 상관관계를 보여주고 있다. HMF 함량은 110

0~1300 nm 영역에서 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, 검증부 오차가 3.32 mg/kg으로 매우 높게 나타나 모델이 실제로 HMF 함량을 예측하기 어려운 것으로 판단된다. 과당/포도당 비는 1100~1300 nm에서, 탄소동위원소비율은 1100~1300 nm, 1400~1800 nm, 1900~2200 nm에서 상관관계가 우수한 것으로 나타났다.

#### 나. 품질평가장치의 설계 및 성능 분석

벌꿀의 품질평가장치를 설계하고 시작품을 제작하였으며, 분광분석기와 품질평가장치를 이용하여 벌꿀의 반사 스펙트럼을 측정하고, 품질평가장치의 성능을 비교·분석하였다. 벌꿀의 품질 평가 성분으로 수분, 전화당, 자당, 과당/포도당 비, 탄소동위원소비율을 측정하였다.

품질평가장치는 전원공급부, 광원부, 분광부, 광섬유(optical fiber) 프로브 등으로 구성되어 있다. 전원공급부는 리튬-이온 방식의 배터리 셀을 사용하여 계속적으로 충전하며 DC 12V를 공급하고, 광원부는 자외선-가시광선-근적외선(UV-VIS/NIR) 영역을 광선을 방출할 수 있는 텅스텐-할로겐 램프로 구성되어 있으며, 분광부는 자동 초점 분광기, 검출기, 신호처리가 하나의 모듈에 일체형으로 구성되어 있다. 품질평가장치는 측정 대상물에 따라 적합한 광섬유 프로브를 장착하여 1100~1750 nm 파장 영역의 반사 및 투과 스펙트럼을 측정할 수 있으며, 파장 대역은 15 nm 이하이나 자료를 2 nm 단위로 측정할 수 있다.

벌꿀 시료의 성분 분석 결과, 수분 함량은 16.8~22.2%로 나타났으며, 233점(76.1%)의 시료가 21.0% 이하인 것으로 나타났다. 전화당의 함량은 70.7~75.5%로 나타났으며, 305점(99.7%)의 시료가 65.0% 이상인 것으로 나타났다. 자당의 함량은 2.99~8.504%로 매우 큰 분포를 보여 주었으며, 304점(99.3%)의 시료가 7.0% 이하인 것으로 나타났다. 과당/포도당 비는 1.13~1.93로, 모든 시료가 1.0 이상인 것으로 나타났다. 보건복지부의 성분규격을 고려하면 분석된 시료 일부분이 수분을 초과하고 있으나 당류는 모두 검사기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다. 탄소동위원소비율은 -25.2~-10.7로 나타났으며, 209점(68.3%)이 -23.0 이하인 것으로 나타나 우수한 품질

의 꿀이 과거에 비해 상대적으로 증가된 것으로 나타났다.

휴대용 분광분석기는 1100~1300 nm와 1400~1700 nm 파장 영역에서 벌꿀의 성분과 높은 상관 관계를 보여주었다. 수분 함량의 상관계수는 0.873, 검증부 오차는 0.456%로, 전화당은 상관계수가 0.822, 검증부 오차가 1.282%로, 자당은 상관계수가 0.792, 검증부 오차는 0.532%로 나타났다. 과당/포도당(F/G) 비는 상관계수가 0.942, 검증부 오차가 0.061로 나타났으며, 탄소동위원소비율(C12/C13)은 상관계수가 0.923, 검증부 오차는 1.411로 나타났다. 탄소동위원소비율의 예측 결과가 매우 우수하게 나타나 개발된 품질평가장치가 설탕물의 유입 및 벌꿀의 진위판정에 매우 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있다. 휴대용 품질평가장치의 예측 정확도는 정밀급 분광분석기에 비하여 다소 저조하나, 현장에서 실시간 벌꿀 품질평가장치로 유용하게 사용될 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 휴대용 품질평가장치의 정확도 향상을 위하여서는 측정범위 1900 nm 이상으로 확대하고, 검출기 PDA의 화소수를 증가하여 스펙트럼의 측정 분해능을 향상시켜야 한다.

## 참 고 문 헌

- 강귀환, 1998, 한국산 밤꿀의 휘발성 향기 성분, 한국농화학회지 41(1):84-88.
- 강통삼, 김수민, 신동빈, 임상동, 박우문, 김영수, 1990, 벌꿀의 규격설정에 관한 연구-액상과당(HFCS)의 첨가수준이 벌꿀의 이화학적 조성에 미치는 영향, 한국식품개발연구원 연구보고서
- 김종인, 1982, 최신양봉, 오성출판사.
- 김은선, 1994, 한국산 토종꿀의 이화학적 품질특성에 관한 연구, 전남대학교 박사학위논문.
- 김은선, 이종욱, 1995, Capillary GC를 이용한 토종꿀중의 Disaccharides와 Trisaccharides의 분석, 한국식품과학회지 27(4):605-611.
- 김은선, 이종욱, 1996, K/Na Ratio를 이용한 토종꿀과 양봉꿀의 품질 특성 비교, 한국식품영양과학회지 25(4):672-679.
- 김은선, 은종방, 이종욱, 1995, 토종꿀의 가공과 저장 중 품질 특성의 변화, 농산물저장유통학회지 2(2):293-301.
- 김복남, 김택제, 최홍식, 1991, 강원도산 잡화벌꿀의 유기산 및 지방산 특성에 관한연구, 한국식품영양학회지 20(1):52-58.
- 김병호, 김영두, 1967, 지리산의 밀원식물에 관한 조사보고, 한국축산학회지 9:46-51.
- 김봉호, 1967, 밀봉에 있어서 사당에 대한 물엿의 대체 사양시험(제2보), 한국축산학회지 9:43-45.
- 김봉호, 1965, 밀봉에 있어서 사당에 대한 물엿의 대체 사양시험(제1보), 한국축산학회지 7:75-80.
- 농림수산부, 1998, 농림수산통계연보.
- 보건복지부, 1994, 식품공전, 식품공업협회 501
- 우건석, 최광열, 박형기, 1998, 꿀벌의 활용과 고품질 양봉산물의 생산기술 개발, 농림부.



