

664.0284 -19 |
2937

GOVP1200209385

최 종
연구보고서

고효율 이동식 다목적 임산물 건조시스템 개발

Development of High-Efficiency Multi-Purpose
Special Forest Products Drying System

연구기관
전남대학교

농림부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “고효율 이동식 다목적 입산물 건조시스템 개발” 과제의
최종보고서로 제출합니다.

2001년 11월 일

주관연구기관명 : 전남대학교
총괄연구책임자 : 이 형 우
세부연구책임자 : 소 원 택
세부연구책임자 : 은 종 방
연구 조 원 : 김 병 남
연구 조 원 : 김 경 용
연구 조 원 : 이 범 수
연구 조 원 : 유 범 열
연구 조 원 : 정 기 영
연구 조 원 : 임 진 아

요 약 문

I. 제 목

고효율 이동식 다목적 임산물 건조시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리나라에서 생산되고 있는 임산물로는 용재(목재) 이외에도 종실류, 버섯류, 약용 식물, 산나물류 및 감과 같은 과실류 등을 들 수 있다. 그외에도 기타 부산물로 닥나무나 굴참나무껍질 또는 탄닌이나 칠액 등의 기타 임산물도 그 양은 적으나 생산되고 있다.

국산 임산물은 수입산 임산물에 비해 품질이 높고 안전하다는 인식과 건강에 대한 관심이 높아지면서 그 생산량이 꾸준히 증가되고 있는 추세이다. 또한 가격면에 있어서도 비교적 안정되어 농산촌의 수입에 커다란 보탬이 되고 있다. 상기한 임산물들은 주로 신선한 상태로 소비되는 것이 보통이나 생산시기에 제약이 있고 수분함량이 높아 유통이나 저장시 변질될 위험이 크며, 판매시기도 생산시기에 의하여 제한될 수밖에 없다. 임산물의 저장성을 연장하기 위한 방법으로는 냉장유통을 들 수 있으나 유통시기의 연장효과에 비해 에너지소모가 커서 비용면에서 불리하다. 따라서 임산물의 저장성을 대폭 늘리기 위해서는 건조하여 변질의 주원인인 함유수분의 수준을 낮추어야 한다. 건조에 의해 수분이 제거되면 미생물이나 효소에 의한 변질의 위험을 방지할 수 있는 동시에 무게 및 부피도 함께 감소하여 취급이 편리해지고 유통비용도 절감할 수 있으며, 경우에 따라서는 상품적 가치도 제고되는 효과를 기대할 수

있다.

일반적으로 상기한 임산물들은 천일(천연)건조에 의존하고 있어 설비투자비용이나 운영비용은 절감되지만 건조시간이 길고 품질이 저하되는 커다란 단점을 피할 수 없다. 따라서 인공적으로 열에너지를 투입하여 건조하는 열풍건조방법이 권장되고 있다. 그러나 과도한 열에너지를 가할 경우 들이킬 수 없는 품질 손상을 초래할 수 있으며, 지나치게 낮은 온도를 적용할 경우에는 건조시간 연장이라는 바람직하지 못한 상황이 발생하게 된다. 따라서 각 품종마다 건조중 함수율 변화에 따라 적절한 공기조건을 적용해야만 최소의 시간으로 최상의 품질을 얻을 수 있을 것이다.

국내에서는 임산물 건조에 대한 연구가 본격적으로 시도된 바가 없기 때문에 대부분의 임산물이 천일건조에 의존하고 있으며, 열풍건조의 경우에도 경험에 의해 적용 온도수준을 결정하므로 그에 따른 시간과 인력 및 비용의 낭비가 초래되고 있다. 또한, 현재 보급되고 있는 농산물 건조기의 형태나 사양이 임산물 건조에 알맞지 않은 경우가 많아 새로운 형태의 임산물 건조기가 요구되고 있다. 그러나 각 품종별로 서로 다른 형태로 건조기를 제작한다면 다양한 제품이 소량으로 생산되고 있는 국내 농산층에게는 경제적인 부담이 될 것이다.

그러므로 본 연구에서는 각종 국산 산채와 버섯류들의 건조특성을 파악하는 한편, 각 건조물의 품질을 면밀히 조사하여 최소의 비용으로 최상의 품질을 얻을 수 있는 적절한 건조스케줄(건조중 함수율 또는 시간에 따른 적절한 건조조건 변화를 의미함)을 찾고자 하였다. 이와 함께 개발된 건조스케줄을 바탕으로 품종별 최적의 건조방법을 구명하고, 다양한 임산물들을 모두 건조할 수 있는 다목적 건조기를 개발하고자 하였다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

대표적인 국산 임산물인 산채와 버섯류의 건조특성을 구명하는 동시에 건조제품의 품질을 평가하여 임산물 종류별 최적의 건조조건을 개발한다. 한편, 동일 건조시스템을 이용하여 다양한 임산물을 건조할 수 있도록 다목적 임산물 건조시스템을 설계, 제작하여 각 임산물 종류별로 개발된 건조조건을 적용할 수 있도록 한다. 그리고 열교환시스템을 장착하여 건조비용의 대부분을 차지하는 열에너지의 소요량을 절감할 수 있도록 한다. 또한, 건조 임산물들의 저장과 유통과정에서의 품질관리기술을 개발

하여 국산 임산물의 품질향상 및 고품질 유지를 도모한다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 임산물 건조특성 구명 및 적정 건조스케줄 개발

식용으로 널리 이용되고 있는 산채 중에서 엽채류인 취나물, 쑥, 고사리와 근채류인 도라지를 공시시료로 선정하여, 생산채류의 천일건조 및 열풍건조 특성을 구명하고 건조산채의 품질변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

무처리 생산채의 천일건조에서 생산채에서 함수율 15%까지의 건조시간은 취나물 4일, 쑥 5일, 고사리 4일, 도라지(할도) 3일이 소요되어 품종별 건조속도는 계절한 도라지가 가장 빠르고 쑥이 가장 늦었으며, 물 또는 소금물로 데치기한 시료의 천일건조는 도라지를 제외하고는 건조소요시간이 하루정도 단축되었다. 건구온도 80℃로 열풍건조한 생산채의 함수율 15%까지의 건조시간은 취나물과 쑥 3시간, 고사리 5시간, 도라지 4시간이 소요되었으며, 물 또는 소금물로 데치기한 시료의 열풍건조는 취나물과 쑥에서는 오히려 건조가 지연되는 것으로 나타났다.

식용버섯 중에서 골목을 이용하여 재배하는 표고버섯과 톱밥, 왕겨 등을 이용하여 생산하는 양송이버섯, 느타리버섯, 팽이버섯을 공시시료로 선정하여, 생버섯류의 천일건조 및 열풍건조 특성을 구명하고 건조버섯의 품질변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

무처리 생버섯류의 천일건조시 생버섯에서 함수율 15%까지의 건조시간은 표고버섯 4일, 양송이버섯 6일, 느타리버섯과 팽이버섯(할도) 3일이 소요되었으며, 품종별 건조속도는 양송이버섯<표고버섯<느타리버섯<팽이버섯 순으로 빠르게 나타났다.

열풍건조시 건구온도를 50℃에서 110℃까지 상승시킴에 따라 모든 품종의 건조속도는 현저하게 증가하였으며 역S자 형의 보풀선을 가지는 건조곡선을 나타냈다. 건구온도 60℃에서 상대습도와 풍속에 변이를 주었을 경우에는 고습도(80%)에서 저습도(40%)에 비해 대체로 건조소요시간이 2~3배 이상 길어졌으며, 저풍속(1m/sec)에 비해 고풍속(3m/sec)에서 품종에 따라 1~4시간 정도 건조시간이 단축되었다.

2. 건조 임산물 품질 평가 및 관리기술 개발

산채 건조에 있어서, 고사리를 건조할 때는 반드시 데치기를 실시하는 것이 좋을 것이며 5분 이상 데치기를 실시한 후 건조하는 것이 좋을 것으로 생각되어진다. 건조 시료의 수분 함량이 10% 이하 일 경우 외부 충격에 매우 약하므로 수분함량이 12-13%를 유지할 수 있는 8시간 내외가 50℃에서 건조 시, 건조 시간으로는 적당할 것으로 생각된다. 취는 데치는 시간 약 1분 이내에서 peroxidase의 활성은 보이지 않으나 1-2분 정도에서는 고루 데치기가 되지 못하여 풋내가 난다. 3분 데친 취를 50℃에서 8-10시간 건조 후, 데치지 않은 생시료를 같은 조건에서 건조한 시료와 수화 복원 후 그 외관을 관찰하였을 때, 3분 데치기 한 시료의 색상은 본래 생시료의 색상과 큰 차이가 없는 녹색을 유지하였다. 취의 경우에도 고사리와 마찬가지로 10시간 이상의 건조는 수분함량이 너무 낮아 외형을 유지할 수 없으므로 역시 8시간 내외의 건조 시간이 적절할 것으로 생각된다. 도라지는 박피 한 시료이기 때문에 열 전달이 더 빨랐을 것으로 판단되며, 스텝에서 30초면 효소가 불활성화되었다.

버섯 건조에 있어서, 수분감소율은 아가리쿠스, 양송이, 표고버섯 모두 온도가 높을수록 컸고 각각의 온도에서 모두 대가 갓보다 수분감소율이 더 높았으며 최종 수분함유량은 갓이 더 적었다. 수분활성도는 세가지 버섯 모두 갓과 대가 모두 실온, 50℃, 100℃에서 건조시료의 순으로 낮았다. 수화복원력은 건조 아가리쿠스의 경우 갓과 대 모두가 건조온도와는 관계없이 실온에서 침지 120분까지 급격히 증가하여 이때에 최대치를 나타내었다. 또한, 건조양송이는 50℃에서 건조하여 실온에서 150분간 침지한 것이 가장 좋게 나타났고 건조 표고버섯은 갓과 대 모두가 건조온도와는 관계없이 침지 60분까지 급격히 증가하여 이때에 최대치를 나타내었다. 표면색도는 아가리쿠스의 경우 갓에서의 L값이 50℃에서의 시료가 가장 높았고 생것이 가장 낮았다. 양송이 갓에서 생것인 경우 L값이 가장 컸고 다음 실온, 50℃, 100℃ 건조시료의 순이었다. 대에서는 L값이 생것이 가장 높았고 실온 건조한 것이 가장 낮았다. 표고버섯에 있어서 갓에서의 L값이 실온에서 음건한 것이 가장 높았고 100℃, 50℃의 순으로 작았다. 대에서는 L값이 실온에서 음건한 시료가 역시 가장 높았으며 50℃에서 건조한 것이 가장 낮았다. 갈변도는 세가지 버섯 모두 건조온도가 높을수록 높았으며 갓이 대보다 컸다. 관능검사결과 아가리쿠스의 경우 향은 100℃에서 건조시료가 생것과 유사한 향을 나타내었으며 실온건조가 가장 좋지 않게 나타났다. 건조 후 외관은 실온건조가 가장 좋게 나타났으며 100℃ 건조시료가 가장 좋지 않게 나타났다. 양송이 버섯에 있

어서는 향은 생것과 50℃에서의 건조시료가 가장 좋았으며 음건한 것이 가장 좋지 않게 나타났다. 외부양상과 색깔은 실온에서 음건한 것이 가장 좋았고 100℃에서 건조한 것이 가장 좋지 않게 나타났다. 표고버섯의 건조에서 향은 50℃에서 외관은 실온에서 건조한 것이 가장 좋았으며 종합적인 기호도는 음건이 가장 좋았으나 50℃에서 건조한 것도 괜찮은 것으로 판단되었다. 결과적으로 고온 건조일수록 수분감소율이 커서 빨리 건조되나 외관변화가 크게 일어나고 색깔도 고유의 색보다 더 짙게 변하는 것으로 나타났다.

3. 고효율 다목적 임산물 건조시스템 개발

에너지 절감을 위한 대책으로 Heat-pump방식을 응용하여 냉장 및 건조를 동시에 수행할 수 있는 고효율의 다목적 임산물 건조시스템을 개발, 그 시제품을 제작하였다. 임산물의 냉장 저장이 상시 요구되는 농가의 요구에 부응하는 한편, 냉장시스템으로부터 발생하는 폐열을 건조에 활용하게 되므로써 냉장시스템 운영에 소요되는 에너지에 열교환을 위한 송풍기 작동에 소요되는 약간의 에너지만이 추가로 소요된다. 그러므로 농가에서는 냉장고 1대를 운영하는 비용에 건조기까지 갖출 수 있게 되어 저렴한 비용으로 건조 임산물을 생산할 수 있다.

시제품을 이용하여 생 표고버섯 46kg을 건조한 결과 약 20시간이내에 함수율 10% 수준까지 건조가 가능하였으며, 약 42℃ 정도의 중온에서 건조가 실시되므로 건조된 표고버섯에서도 풍부한 풍미를 갖추고 있었다. 소비전력은 냉장과 건조시스템 동시 운영에 약 3kW 정도가 소요되었다.

SUMMARY

(영문요약문)

I. PROJECT TITLE

Development of High-Efficiency Multi-Purpose Drying System for Special Forest Products

II. RESEARCH NECESSITIES AND OBJECTIVES

Wild vegetables and mushrooms from mountains belong to special forest products produced in Korea. Consumers are recently very interested in their health; therefore, they want to eat food which have more beneficial effect for their body. Among them, vegetables and mushrooms from mountains and farms have been favored from consumers due to having unique taste and nutritive components including dietary fibers. The vegetables from mountains and mushrooms have been dried for food markets and rehydrated to be consumed by people. And, better drying systems should be developed to produce effectively dried vegetables and mushrooms having good quality. The study on drying condition for production of dried vegetables and mushrooms could help to develop better drying technology and drying systems for mass production and to enhance the quality of dried products. This study will give them the information on drying to develop a system for dried vegetables and mushrooms and to conduct quality control for the dried products. Therefore, in this study, the drying characteristics of domestic special forest products were investigated to develop optimal drying schedules. Quality control and evaluation technologies were also developed and high-efficiency multi-purpose drying system was designed and developed.

III. CONTENTS AND SCOPE OF THE RESEARCH

To achieve the objectives of this project the contents and scopes as follows were carried out.

1. Study in the Drying Characteristics of Special Forest products and Development of Optimal Drying Schedules

- Development of Conventional Hot-Air Drying Schedules
- Development of Temperature and Humidity Control Schedules
- Development of Multi-Step Drying Schedules
- Investigation of the Quality of Dried Special Forest Products

2. Development of Quality Control and Evaluation Technology for Dried Special Forest Products

- Development of Quality Control and Evaluation Technology for Dried Special Forest Products
- Proximate Composition Analysis of Special Forest Products
- Determination of Blanching Time
- Measurement of Rehydration Rate
- Development of Quality Control Technology
- Analysis of Physicochemical Characteristics of Mushrooms at Different Temperatures

3. Development of High-Efficiency Multi-Purpose Drying System for Special Forest Products

- Study on the Status of Special Forest Products Drying
- Design of High-Efficiency Multi-Purpose Drying System for Special Forest Products

- Construction of Heat-Pump Type Drying and Refrigerating System for Special Forest Products
- Control of Heat-Pump Type Drying and Refrigerating System for Special Forest Products
- Performance Test

IV. RESULTS AND SUGGESTIONS

1. STUDY ON THE DRYING CHARACTERISTICS OF SPECIAL FOREST PRODUCTS AND DEVELOPMENT OF OPTIMAL DRYING SCHEDULES

It took about 4 days to dry *Pteridium aquilinum* var. *Latiusculum* and *Ligularia fischeri* to 15% moisture content by air-drying and 3 days for *Platycodon grandiflorum*. Blanching could reduce the drying time by about 1 day. Wild vegetables could be dried in 3 ~ 5 hours by hot-air drying at 80°C.

Oak mushroom took about 4 days to be dried to 15% moisture content by air-drying and button mushroom took 6 days. But in hot-air drying drying time could be reduced to 10 to 20 hours and increasing the hot-air temperature enhanced the drying rate dramatically. Application of high air-speed upto 3m/sec could also enhance the drying rate. However, high relative humidity prolonged the drying time by about 2 times.

2. DEVELOPMENT OF QUALITY CONTROL AND EVALUATION TECHNOLOGY FOR DRIED SPECIAL FOREST PRODUCTS

In drying vegetable from mountains, *Pteridium aquilinum* var. *Latiusculum* should be blanched for 5 min. Dried *Pteridium aquilinum* var. *Latiusculum* should have around 12-13% moisture content for which it should be dried at 50C for 8 hours, because dried one having less than 10% moisture content could be broken. Even though the blanching time of *Ligularia fischeri* is enough for 1 minute because activity of peroxidase was deactivated. However, because blanched

Ligularia fischeri for 2 minutes could have beany flavor, it should be blanched for 3 minutes and dried at 50C for 8 hours. There is no big difference in color, green between the unblanched and the blanched for 3 minutes after rehydration. And, because *Ligularia fischeri* dried for more than 10 hours had much lower moisture content and was not to keep their appearance, it should be dried for 8 hours. In *Platycodon grandiflorum*, the blanching time may be enough for 30 seconds for which its enzymes were inactivated because it was thought that transportation of heat was fast due to being peeled in *Platycodon grandiflorum*.

In drying mushrooms, reduction of moisture content was high with increasing temperature of heating, it was higher at stipe than at pileus, and final moisture content after drying was higher at pileus than at stipe. Water activity at both stipe and pileus was high in ones dried at room temperature, 50C, and 100C, in order. Rehydration rate in *Agaricus* both stipe and pileus in no relationship with drying temperature was increased rapidly until 120 minute rehydration at which it was shown maximum value. In dried button mushroom, when ones dried at 50C were steeped at room temperature, rehydrated ones were the best in their quality. In dried oak mushrooms, rehydration rate was increased rapidly until 60 minutes steeping, at which maximum value was shown, both stipe and pileus in no relationship with drying temperature. In surface color of *Agaricus*, L values at pileus were the highest at ones dried at 50C and the lowest at fresh ones. In button mushrooms, at pileus L values were the highest at fresh ones and high at ones dried at room temperature, 50C, and 100C and at stipe it was the highest at fresh ones and the lowest at ones dried at room temperature. In oak mushrooms, at pileus L values were the highest at ones dried at room temperature and low at 100C and 50C, in order. At stipe they were also the highest at ones dried at room temperature and the lowest at ones dried at 50C. The degree of browning of all three mushrooms was increased with increasing drying temperature and was higher at pileus than at stipe. In sensory quality, flavor in *Agaricus* dried at 100C was shown similarly to in fresh ones and was the worst at ones dried at room temperature. Appearance was the best at ones dried at room temperature and the worst at ones dried at 100C. Flavor at fresh button mushrooms and ones dried at

50C were the best and ones dried at 100C were the worst. Appearance and color were the best at ones dried at room temperature and the worst at dried at 100C. In oak mushrooms, flavor was the best at ones dried at 50C and appearance was the best at ones dried at room temperature. Overall acceptability was the best at ones dried at room temperature and was good at ones dried at 50C. In conclusion, with increasing drying temperature, reduction of moisture content was increased and drying time was decreased, but appearance was not good and color was browned.

3. DEVELOPMENT OF HIGH-EFFICIENCY MULTI-PURPOSE DRYING SYSTEM FOR SPECIAL FOREST PRODUCTS

Heat-pump system was adapted to save drying energy consumption. High-efficiency multi-purpose drying system was design as the combination of refrigerating and drying system, where the outlet air from the refrigerating system was reused as the drying air. Air temperature in the drying system could be maintain at over 42°C and was high enough to dry special forest products within 24 hours.

Prototype of the high-efficiency multi-purpose drying system was constructed and the performance of this system was tested. 46 kg of green oak mushroom could be dried to below 10% moisture content in about 20 hours and dried oak mushroom showed good quality. And the electrical energy consumption was relatively lower than conventional hot-air drying system.

CONTENTS

(영 문 목 차)

CHAPTER 1. INTRODUCTION	17
CHAPTER 2. STUDY ON THE DRYING CHARACTERISTICS OF SPECIAL FOREST PRODUCTS AND DEVELOPMENT OF OPTIMAL DRYING SCHEDULES	21
Section 1. Introduction	22
Section 2. Study on the Drying Characteristics of Wild Vegetables from Mountain and Development of Optimal Drying Schedules	23
1. Development of Conventional Hot-Air Drying Schedules	23
2. Development of Temperature and Humidity Control Schedules ..	38
3. Development of Multi-Step Drying Schedules	41
4. Quality of Dried Wild Vegetables from Mountain	43
5. Conclusion	56
Section 3. Study on the Drying Characteristics of Mushrooms and Development of Optimal Drying Schedules	57
1. Development of Conventional Hot-Air Drying Schedules	57
2. Development of Temperature and Humidity Control Schedules ...	68
3. Development of Multi-Step Drying Schedules	72
4. Quality of Dried Mushrooms	73
5. Conclusion	89
CHAPTER 3. DEVELOPMENT OF QUALITY CONTROL AND EVALUATION TECHNOLOGY FOR DRIED SPECIAL FOREST PRODUCTS	90
Section 1. Introduction	91
Section 2. Development of Quality Control and Evaluation Technology for Dried Wild Vegetables from Mountain	92

1. Proximate Composition Analysis of Wild Vegetables from Mountain	92
2. Determination of Blanching Time	93
3. Measurement of Rehydration Rate	96
4. Development of Quality Control Technology and Discussion	96
Section 3. Development of Quality Control and Evaluation Technology for Dried Mushrooms	98
1. Materials and Methods	98
2. Analysis of Physicochemical Characteristics of Agaricus mushroom at Different Temperatures	99
3. Analysis of Physicochemical Characteristics of Button Mushroom at Different Temperatures	103
4. Analysis of Physicochemical Characteristics of Oak Mushroom at Different Temperatures	107
5. Summary	112
Section 4. Conclusion	113
Literature Cited	114

CHAPTER 4. DEVELOPMENT OF HIGH-EFFICIENCY MULTI-PURPOSE DRYING SYSTEM FOR SPECIAL FOREST PRODUCTS	116
Section 1. Introduction	117
Section 2. Study on the Status of Special Forest Products Drying	118
Section 3. Development of High-Efficiency Multi-Purpose Drying System for Special Forest Products	121
1. Design of High-Efficiency Multi-Purpose Drying System for Special Forest Products	121
2. Construction of Heat-Pump Type Drying and Refrigerating System for Special Forest Products	123

3. Control of Heat-Pump Type Drying and Refrigerating System for Special Forest Products	126
4. Performance Test	140
5. Conclusion	142
Literature Cited	142
 CHAPTER 7. SYNTHESIS	 143

목 차

제 1 장 서 론	17
제 2 장 임산물 건조특성 구명 및 적정 건조스케줄 개발	21
제1절 서 설	22
제2절 산채류의 건조특성 구명 및 적정 건조스케줄 개발	23
1. 관행식 단순 건조스케줄 개발시험	23
2. 온습도 조절 열풍식 건조스케줄 개발시험	38
3. 온습도 조절 열풍식 다단계 건조스케줄 개발시험	41
4. 건조에 의한 산채의 품질변화	43
5. 결론	56
제3절 버섯류의 건조특성 구명 및 적정 건조스케줄 개발	57
1. 관행식 단순 건조스케줄 개발시험	57
2. 온습도 조절 열풍식 건조스케줄 개발시험	68
3. 온습도 조절 열풍식 다단계 건조스케줄 개발시험	72
4. 건조에 의한 버섯류의 품질변화	73
5. 결론	89
제 3 장 건조 임산물 품질평가 및 관리기술 개발	90
제1절 서 설	91
제2절 건조 산채류 품질평가 및 관리기술 개발	92
1. 산채 일반 성분분석	92
2. 데치기 시간 결정	93
3. 수화 복원력	96

4. 관리기술과 고찰	96
제3절 건조 버섯류 품질평가 및 관리기술 개발	98
1. 재료 및 방법	98
2. 건조온도에 따른 아가리쿠스 버섯의 품질특성	99
3. 건조온도에 따른 양송이의 품질특성	100
4. 건조온도에 따른 표고버섯의 품질특성	107
5. 요약	112
제4절 결 론	113
참고문헌	114
제 4 장 고효율 다목적 임산물 건조시스템 개발	116
제1절 서 설	117
제2절 임산물 건조 현황 파악	118
제3절 고효율 임산물 건조시스템 개발	121
1. 고효율 임산물 건조시스템 설계	121
2. 히트-펌프방식 임산물 건조 및 냉장시스템의 구성	123
3. 히트-펌프방식 임산물 건조 및 냉장시스템의 제어방법	126
4. 성능평가	140
5. 결론	142
참고문헌	142
제 5 장 종합	143

제 1 장
서 론

우리나라에서 생산되고 있는 임산물로는 용재(목재) 이외에도 종실류, 버섯류, 약용 식물, 산나물류 및 감과 같은 과실류 등을 들 수 있다. 그외에도 기타 부산물로 딱나무나 굴참나무껍질 또는 탄닌이나 칠액 등의 기타 임산물도 그 양은 적으나 생산되고 있다. 현재 생산되고 있는 종실류의 종류 및 최근 생산현황은 표1과 같으며, 지난 수년간 비슷한 수준의 생산량을 유지하고 있다. 특히, 대추의 경우 건강음료로 개발되어 그 생산량이 점차 늘어나고 있다. 우리의 식생활에서 이미 매우 중요한 위치를 차지하고 있는 버섯류는 건강식품으로 각광을 받게 되면서 점차로 그 생산량이 늘고 있음을 표2에서 알 수 있다. 특히, 표고버섯의 경우 꾸준히 생산량이 늘고 있다. 그 밖에 표3에서 보는 바와 같이 약용으로 사용되고 있는 약초나 산수유, 그리고 우리의 식탁을 풍성하게 해주는 산채류는 비타민, 무기질 및 섬유질이 풍부한 건강식품으로 그 생산량도 지난 수년간 비슷한 수준을 유지하고 있다.

표1. 우리나라 임산물 생산현황(종실류)

(단위: 톤)

연도	1990	1991	1992	1993	1994	1995
밤	85,043	89,747	101,742	80,994	100,163	93,655
호도	905	1,023	1,118	1,173	1,514	1,312
잣	868	715	435	969	1,578	1,084
대추	5,953	7,578	11,216	7,038	12,600	13,180
도토리	1,656	1,643	1,740	1,695	2,033	1,621
은행	652	592	607	629	814	774
산딸기	240	285	277	262	160	109
계	95,317	101,583	117,135	92,760	118,862	111,735

*(1996년 농림수산업 통계연보)

국산 임산물은 수입산 임산물에 비해 품질이 높고 안전하다는 인식과 건강에 대한 관심이 높아지면서 그 생산량이 꾸준히 증가되고 있는 추세이다. 또한 가격면에 있어서도 비교적 안정되어 농산촌의 수입에 커다란 보탬이 되고 있다.

상기한 임산물들은 주로 신선한 상태로 소비되는 것이 보통이나 생산시기에 제약이 있고 수분함량이 높아 유통이나 저장시 변질될 위험이 크며, 판매시기도 생산시기에 의하여 제한될 수밖에 없다. 임산물의 저장성을 연장하기 위한 방법으로는 냉장유통을 들 수 있으나 유통시기의 연장효과에 비해 에너지소모가 커서 비용면에서 불리하다. 따라서 임산물의 저장성을 대폭 늘리기 위해서는 건조하여 변질의 주원인인 함유수분의 수준을 낮추어야 한다. 건조에 의해 수분이 제거되면 미생물이나 효소에

의한 변질의 위험을 방지할 수 있는 동시에 무게 및 부피도 함께 감소하여 취급이 편리해지고 유통비용도 절감할 수 있으며, 경우에 따라서는 상품적 가치도 제고되는 효과를 기대할 수 있다.