- 유영섭, 1997, 세계화시대에 국내 양봉산업이 살아남는 길, 월간양봉계
- 윤정해, 정원철, 최원호, 1998, 아카시아꿀과 메밀꿀의 저장중 품질특성의 변화, 한국농화학회지 31(1):58-64.
- 이득찬, 이상영, 차상훈, 최용순, 이해익, 1998, 단백질 전기영동을 이용한 토종꿀의 판별, 한국식품과학회지 30(1):1-5.
- 이득찬, 이상영, 차상훈, 최용순, 이해익, 1997, 강원도산 토종꿀의 식품학적 특성, 식품과학회지 29(6):1082-1088.
- 이영근, 민병욱, 임선욱, 1991, 벌꿀의 밀원별 품질관련성분의 비교연구- 불검화 고급지방산의 함량에 대하여, 한국농화학회지 34(2):102-109.
- 이우성, 김수광, 이갑량, 조수열, 이강자, 김경희, 1972, 각종 식물의 정미성분에 관한 연구, 한국식품과학회지 3(3):168-171.
- 장학길, 배지현, 이동태, 정승규, 김재길, 1987, 한국산 꿀의 무기성분, 한국식품과학회지 19(5):426-429.
- 장학길, 한명규, 김재길, 1988, 꿀의 화학적 조성, 한국식품과학회지 20(5):631-636.
- 정원철, 김만욱, 송기중, 최연호, 1984, 한국산 꿀의 품질 특성, 한국식품과학회지 16(1):17-22.
- 정동효, 1991, 식품기계개론, 선진문화사.
- 정원철, 김만욱, 송기중, 최연호, 1984, 한국산 꿀의 품질 특성, 한국식품과학회지 16(1):17-22.
- 주현규, 우군권, 1982, 시판꿀의 효소력과 화분수 및 당의 조사비교, 한국식품영양학회지 11(2):1-6.
- 최승운, 양봉·꿀벌과 벌통, 1989, 오성출판사.
- 한국농업기계학회편, 1998, 농업기계핸드북, 한국농업기계학회.
- 한국양봉협회, 1998, 양봉산업현황(연감), 한국양봉산업협회보.
- 한재경, 김 환, 김동운, 이상규, 1985, 벌꿀의 조성과 저장중의 Diastase 및 Hydroxymethyl furfural의 함량변화, 한국식품과학회지 17(3):155-162.

허우덕, 하재호, 신동빈, 석호문, 박용곤, 1991. 벌꿀의 품질평가법에 관한 연구. 한국식품개발연구원 연구보고서

Cho, N. C. 1994. Purification and characterization of honey sucrase. Korean Biochem. J. 27(6):509-513.

Chang, H. G., M. K. Han and J. G. Kim, 1998. The chemical composition of Korean honey. Korean Journal of Food Science and Technology 20(5):631-636.

Chung, W. C., M. W. Kim, L. J. Song and E. H. Choi, 1984. Chemical composition in relation to quality evaluation of Korean honey. Korean Journal of Food Science and Technology 16(1):17-22.

Conrad, E. C. and Palmer, J. K. 1976. Rapid analysis of carbohydrates by high-pressure liquid chromatography. Food Technology October:84-92.

Conte, L. S., Miorini, M., Giomo, A., Bervanna, B. and Zironi, R. 1998. Evaluation of some fixed components for unifloral honey characterization. J. Agric. Food Chem. 46:1844-1849.

Culhane, V. C. and D. F. Culhane. 1982. Honey extractor, United States Patent (4310119)

Doner, L. W. 1977. The sugars of honey-A review. J. Sci. Food Agric. 28:443-456.

Eisenbrand, J. and K. Emirch. 1969. Measurement of light absorption in liquid transparent foods in the near infrared. I. Deutsche Lebensmittel Rundschau 65(2):45-47.

Kawano, S., T. Fujiwara, and M. Iwamoto. 1993. Nondestructive determination of sugar content in satsuma mandarin using near infrared (NIR) transmittance. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62(2):465-470.

Landis, W. D. 1977. The sugars of honey. J. Sci. Food Agric. 28:443.

Maga, J. A. 1983. Honey Flavor, Lebensm. Wiss. u. Tech. 16:65-68.

Pidek, A. 1982. Results of honey extraction from combs Honey extractor. Pszczelnicze Zesz Nauk Bee Res. 26:51-56.

Pernica, J. 1980. Electric drive of the honey extractor, *Včelárství*, Praha, Státní zemědělské nakladatelství, 33(8):178-180. .

Qiu, P. Y., Ding, Y. K., Tang, and Xu, R. J. 1999. Determination of chemical composition of commercial honey by near-infrared spectroscopy, *J. Agri. Food Chem.* 47 :2760-2765.

Qiu, P. Y., Ding, Y. K., Tang, and Xu, R. J. 1999. Determination of chemical composition of commercial honey by near-infrared spectroscopy, *J. Agri. Food Chem.* 47 :2760-2765.

Reid, M. 1978. Making your own honey extractor *Apicultural equipment*, N-Z-Beekeeper, Carterton, Agricultural Press 39(4):10-12l.

Robertson, A., M. N. Hall and C. N. G. Scotter, 1989. Near infrared spectroscopy - its use in rapid QC analysis and its potential in process control, *Food Science & Technology* 3(2): 102-110.

Rubin, C. A., Wasyluk, J. M. and Bauust, J. G. 1990. Investigation of vortification by nuclear magnetic resonance and differential scanning calorimetry in honey ' : A model carbohydrate system, *J. Agric. Food Chem.* 38:1824-1827.

Shallenbergen, R. S., W. E. Guild and R. A. Morse, 1975. Detecting Honey Blended with Sugar Syrups, *New York's Food and Life Science* 8(3):8-10.

Stinson, E. E., M. H. Subers, J. Petty and J. W. Whiter, 1960. The Composition of Honey. V. Separation and Identification of the Organic Acids, *Arch. Biochem. Biophys.* 89(6).

Swallow, K. W. and Low, N. H. 1990. Analysis and quantitation of the carbohydrates in Honey using high-performance liquid chromatography, *J. Agric. Food Chem.* 38:1828- 1832.

Tan, S. T., P. T. Holland, A. L. Wilkins and P. C. Molan, 1988. Extractives from New Zealand honeys, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 36(3):453-460.

Thomas, M. G. 1986. Process and equipment for extracting honey, French Patent Application (FR2569528A1)

- Thrasyvoulou, A. T. 1986. The use of HMF and diastase as criteria of quality of Greek honey. *J. of Agric. Res.* 25(3):186-190.
- Val, A., Huidobro, J. F., Sanchez, M. P., Muniategui, S., Fernandes-Muino, M. A., and Sancho, M. T. 1998. Enzymatic determination of galactose and lactose in honey. *J. Agric. Food Chem.* 46:1381-1385.
- White, J. W., M. L. Riethof, M. H. Subers and I. Kushnir, 1979. Composition of American Honey, Technical Bull., U.S. Dept. Agr., Washington, D.C.
- White, J. W., Jr, I. K. and Doner, L. W. 1979. Charcoal column/thin layer chromatographic method or high fructose corn sirup and Spectrophotometric method for hydroxymethylfurfural in honey : Collaborative studies, T. Assoc. Off. Anayl. Chem, 62(4):921-927.
- White, J. W., Kushnir, I. and Subers, M. H. 1964. Effect of storage and processing temperatures on honey quality. *Food Technology* 555-558.
- White, J. W, White, Jr, 1969. sugar and sugar products ( Moisture in honey : Review of chemical and physical methods). *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 62(4):729-737.
- White, J. W, White, Jr, 1979. Methods for determining carbohydrates, hydroxymethylfurfural, and proline in honey : collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 62(3):515-527.
- White, J. W, White, Jr, 1979. sugar and sugar products (Spectrophotometric method for hydroxymethylfurfural in honey). *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 62(3):509-514.
- White, J. W., White, Jr., Riethof, M. L. and Kushnir, I. 1960. Composition of honey. VI. The effect of storage on carbohydrates, acidity and diastase content. *J. Food Sci.* 26:63-71.



## 부 록

### 특허출원자료

발명의 명칭 : 벌꿀 채밀기(HONEY EXTRACTOR)

출원국 : 대한민국

출원번호 :2001-0069225

출원일자 : 2001. 11. 7

## 【요약서】

### 【요약】

별꽃 채밀기가 개시된다. 그러한 별꽃 채밀기는 프레임과, 상기 프레임의 상부에 장착되며, 그 내부에 소비를 회전축의 회전방향과 동일한 방향으로 장착하여 회전시킴으로써 별꽃을 채밀하는 채밀부와, 그리고 상기 프레임에 장착되어 상기 채밀부를 회전시키는 구동부를 포함한다. 그리고, 상기 채밀부는 상기 프레임의 상부에 얹혀지는 드럼과, 상기 드럼의 내부에 장착되며 상기 구동부와 연결되어 회전가능한 소조와, 다수개의 소비가 삽입되며 상기 소조에 탈착가능하게 장착되는 적어도 하나 이상의 소비 트레이와, 상기 드럼의 상부에 개폐가능하게 장착되는 덮개를 포함한다. 이러한 별꽃 채밀기는 소비를 회전축의 회전방향과 동일 방향으로 장착함으로써, 회전시 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용함으로 별꽃의 분리가 용이하여 채밀효율이 향상된다.

### 【대표도】

도 1

### 【색인어】

별꽃, 채밀, 원심력, 소비

## 【명세서】

### 【발명의 명칭】

벌꿀 채밀기(HONEY EXTRACTOR)

### 【도면의 간단한 설명】

도1 은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 벌꿀 채밀기를 보여주는 사시도,

도2 는 도1 에 도시된 벌꿀 채밀기의 측면도,

도3 은 도1 에 도시된 벌꿀 채밀기의 정면도,

도4 는 소비가 삽입되는 소비 트레이를 보여주는 사시도,

도5 는 소비를 확대하여 보여주는 확대 사시도,

도6 은 도1 에 도시된 소비 트레이를 확대하여 보여주는 확대 사시도,

### 【발명의 상세한 설명】

### 【발명의 목적】

### 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

본 발명은 벌꿀 채밀기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 벌꿀이 저장된 소비를 회전축의 회전방향과 동일한 방향으로 장착하여 회전시킴으로써 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용하여 벌꿀의 채밀효율을 향상시킬 수 있는 벌꿀 채밀기에 관한 것이다.

국내 벌꿀 생산량은 1980년대 이후 연간 7,000-10,000톤 규모를 유지하고 있으며, 1997년의 경우에는 개량종이 7,197톤, 재래종이 464톤으로 7,661톤의 벌꿀을 생산하였다.

이러한 벌꿀의 생산은 소비가 내재된 다수개의 벌통을 야산 혹은 들판에 배치하



여 벌들로 하여금 꿀을 소비에 저장하게 한 후, 상기 소비를 수거하여 그 양면에 쌓인 벌꿀을 채집함으로써 생산하게 된다.

이 과정에서, 다수개의 벌통으로부터 소비를 수거하고, 또한, 다수개의 소비로부터 벌꿀을 채집하는 것은 인력에 의하여 이루어진다. 즉, 상기한 바와 같은 연간 꿀 생산량을 인력에 의존하고 있다.

또한, 이러한 벌꿀 채밀작업은 수확적기에 이루어져야 함으로, 한정된 시간내에 다량의 벌꿀을 채집함으로써 고품질의 벌꿀을 수확하기가 어렵다.

따라서, 상기한 문제점을 극복하기 위하여 벌꿀 채밀작업을 인력 의존방식에서 탈피하여 기계화함으로써 채밀효율을 높이기 위한 다양한 방법이 시도되었다.

이러한 벌꿀 채밀기의 일 예가 “벌꿀 채취기”라는 명칭으로 1999년 2월25일 공개된 실용신안공개 제1999-7149호에 개시된다. 상기 벌꿀 채취기는 모터에 연결된 수직 회전축에 소초 재치틀을 설치하고 이 소초 재치틀에 소초를 설치한 방사형 채취기(Radial 방식)이다. 이러한 구조를 갖는 벌꿀 채취기는 모터를 구동시키는 경우 소초 재치틀이 회전하게 되며, 이때, 소초 재치틀에 설치된 소초가 수직축을 중심으로 회전하게 된다. 따라서, 소초 표면에 부착된 벌꿀이 회전에 의한 원심력에 의하여 소초로부터 이탈되어 벌꿀을 채밀할 수 있게 된다.