표2. 우리나라 임산물 생산현황(버섯류) (단위: 톤)

연도	1990	1991	1992	1993	1994	1995
송이	945	324	773	137	146	654
표고	1,648	1,761	2,254	2,580	2,694	2,824
느타리	87	107	220	168	134	464
목이	24	21	64	27	28	25
기타	293	211	336	319	142	139
계	2,997	2,424	3,647	3,231	3,144	4,106

*(1996년 농림수산업 통계연보)

표3. 우리나라 임산물 생산현황(약용 및 산나물) (단위: 톤)

연도	1990	1991	1992	1993	1994	1995
약초	1,027	974	1,186	1,351	1,086	976
산수유	361	407	395	389	400	319
은행나무잎	211	172	152	186	706	-
산나물	9,534	12,530	16,330	17,842	20,444	18,498

*(1996년 농림수산업 통계연보)

일반적으로 상기한 임산물들은 천일(천연)건조에 의존하고 있어 설비투자비용이나 운영비용은 절감되지만 건조시간이 길고 품질이 저하되는 커다란 단점을 피할 수 없다. 따라서 인공적으로 열에너지를 투입하여 건조하는 열풍건조방법이 권장되고 있다. 그러나 과도한 열에너지를 가할 경우 돌이킬 수 없는 품질 손상을 초래할 수 있으며, 지나치게 낮은 온도를 적용할 경우에는 건조시간 연장이라는 바람직하지 못한 상황이 발생하게 된다. 따라서 각 품종마다 건조중 함수율 변화에 따라 적절한 공기조건을 적용해야만 최소의 시간으로 최상의 품질을 얻을 수 있을 것이다.

국내에서는 임산물 건조에 대한 연구가 본격적으로 시도된 바가 없기 때문에 대부분의 임산물이 천일건조에 의존하고 있으며, 열풍건조의 경우에도 경험에 의해 적용 온도수준을 결정하므로 그에 따른 시간과 인력 및 비용의 낭비가 초래되고 있다. 또한, 현재 보급되고 있는 농산물 건조기의 형태나 사양이 임산물 건조에 알맞지 않은

경우가 많아 새로운 형태의 임산물 건조기가 요구되고 있다. 그러나 각 품종별로 서로 다른 형태로 건조기를 제작한다면 다양한 제품이 소량으로 생산되고 있는 국내 농산촌에게는 경제적인 부담이 될 것이다.

그러므로 본 연구에서는 각종 국산 임산물들의 건조특성을 파악하는 한편, 각 건조물의 품질을 면밀히 조사하여 최소의 비용으로 최상의 품질을 얻을 수 있는 적절한 건조스케줄(건조중 함수율 또는 시간에 따른 적절한 건조조건 변화를 의미함)을 찾고자 한다. 이와 함께 개발된 건조스케줄을 바탕으로 품종별 최적의 건조방법을 구명하고, 다양한 임산물들을 모두 건조할 수 있는 다목적 건조기를 개발하고자 하였다.

제 2 장

임산물 건조특성 구명 및 적정 건조스케줄 개발

세부연구책임자 : 소 원 택
연구 조 원 : 정 기 영
 임 진 아

제 1 절 서 설

주요 임산물인 버섯과 산채류는 국민 식생활에 중요한 위치를 차지하고 있으며, 비타민과 무기질 및 풍부한 섬유질을 함유하고 있어서 건강 및 영양식품으로 애용되고 있다. 또한 버섯은 적은 양이지만 일부 수출되고있는 고부가가치 상품으로서 농가수입의 제고에도 한 몫을 담당하고 있으며, 이러한 임산물의 저장성 개선과 유통기간 연장을 위해서는 건조과정이 필수적이라 할 수 있다. 그러나 아직까지 각 임산물에 대한 적절한 건조조건이 구명되지 않고 있으며 대부분의 관행적 열풍건조는 단순히 높은 건조온도에 의한 건조시간 단축만을 목표로 하기 때문에 건조품질의 저하로 인한 상품가치와 판매가격의 하락을 동반하게 되어 그만큼 수입의 감소를 초래하고 있는 실정이다. 따라서 임산물 건조의 효율성을 증대시키기 위해서는 다양한 건조인자에 대한 품목별 건조특성을 구명하여 적정 건조스케줄을 개발하고 동시에 건조후의 합리적인 품질관리를 도입하는 것이 매우 필요하다고 생각된다.

따라서 본 연구는 1차년도에 산채류 건조에 이어서 2차년도에는 버섯류를 대상으로 표고버섯, 양송이버섯, 느타리버섯, 팽이버섯을 공시시료로 선정하고 건조온도와 상대습도 및 풍속에 변이를 주어 건조속도와 건조품질의 영향을 조사하였다.

제 2 절 산채류의 건조특성 구명 및 적정 건조스케줄 개발

1. 관행식 단순 건조스케줄 개발시험

가. 공시시료의 선정 및 건조 전처리

식용으로 널리 이용되고 있는 산채 중에서 엽채류인 취나물, 쑥, 고사리와 근채류인 도라지를 공시시료로 선정하고, 생산채의 장기보관이 곤란하므로 시중의 농산물 시장에서 소량씩 정기적으로 구입하여 실험에 사용하였다.

공시시료의 선별은 취나물은 잎길이 6~12cm, 폭 5~10cm의 옆표면이 깨끗하고 결함이 없는 시료를 사용하였고, 동일한 요령으로 쑥은 최대 잎길이 5cm, 폭 4cm 이하, 고사리는 줄기직경 2~5mm, 길이 20cm로 절단하여 사용하였다. 도라지는 껍질을 벗기고 단면치수 3~5mm로 세절하고 길이는 15cm 이하로 절단하여 시료로 사용하였다.

건조용 용기는 소형의 스테인리스 철제 4각형 그물바구니(높이43×폭165×길이207mm)를 이용하고, 1회 건조용 시료분량은 천일건조시험의 경우 취나물과 쑥은 60g, 고사리와 도라지는 120g, 열풍건조시험의 경우 취나물과 쑥은 50g, 고사리와 도라지는 100g을 칭량하여 사용하였다.

공시시료의 건조전 처리는 무처리와 전처리로 구분하여 실시하였으며, 전처리로는 물과 소금물로 데치는 방법을 적용하였다. 무처리는 공시시료에 대하여 전처리를 실시하지 않고 생산된 그대로 건조용 4각 그물바구니에 담아서 초기무게를 구하고 천일 건조용 건조대를 이용하여 50일 동안 건조를 실시하였으며, 산채의 함수율은 습량기준으로 산출하였다. 물데치기는 열수법과 증자법이 있으나 일반적으로 사용이 간편한 열수법이 흔히 사용되고 있으며 본 연구에서도 열수법을 적용하였다. 산채를 끓는 물(98℃)에 취나물과 쑥은 2분간, 고사리와 도라지는 6분간 데친 후 즉시 찬물에 담가서 냉각시킨 다음 냉각된 시료는 건조용 그물바구니에 담아 15분 동안 방치하여 산채의 표면수를 제거시킨 후 칭량하여 초기무게를 구하고 건조대를 이용하여 건조를 실시하였다. 또한 소금물 데치기는 5%의 소금물을 항온수조에 넣고 끓인 다음 물데치기와 동일한 방법으로 천일건조를 실시하였다.

공시시료의 건조기기는 천일건조시 2단 건조대를 제작하여 사용하고, 열풍건조는

온습도 조절이 가능한 인공건조기를 사용하였으며, 전처리에는 전기가열식 항온수조에 7 l의 물을 담아서 사용하였다.

나. 산채의 천일건조시험

1) 무처리 천일건조시험

무처리 생산채의 천일건조시 건조경과일수에 대한 산채의 함수율 감소경향은 그림 2-1과 같이 조사되었으며, 건조경과 30일 이후의 함수율은 이미 기건상태에 도달되고 단지 대기조건의 변화에 따라 흡습과 탈습을 반복하는 과정에서 발생하는 미소한 변화에 불과하므로 그림에서 생략하였다. 대기조건 변화는 오후 2시 기준으로 기온은 23~31℃, 상대습도 29~69%의 범위를 나타냈다.

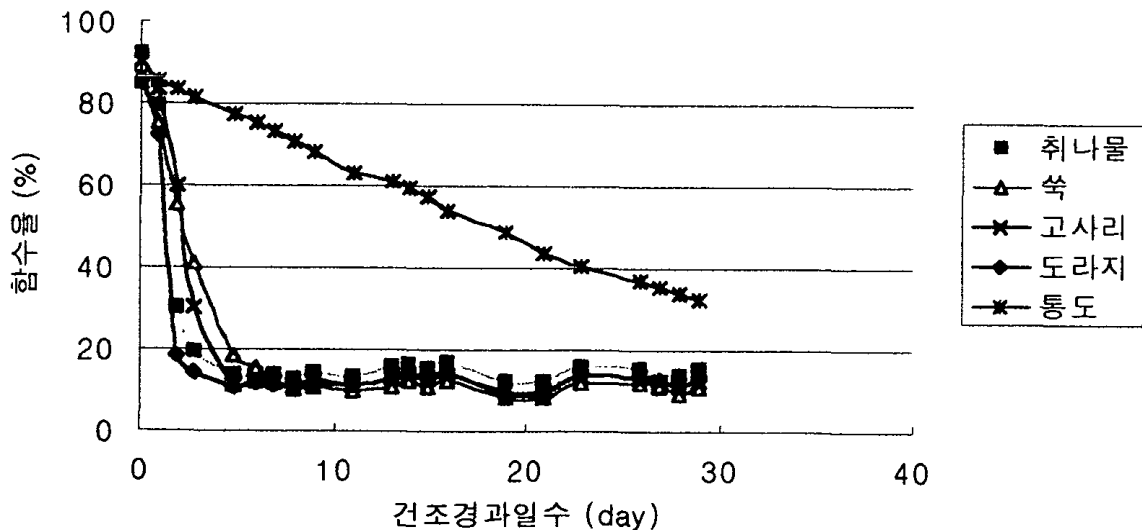


그림 2-1. 무처리 산채류의 천일건조곡선

천일건조시 산채의 목표함수율을 구하기 위해서 먼저 취나물의 함수율 변화를 분석해본 결과 건조개시 5일만에 함수율 14.1%로 건조된 후 안정되다가 8일에는 12.8%까지도 건조되었으나 대기의 상대습도가 높아짐에 따라 14일 후에는 16.6%로 흡습하는 현상이 관찰되었다. 쑥은 건조개시 11일 후에 함수율 9.9%까지 건조되었으나 14일 후에는 12.2%로 흡습하였으며, 고사리는 건조개시 5일 후에 함수율 11.1%까지 건조되고 그 이후로는 함수율의 증감이 반복되었다. 도라지는 세할된 것으로 건조개시 3일 만

에 함수율 14.2%까지 건조되고 계속해서 5일에는 10.6%까지 건조되었으나 그 이후 흡습과 건조가 반복되면서 9.2%에서 14.4%의 함수율 변이를 보여주었다. 우리 나라 연간 평형함수율의 변이가 12.3~15.7%임을 기준으로 볼 때 1차적으로 15.7%까지는 천일건조가 진행될 수 있으나 그 이후로는 함수율이 안정되기 시작하며, 건조당시의 대기조건에 의해 다소의 추가적인 건조가 진행될 수도 있지만 상대습도가 높을 때는 건조기간을 연장해도 더 이상 건조가 안되거나 오히려 흡습에 의한 함수율 증가가 일어날 수도 있다.

이외에도 약제 처리한 도라지는 16%로 이하로 건조했을 때 3개월 실온저장시 곰팡이가 발생하지 않는다고 보고된 연구결과 등도 고려해볼 때 본 연구에서는 천일건조의 1차적인 목표함수율을 15%로 결정하고 생산채에서 15%까지의 건조소요일수를 산출하였다. 그 결과 취나물 4일, 쑥 5일, 고사리 4일, 도라지 3일이 소요되어 세할된 도라지의 건조속도가 가장 빠르고 작은 잎이 총총히 물려있는 쑥의 건조속도가 가장 늦은 산채로 판명되었다.

한편 도라지를 쪼개지 않고 통째로 천일건조한 경우(그림의 통도)는 건조경과 30일이 지나도 32% 이상의 많은 수분이 남아있으며 건조과정에서 내부까지 부후되는 경우가 많아서 건조기간의 장기화와 품질저하를 고려해볼 때 천일건조에는 적합하지 않은 것으로 생각된다.

2) 물로 데친 후 천일건조시험

생산채를 끓는 물에 데친 후 건조경과일수에 대한 산채의 함수율 감소경향을 조사한 결과는 그림 2-2와 같다.

물에 데친 생산채를 함수율 15%까지 건조하는 데 소요된 천일건조일수는 종류별로 건조속도의 차이는 다소 있지만 취나물, 쑥, 고사리 모두 3일이 소요되었으며 도라지는 4일이 소요되었다. 무처리 산채에 비해 취나물과 고사리는 데치는 과정에서 초기 함수율이 2.2~8.3% 정도 높아졌음에도 불구하고 하루 단축되고 쑥은 2일이 단축되었는데 이는 침수시간이 2분에 불과하여 수용성 추출물 등의 용출에 의한 영향으로 추정하기에는 무리가 있으며, 오히려 열수에 의한 고온처리가 산채의 투과성을 증대시킬 수 있는 가능성을 생각할 수 있다. 반면에 도라지는 4일이 소요되어 무처리보다 하루 지연되었는데 이는 건조속도에 대한 데치기의 영향이 다른 산채보다 작고 세할 과정에서 노출된 내면의 수분흡수가 빨라서 초기함수율이 높아진 때문으로 분석된다. 그러나 세할하지 않은 통도라지의 경우는 건조경과 30일 후의 함수율이 16%로서 무

처리의 32%에 비해 매우 빠른 건조진행을 보여주었다. 이와 같이 근채류인 도라지(세할한 것)를 제외하고 엽채류인 취나물, 쑥, 고사리는 물에 데치므로서 천일건조속도가 매우 증가됨을 알 수 있었다.

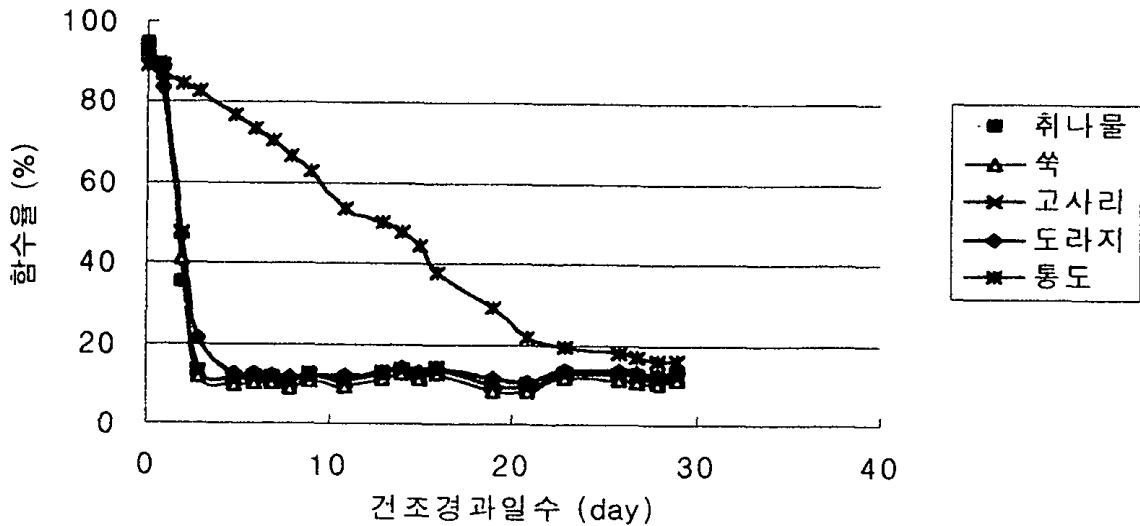


그림 2-2. 물로 데친 산채류의 천일건조곡선

3) 소금물로 데친 후 천일건조시험

생산채를 소금물로 데친 후 건조경과일수에 대한 산채의 함수율 감소경향은 그림 2-3과 같이 조사되었다.

소금물로 데친 생산채를 함수율 15%까지 건조하는 데 소요된 천일건조일수는 취나물, 고사리, 도라지 모두 3일이 소요되고 쑥은 불과 2일이 소요되었다. 무처리 산채에 비해 취나물과 고사리는 하루 단축되어 물데치기와 동일하였으나 쑥은 무처리에 비해 2일이 단축되고 물데치기에 비해서도 1일이 단축되므로서 건조속도에 미치는 데치기의 효과가 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 앞에서 언급한 물데치기와 같은 작용이 소금물에서도 동일하게 작용한 것으로 보이며 쑥의 경우는 그 영향이 보다 큰 것으로 생각된다. 또한 세할된 도라지의 경우는 무처리와 동일한 3일이 소요되어 물데치기와 마찬가지로 데치기의 효과는 없는 것으로 조사되었으며, 특히 데치는 동안 시료의 초기함수율 증가량이 1.8%로서 물데치기의 4.7%보다 작은 것도 한 요인으로 작용했을 것으로 보이기 때문에 소금물의 영향이 쑥만큼 크지는 않을 것으로 판단된다. 다만 통도라지의 경우는 건조경과 30일 후의 함수율이 18%로서 물데치기와 마찬가지로

무처리에 비해 매우 빠른 건조속도를 보여주었다.

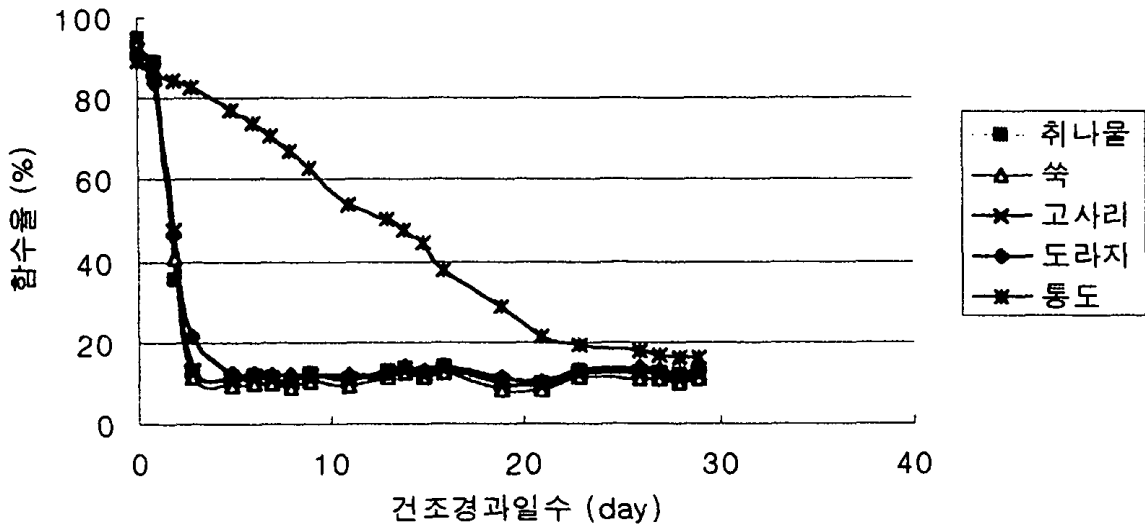


그림 2-3. 소금물로 데친 산채류의 천일건조곡선

건조전 전처리로서 데치기의 효과는 원래 산채의 녹색도 유지, 내절성 증대 및 보존성 향상 등이 보고된 바 있으며, 본 연구의 결과 엽채류의 경우 데치기함으로써 비록 초기함수율은 증가하지만 산채의 건조성을 개선하고 결과적으로 천일건조시간을 단축시키는 효과도 있음을 알 수 있었다.

다. 산채의 열풍건조시험

1) 열풍건조시험

산채류의 각 품종별로 지금까지 관행적으로 이용되고 있는 단순온도 의존식 건조방식을 1차적으로 적용하여 건구온도와 풍속의 변이를 주고 건조특성을 구명하였으며, 2차적으로는 습도조건을 달리하여 저온과 고온으로 구분하여 건조특성을 구명하였다. 또한 물과 소금물로 데친 시료를 건조하여 열풍건조에 미치는 전처리의 영향을 조사하였다.

가) 건구온도별 열풍건조특성

건구온도를 50℃에서 110℃까지 5개의 단계를 두고 각 단계별로 생산채로부

터 15%까지의 함수율 감소경향을 조사한 결과는 그림2-4~그림2-8과 같다.

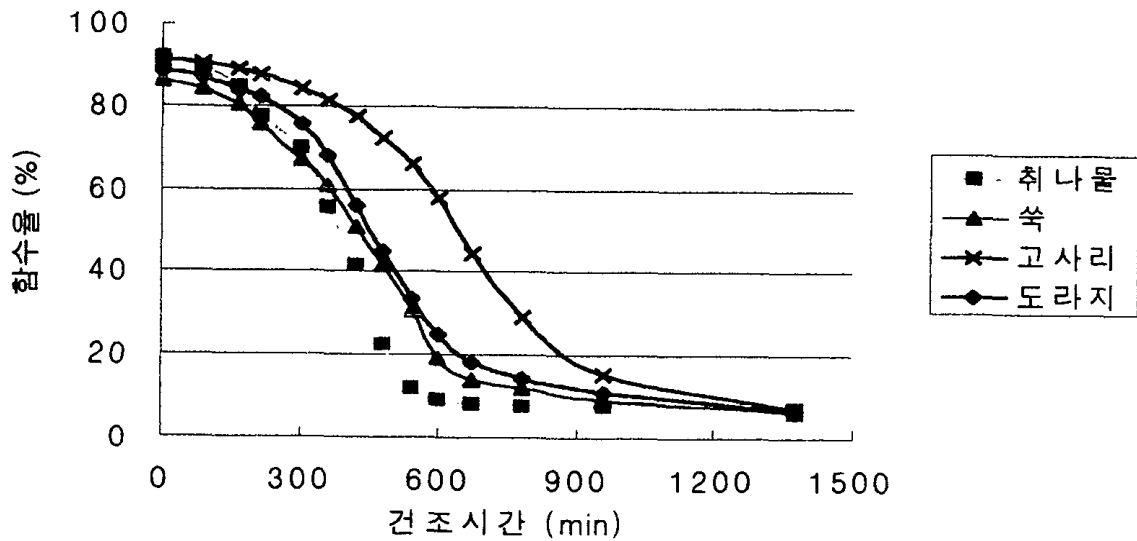


그림 2-4. 건구온도 50°C에서의 무처리 산채류의 열풍건조곡선

건구온도 50°C에서 13시간 건조한 후의 산채종류별 함수율은 취나물 7.8%, 썩 12.0%, 고사리 29.0%, 도라지 14.4%로서 취나물의 건조속도가 가장 빠르고 고사리가 가장 늦은 품종으로 나타났다. 생산채에서 함수율 15% 이하까지 건조하는 데 각각 취나물 9시간, 썩 11시간, 고사리 16시간, 도라지 13시간이 소요되는 등 최소 9시간 이상 열풍건조함으로써 많은 양의 열에너지가 소모되고 또한 장시간이 소요됨으로써 신속성을 추구하는 열풍건조의 장점이 약화되는 문제가 노출됨으로써 생산채류의 열풍건조에 50°C 이하의 온도는 적합하지 않다고 판단된다.

건구온도 60°C에서 목표함수율 15% 이하로 건조하는 데 품종간에 분단위 차이가 다소 있으나 대략 취나물 5시간, 썩 4시간, 도라지 6시간이 소요되었고 고사리는 매우 늦어서 8시간이 소요되는 것으로 나타났다. 먼저 취나물의 경우 건조개시 1시간까지는 건조속도가 완만했으나 그 이후 급격히 증가되고 함수율 20% 부근에서 다시 완만해지는 경향을 보이며 전체적으로 역S자형의 건조곡선을 나타내는 건조특성을 보여주었다. 이러한 경향은 썩과 도라지에서 뚜렷하게 관찰되었으며 건조속도가 늦은 고사리의 경우에는 다소 불분명하지만 대체로 유사한 건조곡선을 나타냈다. 50°C 열풍

건조와는 반대로 취나물에 비해 썩의 건조가 빠른 것으로 나타났는데 이는 선별건조된 시료의 크기가 기준크기에서 취나물이 크거나 썩이 작을 경우 건조시간이 다소 연장 내지는 단축될 수 있는 것으로서 그만큼 취나물과 썩의 건조성 차이는 매우 작다는 것을 알 수 있다.

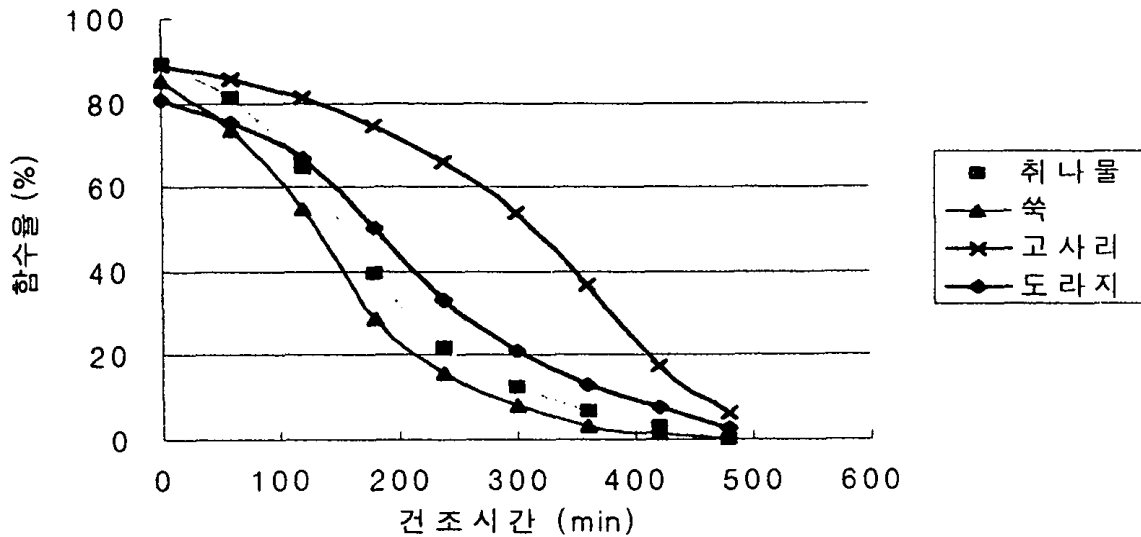


그림 2-5. 건구온도 60°C에서의 무처리 산채류의 열풍건조곡선

한편 무처리 천일건조에 비해 열풍건조시 건조속도는 매우 빨라서 15%까지 건조하는 데 소요된 시간이 대략 고사리 14배에서 취나물 19배까지 건조시간을 단축할 수 있었다.