그러나, 이러한 구조를 갖는 벌꿀 채취기는 소초의 양면이 회전축에 대하여 수직방향으로 장착됨으로, 회전시 소초 양면에 작용하는 원심력이 서로 상이한 관계로 소초에 부착된 벌꿀 중 회전방향에 부착된 벌꿀은 분리가 잘 이루어지나, 그 이면의 벌꿀은 상대적으로 분리가 잘 이루어지지 않는다. 따라서, 이면의 벌꿀을 분리하기 위하여 다시 모터를 역방향으로 회전시키거나 소초를 빼서 거꾸로 설치하여 회전시켜야 하는 번거로움이 있다.

그리고, 상기 벌꿀 채취기는 소초 재치틀의 내부 공간에 소초가 방사상으로 배치됨으로 많은 수의 소초를 설치하는데 한계가 있다.

또한, 1999년 6월18일 “벌꿀 채밀기”라는 명칭으로 등록된 실용신안등록 제156881호에도 벌꿀 채밀기가 기재된다. 이러한 벌꿀 채밀기는 회전틀체의 내부에 수용틀체가 회동가능하게 장착되며, 이 수용틀체에 벌꿀이 부착되는 봉소판이 설치되는

접선형 채밀기(Tangential 방식)이다. 이러한 벌꿀 채밀기는 상기 회전틀체를 회전시키는 경우 상기 수용틀체가 회전틀체의 내부에 회동가능하게 장착되어 있음으로 회전 방향에 따라 상기 수용틀체가 좌우로 겹혀짐으로써 회전틀체의 내측면에 밀착된다. 따라서, 회전축을 정방향 혹은 역방향으로 회전시키면 상기 수용틀체가 적절하게 회동함으로써 봉소판의 양면이 원심력에 대하여 수직방향으로 위치됨으로 벌꿀 채밀작업을 수행할 수 있다.

그러나, 이러한 벌꿀 채밀기는 봉소판으로부터 벌꿀을 원활히 채밀하기 위하여 모터를 정방향 혹은 역방향으로 회전시켜야 하는 문제가 있다.

또한, 상기 벌꿀 채밀기는 회전시 회전틀체가 수용틀체의 내부에 회동가능하게 부착됨으로 하나의 회전틀체가 좌우로 겹혀지게 되어 많은 면적을 차지하게 됨으로 회전틀체를 많이 설치할 수 없는 문제점이 있다. 또한, 회전틀체를 회동가능한 구조로 장착하기 위하여 구조가 복잡해지는 문제점이 있다.

그리고, 상기한 radial 방식과 Tangential 방식의 벌꿀 채밀기 모두 고속으로 회전하는 것이 어려우므로 채밀시간이 오래 걸리는 문제점이 있다.

그리고, 채밀작업 후 다수개의 소비를 일일이 교체하여야 함으로 소비교환시간이 오래 걸린다.

#### **【발명이 이루고자하는 기술적 과제】**

따라서, 본 발명은 상기한 문제점을 감안하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은, 소비의 양면에 원심력이 효과적으로 작용하도록 하여 벌꿀이 보다 용이하게 분리됨으로서 채밀효율을 향상시킬 수 있는 벌꿀 채밀기를 제공하는데 있다.

본 발명의 다른 목적은 다량의 소비를 장착함으로써 작동시 많은 벌꿀을 채밀할 수 있는 벌꿀 채밀기를 제공하는데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 회전축을 일방향으로만 회전시키므로 구동부의 구조가 간단하고 고속회전이 가능하므로 채밀시간이 단축될 수 있는 벌꿀 채밀기를 제공하는데 있다.

본 발명의 또 다른 목적은 다수개의 소비를 소비 케이스에 한 번의 작업으로 교

체가능함으로 소비 교체시간이 단축될 수 있는 벌꿀 채밀기를 제공하는데 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 벌꿀 채밀기를 설명한다.

도1 내지 도3에 도시된 바와 같이, 본 발명이 제안하는 벌꿀 채밀기는 프레임(1)과, 상기 프레임(1)의 상부에 회전가능하게 장착되어 벌꿀을 채밀하는 채밀부(2)와, 상기 채밀부(2)를 회전시키는 구동부(3)를 포함한다.

상기와 같은 구조를 갖는 벌꿀 채밀기에 있어서, 상기 프레임(1)은 다수의 골재가 용접 등에 의하여 서로 연결되는 구조이며 4개의 다리(4)에 의하여 지지된다. 그리고, 양측 프레임(1) 상면에는 상기 채밀부(2)를 지지하기 위한 지지 브래킷(6)이 각각 돌출 형성된다.

상기 채밀부(2)는 상기 프레임(1)의 상부에 장착되어 회전방식에 의하여 벌꿀을 채밀하게 된다. 즉, 상기 채밀부(2)는 상기 프레임(1)의 상부 공간에 얹혀지는 드럼(7)과, 상기 드럼(7)의 내부에 회전가능하게 장착되는 소조(8)와, 상기 소조(8)에 일체로 장착되며 다수개의 소비가 삽입되는 소비 트레이(9)와, 상기 드럼(7)의 상부에 개폐가능하게 장착되는 커버(10)를 포함한다.

상기 드럼(7)은 반으로 절개된 원통형상이며 상기 프레임(1)의 상부 프레임(5)에 용접 등에 의하여 고정된다. 이러한 드럼(7)은 그 내부에 소정의 공간이 형성되며, 일측에 배출구(11)가 형성된다. 따라서, 상부로부터 채밀된 벌꿀은 상기 드럼(7)에 저장되며, 저장된 꿀은 상기 배출구(11)를 통하여 외부로 배출되어 포장용기 등에 저장된다.

상기 소비 트레이(9)는 도4 에 도시된 바와 같이, 그 내부가 빈 육면체 형상으로, 다수의 소비(13)가 그 내부에 삽입된다. 이러한 소비(13)는 사각판넬형상이며 그 상부 양측면에 손잡이(14)가 돌출되며, 하부는 그 두께(t)가 얇아지는 형상이다.