건구온도 80°C에서 목표함수율 15% 이하로 건조하는 데 취나물과 썩은 3시간이 소요되고 도라지는 4시간 고사리는 5시간이 소요되었다. 생산체는 냉장상태로 보관한다 해도 5일이 지나면 벌써 변색되고 물러지기 시작하여 채취당시의 품질을 유지하지 못하므로 계속해서 새로운 산채를 구입하여 시료로 사용해야 하기 때문에 건구온도별로 사용한 산채의 생산지 및 생육상태는 각기 다를 수 있으며, 따라서 건구온도별로 품종간 건조속도의 변이도 상당히 다르게 나타나는 문제점도 고려할 필요가 있었다. 대체로 건조개시 3시간 후의 산채종류별 함수율은 취나물 4.0%, 썩 10.3%, 고사리 52.0%, 도라지 24.7%로서 이때에도 품종간 열풍건조속도는 고사리 < 도라지 < 썩 < 취나물의 순으로 빠르게 나타났다.

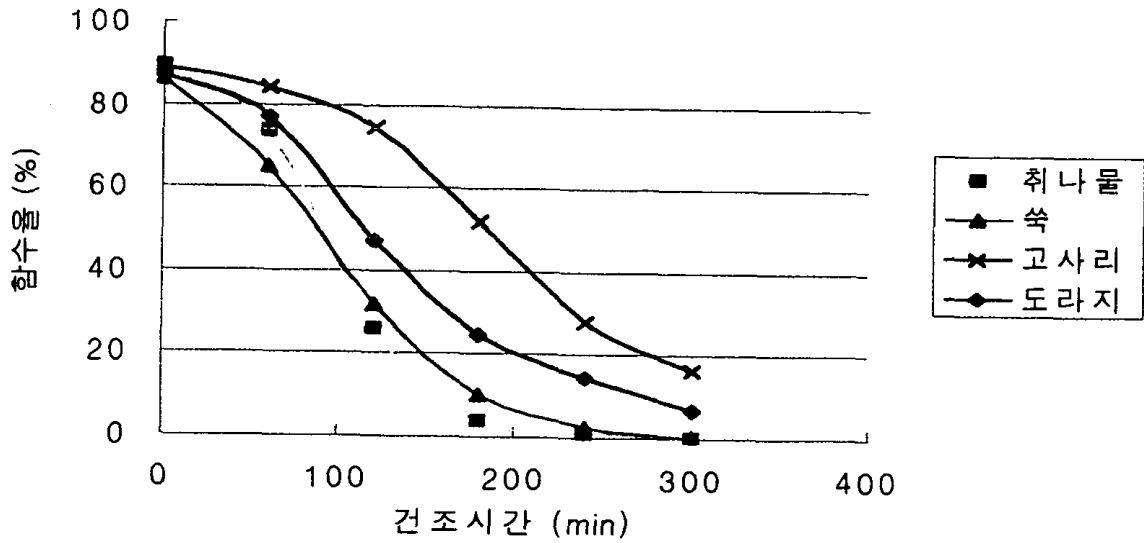


그림 2-6. 건구온도 80°C에서의 무처리 산채류의 열풍건조곡선

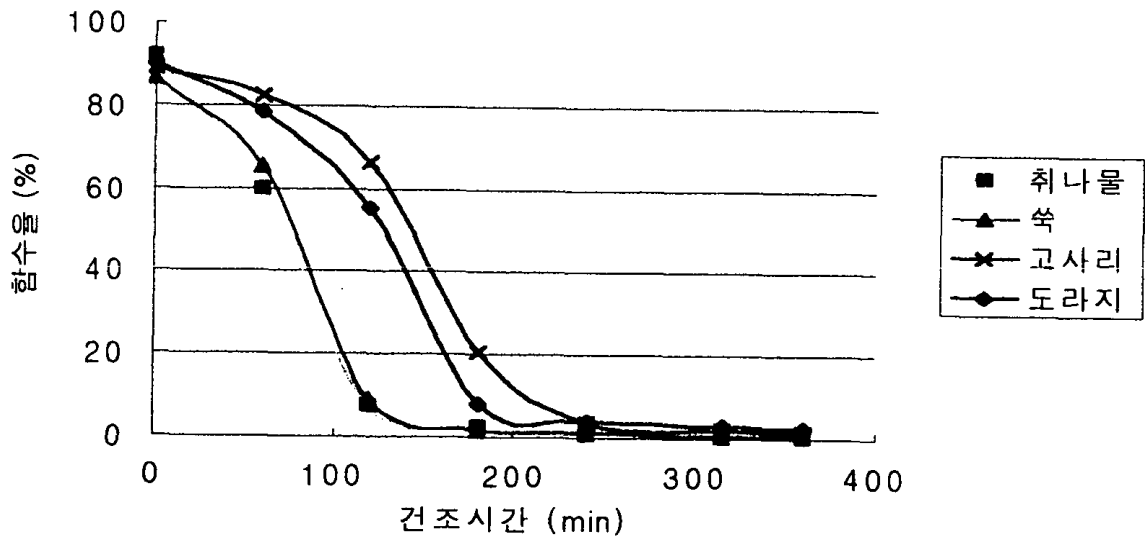


그림 2-7. 건구온도 100°C에서의 무처리 산채류의 열풍건조곡선

건구온도 100°C에서 목표함수율 15% 이하까지 건조하는 데 취나물과 쑥은 2시간이 소요되고 고사리는 4시간, 도라지는 3시간이 소요되었다. 건구온도를 높이므로서 모든 품종의 건조속도가 빨라지고 품종간 건조소요시간의 차이도 감소되는 경향이 나타났

다. 취나물과 쑥은 건조개시 1시간 후부터 건조속도가 급격히 증가하여 함수율과 건조시간 사이에 거의 직선적인 감소추세를 보이며 2시간 후에는 함수율이 10% 이하로 떨어지고 3시간이 지나면서 함수율이 3% 이하까지 건조되었다. 반면에 고사리와 도라지는 건조개시 2시간 시점에서는 각각 66.4%와 55.5%로서 매우 높은 함수율을 유지하였으나 그 이후 급격히 건조가 진행되면서 도라지는 3시간 후에 함수율 8.0%, 고사리는 4시간 후에 3.7%에 도달하였다. 한편 고사리의 경우 건구온도 80℃까지는 건조곡선의 경향이 불분명했으나 100℃ 건조에서는 다른 품종과 마찬가지로 역S자형의 건조곡선이 뚜렷하게 관찰되었다. 또한 100℃의 고온건조에서는 4품종 모두 건조초기와 건조말기에는 완만한 곡선을 이루고 있으나 그 중간부분에서는 건조속도가 가속화되어 거의 직선적인 건조특성을 나타냈다.

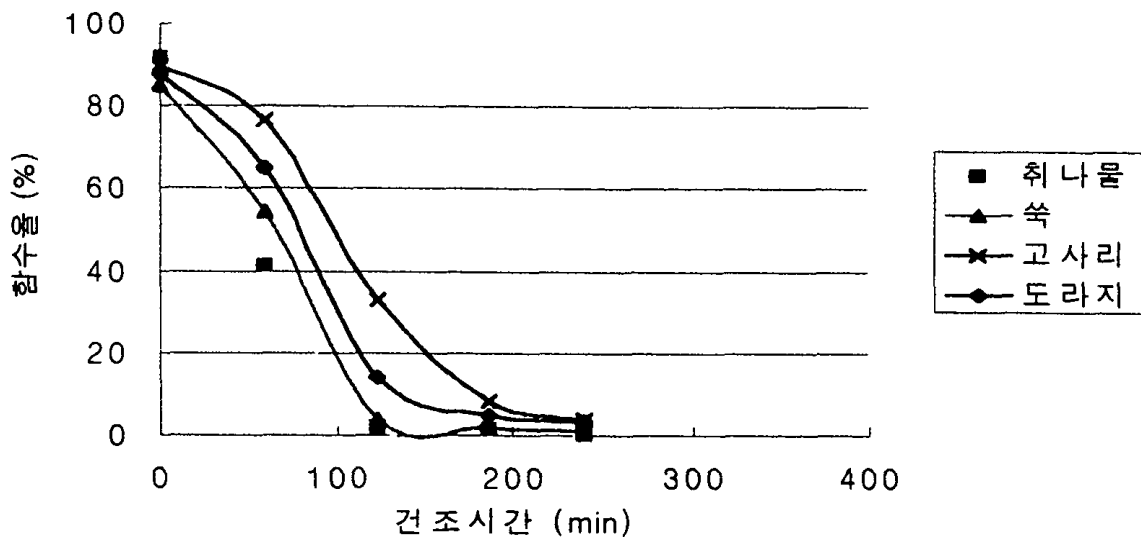


그림 2-8. 건구온도 110℃에서의 무처리 산채류의 열풍건조곡선

건구온도 110℃에서 목표함수율 15% 이하까지 건조하는 데 취나물, 쑥, 도라지는 모두 2시간이 소요되고 고사리는 3시간이 소요되었다. 건조개시 1시간 후의 산채종류별 함수율은 취나물 41.1%, 쑥 54.35%, 고사리 76.6%, 도라지 65.0%로서 모든 품종의 함수율이 매우 높은 상태에 있었으나 2시간 후의 함수율은 취나물 2.0%, 쑥 4.0%, 고사리 33.1%, 도라지 14.0%로서 고사리를 제외하고는 건조가 완료된 상태이며 특히 취나물과 쑥은 지나친 과건조상태까지 건조가 진행됨으로써 불필요한 에너지의 낭비를 가져왔다. 이러한 과건조된 산채류는 쉽게 부스러지는 경향이 있으므로 취급 및 보관

시에 주의를 요하며 부스러기에 의한 재료의 손실을 방지하기 위해서는 적정함수율 이하로 과건조되지 않도록 건조스케줄을 조절해야 할 것이다.

특히 건조후 1시간에서 2시간 사이에 감소된 함수율은 취나물 39%, 쑥 50%, 고사리 44%, 도라지 51% 등으로 매우 많은 양의 수분이 1시간동안에 집중적으로 증발제거되었다. 따라서 건조종료시점을 시간단위에서 분단위로 축소분류할 필요가 있으며, 즉 1시간과 2시간사이에서 목표함수율에 충분히 도달했다고 볼 수 있는 시점을 분단위까지 세분해서 종료시점을 결정하는 건조스케줄을 작성하면 산채의 불필요한 과건조를 방지하고 열에너지의 낭비도 최소화하는 효과를 얻을 수 있다고 생각한다. 다만 산채류의 건조개시 초기함수율이 산지와 생산시기에 따라 다르고 동일조건에서의 산채라 해도 개체간에 다소의 차이가 있을 수 있으며, 생육상태에 따른 건조성의 차이도 각기 다를 수 있는 점을 고려해서 본 연구에서는 최소한 20분 단위로 종료시점을 산출하여 산채류의 시간단위 건조스케줄을 작성하는 것이 바람직할 것으로 제안한다.

나) 풍속별 열풍건조특성

전처리를 하지않은 산채류의 열풍건조에서 풍속의 변화가 건조속도에 미치는 영향을 조사하기 위해 풍속이 없는 상태와 풍속 1m/sec, 3m/sec로 구분하여 건조를 실시하였으며 얻어진 결과는 그림 2-9와 2-11에 나타난 바와 같다.

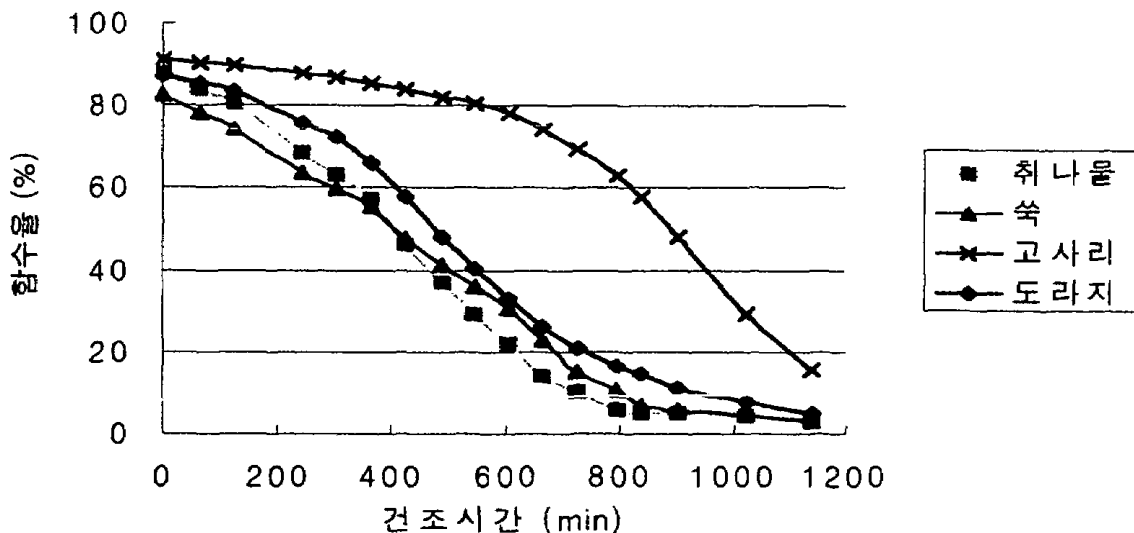


그림 2-9. 무풍속에서 산채류의 건구온도 60°C 열풍건조곡선

건구온도 60℃에서 풍속이 없는 상태로 12시간 건조한 후의 산채종류별 함수율은 취나물 10.4%, 쑥 16.1%, 고사리 69.3%, 도라지 21.0%로서 모두 건조속도가 떨어졌으나 특히 고사리의 건조성이 가장 불량하게 나타났다. 생산채에서 함수율 15% 이하까지 건조하는 데는 각각 취나물 11시간, 쑥 12시간, 고사리 19시간, 도라지 14시간이 소요되는 등 최소 12시간 이상 열풍건조함으로써 전항에서 고찰된 50℃의 저온열풍건조와 같이 많은 양의 열에너지가 소모되고 또한 장시간이 소요되었다.

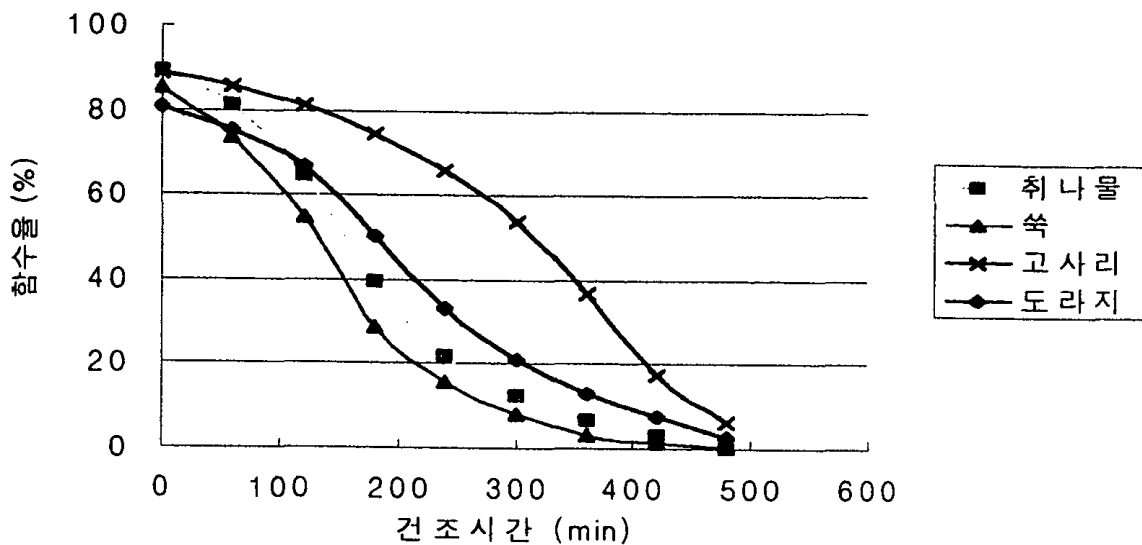


그림 2-10. 1 m/sec 풍속에서 산채류의 건구온도 60℃ 열풍건조곡선

동일온도조건으로 1m/sec의 풍속을 주고 건조했을 때 생산채에서 목표함수율 15% 이하까지 소요된 시간은 대략 취나물 5시간, 쑥 4시간, 고사리 8시간, 도라지 6시간이 소요되므로서 풍속을 주지 않았을 때에 비해 품종간 다소의 차이는 있으나 거의 절반에 해당하여 건조속도가 배가되는 효과를 가져왔다. 품종간 건조속도는 고사리 < 도라지 < 쑥 < 취나물의 순으로 빠르게 나타났으나 전반적인 건조성의 향상으로 품종간 건조소요시간의 차이는 현저하게 감소되었다.

3m/sec의 풍속을 주고 건조했을 때 생산채에서 목표함수율 15% 이하까지 소요된 시간은 취나물 4시간, 쑥 4시간, 고사리 6시간, 도라지 5시간이 소요되므로서 1m/sec의 풍속을 주었을 때에 비해 취나물 20%, 고사리 25%, 도라지 17%의 가속화 효과를 가져왔으며 쑥은 동일한 4시간이 소요되었지만 분단위로 산출한 결과 역시 12% 정도 건조가 빨리 진행되었다. 특히 무풍속 건조에 비해서는 품종에 관계없이 거의 3배에

해당하는 건조속도 향상을 가져옴으로써 풍속이 산채류의 건조에 미치는 영향이 매우 현저함을 확인할 수 있었고 따라서 산채류의 건조속도 증진을 위해서는 건구온도의 상승과 함께 풍속을 가미하는 것이 매우 중요하다.

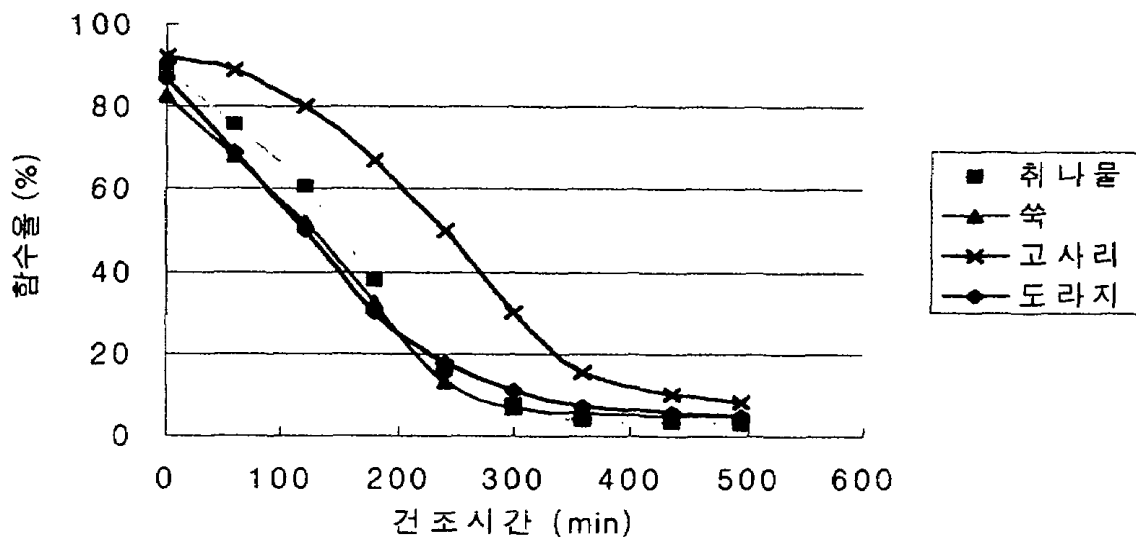


그림 2-11. 3 m/sec 풍속에서 산채류의 건구온도 60°C 열풍건조곡선

다음의 그림 2-12에서 그림 2-14는 건구온도를 100°C로 상승시켰을 때의 풍속의 영향을 조사하기 위해 시험한 결과이다.

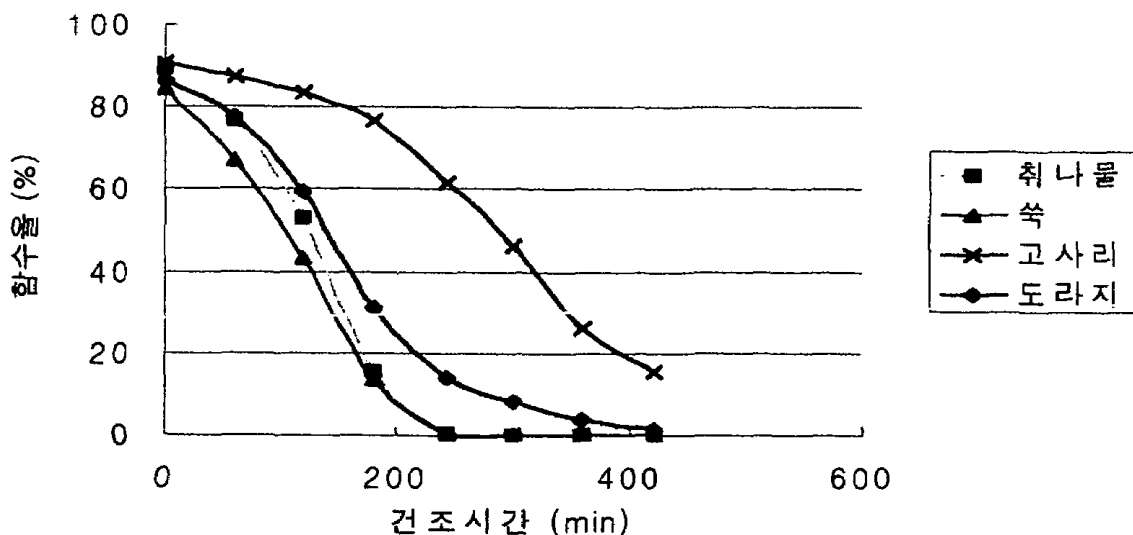


그림 2-12. 무풍속에서 산채류의 건구온도 100°C 열풍건조곡선

건구온도 100℃에서 풍속별로 2시간 건조한 후의 함수율은 취나물의 경우 무풍속 5.3.0%, 풍속 1m/sec 7.5%, 풍속 3m/sec 3.7%로서 건구온도 60℃와 마찬가지로 풍속이 있을 때가 없을 때에 비해 현저한 건조속도 증진을 나타냈으며 특히 풍속이 빨라짐에 따라 함수율도 2배정도 감소하였다. 쑥의 경우는 무풍속 43.1%, 풍속 1m/sec 9.2%, 풍속 3m/sec 2.0%로서 정도의 차이는 있으나 동일한 경향을 보여주었으며 고사리와 도라지의 경우도 유사한 경향을 나타냈다. 특히 건구온도를 100℃의 고온으로 설정하고 풍속을 3m/sec로 빨리 했을 때는 그림 2-14에서 보는 바와 같이 건조초기의 건조곡선이 완만하게 진행되지 않고 거의 직선적으로 급격한 건조가 이루어지며 건조후기의 완만한 구간도 매우 짧아지는 특성을 나타냈다. 즉 건조초기와 건조중기의 구간을 거치는 동안 산채류의 수분방산량은 건조시간과 거의 비례해서 급격히 증가하여 최대의 가속화효과를 얻을 수 있었는데 이는 건구온도와 풍속을 동시에 증가시킴으로써 얻는 시너지효과라고 생각된다. 따라서 이때의 생산채에서 15%까지의 건조는 4품종 모두 2시간 이내에 도달할 수 있었으며 건조성이 떨어지는 고사리도 2시간 건조에서 10.5%까지 건조가 가능하였다.

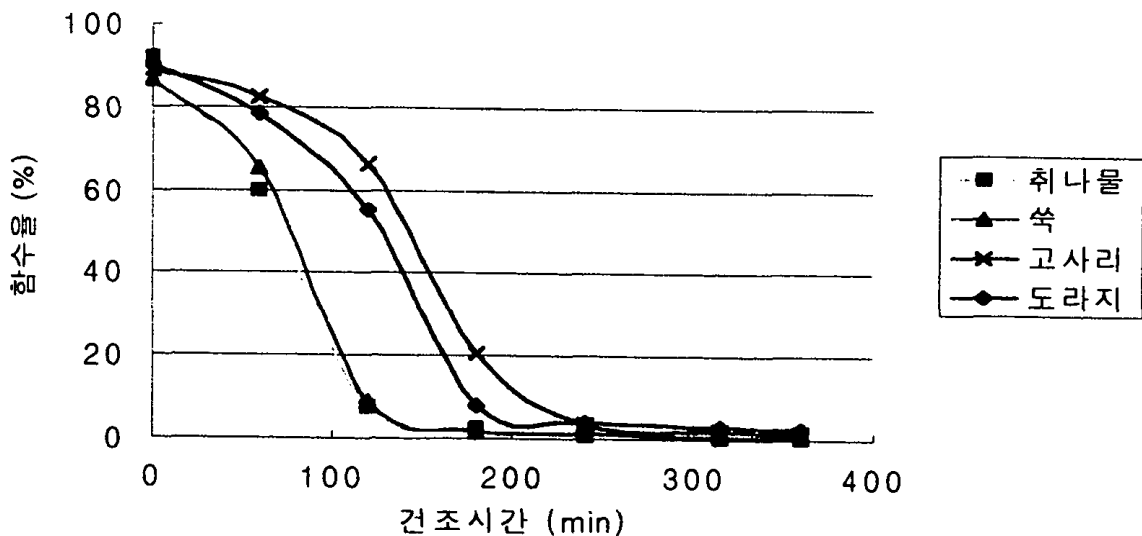


그림 2-13. 1 m/sec 풍속에서 산채류의 건구온도 100℃ 열풍건조곡선

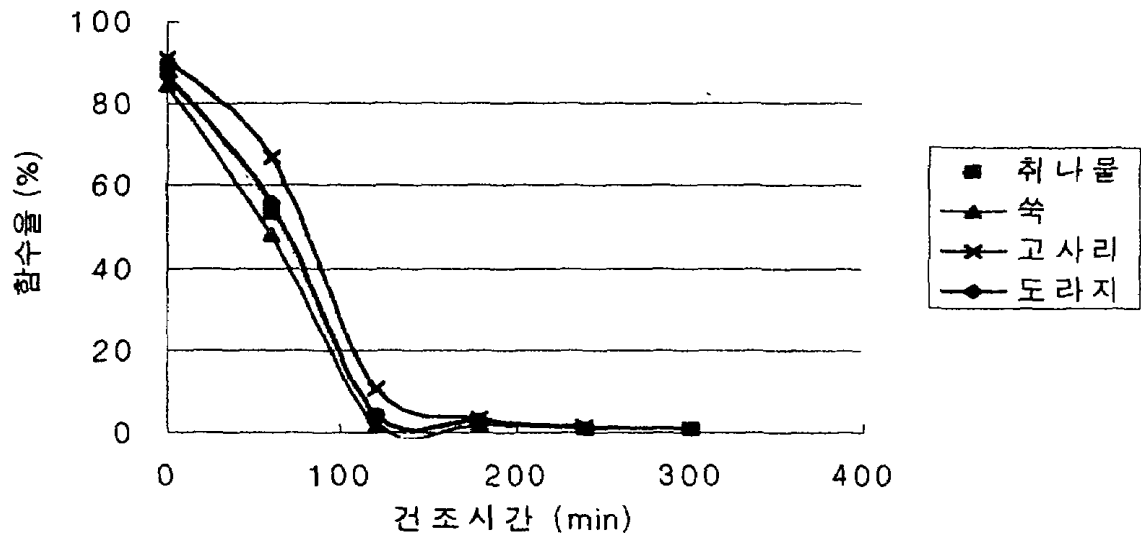


그림 2-14. 3 m/sec 풍속에서 산채류의 건구온도 100°C 열풍건조곡선

(다) 전처리별 열풍건조특성

산채류의 열풍건조에서 건조 전처리가 건조속도에 미치는 영향을 조사하기 위해 물데치기와 5% 소금물데치기로 구분 구분하여 건조를 실시하였으며 얻어진 결과는 그림 2-15에서 그림 2-17과 같다.