그리고, 소비(13)의 양면에 형성된 육각형상의 벌집에 벌들이 꿀을 저장하게

된다.

상기 소비 트레이(9)는 상부 프레임(17)의 내측면에 다수개의 분리편(18)이 부착되며, 하부 프레임(19)의 내측면에는 다수개의 안착홈(20)이 형성된다. 따라서, 상기 소비(13)가 상기 분리편(18)의 사이로 삽입되어 그 하부가 안착홈(20)에 끼워짐으로써 소비 트레이(9)에 삽입된다.

한편, 상기 소조(8)는 이러한 소비 트레이(9)를 고정하여 회전시킴으로써 원심력에 의하여 소비(13)에 부착된 벌꿀을 채밀하게 된다.

상기 소조(8)는 도6 에 도시된 바와 같이, 그 내부가 두 공간(21,22)으로 구획된 육면체 형상이며, 상기 두 공간(21,22)에 소비 트레이(9)가 각각 장착된다. 그리고, 상기 소비 트레이(9)가 회전시 상기 소조(8)로부터 이탈되지 않도록 체결장치(23)가 부착된다. 즉, 상기 체결장치(23)는 소조(8)의 일측 프레임(24)에 부착되는 고정바(25)와 상기 소조(8)의 중간 프레임(26)에 부착되어 상기 고정바(25)를 체결하는 걸림쇠(27)로 이루어진다.

따라서, 상기 소비 트레이(9)가 소조(8)의 한 공간(21)에 장착된 후, 상기 체결장치(23)를 체결함으로써 고정하게 된다. 이때, 상기 소비 트레이(9)의 하단부는 상기 소조(8)의 하부 트레이에 접촉하여 지지된다.

그리고, 상기 소비 트레이(9)를 회전시키는 경우, 상기 소비(13)가 전술한 바와 같이 하부가 얇은 두께를 갖는 형상임으로, 편심이 발생할 수 있다. 따라서, 이러한 편심을 방지하기 위하여 소조(8)의 두 공간(21,22)중 한 공간(22)에는 소비 트레이(9)를 반대로 장착하게 된다. 즉, 일측 공간(21)에는 소비 트레이(9)를 소조(8)의 상부로부터 장착하고, 타측 공간(22)에는 소조(8)의 하부로부터 장착하게 된다. 따라서, 상기 소조(8)의 하부에도 체결장치(30)가 부착되어 상기 소비 트레이(9)를 다른 공간에 고정하게 된다.

한편, 상기 소조(8)의 양측면에는 측면판넬(28)이 각각 부착되며, 이 측면판넬(28)은 회전축(29)이 각각 돌출되어 상기 프레임(1)의 지지 브래킷(6)에 회전가능하게 연결된다. 그리고, 상기 회전축(29)의 일단부는 후술하는 구동부(3)에 연결된다. 따라서, 상기 회전축(29)이 회전하는 경우 상기 소조(8)가 회전하게 되며, 그 내부에 장착

된 소비 트레이(9)가 회전함으로써 원심력에 의하여 소비(13)에 부착된 벌꿀이 분리된다.

이 과정에서 분리된 벌꿀이 외부로 비산되는 것을 방지하기 위하여 커버(10)가 장착된다. 이 커버(10)는 바람직하게는 투명한 재질의 합성수지로 형성되며, 경첩 등에 의하여 드럼(7)에 개폐가능하게 장착된다.

따라서, 채밀작업중에는 상기 커버(10)를 젖혀서 채밀부(2)를 밀폐하게 되며, 이때, 작업자는 커버(10)가 투명하므로 소비(13)로부터 벌꿀이 분리되는 것을 외부에서 관찰할 수 있다.

한편, 상기 구동부(3)는 프레임(1)의 하부에 장착되는 모터 조립체(31)와, 상기 회전축(29)의 일단부에 장착되는 풀리(32)와, 상기 모터 조립체(31)의 회전축(29)과 풀리(Pully:32)를 서로 연결시킴으로써 회전력을 전달하는 벨트(Belt:33)를 포함한다.

따라서, 전원이 인가되어 상기 모터 조립체(31)가 구동하면, 회전력이 상기 벨트(33) 및 풀리(32)를 통하여 전달되어 상기 회전축(29)에 전달됨으로써, 상기 소조(8)가 회전하게 된다.

결국, 상기 소비 트레이(9)의 소비(13)로부터 벌꿀이 분리되며, 분리된 벌꿀은 드럼(7)에 저장되어 배출구(11)를 통하여 배출됨으로써 포장용기에 저장된다. 이때, 전원은 배터리 등 이동식 전원도 가능하고, 전원 콘센트 등을 통해 공급되는 고정식 전원도 가능하다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 벌꿀 채밀기의 작동과정을 더욱 상세하게 설명한다.

도1 내지 도6 에 도시된 바와 같이, 벌꿀을 채밀하는 경우, 먼저 다수개의 벌통으로부터 소비(13)를 수거하여 소비 트레이(9)에 삽입한다. 즉, 상기 소비(13)를 누름으로써 그 하부가 소비 트레이(9)의 분리편(18)을 통과하여 안착홈(20)에 안착될 때까지 삽입하게 된다. 이러한 방법으로 다수개의 소비(13)를 소비 트레이(9)에 삽입하게 된다.

그리고, 소비가 삽입된 다수의 소비 트레이(9) 중, 2개의 소비 트레이(9)를 소조(8)에 장착한다. 먼저, 커버(10)를 젖혀서 개방하고, 하나의 소비 트레이(9)를 소조(8)

의 일측 공간(21)에 상부로부터 삽입한다. 소비 트레이(9)가 소조(8)의 내부에 안착되면, 고정바(25)를 회전시켜 걸림쇠(27)와 연결함으로써 소비 트레이(9)를 고정하게 된다.

하나의 소비 트레이(9)를 장착한 후, 상기 소조(8)를 180도 회전시킴으로서 다른 공간(22)이 상부로 향하도록 한다. 이 상태에서 나머지 하나의 소비 트레이(9)를 소조(8)에 장착하고, 상기한 바와 같이 고정바(25)를 걸림쇠(27)에 연결함으로써 소비 트레이(9)를 고정하게 된다.

상기한 바와 같이, 소비 트레이(9)를 소조(8)에 장착한 후, 커버(10)를 닫음으로서 채밀부(2)를 밀봉하게 된다

이 상태에서 전원 스위치를 누르게 되면, 모터 조립체(31)가 구동하게 되고, 회전력이 벨트(33) 및 풀리(32)를 통하여 소조(8)의 회전축(29)에 전달된다. 이때, 상기 회전축(29)은 지지 브래킷(6)에 회전가능하게 지지되어 있는 상태임으로 상기 소조(8)는 회전하게 된다.

상기 소조(8)가 회전함에 따라, 상기 소비 트레이(9)가 회전하게 되고, 이 소비 트레이(9)에 삽입된 다수의 소비(13)도 회전함으로써 원심력이 작용하게 된다. 따라서, 이러한 원심력에 의하여 소비(13)의 양면에 저장된 벌꿀이 소비(13)로부터 분리되며, 분리된 벌꿀이 하부로 낙하하여 드럼(7)의 내부에 저장된다. 이때, 상기 소비(13)는 회전축(29)의 회전방향과 동일한 방향으로 장착되어 있음으로 양면에 균일한 원심력이 작용함으로써 벌꿀이 효율적으로 분리된다.

이와 같은 과정을 통하여 두 개의 소비 트레이(9)로부터 벌꿀을 채밀한 후, 다른 소비 트레이(9)를 상기 소조(8)에 장착하여 채밀하게 된다. 즉, 전원 스위치를 차단하여 구동부(3)의 작동을 중지하고, 상기 커버(10)를 개방한 후, 체결장치(23)를 해제함으로써 벌꿀이 채밀된 소비 트레이(9)를 소조(8)로부터 분리하고, 새로운 소비 트레이(9)를 소조(8)에 상기한 바와 같은 동일한 과정을 거쳐 장착하게 된다.

이 상태에서 다시 전원 스위치를 누름으로서 벌꿀의 채밀작업을 수행하게 된다. 이때, 작업자는 다른 소비 트레이(9)에 소비(13)를 미리 삽입함으로써 항상 채밀작업이 가능하도록 대기시키게 됨으로 소비 트레이 교체작업 시간을 단축할 수 있다.

이와 같이, 벌꿀의 채밀작업이 완료되면, 드럼(7)의 일측에 장착된 배출구(11)를 개방하여 벌꿀을 외부로 배출시킴으로써 포장용기 등에 저장하게 된다.

상기한 바와 같은 수평식 벌꿀 채밀기를 이용하여 채밀작업을 수행한 결과 채밀 효율을 비교하여 보면 방사 방식의 경우는 200 rpm에서 채분시간 4분, 접선 방식의 경우는 140 rpm에서 채분시간 3분, 그리고 수평 방식의 경우는 300 rpm에서 1분에서 가장 좋은 채밀효율을 나타냈다. 즉, 상기 수평식 벌꿀 채밀기는 고속회전이 가능한 것을 보여준다.

#### 【발명의 효과】

상술한 바와 같이 본 발명에 따른 수평식 벌꿀 채밀기는 다음과 같은 장점이 있다.

첫째, 소비를 회전축의 회전방향과 동일 방향으로 장착함으로써, 회전시 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용함으로 벌꿀의 분리가 용이하여 채밀효율이 향상된다.

둘째, 다수의 소비를 소비 트레이에 삽입할 수 있으므로 1회의 작업에 다량의 벌꿀을 채밀할 수 있으며, 채밀기를 소형화 할 수 있다.

셋째, 소비의 양면에 원심력이 균일하게 작용함으로 회전방향을 정방향 혹은 역방향으로 전환할 필요가 없음으로 채밀기의 조작이 간편하다.

넷째, 300 rpm 이상의 고속회전이 가능함으로 채밀시간이 단축되는 장점이 있다.

다섯째, 소비 트레이를 소조에 서로 반대 방향으로 장착함으로써, 소조 회전시 무게중심이 균형을 이루게 됨으로 편심이 방지되어 정속운전이 가능하다.

여섯째, 작업전에 다량의 소비를 소비 트레이에 삽입하고 이 소비 트레이를 소조에 장착 하여 작업을 하게 됨으로 소비 교체작업이 간편하며, 교체시간이 단축되는 장점이 있다.

이상을 통해 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되는 것은 아니고 실용신안등록청구 범위와 발명의 상세한 설명 및 첨부한 도면의 범위 안에서 여러 가지로 변형하여 실시하는 것이 가능하고, 이 또한 본 발명의

범위에 속하는 것은 당연하다.

**【특허청구범위】**

**【청구항 1】**

프레임;

상기 프레임의 상부에 장착되며, 그 내부에 소비를 회전축의 회전방향과 동일한 방향으로 장착하여 회전시킴으로써 벌꿀을 채밀하는 채밀부; 그리고

상기 프레임에 장착되어 상기 채밀부를 회전시키는 구동부를 포함하는 벌꿀 채밀기.

**【청 구 항 2】**

제1 항에 있어서, 상기 채밀부는 상기 프레임의 상부에 얹혀지는 드럼과, 상기 드럼의 내부에 장착되며 상기 구동부와 연결되어 회전가능한 소조와, 다수개의 소비가 삽입되며 상기 소조에 탈착가능하게 장착되는 적어도 하나 이상의 소비 트레이와, 상기 드럼의 상부에 개폐가능하게 장착되는 덮개를 포함하는 벌꿀 채밀기.

**【청구항 3】**

제2 항에 있어서, 상기 소조는 그 내부가 적어도 하나 이상의 구역으로 구획됨으로써 상기 소비 트레이가 장착되며, 그 양측면에는 회전축이 장착되어 상기 프레임의 상부에 형성된 지지 브래킷에 회전가능하게 장착되는 벌꿀 채밀기.

**【청구항 4】**

제3 항에 있어서, 상기 소조의 상부에는 일측에 부착되는 고정바와, 타측에 부착되는 걸림쇠로 이루어지는 체결장치가 장착됨으로써 상기 소비 트레이가 상기 소조의 내부에 삽입되는 경우 상기 소비 트레이가 회전시 외부로 이탈되는 것을 방지하는 벌꿀 채밀기.