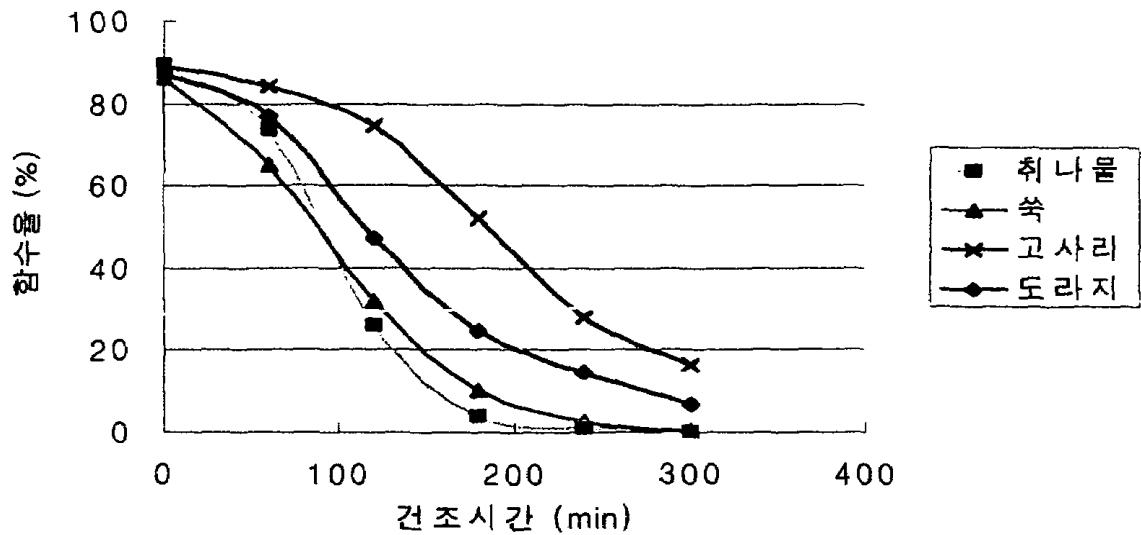


그림 2-15. 무처리 산채류의 열풍건조곡선

건조전 아무런 처리를 하지 않은 생산채를 건구온도 80℃에서 열풍건조했을 경우 목표함수율 15% 이하까지 건조하는데 소요된 시간은 취나물과 쭈 3시간, 고사리 5시간, 도라지 4시간인 데 비해 물로 데친 산채류의 소요시간은 취나물과 쭈은 4시간, 고사리와 도라지는 5시간으로 무처리보다 길어졌다. 소금물로 데친 경우에도 물로 데친 경우와 동일하게 취나물과 쭈은 4시간, 고사리와 도라지는 5시간이 소요되었다. 천일 건조에서는 물 또는 소금물로 데친 경우 산채류의 건조성을 개선하여 건조소요시간이 단축되는 경향이 뚜렷하였으나 열풍건조에서는 목표함수율까지 소요되는 총건조시간이 천일건조보다 매우 짧아서 데치기의 효과가 충분히 반영되지 못한 때문으로 판단되며 특히 데치는 과정에서 상당량의 수분이 흡수되어 건조전 초기함수율이 무처리에 비해 품종에 따라 대략 3~6% 정도 증가한 것도 건조시간의 연장에 관여했을 것이다. 이와같이 원래 산채류의 색상을 보존하기 위해 실시하는 데치기는 열풍건조시 오히려 건조를 다소 지연시키는 방향으로 작용하고 있음을 알 수 있었다.

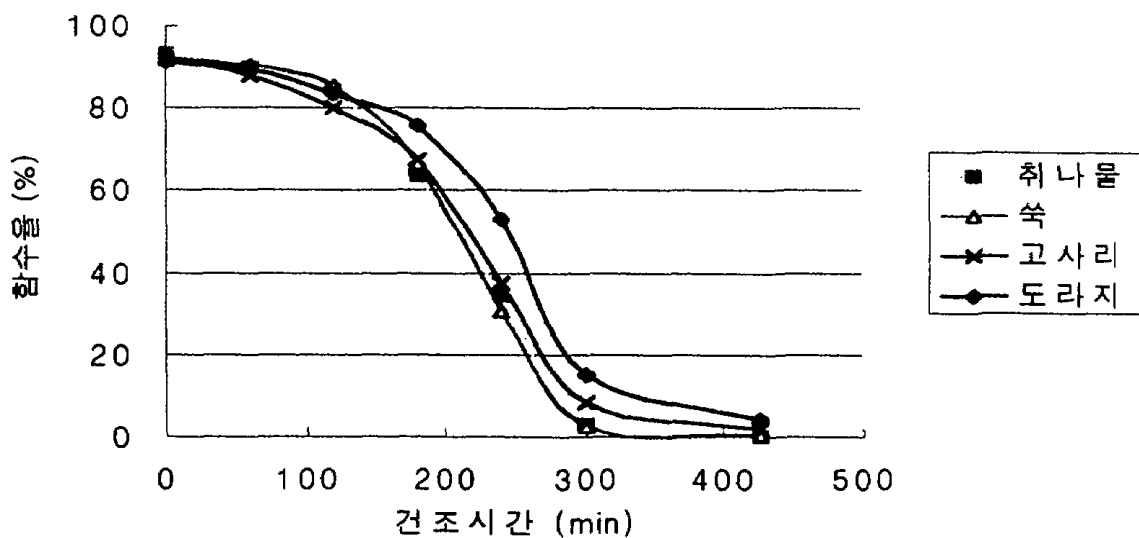


그림 2-16. 물로 데친 산채류의 열풍건조곡선

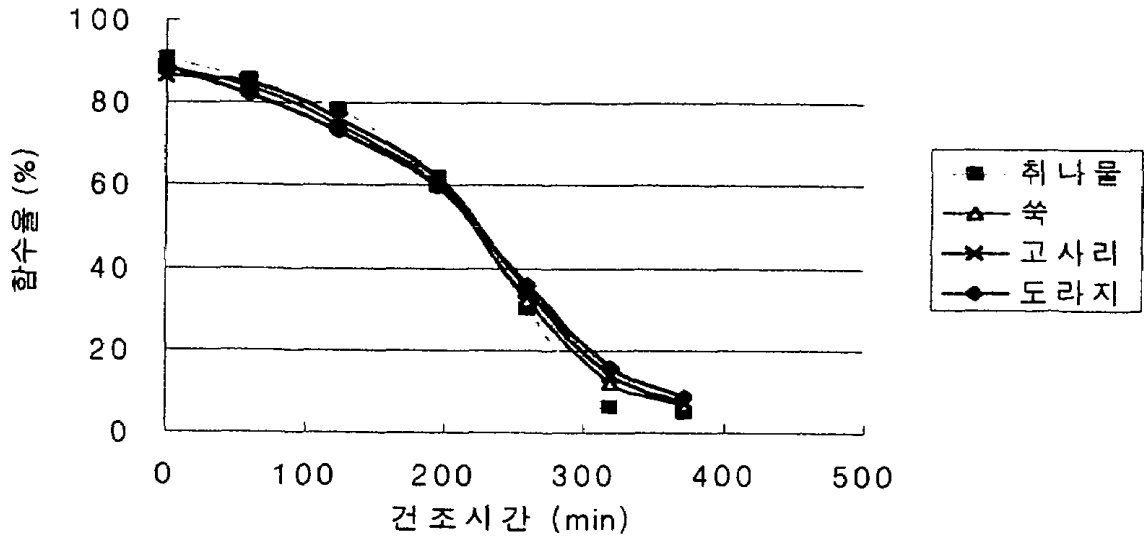


그림 2-17. 소금물로 데친 산채류의 열풍건조곡선

2. 온습도 조절 열풍식 건조스케줄 개발시험

가. 습도별 열풍건조특성

온습도 조절식 열풍건조는 원래 목재를 대상으로 한 건조방식이라고 할 수 있다. 목재는 건조용적이 크며 성장과정에서 조직이 목질화되고 점차 경화되어 건조로 인한 수분제거와 함께 수반되는 조직의 수축을 균일하게 흡수하는 능력이 떨어지므로 쉽게 할렬되는 특성을 지니고 있다. 따라서 건조중에 대기중에 충분한 습도를 유지하여 표면층의 과건조로 인한 수축응력을 감소시킴으로써 표면할렬을 예방하는 목적으로 온도조절과 동시에 습도를 조절해야하는 경우가 많다. 본 연구에서는 다음연도에 수행예정인 비섯류나 증실류와 같이 어느정도 용적을 가지고 있으면서 건조할렬 발생이 본래의 상품가치를 저하시킬 수 있는 품목을 대상으로 이러한 건조방식을 적용하고자 계획되어있으나, 당해연도의 열채류와 근채류에도 적용이 가능한지를 검토해 보고자 본 실험을 수행하였다.

무처리 산채류의 열풍건조에서 습도의 변화가 건조속도에 미치는 영향을 조사하기 위해 상대습도 40%의 저습도조건과 80%의 고습도조건으로 구분하여 건조를 실시하

였으며 얻어진 결과는 그림 2-18와 2-19과 같다.

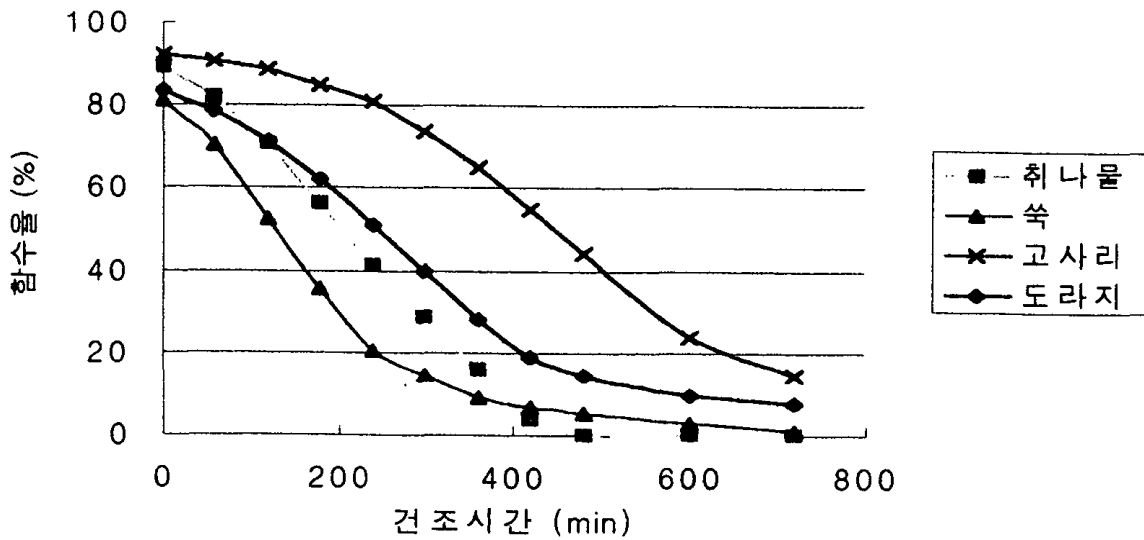


그림 2-18. 저습도(40%)에서 산채류의 건구온도 60℃ 열풍건조곡선

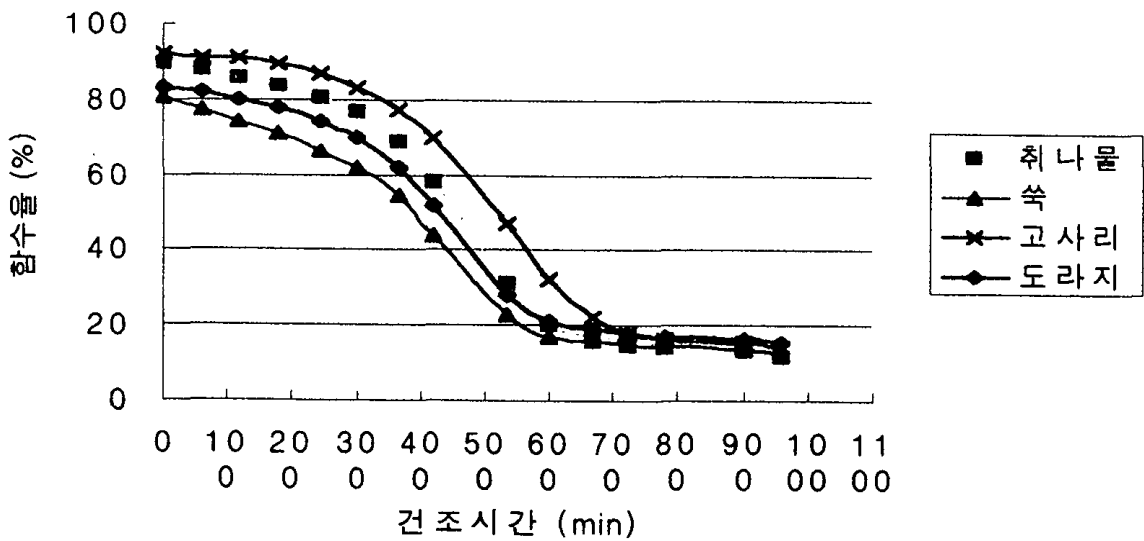


그림 2-19. 고습도(80%)에서 산채류의 건구온도 60℃ 열풍건조곡선

건구온도 60℃에서 상대습도 40%의 비교적 낮은 조건으로 6시간 건조한 후의 산채 종류별 함수율은 취나물 15.8%, 쑥 9.0%, 고사리 65.0%, 도라지 28.2%로서 건조가 늦은 고사리를 제외하고는 상당한 건조가 진행되었으나, 습도 80%의 고습도에서 6시간 건조한 후의 함수율은 취나물 69.0%, 쑥 54.1%, 고사리 77.0%, 도라지 62.2%로 여전히

히 54% 이상의 많은 수분을 보유하고 있었다. 생산채에서 함수율 15% 이하까지 건조하는 데는 저습도와 고습도 간에 각각 취나물6시간과 13시간, 쑥 5시간과 12시간, 고사리 12시간과 15시간, 도라지 8시간과 16시간 등으로 습도가 2배로 증가할 경우 건조시간도 대략 2배의 시간이 소요된 것으로 조사되었다. 따라서 건조 후 산채류의 녹색도유지나 품질을 고려하지 않고 단순건조만 할 경우에는 건조기 내의 습도조건을 가능한 낮게 유지할 필요가 있다.

다음의 그림 2-20과 그림 2-21은 건구온도를 100℃로 상승시켰을 때의 습도의 영향을 조사하기 위해 시험한 결과이다.

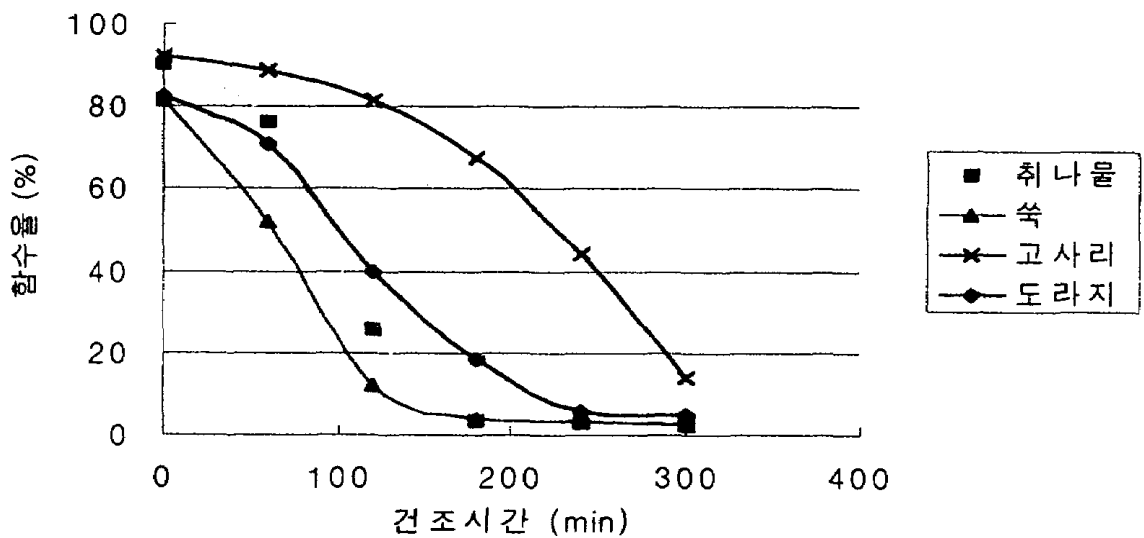


그림 2-20. 저습도(40%)에서 산채류의 건구온도 100℃ 열풍건조곡선

건구온도 100℃에서 습도별로 2시간 건조한 후의 함수율은 취나물의 경우 저습도 25.70%, 고습도 77.4%로서 건구온도 60℃와 마찬가지로 고습도일 때가 저습도일 때에 비해 현저한 건조속도 저하를 나타냈으며 특히 습도가 2배로 높아짐에 따라 함수율은 3배정도 증가하였다. 쑥의 경우는 저습도12.4%, 고습도 60.0%로서 대략 5배의 차이를 나타냈으며, 고사리와 도라지의 경우도 정도의 차이는 있으나 유사한 경향을 나타냈다. 저습도에서의 생산채에서 목표함수율 15% 이하까지 소요된 시간은 대략 취나물 3시간, 쑥 2시간, 고사리 5시간, 도라지 4시간이 소요되었으나 고습도에서는 취나물 6시간, 쑥 5시간, 고사리 8시간, 도라지 9시간이 소요됨으로써 건조시간이 거의 2배로 연장되었다. 다만 고습도 조건에서 도라지의 소요시간이 고사리보다 오히려 길게 나

타났는데, 도라지의 경우 세할로 인해 노출된 내부조직이 건조후기에 들어서 대기 중의 수분을 쉽게 흡습하는 경향이 있어서 건조의 장애요인으로 작용할 수 있는 가능성이 예상되며, 시료조제 과정에서의 균일성 저하도 예상이 된다.

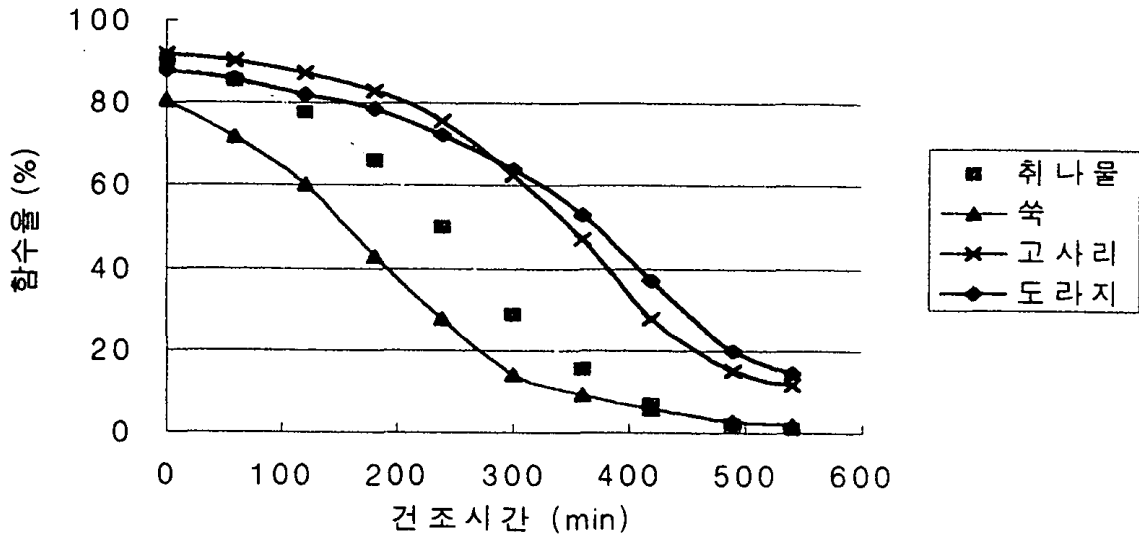


그림 2-21. 고습도(80%)에서 산채류의 건구온도 100℃ 열풍건조곡선

3. 온습도 조절 열풍식 다단계 건조스케줄 개발시험

다단계 건조스케줄 구명은 온습도 조절 건조방식이 적용 가능한 경우에 습도조절 방식을 보다 효율적으로 세분함으로써 건조속도를 좀더 가속화하려는 목적으로 계획되었으나 본 연구에서 수행한 취나물과 쑥은 두께가 매우 얇고 용적도 작으며 또한 조직이 살아있는 상태로서 매우 유연하기 때문에 건조과정에서 일어나는 수축응력을 할렬의 발생없이도 충분히 수축흡수함으로써 열풍건조시 습도를 조절해야 할 필요성이 없었다. 또한 전술한 바와 같이 오히려 대기중의 고습도는 생산체의 변색을 촉진하여 원래의 푸른 색조를 소실하는 원인이 되므로 습도조절방식은 비효율적임을 알 수 있었고 따라서 대기습도 이상에서 온습도를 조절하는 일반개념의 다단계 건조스케줄은 엽채류에는 해당되지 않는 방식임을 알 수 있었다. 고사리에서는 특별히 습도장애는 없었으나 할렬의 발생문제가 일어나지 않으므로 습도조절은 오히려 건조속도를 저하시킬 뿐이며, 도라지의 경우는 작은 치수로 세할되어서 건조하기 때문에 건조할렬이 발생되지 않으므로 역시 다단계 건조스케줄을 적용할 필요는 없었다.

이와 같이 대기습도 이상에서의 습도조절은 산채류에 적합하지 않았으며 오히려 공기 중의 수분이 생산체의 변색을 촉진시킬 수 있으므로 대기습도 이하로의 제습개념에 의한 습도조절식 다단계 건조스케줄이 적용될 수 있음을 기대하고 그 가능성을 조사하였다.

그림 2-22는 공시시료를 건구온도 80℃에서 소형 제습기를 병행하여 열풍건조를 실시하여 얻어진 결과이다. 제습에 의한 습도조절은 3단계로 구분하여 건조초기에 1시간 간격으로 대략 50%, 40%, 30% 순으로 진행하였다.

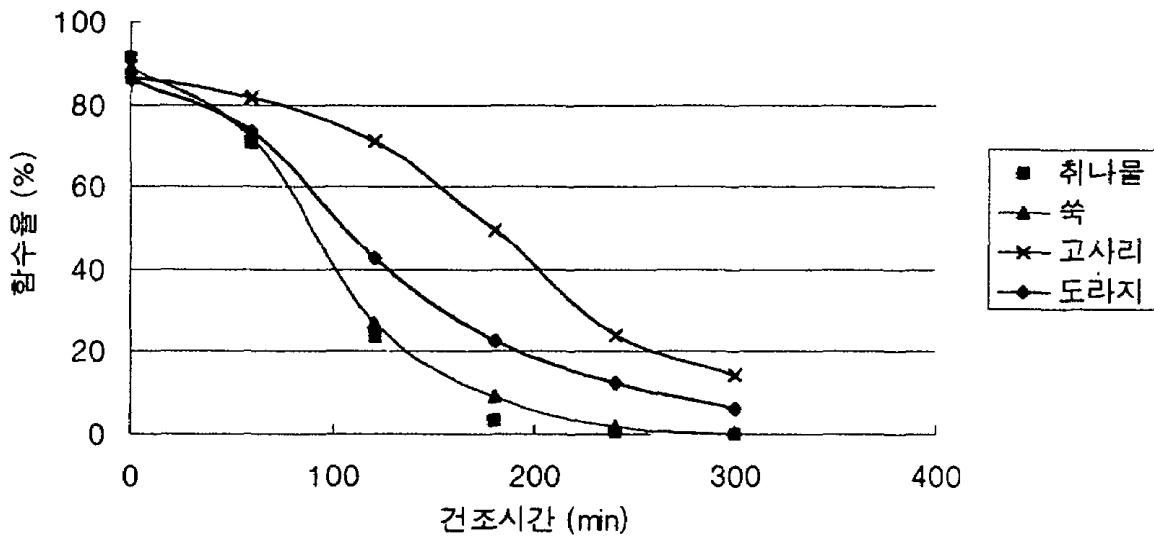


그림 2-22. 건구온도 100℃에서 산채류의 제습 열풍건조곡선

건구온도 80℃에서 목표함수율 15% 이하까지 건조하는 데 취나물, 쑥, 도라지는 3시간이 소요되고 고사리는 5시간, 도라지는 4시간이 소요되어 시간단위로는 단순온도식 열풍건조와 차이가 없었다. 그러나 건조개시 3시간 후의 산채종류별 함수율은 취나물 3.3%, 쑥 9.4%, 고사리 49.5%, 도라지 22.5%로서 열풍건조의 취나물 4.0%, 쑥 10.3%, 고사리 52.0%, 도라지 24.7%와 비교할 때 전체적으로 0.7~2.5% 정도 함수율 감소를 가져오므로 건조속도의 가속화효과가 다소 인정되며 최소한 분단위의 건조시간 단축은 가능한 것으로 분석되었다. 건조된 산채류의 색상변화와 품질은 단순온도식 열풍건조와 동일한 수준으로 조사되어 제습에 의한 다단계 건조스케줄을 적용하는데는 무리가 없을 것으로 생각되며 제습능력을 강화한다면 좀더 건조성을 향상시킬

수 있을 것으로 기대한다.

4. 건조에 의한 산채의 품질변화

가. 건조온도에 의한 색상변화

취나물 외 3품종의 생산채에 대한 천일건조와 열풍건조를 실시하고 이때의 각각의 건조온도에 의한 색상변화를 조사한 결과는 표 2-1과 같다.

산채류의 색상표시는 Munsell Color System을 이용한 KBS 한국표준색표집의 색상, 명도, 채도에 의한 색상분류체계를 이용하였다.

표 2-1. 건조온도별 생산채의 색상변화

산채종류	건조온도별 색상변화				
	건조전(생산채)	천일건조	열풍건조		
		상온	60℃	80℃	100℃
취나물	녹색 7.5GY4/6 (0586) ~4/8 (0587)	5GY6/6 (0541)	10Y4/4 (0485)	7.5Y4/4 (0442)	5Y4/4 (0404)
쑥	연두 5GY 5/6 (0547) ~5/8 (0548) 녹색 5GY 4/6 (0553) ~4/8 (0554)	2.5GY4/4 (0517)	7.5Y4/4 (0442)	5Y3/4 (0458)	5Y3/2 (0407)
고사리	녹색 2.5GY5/6 (0514) ~6/6 (0509) 갈색 10YR4/4 (0318)	10YR2/1 (0325)	10YR2/1 (0325)	10YR2/1 (0325)	10YR2/1 (0325)
도라지	황백 5Y 9/2 (0365) ~9/4 (0366)	5Y8.5/4 (0330)	5Y7/6 (0386)	5Y7/4 (0387)	5Y7/4 (0387)

주: 명도/채도, ()내는 표준색 번호임.