**【청구항 5】**

제3 항에 있어서, 상기 소비 트레이는 상기 소조에 서로 반대방향으로 삽입됨으로서 회전시 편심을 방지하는 벌꿀 채밀기.

**【청구항 6】**



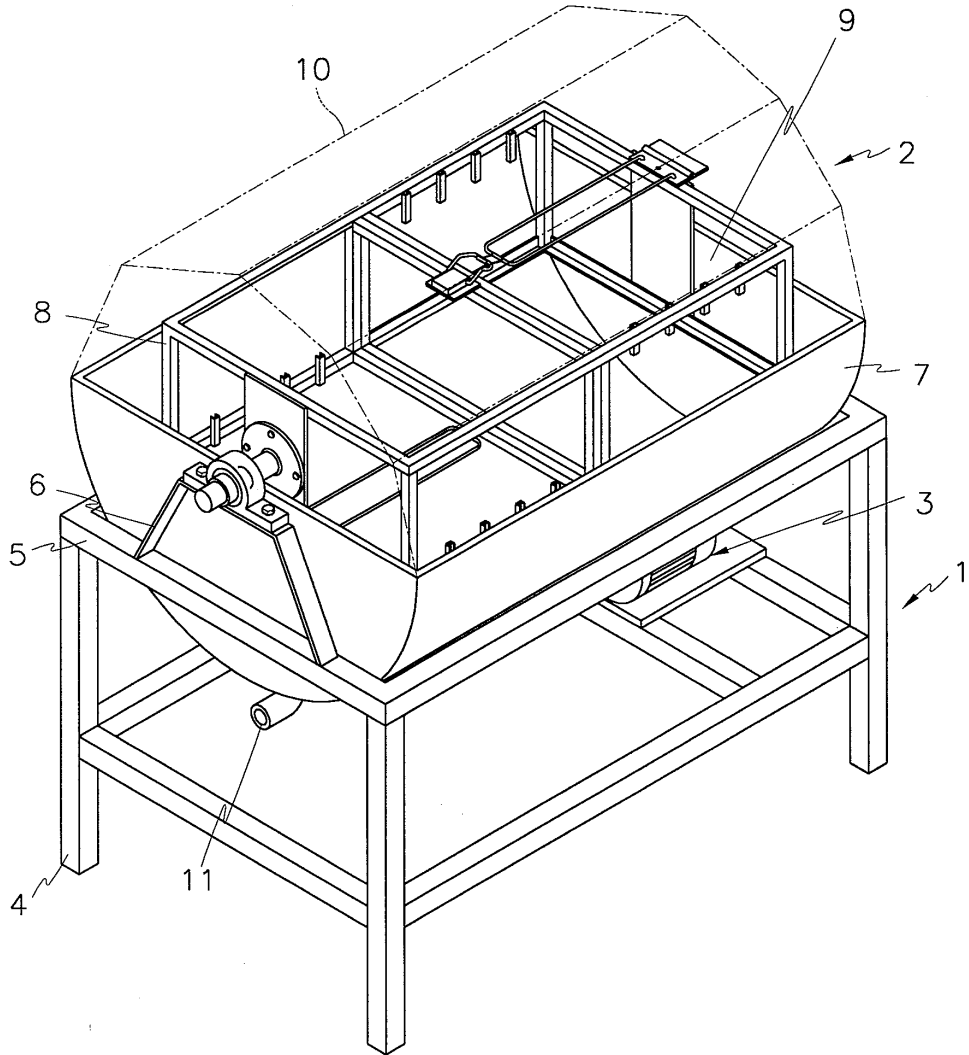
제3 항에 있어서, 상기 구동부는 상기 프레임의 하부에 장착되는 모터 조립체와, 상기 소조의 회전축 일단부에 일체로 형성되는 풀리와, 상기 모터 조립체의 회전축과 풀리를 일체로 연결하는 벨트를 포함하는 별꼴 채밀기.

**【청구항 7】**

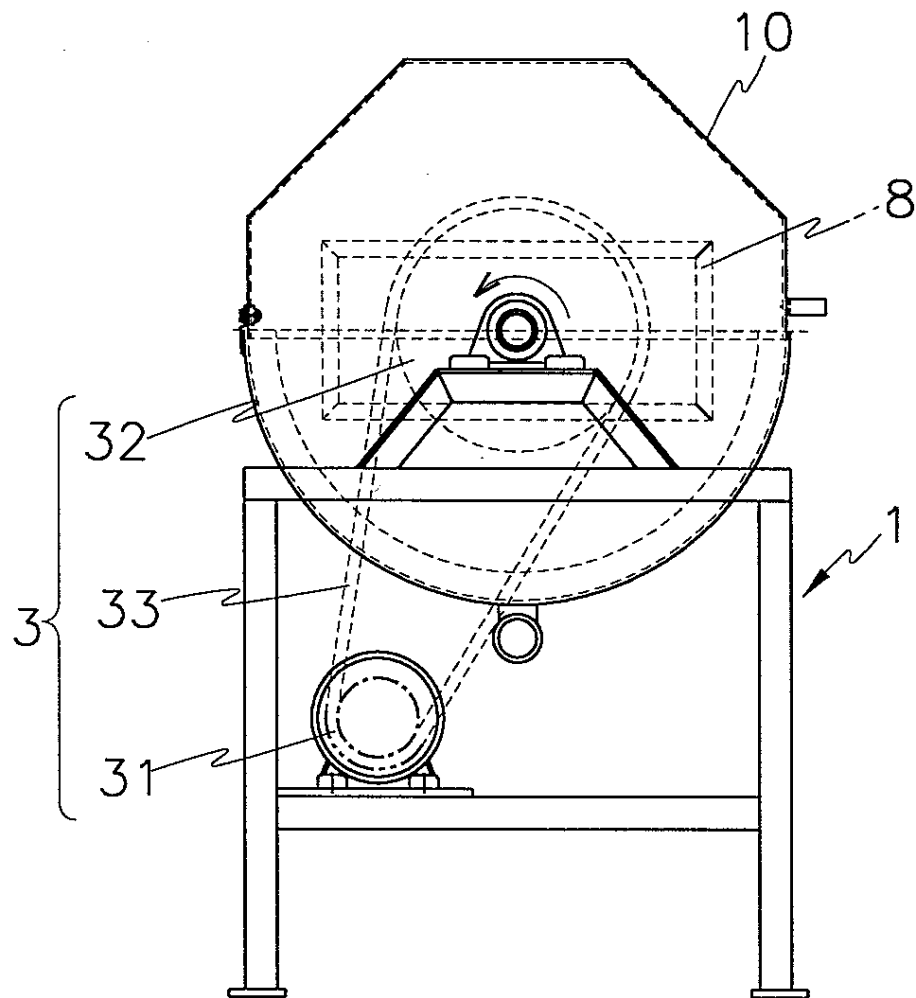
제2 항에 있어서, 상기 소비 트레이는 그 내부가 빈 육면체 형상이며, 상부 프레임의 내측에 다수개의 분리편이 부착되며, 하부 프레임의 내측에 상기 다수개의 분리편과 대응하는 다수개의 안착홈이 형성됨으로써, 상기 소비가 삽입가능한 별꼴 채밀기.

【도면】

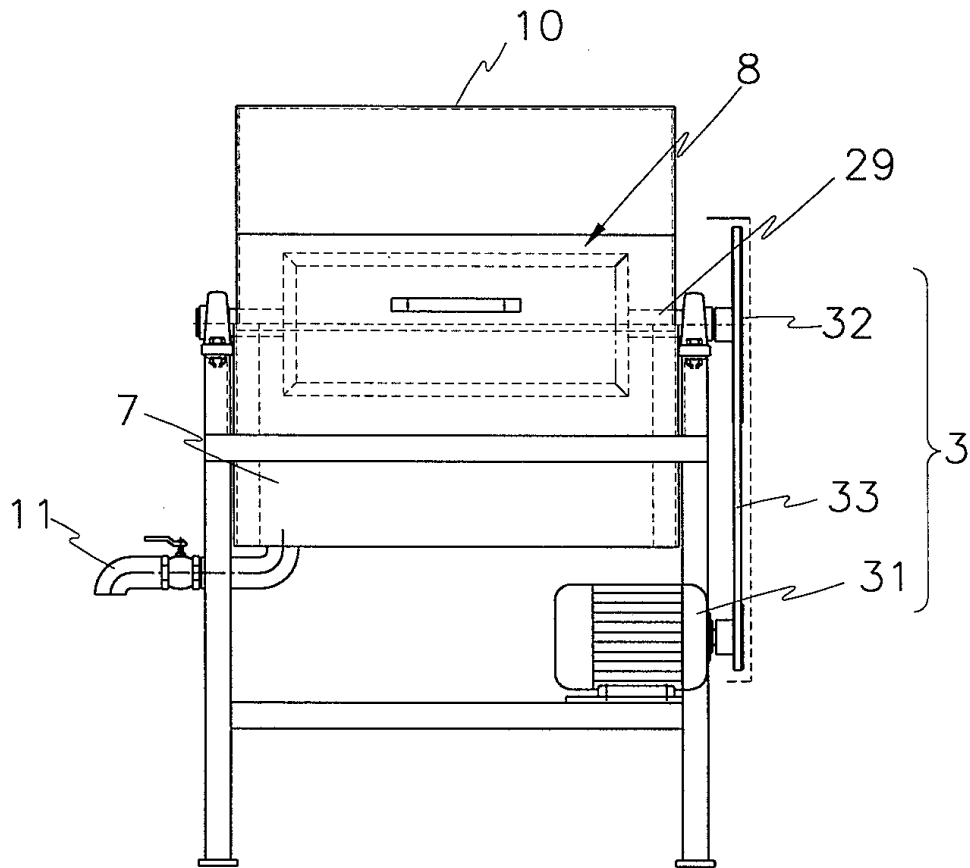
【도1】



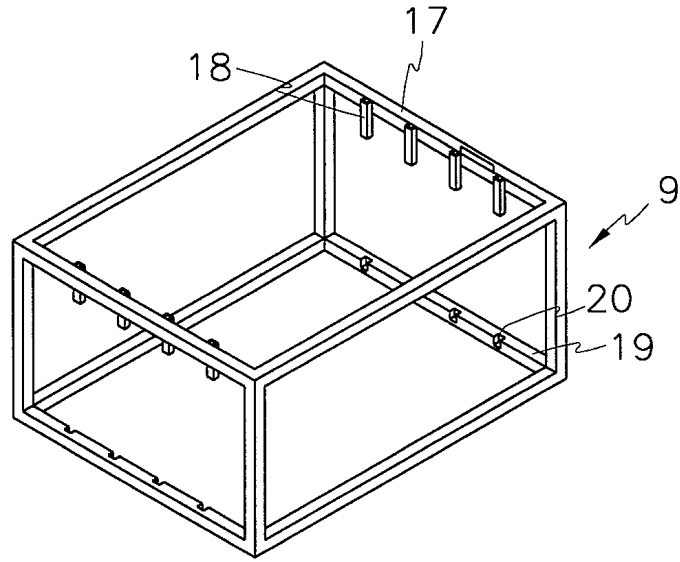
【図2】



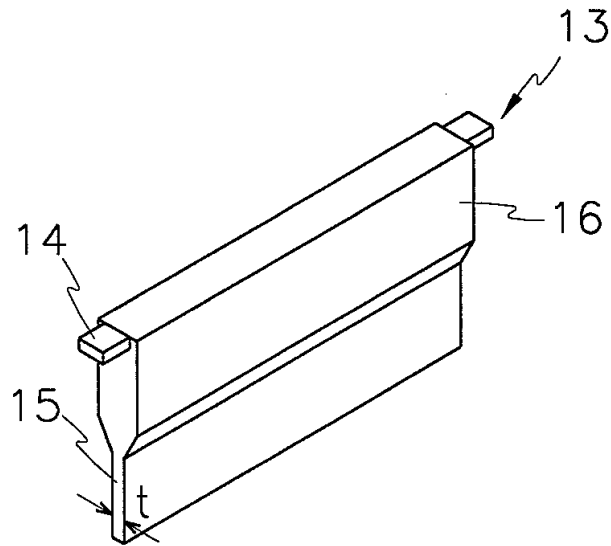
【도3】



【도4】



【도5】



【図6】