먼저 취나물의 경우 생산채의 색상(그림 2-23)은 녹색의 7.5GY를 나타냈으며 명도는 4, 채도는 채취시기 및 생산지에 따라 6~8을 나타냈다. 상온에서 천일건조한 취나물(그림 2-24)은 5GY로서 녹색(Green)에서 황색(Yellow)쪽으로 1단계 가까운 5GY를 띄며 명도가 보다 어두운 6을 나타냈으며 채도는 6으로 변화가 없었다. 이어서 60℃

의 열풍건조(그림 2-25)를 실시한 취나물의 색상은 표준색표의 배열상 황색조의 10Y, 명도와 채도는 모두 천일건조보다 어두운 4를 나타냈다. 또한 80℃의 열풍건조 후에는 보다 황색 쪽의 7.5Y를 띄고 명도와 채도는 동일하였으며 좀더 고온인 100℃(그림 2-26)의 열풍건조 후에는 명도와 채도는 동일하였으나 더욱 황색 쪽에 가까운 5Y를 나타냈다. 이와같이 생산채가 지니고 있던 원래의 푸른색조는 건조가 진행됨에 따라 점차 퇴색되면서 황색 쪽으로 변화되었으며 특히 건조온도가 높을수록 이러한 색조변화가 심하게 나타났다.

마찬가지로 쑥의 색상은 채취시 연두색에 가까운 5GY에서 녹색에 가까운 5GY의 범위를 나타냈으나 천일건조 후 황색 쪽으로 1단계 변한 2.5GY로서 명도와 채도는 4를 나타냈다. 60℃ 열풍건조 후에는 7.5Y를 나타내고, 80℃와 100℃ 열풍건조 후에는 동일한 색상과 명도인 5Y3을 나타냈으나 채도는 100℃에서 1단계 낮은 2를 나타내므로 역시 건조온도가 증가할수록 녹색조에서 황색조로 변화되며 명도와 채도도 어두워지는 경향을 보였다.

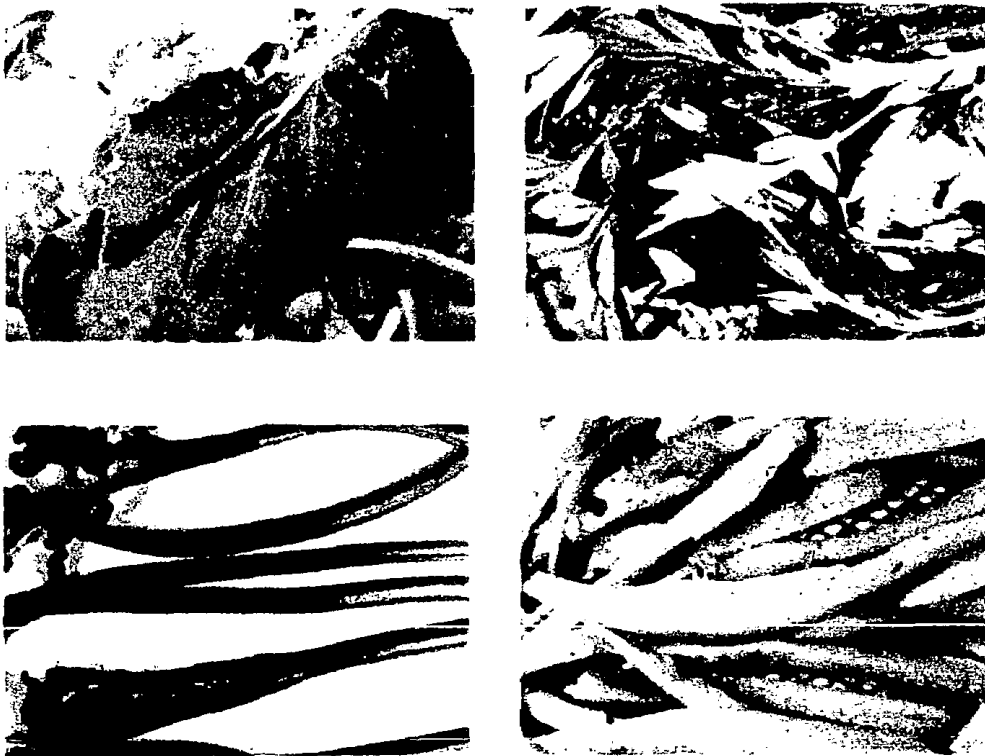


그림 2-23. 생산채류의 건조전 형태

(좌상: 취나물, 우상: 쑥, 좌하: 고사리, 우하: 도라지)



그림 2-24. 천일건조 후의 산채류의 형태

(좌상: 취나물, 우상: 송, 좌하: 고사리, 우하: 도라지)

고사리는 생육시기에 따라 어렸을 때는 녹색의 2.5GY를 띄다가 성장함에 따라 갈색의 10YR로 변화되며 동일 개체 내에서도 녹색과 갈색의 색조가 부분적으로 혼합되어 색상의 결정이 어려운 특징을 지니고 있다. 천일건조된 고사리는 생산채의 색상에 상관없이 모두 흑색에 가까운 암갈색의 10YR을 나타냈으며 부분적으로 약간 명도가 높은 경우가 발견되었으나 극히 일부에 불과하였다. 열풍건조 후에는 더욱 까맣게 보일 정도로 변색되었으나 색상차이를 구분할 정도는 아니며, 60℃에서 100℃까지 모두 천일건조 고사리와 같은 10YR을 나타내고 명도와 채도도 동일하였다. 따라서 고사리의 경우는 상온의 천일건조를 포함하여 건조온도에 관계없이 원래의 푸른 색상을 전혀 유지하지 못하므로 색상보존보다는 건조속도 증진에 초점을 두고 건조온도를 가능한 높이는 건조스케줄을 적용하는 것이 건조생산성 향상에 유리하다고 본다.

세할된 어린 생도라지의 내부는 매우 밝은 황백색인 5Y9/2를 띄고 수년간 성장한 도라지는 채도가 다소 떨어진 5Y9/4를 띄며, 천일건조 후에는 5Y8.5/6로서 동일 색조에 명도가 감소하고 채도는 증가되었으나 본 연구에서 조사한 산채류 중에는 가장 색

상변화가 적었다. 60℃의 열풍건조시 천일건조와 동일 색조인 5Y를 나타냈으나 명도와 채도가 1단계씩 감소한 7과 6을 나타내어 전체적인 색상이 황갈색 쪽으로 짙어져서 시각적인 상품성이 떨어지므로 건조온도 60℃이상의 열풍건조는 부적합한 것으로 판단된다. 80℃와 100℃ 건조시에도 역시 5Y를 나타냈으나 명도는 1단계 더 떨어지는 4를 나타내어 매우 어두운 감을 주었다. 특히 도라지는 내부의 색상이 황갈색으로 변색되어 겹질부분인 외부와 색상차이를 나타내며 건조온도가 높아질수록 내부의 색상이 짙어졌으며 110℃의 고온건조시에는 거의 흑색으로 보일만큼 진한 암갈색을 나타내어 상품가치를 완전히 잃어버리므로 도라지의 색상을 유지하기 위해서는 건조온도를 60℃ 이하로 낮출 필요가 있다고 본다.

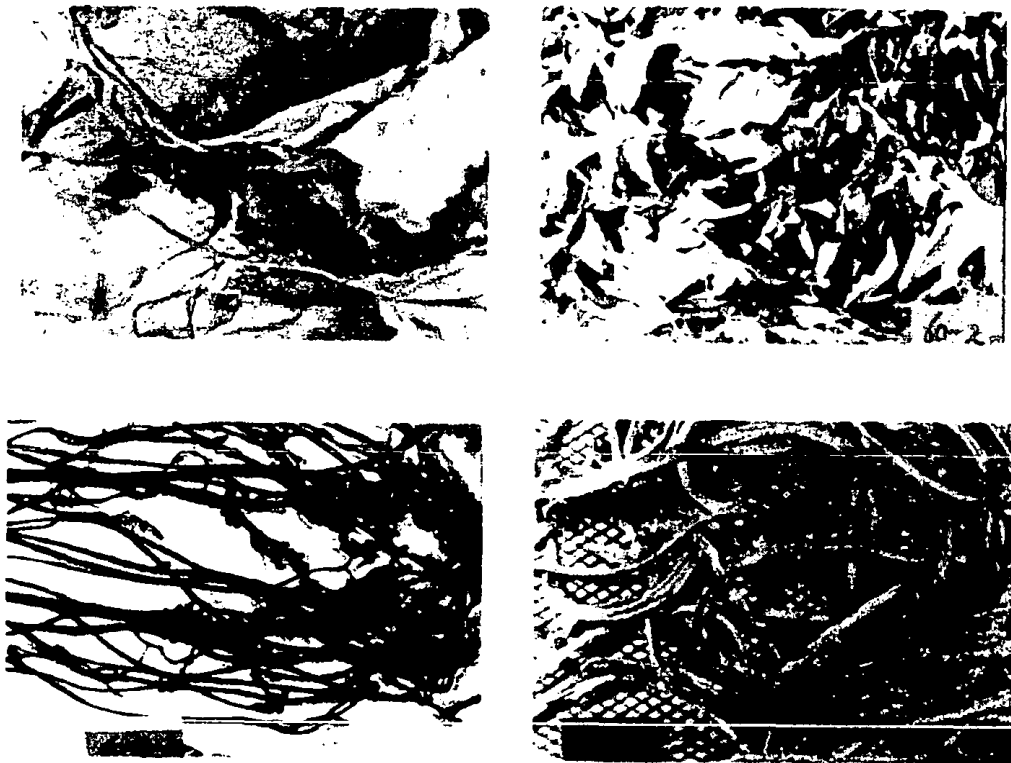


그림 2-25. 60℃ 열풍건조 후의 산채류의 형태

(좌상: 취나물, 우상: 쑥, 좌하: 고사리, 우하: 도라지)



그림2-26.100℃ 열풍건조후의 산채류의 형태(좌상: 취나물, 우상: 쑥, 좌하: 고사리, 우하: 도라지)

나. 습도에 의한 색상변화

공시시료의 색상유지에 대한 상대습도의 영향을 조사하기 위하여 무처리 생산체에 대한 60℃와 100℃의 열풍건조를 실시하고 이때의 저습도(40%)와 고습도(80%) 건조에 의한 색상변화를 조사한 결과는 표 2-2와 같다.

취나물을 건조온도 60℃로 열풍건조했을 경우 저습도에서는 10Y로서 명도와 채도 모두 4를 나타냈으나 고습도(그림 2-27)에서는 보다 황색 쪽에 가까운 5Y를 나타내고 명도 3, 채도 2로서 1단계씩 떨어져서 색상이 어두워졌으며 특히 고습도의 경우 대기 중의 과다한 수분으로 마치 데치기한 산채와 같이 개체간에 들러붙는 현상도 관찰되었다. 건조온도 100℃의 고습도에서 열풍건조했을 때는 색조는 동일한 5Y였으나 명도와 채도가 모두 2까지 떨어져서 더 한층 짙은 색상으로 변화하였다. 이러한 현상은 쑥에서도 유사하게 나타났는데 건조온도 60℃로 열풍건조했을 경우 저습도의 7.5Y에서 고습도에서는 5Y로 변색되었으며, 100℃의 고습도에서는 5Y2/2로서 심한 명도 및

채도의 저하를 가져왔다.

표 2-2. 습도별 생산채의 색상변화

산채종류	상대습도별 색상변화				
	건조전(생산채)	열풍건조(60℃)		열풍건조(100℃)	
		40%	80%	40%	80%
취나물	녹색 7.5GY4/6 (0586) ~4/8 (0587)	10Y4/4 (0485)	5Y3/2 (0407)	5Y4/4 (0404)	5Y2/2 (0410)
쑥	연두 5GY 5/6 (0547) ~5/8 (0548) 녹색 5GY 4/6 (0553) ~4/8 (0554)	7.5Y4/4 (0442)	5Y3/4 (0408)	5Y3/2 (0407)	5Y2/2 (0410)
고사리	녹색 2.5GY5/6 (0514) ~6/6 (0509) 갈색 10YR4/4 (0318)	10YR2/1 (0325)	10YR2/1 (0325)	10YR2/1 (0325)	10YR2/1 (0325)
도라지	황백 5Y 9/2 (0365) ~9/4 (0366)	5Y7/6 (0386)	2.5Y3/4 (0362)	5Y7/4 (0387)	2.5Y2/2 (0363)

주: 명도/채도, ()내는 표준색 번호임.

고사리는 천일건조에서도 이미 색상의 거의 최종단계까지 변색되었으며 열풍건조에서도 건조온도나 습도의 상승에 관계없이 동일한 색상인 10YR2/1을 나타내므로서 더 이상의 변화는 보이지 않았다. 도라지는 60℃, 40%에서는 5Y7/6을 나타냈고 80%에서는 2.5Y3/4를 나타내어 황색쪽으로의 변화하고 심한 명도저하와 함께 채도에서도 저하를 가져왔다. 특히 보다 고온인 100℃의 고습도에서는 2.5Y의 황색화와 동시에 명도와 채도 모두 2로서 내부의 색조는 마치 탄화된 것처럼 거의 흑색에 가깝게 변색되고 외부의 색상도 매우 짙게 변색되므로서 전혀 식용으로 사용할 수 없을 만큼 상품 가치가 저하되었다.

산채류의 표면색 변화는 상온의 천일건조에서도 건조함에 따라 진행되므로 수분의 감소가 퇴색을 유발하는 하나의 영향인자로 생각되며, 열풍건조에 의한 열의 영향은 변색의 진행속도를 가속화하여 명도와 채도를 저하시키는 촉진제 역할을 하는 것으로 보인다. 즉 60℃에서는 녹색조를 가진 갈색화가 이루어지나 100℃의 고온으로 갈수록

녹색조가 완전히 사라지고 갈색조의 색상으로 퇴색되는 현상이 관찰되었다. 또한 고 습도 건조에서는 대기중에 있는 다량의 수분이 고온상태로 잎의 표면에 지속적으로 접촉됨으로써 퇴색의 진행을 가속화하여 건조초기에 이미 녹색조가 사라지며, 동일 습도조건에서는 60℃보다 100℃에서 퇴색이 심화되었다. 따라서 관행적인 열풍건조시 건조초기에는 수분증발량이 많아서 주위의 공기습도가 매우 높아지므로 건조초기에는 더욱 배기량과 풍속을 높여서 증발된 수분을 신속히 제거할 필요가 있다. 풍속은 수분의 표면증발 속도를 가속화하므로 건조시간을 단축시킬 뿐 아니라 공기중의 습기를 신속히 제거할 수 있기 때문

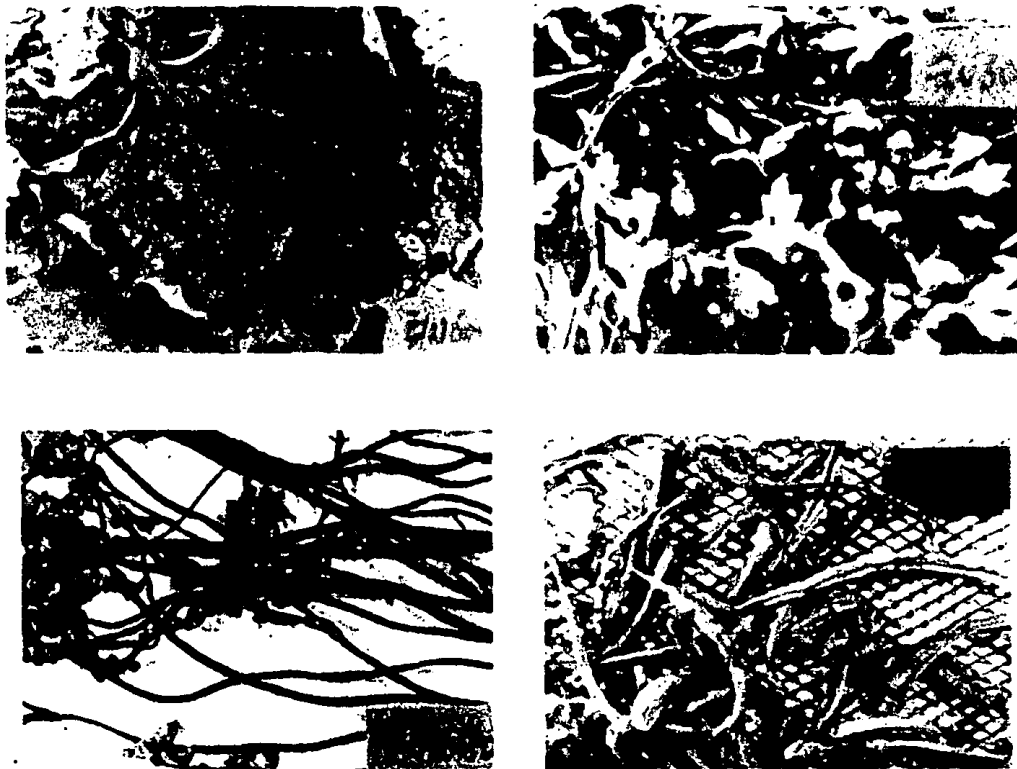


그림 2-27. 상대습도 80%에서 열풍건조한 후의 산채류의 형태
(좌상: 쫄면, 우상: 콩, 좌하: 콩대, 우하: 콩짚)

에 공기중의 수분에 의한 퇴색작용도 감소시키므로 생산체의 푸른 색조유지에 도움이 될 것으로 판단된다. 따라서 건조온도는 낮출수록 퇴색이 적으나 건조속도가 감소되므로 풍속을 높여서 건조시간을 단축하는 것이 바람직하며 특히 배기량을 크게 해서 공기중의 습기제거를 신속히 하는 것이 건조시간을 단축하고 퇴색도 줄이는 방법이라고 생각한다.

다. 전처리에 의한 색상변화

건조전 전처리로서 물과 소금물(5%)로 데치기를 실시한 다음 천일건조하였으며 건조 전후의 색상변화를 조사한 결과는 표 2-3과 같다.

표 2-3. 생산채의 전처리별 천일건조 후의 색상변화

산채종류	천일건조 산채류의 전처리 구분		
	무처리	물 데치기	소금물 데치기
취나물	5GY 6/6 (0541)	7.5GY 3/4 (0589)	10GY 3/4 (0628)
쑥	2.5GY 4/4 (0517)	10GY 2/4 (0632)	10GY 3/4 (1628)
고사리	10YR 2/1 (0325)	10YR 2/1 (0325)	10YR 2/1 (0325)
도라지	5Y 8.5/4 (0330)	2.5Y 8/6 (0337)	2.5Y 8/8 (0346)

주: 명도/채도. ()내는 표준색 번호임.

물로 데친 취나물(그림 2-28)은 무처리의 5GY에서 7.5GY로 녹색조가 짙어졌으며 특히 명도가 6에서 3으로 매우 어둡게 변하고 채도도 감소하였다. 5% 소금물로 데쳐서 건조한 후의 색상(그림 2-29)은 녹색이 더욱 짙어진 10GY와 낮은 명도와 채도를 띄므로 전체적으로 색상이 암흑녹색을 나타냈다. 쑥에서도 취나물과 유사한 경향을 보였는데 무처리 2.5GY에서 물 또는 소금물로 데친 후에는 모두 보다 녹색조가 강한 10GY를 나타내고 소금물로 처리한 경우 물보다 명도가 떨어졌다. 취나물과 쑥 모두 데치기를 실시한 직후의 건조전 색상은 푸른색조가 짙어지고 수분에 의한 광택도 향상되어 시각적 가치가 매우 증대하였으나 천일건조 후의 색상은 비록 데치기 직후에 녹색조는 짙어졌지만 장시간의 천일건조과정에서 퇴색이 심화되어 전체적황갈색조의 색상을 나타내고 또한 명도가 떨어져서 암울한 색조를 나타내기 때문에 미각을 돋우는 시각적 가치는 오히려 감퇴된 느낌을 주었다. 따라서 물이나 소금물에 의한 데치기 효과는 생산채로 있을 때에는 인정되나 전체의 경우에는 해당되지 않는다고 판

단된다.

고사리는 전처리의 유무 또는 종류에 관계없이 매우 짙은 암갈색인 10YR2/1로 변색되어 색상차이가 구분되지 않았으며, 고사리의 색상유지 면에서 데치기의 의미는 없는 것으로 보인다. 한편 도라지는 무처리 5Y 색상에서 물과 소금물 데치기 모두 2.5Y를 나타내어 비록 황색 쪽으로 색상은 변화되었으나 채도의 증가로 비교적 밝은 느낌을 주므로 시각적 가치는 유지한다고 생각된다. 따라서 물데치기에 비해 소금물로 데친 시료의 채도가 다소 증가되어 천일건조 후 산채의 색상유지에 대한 데치기의 효과가 다소 인정되며, 다만 건조 후 보관과정에서 무처리 건조도라지에 비해 2차적인 색상의 변화가 보다 심하게 진행되어 상품가치를 현저하게 떨어뜨리는 특성이 있음을 관찰할 수 있었다.

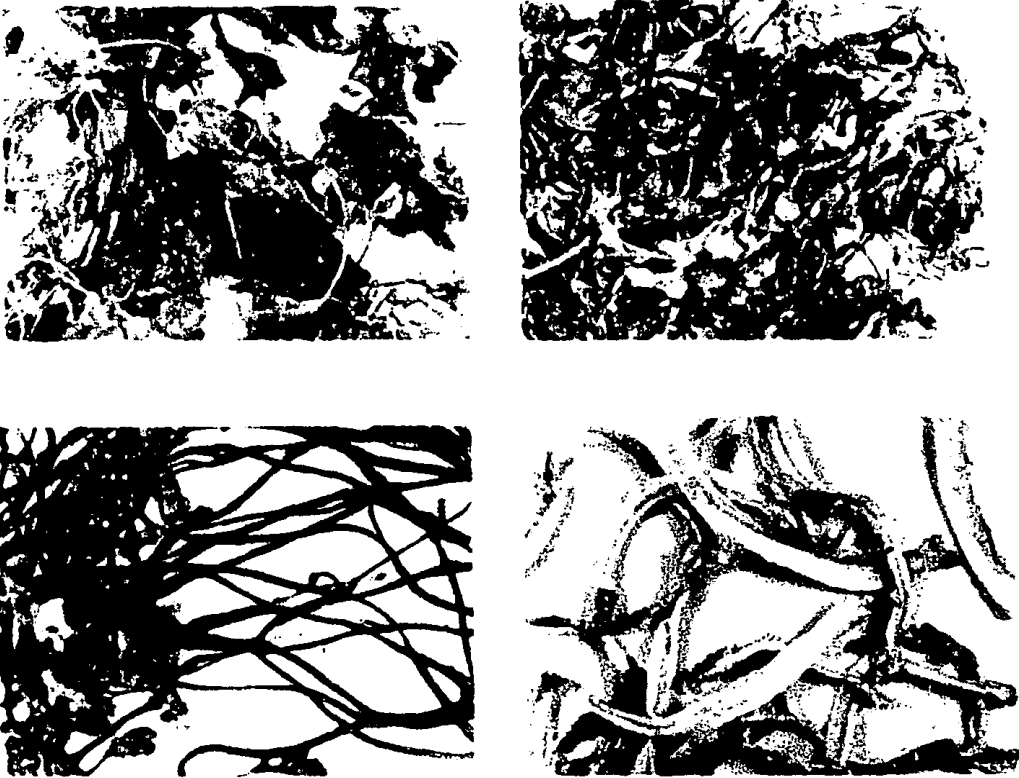


그림 2-28. 물에 데친 산채류를 천일건조한 후의 형태
(좌상: 취나물, 우상: 쑥, 좌하: 고사리, 우하: 도라지)

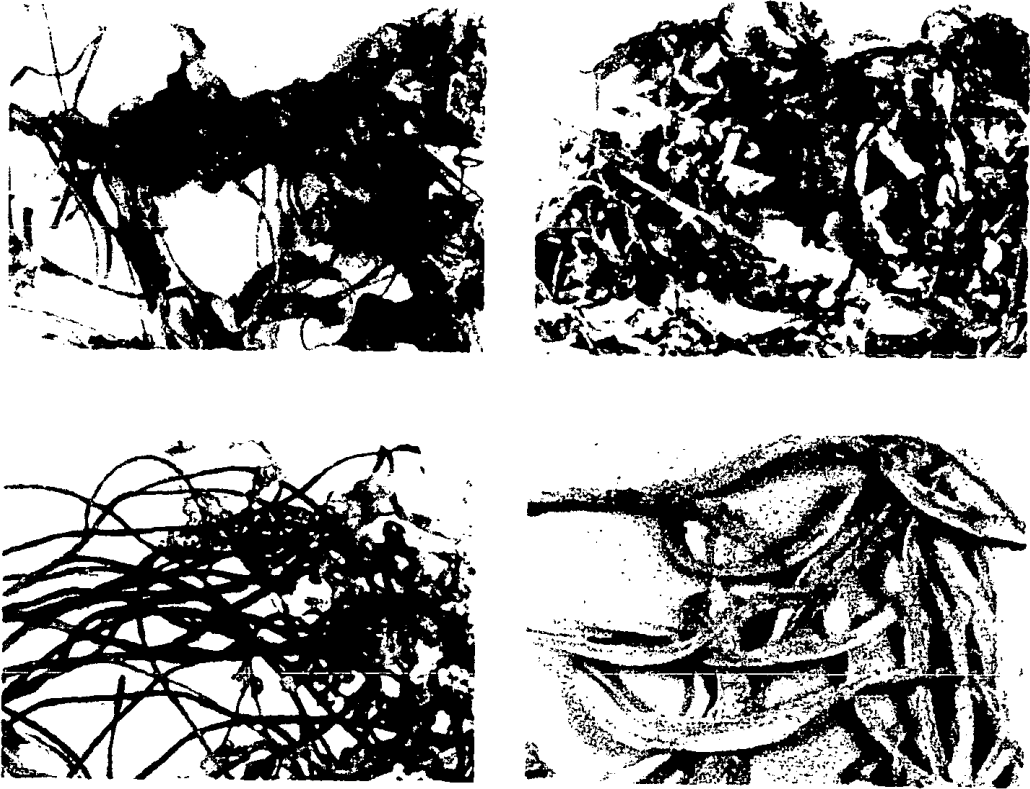


그림 2-29. 소금물에 데친 산채류를 천일건조한 후의 형태
(좌상: 취나물, 우상: 쑥, 좌하: 고사리, 우하: 도라지)

다음의 그림 2-30과 그림 2-31은 생산채를 각각 물과 소금물로 데치기한 다음 다시 건조온도 80℃로 열풍건조한 후의 색상변화를 측정된 자료이다.

물로 데친 취나물과 쑥은 천일건조에 비해 녹색조가 짙어져서 시각적 가치가 증대되었으며 데친 직후의 생산채가 갖는 푸른 느낌을 상당히 유지하고 있음을 보여주므로 상품가치가 높아진 것으로 생각된다. 이는 천일건조에서는 데치기를 통해 얻었던 신선한 녹색조가 장기간의 건조기간을 거치면서 거의 퇴색되고 결과적으로 건조된 후에는 원래의 색상이 완전히 없어지는 것으로 보이나 열풍건조에서는 단시간에 건조가 완료되므로 데치기의 효과 즉 보다 강화된 푸른 색조가 미처 퇴색되지 못한 때문으로 판단된다. 따라서 생산채를 열풍건조할 경우에는 데치기를 실시하는 것이 색상 유지 면에서 유리할 것으로 보이며, 그림에서 보는 바와 같이 소금물 보다는 물로 데친 산채의 색상유지가 다소 양호한 것으로 생각된다. 다만 데치기를 실시한 산채는 데치는 과정에서 서로 엉키게 되므로 건조 후에도 들러붙어 있는 현상을 고려해야 할

것이다.



그림 2-30. 물에 데친 산채류를 80℃ 열풍건조한 후의 형태
(좌상: 취나물, 우상: 쑥, 좌하: 고사리, 우하: 도라지)

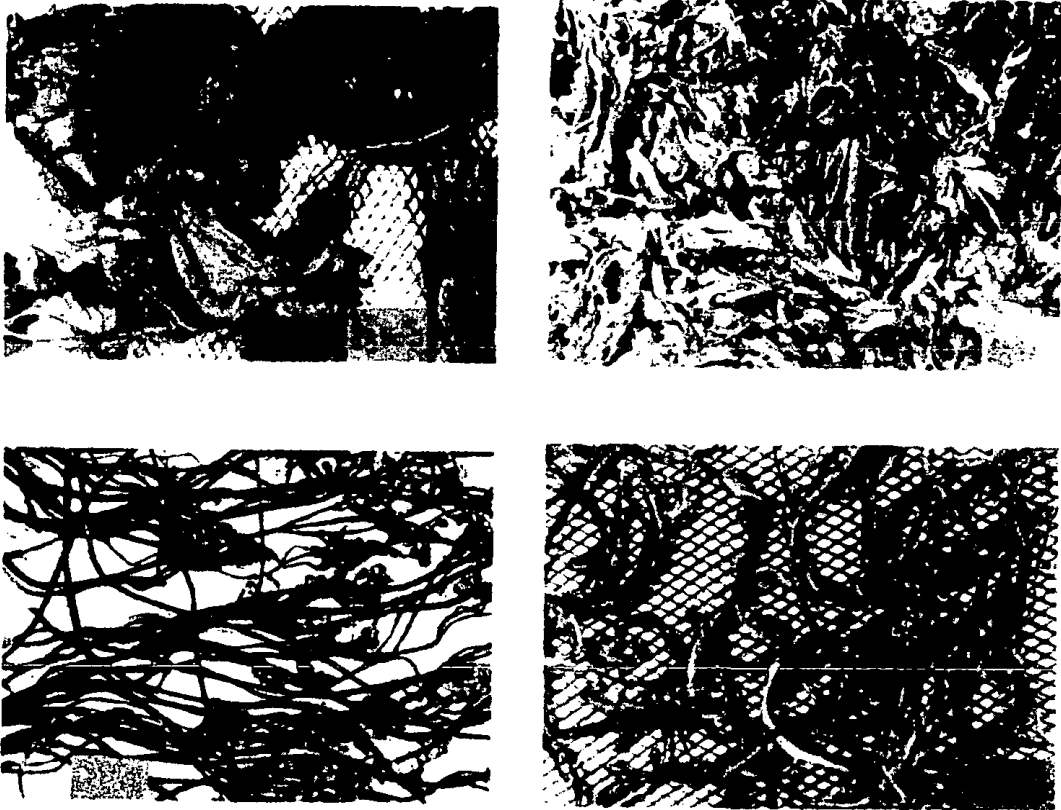


그림 2-31. 소금물에 데친 산채류를 80℃ 열풍건조한 후의 형태
(좌상: 취나물, 우상: 쑥, 좌하: 고사리, 우하: 도라지)

라. 건조상태에 따른 건채류의 품질

취나물 외 3품종에 대한 열풍건조를 실시한 후 함수율 15%의 기건시료와 전건 시료로 구분하여 몇가지 외형적 품질을 조사한 결과는 표 2-4와 같이 조사되었다.

먼저 함수율 15%를 기준한 기건상태의 취나물의 품질을 보면 전건상태까지 건조된 것보다 퇴색의 정도가 약하고 다소나마 푸른 색감을 지니고 있으며, 전건시킨 취나물은 잎이 쉽게 부스러져서 원형이 손상되기 쉽고 취급과 보관이 어려우며 부스러기에 의한 재료손실이 막대한 단점이 있으나 기건채는 구부러지기는 해도 별로 부스러지지는 현상은 나타나지 않았다. 또한 잎이 둥글게 말리는 현상도 적게 발생하였으며 건조수축으로 인한 할렬발생도 육안상 관찰되지 않았다. 쑥의 경우도 정도의 차이는 있으나 대부분 취나물과 같이 기건산채의 품질이 전건산채보다 매우

표 2-4. 건조함수율에 따른 건채류의 외형적 품질상태

산채종류	기건상태				전건상태			
	퇴색	부스러짐	부러짐	잎말림	퇴색	부스러짐	부러짐	잎말림
취나물	보통	경미	-	보통	심함	심함	-	심함
쑥	보통	경미	-	보통	심함	심함	-	심함
고사리	심함	-	경미	-	심함	-	심함	-
도라지	심함	-	경미	-	심함	-	심함	-

우수하였으며, 전건상태의 쑥을 손으로 우그러뜨렸을 경우에 부스러지는 것 같으면서도 취나물과는 달리 부스러기가 발생하지 않는 특징이 있었다.

고사리의 경우는 기건채와 전건채 구분없이 암갈색으로 변색되어 심한 퇴색현상을 나타냈으며, 전건채는 과도한 건조로 부러지는 경향이 있으나 기건채는 부드럽게 휘어지므로 쉽게 부러지지 않기 때문에 운반 및 취급이 훨씬 용이한 장점이 있다. 이러한 장점은 도라지에서도 적용될 수 있으나 전술한 바와 같이 황갈색으로의 퇴색이 심하여 열풍건조시 건조온도를 충분히 낮추어야 할 것이다.

시중에서 판매되고 있는 국내산 및 중국산 수입 취나물과 고사리류의 품질이 쉽게 부스러지거나 부러지는 상태에 있었으며 이때의 함수율이 대략 10% 이하인 것으로 측정되었다. 이는 유통과정 중의 함수율이므로 생산지에서의 건조직후 함수율은 이보다 더 낮을 것으로 예상되고, 따라서 현재 유통되고 있는 건채류는 과도한 건조로 인해 지나치게 낮은 함수율로 생산되므로서 건채의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 막대한 열에너지의 낭비를 초래하므로 시급히 개선되어야 한다고 사료된다. 또한 건조후기의 1시간 동안에 많은 수분이 집중적으로 방산되므로 시간단위에서 분단위로 건조시간스케줄을 세분화하여 건조시간의 종료시점을 정확히 설정할 필요가 있고 이를 위해서는 건조시료의 함수율을 정확히 예측할 수 있도록 연속적으로 자동측정이 가능한 장비를 포함하는 제어시스템이 산채류의 건조에 활용되어야 한다.

5. 결 론

식용으로 널리 이용되고 있는 산채 중에서 엽채류인 취나물, 쑥, 고사리와 근채류인 도라지를 공시시료로 선정하여, 생산채류의 천일건조 및 열풍건조 특성을 구명하고 건조산채의 품질변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

무처리 생산채의 천일건조에서 생산채에서 함수율 15%까지의 건조시간은 취나물 4일, 쑥 5일, 고사리 4일, 도라지(할도) 3일이 소요되어 품종별 건조속도는 계절한 도라지가 가장 빠르고 쑥이 가장 늦었으며, 물 또는 소금물로 데치기한 시료의 천일건조는 도라지를 제외하고는 건조소요시간이 하루정도 단축되었다. 건구온도 80℃로 열풍건조한 생산채의 함수율 15%까지의 건조시간은 취나물과 쑥 3시간, 고사리 5시간, 도라지 4시간이 소요되었으며, 물 또는 소금물로 데치기한 시료의 열풍건조는 취나물과 쑥에서는 오히려 건조가 지연되는 것으로 나타났다.

열풍건조시 건구온도를 50℃에서 110℃까지 상승시킴에 따라 건조속도는 현저하게 증가하였으며 모든 산채의 건조곡선은 역S자 형의 포물선을 나타냈다. 상대습도와 풍속에 변이를 주었을 경우에는 고습도(80%)에서 저습도(40%)에 비해 대체로 건조소요시간이 2배 이상 길어졌으며, 건구온도 60℃일 때 저풍속(1m/sec)에 비해 고풍속(3m/sec)에서 대략 1시간 정도 건조시간이 단축되었다.

취나물, 쑥, 고사리는 천일건조에 비해 열풍건조에서 퇴색이 심했으며 건구온도가 높아질수록 녹색에서 황색 쪽으로 더욱 심하게 퇴색되었다. 도라지도 백색에서 황색 쪽으로 마찬가지로의 경향을 보였으며, 특히 습도가 높을수록 건구온도에 관계없이 심한 퇴색현상을 나타냈다. 취나물, 쑥, 고사리의 경우 전처리(데치기) 직후에는 녹색조가 짙어지고 광택도 향상되어 시각적인 효과가 증대되었으나 천일건조 또는 열풍건조를 한 후에는 오히려 명도와 채도가 떨어져서 전체적인 색상이 어둡게 되었다. 따라서 전처리의 색상유지효과는 건조산채에는 적용되지 않았다.

제 3 절 버섯류의 건조특성 구명 및 적정 건조스케줄 개발

1. 관행식 단순 건조스케줄 개발시험

가. 공시시료의 선정 및 건조 전처리

식용으로 널리 이용되고 있는 버섯 중에서 골목을 이용하여 재배하는 표고버섯과 툽밥, 왕겨 등을 이용하여 생산하는 양송이버섯, 느타리버섯, 팽이버섯을 공시시료로 선정하고, 생버섯의 장기보관이 곤란하므로 산채시험과 마찬가지로 시중의 농산물시장에서 소량씩 정기적으로 구입하여 실험에 사용하였다.

공시시료의 선별은 표고버섯은 갓직경 4~7cm로 표면상태 및 색상이 깨끗하고 결함이 없는 시료를 사용하였으며, 동일한 요령으로 양송이버섯은 갓직경 4~5cm, 느타리버섯은 4~6cm, 팽이버섯은 3~8mm의 시료를 사용하였다. 느타리버섯은 실험의 편의상 버섯자루의 길이를 4cm 이하로 절단하고 팽이의 자루는 건조용 그물바구니의 폭에 맞추어 12cm로 절단하여 건조하였다. 표고버섯자루의 끝부분은 굳어있기 때문에 시료간의 건조균형을 맞추기 위해서 1cm 정도 잘라내고 양송이버섯의 자루 끝부분도 1mm 정도 잘라서 내부조직이 건조기류에 노출되도록 설계하였다.

건조용 용기는 소형의 스텐레스 철제 4각형 그물바구니(높이43×폭165×길이207mm)를 이용하고, 1회 건조용 시료분량은 버섯품종에 따라 차이가 있으나 대략 100g이 되도록 칭량하여 사용하였다.

공시시료의 건조 전에 산채류와 같은 데치기는 실시하지 않고 생산된 그대로 건조용 4각 그물바구니에 담아서 초기무게를 구하고 천일건조용 건조대와 열풍건조기를 이용하여 20일 동안 건조를 실시하였으며, 버섯의 함수율은 역시 습량기준으로 산출하였다. 공시시료의 건조기기는 천일건조시 2단 건조대를 제작하여 사용하고, 열풍건조는 온습도 조절이 가능한 인공건조기를 사용하였다.

나. 버섯의 천일건조시험

(1) 천일건조시험

무처리 생버섯의 천일건조시 건조경과일수에 대한 버섯의 함수율 감소경향은 그

림 2-32와 같이 조사되었으며, 건조경과 12일 이후의 함수율은 이미 기건상태에 달되고 단지 대기조건의 변화에 따라 흡습과 탈습을 반복하는 과정에서 발생하는 미소한 변화에 불과하므로 그림에서 생략하였다. 대기조건 변화는 오후 2시 기준으로 기온은 20~27℃, 상대습도 23~70%의 범위를 나타냈다.

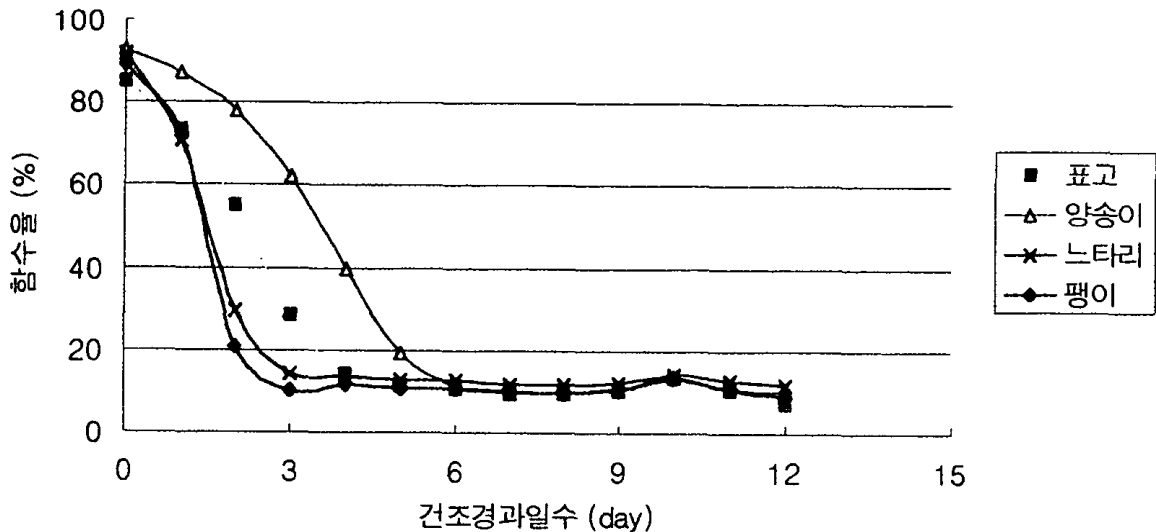


그림 2-32. 버섯류의 천일건조곡선

천일건조시 버섯의 목표함수율을 구하기 위해서 먼저 표고버섯의 함수율 변화를 분석해본 결과 건조개시 4일만에 함수율 14.4%까지 건조되고 7일에는 9.6%까지 건조된 후 안정되다가 대기의 상대습도가 높아짐에 따라 14일 후에는 13.4%로 흡습하였으며 그후 다시 건조되는 등 대기조건에 따라 흡습과 방습이 반복되는 현상이 관찰되었다. 양송이버섯은 건조개시 7일 후에 함수율 9.8%까지 건조되었으나 10일 후에는 13.8%로 흡습하였으며, 느타리버섯은 건조개시 3일 후에 함수율 14.1%까지 건조되고 7일 후에 계속 11.6%까지 건조된 이후로는 함수율의 증감이 반복되었다. 팽이버섯은 건조개시 3일 만에 함수율 12.3%까지 건조되고 계속해서 8일에는 9.7%까지 건조되었으나 그 이후 흡습과 건조가 반복되면서 9.7%에서 13.3%의 함수율 변이를 보여주었다.

우리나라 연간 평형함수율의 변이가 12.3~15.7%임을 기준으로 볼 때 1차적으로 15.7%까지는 천일건조가 진행될 수 있으나 그 이후로는 함수율이 안정되기 시작하며, 건조 당시의 대기조건에 따라서 다소의 추가적인 건조가 진행될 수도 있지만 일반적으로 상대습도가 높을 때는 건조기간을 연장해도 더 이상 건조가 안되거나 오히려 흡습

에 의한 함수율 증가가 일어날 수도 있기 때문에 천일건조기간의 불필요한 연장은 생산성과 경제적인 측면에서 불리한 결과를 초래한다고 할 수 있겠다.

이외에도 약제처리한 도라지는 16%로 이하로 건조했을 때 3개월 실온저장시 곰팡이가 발생하지 않는다고 보고된 연구결과 등을 고려해 볼 때 본 연구에서는 버섯류의 천일건조시 1차적인 목표함수율을 산채류와 같이 15%로 결정하고 생버섯에서 15%까지의 건조소요일수를 산출하였다. 그 결과 표고버섯 4일, 양송이버섯 6일, 느타리버섯 3일, 팽이버섯 3일이 소요되었으며 건조속도면에서 팽이버섯이 가장 빠르고 양송이버섯이 가장 늦은 버섯으로 판명되었다.

다. 버섯의 열풍건조시험

(1) 열풍건조시험

버섯류의 각 품종별로 지금까지 관행적으로 이용되고 있는 단순온도 의존식 건조방식을 1차적으로 적용하여 건구온도와 풍속의 변이를 주고 건조특성을 구명하였으며, 2차적으로는 습도조건을 달리하여 저온과 고온으로 구분하여 건조특성을 구명하였다.

(가) 건구온도별 열풍건조특성

건구온도를 50℃에서 110℃까지 5개의 단계를 두고 각 단계별로 생버섯으로부터 15%까지의 함수율 감소경향을 조사한 결과는 그림2-33~그림2-37과 같다.

건구온도 50℃에서 14시간 건조한 후의 버섯종류별 함수율은 표고버섯 11.0%, 양송이버섯 26.7%, 느타리버섯 7.6%, 팽이버섯 7.6%로서 역시 양송이버섯의 건조속도가 가장 느리고 팽이버섯이 가장 빠른 품종으로 나타났으며, 느타리버섯의 건조속도도 매우 빠른 품종에 포함되었다. 생버섯에서 함수율 15% 이하까지 건조하는 데 각각 표고버섯 12시간, 양송이버섯 20시간, 느타리버섯 10시간, 팽이버섯 6시간이 소요되었다. 이와 같이 건구온도 50℃에서 건조할 경우 팽이버섯을 제외하고는 최소 10시간 이상의 열풍건조시간이 소요되고 특히 양송이버섯은 20시간이 소요됨으로써 건조에 많은 양의 열에너지가 소모되며 또한 장시간이 소요됨으로써 신속성을 요구하는 열풍건조의 장점에 적합하지 않는 것으로 생각되며 따라서 생버섯류의 열풍건조로서 50℃ 이하의 온도는 비능률적이라고 판단된다.

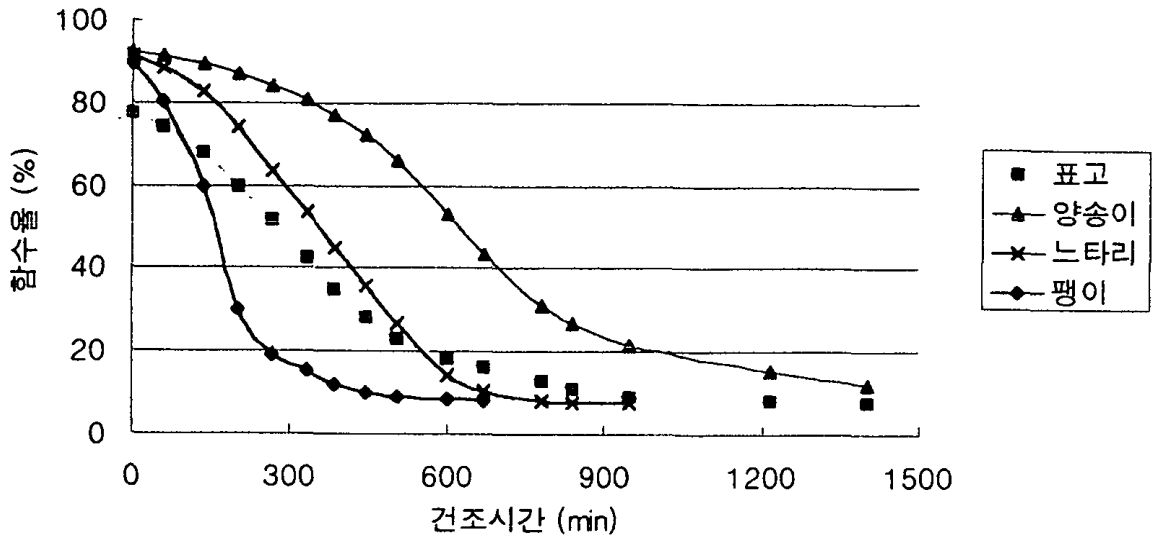


그림 2-33. 건구온도 50°C에서의 버섯류의 열풍건조곡선

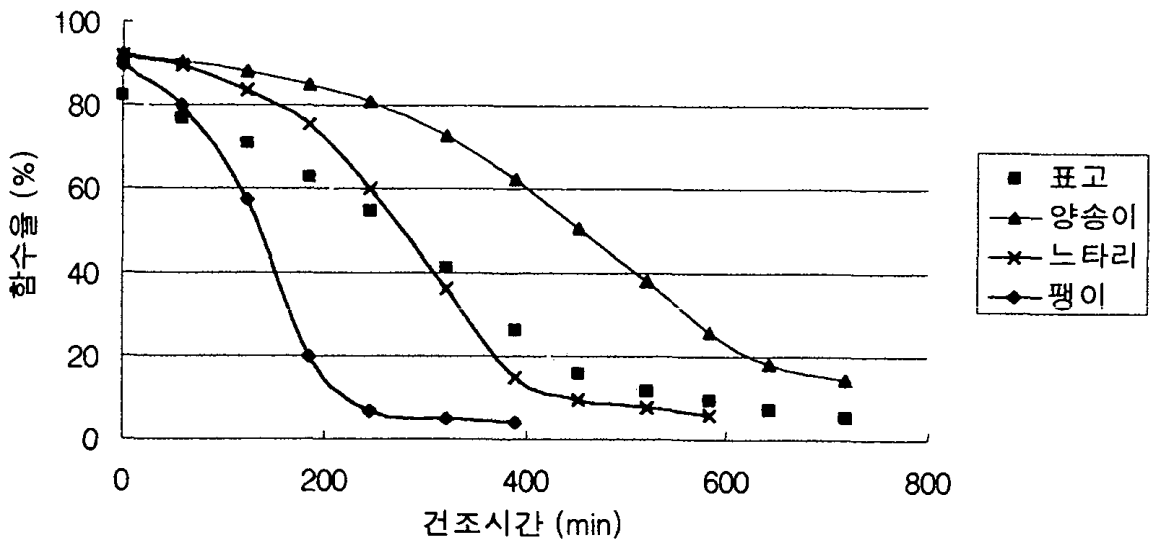


그림 2-34. 건구온도 60°C에서의 버섯류의 열풍건조곡선

건구온도 60°C에서 목표함수율 15% 이하로 건조하는 데 품종간에 분 단위 차이가 다소 있으나 대략 표고버섯 8시간, 느타리버섯 6시간, 팽이버섯 4시간이 소요되었고 느타리버섯은 매우 늦어서 12시간이 소요되는 것으로 나타났다. 먼저 표고버섯의 경우 건조개시 후 초기에는 건조속도가 다소 완만했으나 그 이후 증가되고 함수율 16%

부근에서 다시 완만해지는 경향을 보이며 전체적으로 역S자형의 건조곡선을 나타내는 건조특성을 보여주었다. 이러한 경향은 다른 버섯에서도 관찰되었으며 특히 건조속도가 빠른 느타리버섯과 팽이버섯은 뚜렷한 건조곡선을 나타냈다.

생버섯은 냉장상태로 보관한다해도 수일이 지나면 변색되고 물러지기 시작하여 채취당시의 품질을 유지하지 못하므로 계속해서 새로운 버섯을 구입하여 시료로 사용해야 하기 때문에 건구온도별로 사용한 버섯의 생산지 및 생육상태는 각기 다를 수 있으며, 따라서 건구온도별로 품종간 건조속도의 변이가 상당히 영향할 수 있을 것으로 생각된다.

한편 무처리 천일건조에 비해 열풍건조시 건조속도는 매우 빨라서 15%까지 건조하는 데 소요된 시간이 대략 표고버섯 12배에서 팽이버섯 18배까지 건조시간을 단축할 수 있었다.

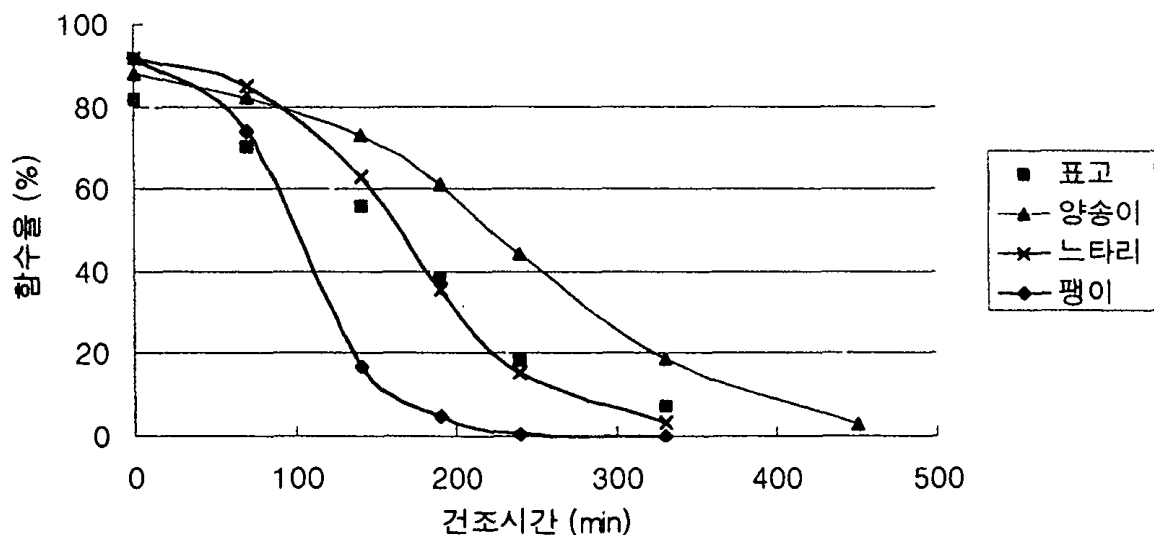


그림 2-35. 건구온도 80°C에서의 버섯류의 열풍건조곡선

건구온도 80°C에서 목표함수율 15% 이하로 건조하는 데 표고버섯은 5시간, 양송이버섯 6시간이 소요되고 느타리버섯은 4시간, 팽이버섯은 3시간이 소요되었다. 대체로 건조개시 4시간 후의 버섯종류별 함수율은 표고버섯 18.4%, 양송이버섯 44.0%, 느타리버섯 15.2%, 팽이버섯 0.5%로서 이때에도 품종간 열풍건조속도는 양송이버섯 < 표고버섯 < 느타리버섯 < 팽이버섯의 순으로 빠르게 나타났다.

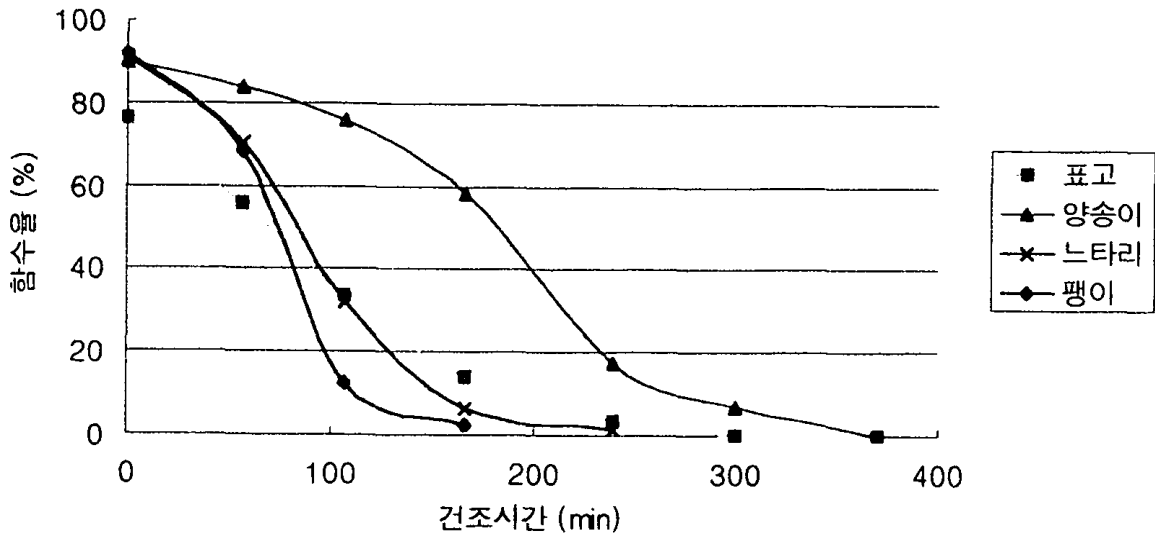


그림 2-36. 건구온도 100℃에서의 버섯류의 열풍건조곡선

건구온도 100℃에서 목표함수율 15% 이하까지 건조하는 데 표고버섯과 느타리버섯은 3시간이 소요되고 양송이버섯은 5시간, 팽이버섯은 2시간이 소요되었다. 건조온도를 상승시킴에 따라서 모든 품종의 건조속도가 빨라지고 품종간 건조소요시간의 차이도 현저히 감소되는 경향이 나타났다. 상대적으로 초기함수율이 낮은 표고버섯은 건조개시 후 거의 직선적인 함수율 감소추세를 보이며 건조 4시간 후 함수율이 14.0% 이하로 떨어지면서 다소 완만한 감소곡선을 보인 반면에, 초기함수율이 높은 양송이버섯, 느타리버섯 및 팽이버섯은 비교적 뚜렷한 역S자 곡선을 이루며 건조가 진행되었다.

건조개시 4시간 후의 버섯종류별 함수율은 표고버섯 3.6%, 양송이버섯 17.80%, 느타리버섯 1.6%, 팽이버섯 0.5%로서 품종간 열풍건조속도는 양송이버섯 < 표고버섯 < 느타리버섯 < 팽이버섯의 순으로 빠르게 나타났는데, 양송이버섯을 제외하고는 모든 품종에서 거의 전건상태에 이를 정도의 과도한 건조가 진행된 상태였다. 이러한 과건조된 버섯류는 유연성이 상실되면서 조직이 경직되기 때문에 외부의 충격을 흡수하지 못하고 쉽게 부스러지는 경향이 있으므로 취급 및 보관시에 세심한 주의를 요하며, 부스러기에 의한 재료의 손실을 방지하기 위해서는 적정함수율 이하로 과건조되지 않도록 건조스케줄을 조절해야 할 것으로 판단된다.

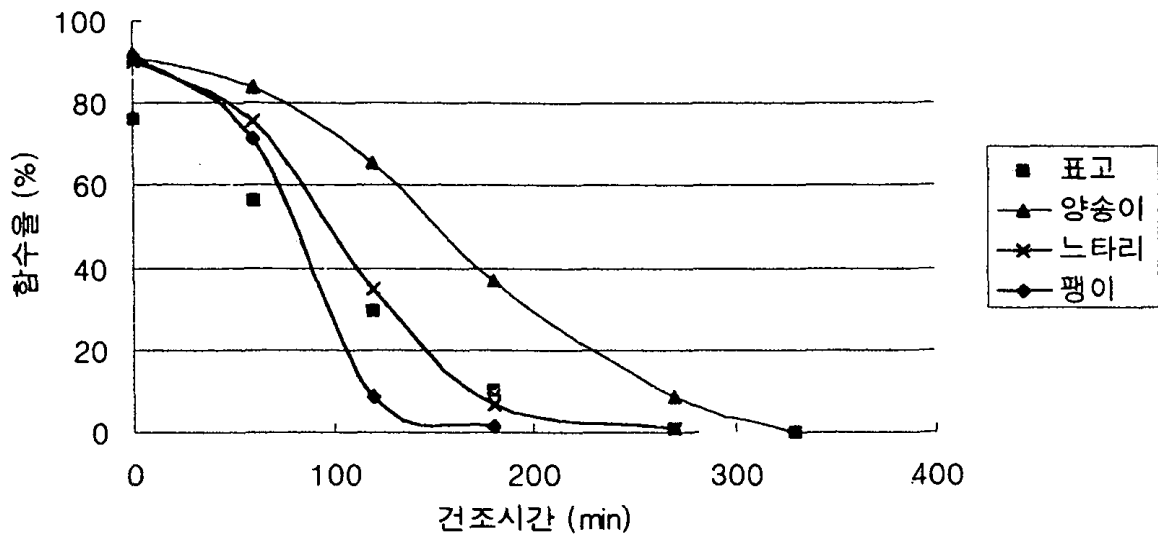


그림 2-37. 건구온도 110°C에서의 버섯류의 열풍건조곡선

건구온도 110°C에서 목표함수율 15% 이하까지 건조하는 데 표고버섯은 3시간이 소요되고 양송이버섯은 4시간이 소요되었으며 느타리버섯과 팽이버섯은 모두 2시간이 소요되었다. 건조개시 2시간 후의 버섯종류별 함수율은 표고버섯 29.8%, 양송이버섯 65.7%, 느타리버섯 34.9%, 팽이버섯 8.9%로서 팽이버섯을 제외한 모든 품종의 함수율이 상당히 높은 상태에 있었으나 3시간 후의 함수율은 표고버섯 10.0%, 양송이버섯 37.1%, 느타리버섯 6.8%, 팽이버섯 1.3%로서 양송이버섯을 제외하고는 건조가 완료된 상태이며 특히 느타리버섯과 팽이버섯은 지나친 과건조상태까지 건조가 진행됨으로써 불필요한 에너지의 낭비를 가져왔다.

특히 건조후 2시간에서 3시간 사이에 감소된 함수율은 대략 표고버섯 20%, 양송이버섯 29%, 느타리버섯 28% 등으로 매우 많은 양의 수분이 1시간동안에 집중적으로 증발되었으며 팽이버섯은 건조개시 1시간과 2시간 사이에 63%의 수분이 제거되었다. 따라서 건조종료시점을 시간단위에서 분단위로 축소분류할 필요가 있다. 즉 표고버섯과 느타리버섯은 2시간과 3시간사이에서 팽이버섯은 1시간과 2시간 사이에서 목표함수율에 충분히 도달했다고 볼 수 있는 시점을 분단위까지 세분해서 종료시점을 결정하는 건조스케줄을 작성하면 버섯의 불필요한 과건조를 방지하고 열에너지의 낭비도 최소화하는 효과를 얻을 수 있다고 생각한다. 다만 버섯류의 건조개시 초기함수율이 산지와 생산시기에 따라 다르고 동일조건인 버섯이라 해도 개체간에 다소의 차이가

있을 수 있으며, 생육상태에 따른 건조성의 차이도 각기 다를 수 있는 점을 고려해서 본 연구에서는 최소한 20분 단위로 종료시점을 산출하여 버섯류의 시간단위 건조스케줄을 작성하는 것이 바람직할 것으로 생각한다.

(나) 풍속별 열풍건조특성

전처리를 하지 않은 버섯류의 열풍건조에서 풍속의 변화가 건조속도에 미치는 영향을 조사하기 위해 풍속이 없는 상태와 풍속 1m/sec, 3m/sec로 구분하여 건조를 실시하였으며 얻어진 결과는 그림 2-38에서 2-43까지에 나타난 바와 같다.

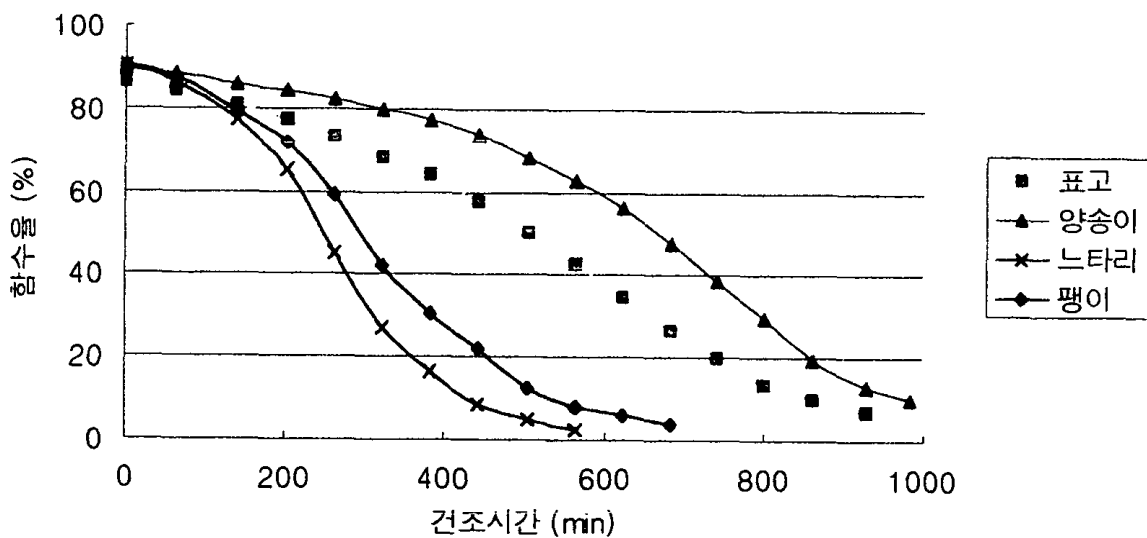


그림 2-38. 무풍속에서 버섯류의 건구온도 60°C 열풍건조곡선

건구온도 60°C에서 풍속이 없는 상태로 10시간 건조한 후의 버섯종류별 함수율은 표고버섯 36.8%, 양송이버섯 58.2%, 느타리버섯 2.3%, 팽이버섯 6.9%로서, 상대적으로 건조성이 양호한 느타리버섯과 팽이버섯은 건조진행이 빠르고 건조성이 떨어지는 표고버섯과 양송이버섯은 건조진행이 느리게 진행되었으며 전체적으로 함수율감소추세는 매우 완만하였다.

생버섯에서 함수율 15% 이하까지 건조하는 데는 각각 표고버섯 13시간, 양송이버섯 15시간, 느타리버섯 7시간, 팽이버섯 8시간이 소요되는 등 최소 7시간 이상의 열풍건

조시간이 필요하였으며 전항에서 고찰된 50℃의 저온열풍건조와 같이 많은 양의 열에너지가 소모되고 또한 건조버섯 생산에 장시간이 소요되는 등의 불리한 점이 노출되었다.

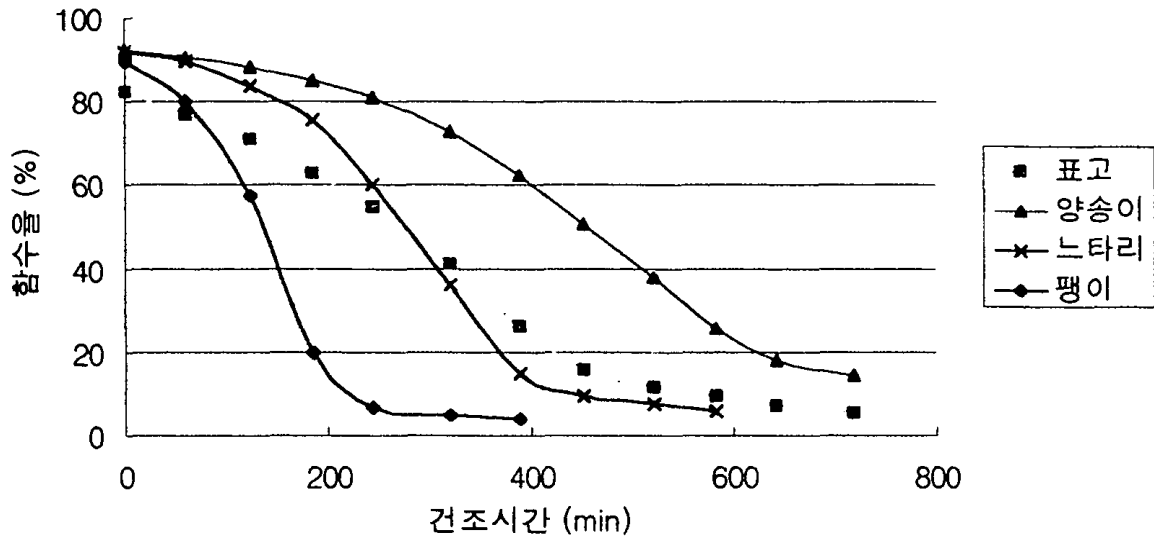


그림 2-39. 1 m/sec 풍속에서 버섯류의 건구온도 60℃ 열풍건조곡선

동일 온도조건으로 1m/sec의 풍속을 주고 건조했을 때 생버섯에서 목표함수율 15% 이하까지 소요된 시간은 대략 표고버섯 8시간, 양송이버섯 12시간, 느타리버섯 6시간, 팽이버섯 4시간이 소요되므로서 풍속을 주지 않았을 때에 비해 품종간 다소의 차이는 있으나 전체적으로 14~50% 정도 건조속도가 증가되는 효과를 가져왔다. 품종간 건조속도는 양송이버섯 < 표고버섯 < 느타리버섯 < 팽이버섯의 순으로 빠르게 나타났으나 전반적인 건조성의 향상으로 품종간 건조소요시간의 차이는 상당히 감소되었다.

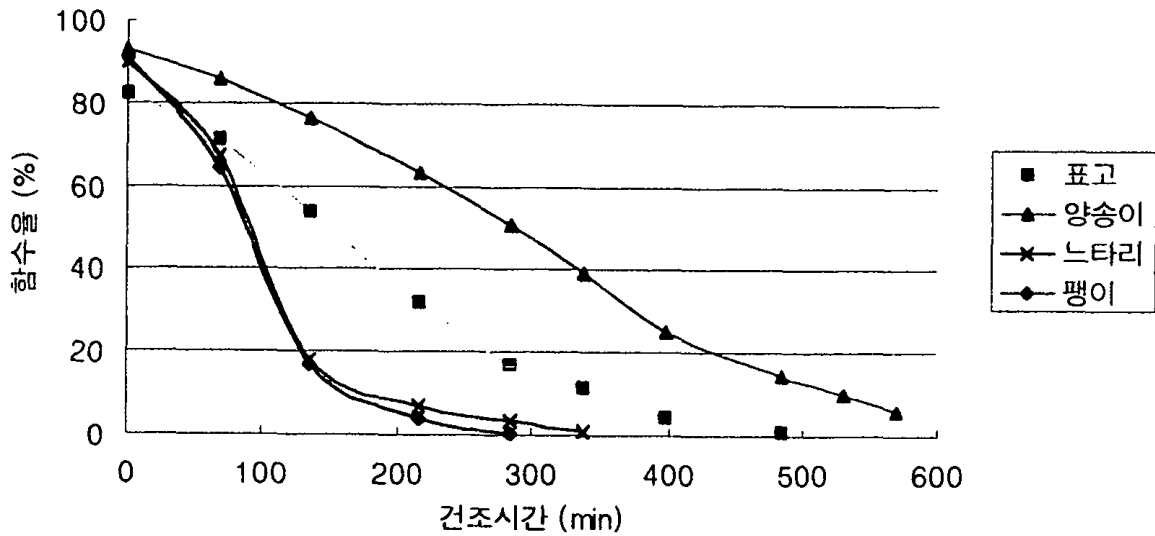


그림 2-40. 3 m/sec 풍속에서 버섯류의 건구온도 60°C 열풍건조곡선

3m/sec의 풍속을 주고 건조했을 때 생버섯에서 목표함수를 15% 이하까지 소요된 시간은 표고버섯 5시간, 양송이버섯 8시간, 느타리버섯 3시간, 팽이버섯 3시간이 소요되므로 1m/sec의 풍속을 주었을 때에 비해 표고버섯 38%, 양송이버섯 50%, 느타리버섯 50%, 팽이버섯 20%의 가속화 효과를 가져왔다. 특히 무풍속 건조에 비해서는 품종에 관계없이 거의 2배 이상의 건조속도 향상을 가져옴으로써 풍속이 버섯류의 건조에 미치는 영향이 매우 현저함을 확인할 수 있었고 따라서 버섯류의 건조속도 증진을 위해서는 건구온도의 상승과 함께 풍속을 증가시키는 것이 매우 중요한 것으로 판명되었다.

다음에 있는 그림 2-41에서 그림 2-43까지는 건구온도를 100°C로 상승시켰을 때의 풍속의 영향을 조사하기 위해 실험한 결과이다.

건구온도 100°C에서 풍속별로 3시간 동안 건조한 후의 함수율은 표고버섯의 경우 대략 무풍속 67%, 풍속 1m/sec 14%, 풍속 3m/sec 9%로서 건구온도 60°C와 마찬가지로 풍속이 있을 때가 없을 때에 비해 현저한 건조속도 증진을 나타냈으며 특히 풍속이 빨라짐에 따라 함수율도 현저하게 감소하였다. 양송이버섯의 경우는 무풍속 86%, 풍속 1m/sec 54%, 풍속 3m/sec 35%로서 정도의 차이는 있으나 동일한 경향을 보여주었으며 느타리버섯과 팽이버섯의 경우도 유사한 경향을 나타냈다. 특히 건구온도를 100°C의 고온으로 설정하고 풍속을 3m/sec로 빨리 했을 때는 건조개시부터 다량의

수분이 방출되기 때문에 그림 2-43에서 보는 바와 같이 건조초기의 건조곡선이 완만하게 진행되지 않고 거의 직선적으로 급격한 건조가 이루어지며 건조후기의 완만한 구간도 매우 짧아지는 특성을 나타냈다. 즉 건조초기와 건조중기의 구간을 거치는 동안 버섯류의 수분방출량은 건조시간과 거의 비례해서 급격히 증가하여 최대의 가속화 효과를 얻을 수 있었는데 이는 건구온도와 풍속을 동시에 증가시킴으로써 얻는 상승 효과라고 생각된다. 따라서 이때의 생버섯에서 15%까지의 건조시간은 표고버섯 3시간, 양송이버섯 4시간, 느타리버섯과 팽이버섯 2시간으로 4품종 모두 4시간 이내에 목표함수율까지 도달할 수 있었다.

한편 무풍속 상태에서 건구온도에 관계없이 팽이버섯의 소요시간이 느타리버섯보다 오히려 길게 나타났는데, 팽이버섯의 경우 느타리버섯과는 달리 건조바구니 내에서 4~5층으로 가깝게 적층된 상태이기 때문에 층간에 존재하는 증발수분이 무풍속으로 인해 신속하게 대기 중으로 방출되지 못하고 잔류하는 시간이 길어짐으로써 건조를 지연시키게 되고, 이러한 현상이 풍속이 있을 때보다 풍속이 없을 때 보다 심하게 영향하는 것에 기인한다고 생각된다.

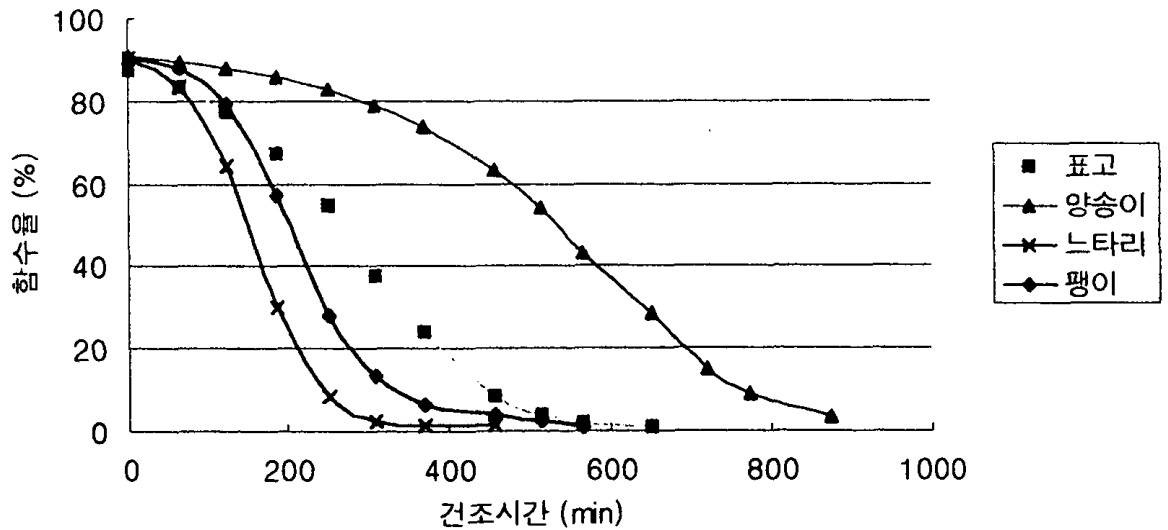


그림 2-41. 무풍속에서 버섯류의 건구온도 100℃ 열풍건조곡선

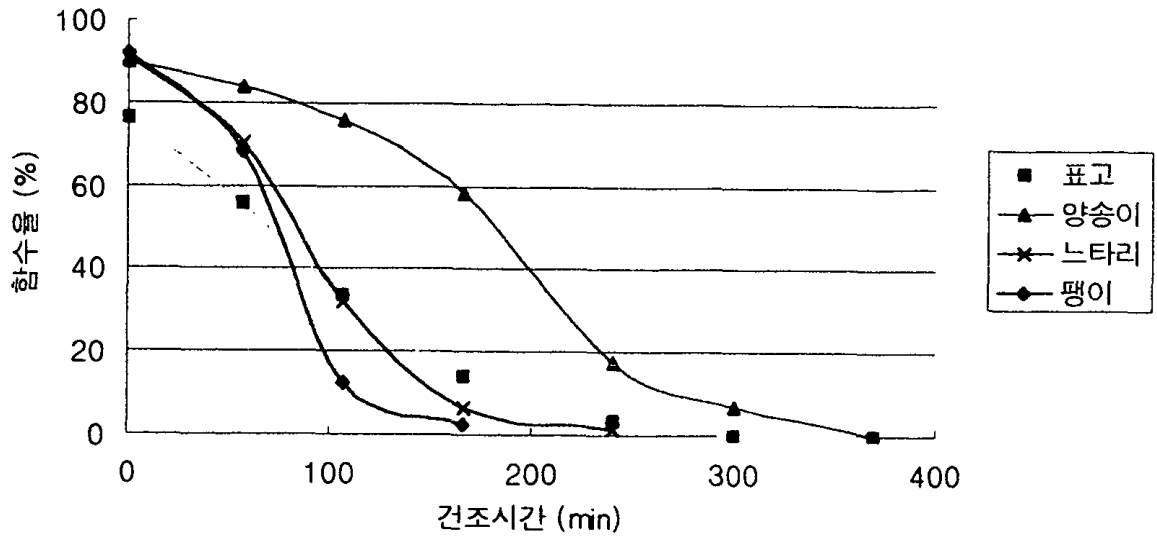


그림 2-42. 1 m/sec 풍속에서 버섯류의 건구온도 100℃ 열풍건조곡선

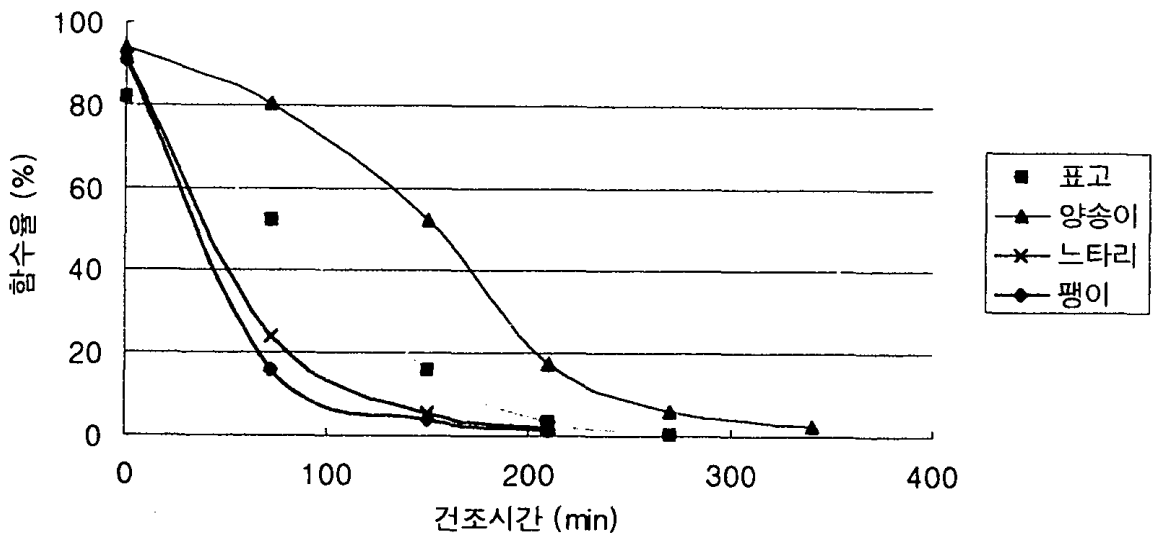


그림 2-43. 3 m/sec 풍속에서 버섯류의 건구온도 100℃ 열풍건조곡선

2. 온습도 조절 열풍식 건조스케줄 개발시험

(1) 습도별 열풍건조특성

무처리 버섯류의 열풍건조에서 습도의 변화가 건조속도에 미치는 영향을 조사하기 위해 상대습도 40%의 저습도조건과 80%의 고습도조건으로 구분하여 건조를 실시하였으며 얻어진 결과는 그림 2-44 및 2-45와 같다.

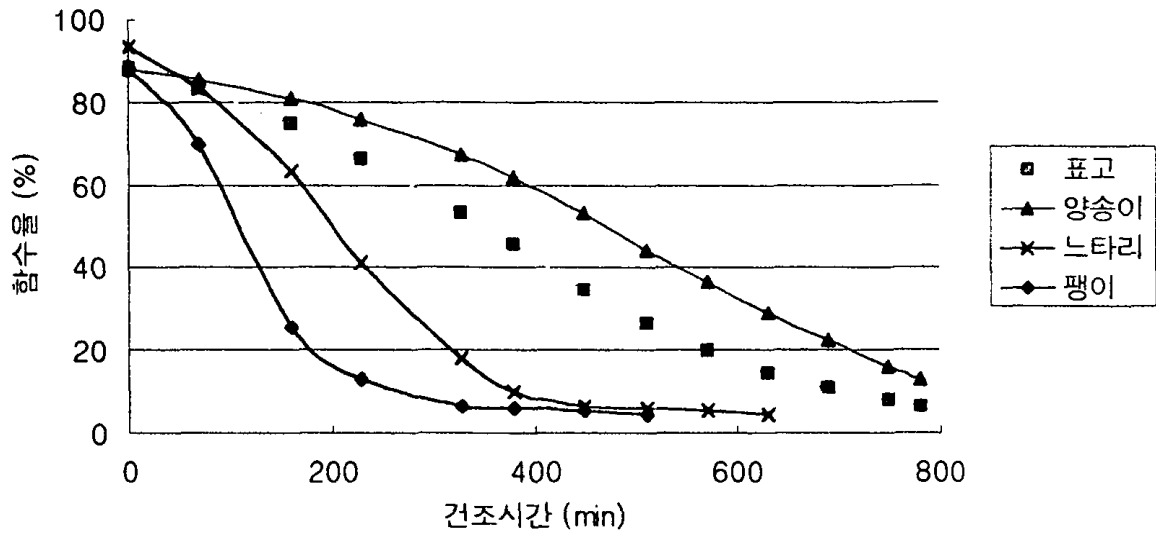


그림 2-44. 저습도(40%)에서 버섯류의 건구온도 60℃ 열풍건조곡선

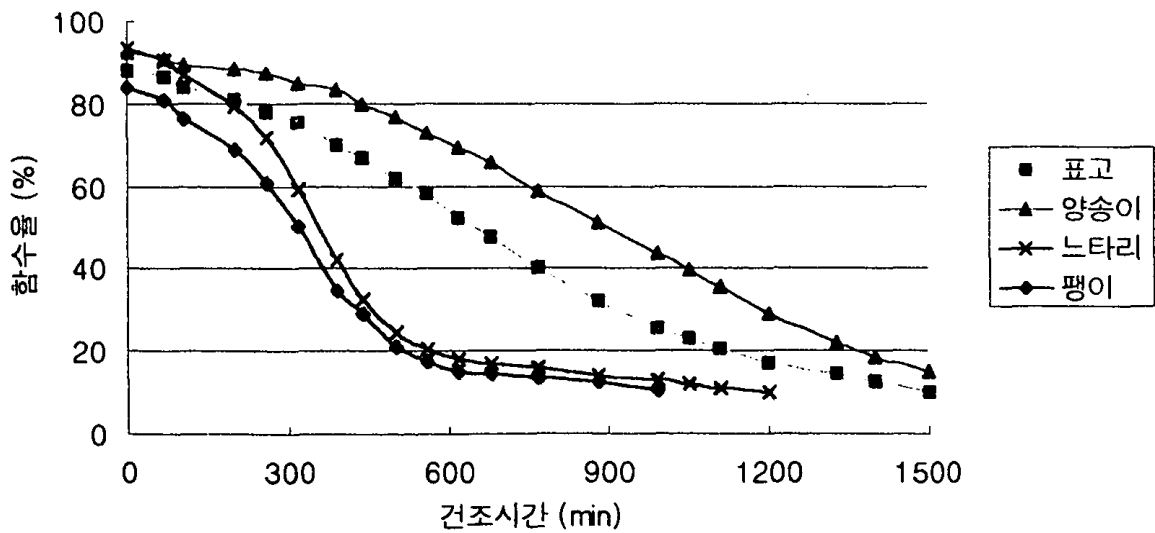


그림 2-45. 고습도(80%)에서 버섯류의 건구온도 60℃ 열풍건조곡선

건구온도 60℃에서 상대습도 40%의 비교적 낮은 조건으로 7시간 건조한 후의 버섯 종류별 함수율은 표고버섯 39%, 양송이버섯 56%, 느타리버섯 8%, 팽이버섯 6%로서 건조가 늦은 양송이버섯을 제외하고는 상당한 건조가 진행되었으며, 특히 건조성이 좋은 느타리버섯과 팽이버섯은 이미 과건조상태까지 건조가 되었으나, 습도 80%의 고습도에서 7시간 건조한 후의 함수율은 표고버섯 67%, 양송이버섯 82%, 느타리버섯 36%, 팽이버섯 31%로 모든 품종에서 여전히 섬유포화상태인 30% 이상의 많은 수분을 보유하고 있었다. 생버섯에서 함수율 15% 이하까지 건조하는 데는 저습도와 고습도 간에 각각 표고버섯 10시간과 22시간, 양송이버섯 13시간과 25시간, 느타리버섯 6시간과 14시간, 팽이버섯 4시간과 12시간 등으로 습도가 2배로 증가할 경우 건조시간은 대략 2~3배의 시간이 소요된 것으로 조사되었다. 따라서 건조 후 버섯류의 녹색도유 지나 품질 등을 고려하지 않고 단순히 건조만 할 경우에는 건조기 내의 습도조건을 가능한 낮게 유지할 필요가 있다고 본다.

다음의 그림 2-46과 그림 2-47은 건구온도를 100℃로 상승시켰을 때의 습도의 영향을 조사하기 위해 시험한 결과이다

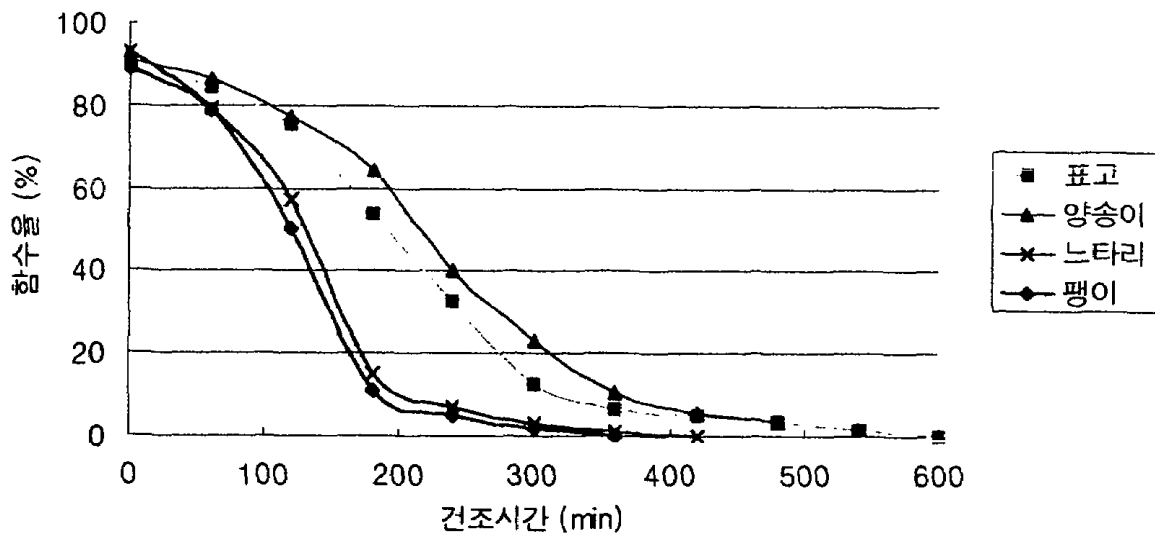


그림 2-46. 저습도(40%)에서 버섯류의 건구온도 100℃ 열풍건조곡선

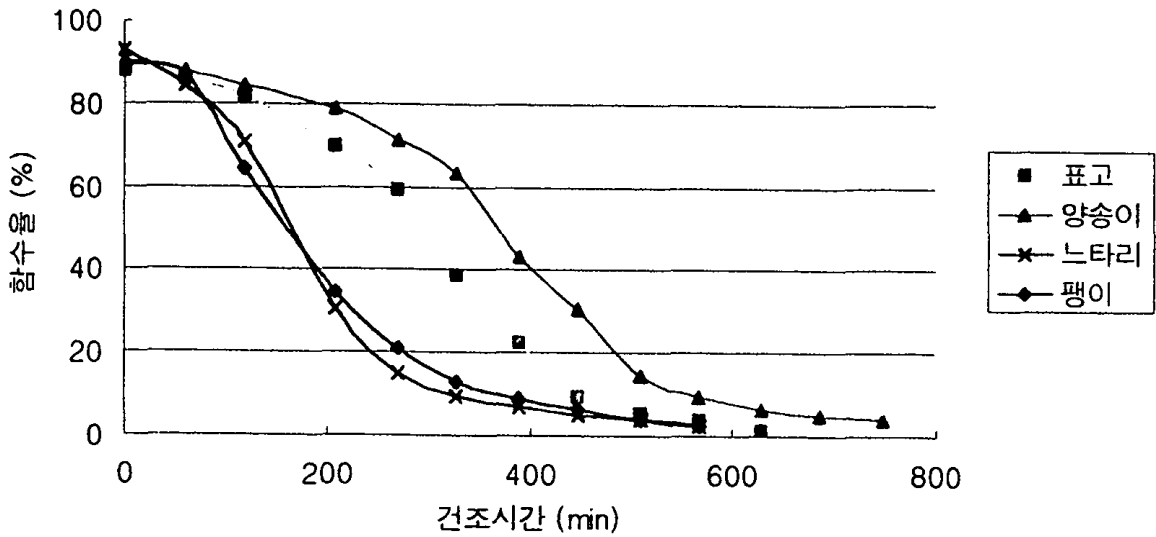


그림 2-47. 고습도(80%)에서 버섯류의 건구온도 100℃ 열풍건조곡선

건구온도 100℃에서 저습도와 고습도별로 4시간 건조한 후의 함수율은 표고버섯의 경우 저습도 33%, 고습도 65%로서 건구온도 60℃와 마찬가지로 고습도일 때가 저습도일 때에 비해 현저한 건조속도 저하를 나타냈으며 특히 습도가 2배로 높아짐에 따라 함수율도 2배정도 증가하였다. 양송이버섯의 경우는 저습도 40%, 고습도 76%로서 역시 2배 정도의 수분증발량 차이를 나타냈으며, 느타리버섯과 팽이버섯의 경우는 각각 저습도 8%와 5%, 고습도 20%와 24%로서 건조가 보다 느린 표고버섯과 양송이버섯에 비해 습도에 의한 건조속도 감소가 더욱 심하게 나타났다. 건구온도 100℃ 저습도에서의 생버섯에서 목표함수율 15% 이하까지 소요된 건조시간은 대략 표고버섯 5시간, 양송이버섯 6시간, 느타리버섯과 팽이버섯 3시간이 소요되었으나 고습도에서는 표고버섯 7시간, 양송이버섯 8시간, 느타리버섯과 팽이버섯 5시간이 소요됨으로써 건조시간이 1.3~1.7배로 연장되었다.

한편 건구온도 60℃, 습도 80%를 기준으로 해서 온도조건과 습도조건을 달리했을 경우의 건조속도에 미치는 영향을 고찰해 본 결과는 다음과 같다. 먼저 온도조건을 60℃에서 100℃로 상승시켰을 경우 생버섯에서 15%까지 건조소요시간을 비교해 볼 때 표고버섯은 22시간에서 7시간으로, 양송이버섯은 25시간에서 8시간으로 대략 1/3수준의 건조시간 단축효과를 가져왔다. 반면에 습도조건을 80%에서 40%로 감소시켰을 경우에는 표고버섯은 22시간에서 10시간으로, 양송이버섯은 25시간에서 13시간으로 대

략 1/2수준의 건조시간 단축효과를 가져옴으로써 습도에 비해 온도의 영향이 나타났다. 그러나 이를 동일수준의 비교를 위해 환산해보면 건구온도 10% 상승 당 건조시간 단축효과는 표고버섯 15%, 양송이버섯 17%이고, 습도 10% 감소 당 건조시간 단축효과는 표고버섯 15%, 양송이버섯 10%로서 표고버섯의 경우는 온도조건과 습도조건의 건조속도에 미치는 영향이 동일수준인 것으로 나타났고 건조가 늦은 양송이버섯은 온도조건의 영향이 다소 높게 나타났으나 결과적으로 두품종 모두 습도조건의 영향이 온도조건에 못지 않게 건조시간을 단축시키는 요인임을 알 수 있었다.

3. 온습도 조절 열풍식 다단계 건조스케줄 개발시험

다단계 건조스케줄 구멍은 온습도조절 건조방식을 적용하여 단순한 건조뿐만 아니라 건조품질의 향상을 목적으로 개발된 건조방법이며, 특히 목재와 같이 내부조직이 견고한 재료에서는 건조과정에서 수분이탈로 인해 발생하는 수축응력이 심할 경우, 이를 구조적으로 완전히 흡수완화하지 못함으로써 표면할렬(surface checks), 내부할렬(internal checks), 붕괴(collapse) 또는 왜곡(warps)과 같은 여러 가지의 건조결합이 일어나기 때문에 반드시 건조초기에 온도조건을 완화시키고 습도를 높게 유지하여 수축응력 발생을 최소화함으로써 초기 건조결합의 발생을 억제할 필요가 있다. 계속해서 점차 함수율이 낮아짐에 따라 서서히 단계적으로 온도와 습도조건을 강화하여 내부조직의 수축을 균일하게 유도함으로써 급격한 수축으로 인해 발생하는 할렬을 방지하고 또한 불균일한 수축에서 발생하는 변형을 제거하는 데 매우 효과적인 방법이라 할 수 있다.

먼저 1차년도에 시험했던 산채류와 같이 두께가 얇고 조직이 유연한 재료의 건조결과 수축응력의 발생이 매우 작고 또한 이를 유연한 조직이 용이하게 흡수함으로써 표면에 많은 수축주름이 발생하지만 할렬이나 절단현상까지 발전하는 경우는 없었다. 아울러 잎이나 줄기 등이 건조수축에 의해 말리거나 휘어지는 왜곡변형이 발생하지만 이는 상품가치 측면에서 특별히 문제되고 있지 않기 때문에 결과적으로 산채류에서는 다단계 건조스케줄의 효용성이 거의 없는 것으로 판명되었다.

2차년도의 공시재료는 버섯류로서 팽이버섯을 제외한 표고버섯, 양송이버섯 및 느타리버섯은 버섯사갓(cap pileus)이 산채류에 비해 두꺼워서 수축발생이 심할 것으로 예상되고 또한 사갓의 할렬이 상품가치에 주는 영향이 매우 크기 때문에 다단계 건조스케줄의 적용가능성이 다소 높게 기대되었다. 그러나 본 연구에서 수행과정에서 표

고버섯, 양송이버섯, 느타리버섯 및 팽이버섯 모두 두께나 크기에 관계없이 기본적으로 내부 조직이 살아있을 때와 마찬가지로 매우 유연하기 때문에 건조과정에서 일어나는 수축응력을 충분히 흡수함으로써 할렬의 발생이 전혀 관찰되지 않았다. 따라서 산채류와 마찬가지로 버섯류에서도 열풍건조시 습도를 조절해야 할 필요성이 없었으며, 오히려 대기중의 고습도는 생버섯의 변색을 촉진하여 원래의 색조를 빠르게 상실하는 원인이 되고 아울러 건조속도를 저하시키므로 습도조절방식은 비효율적임을 알 수 있었다. 결국 버섯류의 건조에서도 대기습도 이상에서 온습도를 조절하는 일반개념의 다단계 건조스케줄의 효용성은 없는 것으로 밝혀졌다.

다만 버섯사각의 주름발생 상태를 비교해볼 때 건조시의 온습도조건의 변이에 따라 품종간에 작은 주름과 큰 주름의 발생정도에서 약간의 차이가 있으나 역시 상품가치를 좌우할 만한 문제는 아닌 것으로 판단되며, 주름발생의 억제와 원형유지를 위해서는 기존의 열풍건조방식으로는 해결하기 어렵고 동결건조나 진공건조방식과 같은 새로운 건조방법으로 접근해야 할 것으로 생각된다.

4. 건조에 의한 버섯류의 품질변화

가. 건조온도에 의한 색상변화

표고버섯 외 3품종의 생버섯에 대한 천일건조와 열풍건조를 실시하고 이때의 각각의 건조온도에 의한 색상변화를 조사한 결과는 표 2-5와 같다.

버섯류의 색상표시는 Munsell Color System을 이용한 KBS 한국표준색표집의 색상, 명도, 채도에 의한 색상분류체계를 이용하였다. 또한 본 연구에서는 건조 전후의 색상변화를 관찰하기 위해서 비교적 밝은 색상의 재료를 대상으로 조사하였으며, 건조전후의 색상비교는 아주 심한 변화를 나타내어 동일한 색상기준(hue)을 적용할 수 없는 경우를 제외하고는 가능한 동일한 색상기준에서 명도와 채도차이만으로 색깔을 분류함으로써 색상비교를 단순화하기 위해 노력하였다.

표 2-5. 건조온도별 생버섯의 색상변화

버섯종류	건조온도별 색상변화				
	건조전 (생버섯)	천일건조	열풍건조		
		상온	50℃	80℃	110℃
표고버섯	10YR6/6 (0306) ~4/6 (0310)	10YR6/4 (0305) ~4/4 (0318)	10YR5/4 (0312) ~4/4 (0318)	10YR4/4 (0318) ~4/6 (0319)	10YR4/2 (0317) ~3/2 (0322)
양송이버섯	10YR9/1 (0284) ~9/2 (0285)	10YR8/2 (0288) ~7/2 (0296)	10YR6/6 (0306) ~6/8 (0307)	10YR5/4 (0312) ~5/6 (0313)	10YR6/4 (0305) ~5/6 (0313)
느타리버섯	2.5Y8/2 (0335) ~7/2 (0344)	2.5Y7/4 (0334) ~6/4 (0350)	2.5Y7/4 (0344) ~7/6 (0345)	10YR5/4 (0312) ~4/4 (0318)	7.5YR3/4 (0280) ~3/6 (0281)
팽이버섯	5Y9/1 (0364) ~9/2 (0365)	2.5Y7/6 (0345) ~6/6 (0351)	10YR6/8 (0306) ~6/6 (0307)	7.5YR4/4 (0276) ~3/4 (0280)	5YR3/4 (0244) ~3/6 (0245)

주: 명도/채도, ()내는 표준색 번호임.

먼저 표고버섯 싹갓의 표면 색깔은 생산지와 채취시기에 따라 밝은 황갈색에서 어두운 적갈색까지 다양하고 색조의 변이도 매우 심한 것으로 나타났으며, 동일 수확량 내에서도 황갈색과 적갈색의 색조가 부분적으로 혼합되어 색상의 결정이 매우 어려운 특징을 지니고 있다. 본 연구에서는 비교적 밝은 황갈색조의 표고버섯을 대상으로 조사한 결과 생표고버섯의 색상(그림 2-48)은 황갈색의 10YR로서 명도는 6~4, 채도는 6을 나타냈다. 천일건조한 표고버섯(그림 2-49)은 동일색상인 10YR로 측정된 바 명도는 동일수준이었으나 채도가 한단계 낮은 6을 나타내어 색조가 다소 어두운 갈색쪽으로 가까워졌다. 이어서 50℃의 열풍건조(그림 2-50)를 실시한 표고버섯의 싹갓표면 색상은 동일색상인 10YR에서 채도는 4로서 변화가 없었으나 명도가 5~4로서 천일건조보다 한단계 낮게 측정된 바, 50℃ 열풍건조 표고버섯의 색깔은 천일건조시 보다 다소 짙은 색깔을 나타냈다. 또한 80℃의 열풍건조(그림 2-51) 후에는 명도 4, 채도 4~6으로 50℃ 열풍건조시 보다 명도와 채도 모두 한 단계씩 떨어졌으며 좀더 고온인 110℃(그림 2-52)의 열풍건조 후에는 80℃ 열풍건조시보다 명도와 채도 모두 다시 한 단계씩 떨어졌다. 이와 같이 생표고버섯이 지니고 있던 원래의 밝은 색조는 건조가 진행됨에 따라 점차 퇴색되면서 짙고 어두운 암갈색 쪽으로 변하는 경향이 뚜렷하게 진행되었으며, 건조온도가 높을수록 이러한 색조변화가 심하게 나타났다. 특히 110℃

의 고온에서는 색상변화가 극히 심하여 거의 검은색상으로 인식될 뿐만 아니라 부분적으로 탄화현상까지 보이는 등 완전히 상품성이 상실되는 결과를 보여줌으로써 표고 버섯의 열풍건조를 위한 온도로서 110℃는 지나치게 높은 온도임을 알 수 있었다.

마찬가지로 양송이버섯의 색상은 채취시 거의 백색에 가까운 10YR 9/1~9/2의 범위를 나타냈으나 천일건조 후 동일 색상수준에서 명도가 한 단계 이상 떨어진 8~7을 나타내고 채도도 1단계 낮은 2를 나타냄으로써 다소 퇴색된 결과를 보여주었다. 이어서 50℃ 열풍건조 후에는 명도 6, 채도 6~8로서 채도는 높아졌으나 명도가 1단계 이상 떨어짐으로써 전체적인 색조는 매우 어두워졌다. 80℃와 110℃ 열풍건조 후에도 계속적인 명도와 채도의 저하가 진행되어 퇴색이 현저하게 진행되었으며, 110℃에서 80℃보다 다소 색상이 밝게 관찰되기도 하였으나 그 차이는 매우 미미하였다. 양송이버섯의 50℃ 이상 열풍건조 시에는 모두 샷갓의 표면색상 변색문제보다도 이면의 색상이 검게 노출되고 특히 버섯자루의 절단면이 짙은 적갈색 내지는 흑색으로 퇴색되기 때문에 외관상 상품가치가 매우 떨어진다고 생각되므로, 양송이버섯의 건조는 천일건조가 적합하며 열풍건조는 부적합하다고 판단된다.

느타리버섯은 생버섯일 때 회백색 계통의 매우 밝은 2.5Y8/2~7/2의 색상을 띄고 있으나 천일건조 후 명도 8~7, 채도 4로서 다소 황색화되면서 어두워졌다. 50℃ 열풍건조 후에는 좀더 짙은 황색을 띄우게 되었으나 천일건조 시와 거의 유사한 색조를 나타내어 색상차이를 구분할 정도는 아니었다. 그러나 80℃ 이상의 고온에서는 명도와 채도가 심하게 떨어져서 원래의 버섯색상을 완전히 상실하게 되고 전혀 상품으로서의 색상과 형태적 가치를 나타내지 못하였다. 또한 건조온도 60℃의 색상도 50℃에 비해 상당히 떨어지므로 느타리버섯의 색상을 유지하기 위해서는 건조온도를 50℃ 이하로 낮출 필요가 있다고 본다.

팽이버섯의 색상은 채취시 거의 백색에 가까운 매우 밝은 5Y9/1~9/2를 띄고 있으나, 천일건조 후에는 녹색(Green)에서 황색(Yellow)쪽으로 1단계 가까운 2.5Y를 나타내고 명도도 2단계 이상 떨어짐으로써 원래의 백색이 거의 황갈색으로 퇴색되는 등 완전히 시각적인 상품가치를 상실하는 결과를 나타냈다. 이러한 현상은 열풍온도에서 더욱 심하게 나타났으며 특히 건조온도가 50℃에서 110℃로 높아질수록 황갈색에서 적갈색을 거쳐 거의 흑갈색으로 변화하는 정도가 본 연구에서 조사한 버섯류 중에 가장 심하게 나타났다. 따라서 팽이버섯은 열풍건조는 물론 천일건조에서도 원래의 색

상유지가 전혀 불가능하므로 건조된 팽이버섯의 생산은 실현성이 매우 적다고 사료된다.

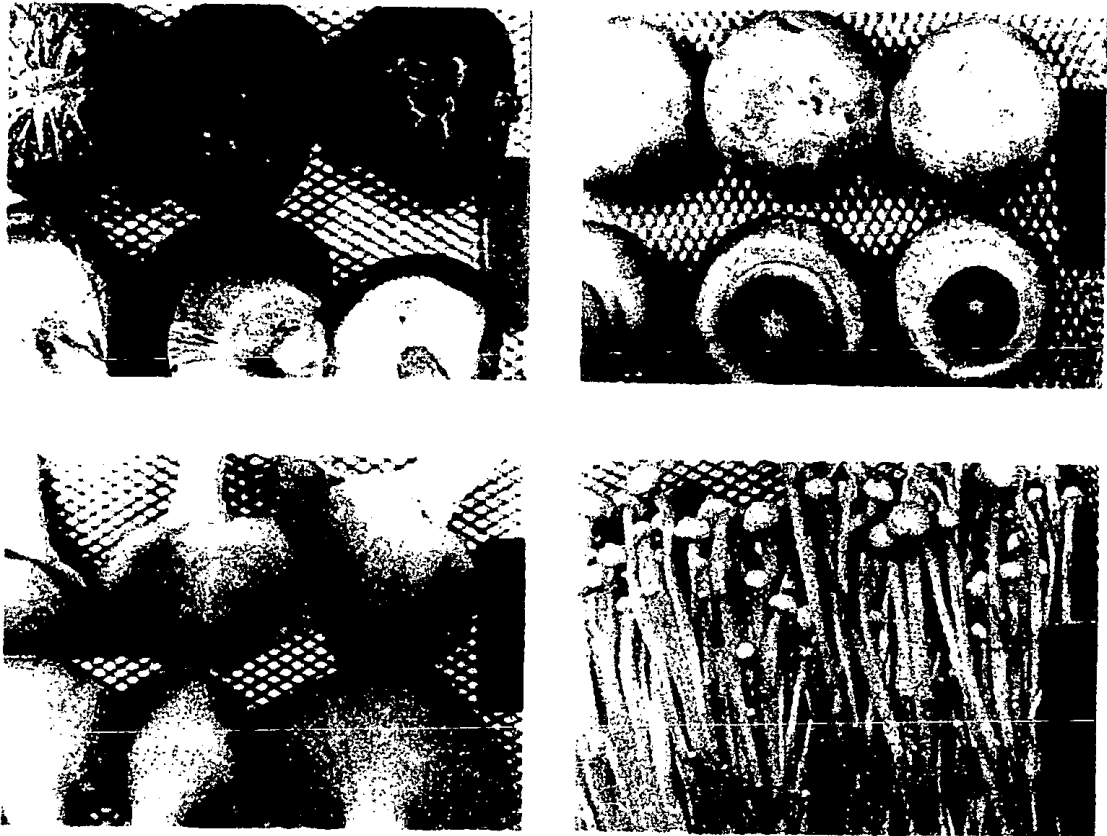


그림 2-48. 생버섯류의 건조전 형태

(좌상: 표고버섯, 우상: 양송이버섯, 좌하: 느타리버섯, 우하: 팽이버섯)

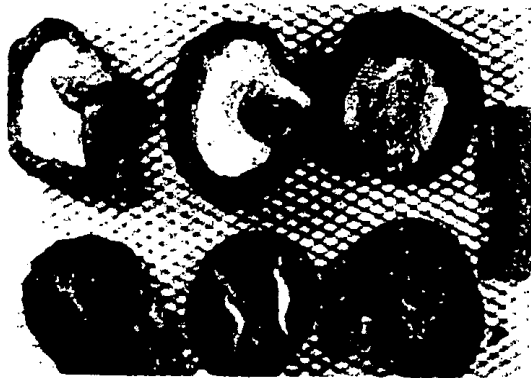


그림 2-49. 천일건조 후의 버섯류의 형태

(좌상: 표고버섯, 우상: 양송이버섯, 좌하: 느타리버섯, 우하: 팽이버섯)

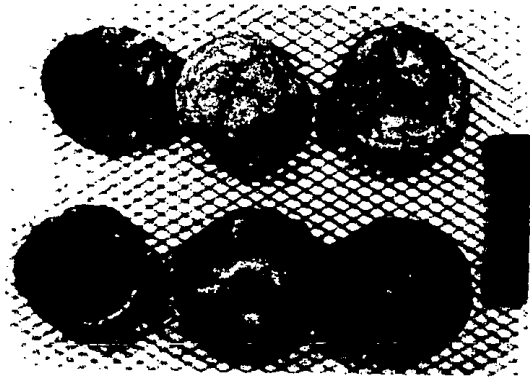
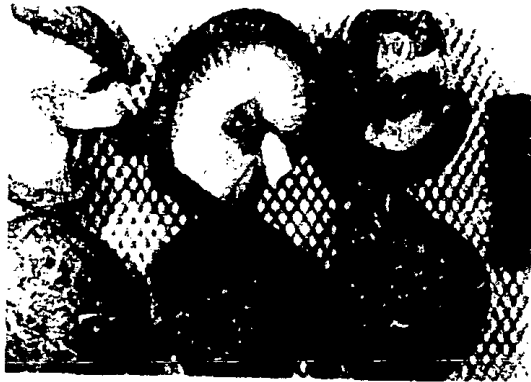


그림 2-50. 50℃ 열풍건조 후의 버섯류의 형태

(좌상: 표고버섯, 우상: 양송이버섯, 좌하: 느타리버섯, 우하: 팽이버섯)

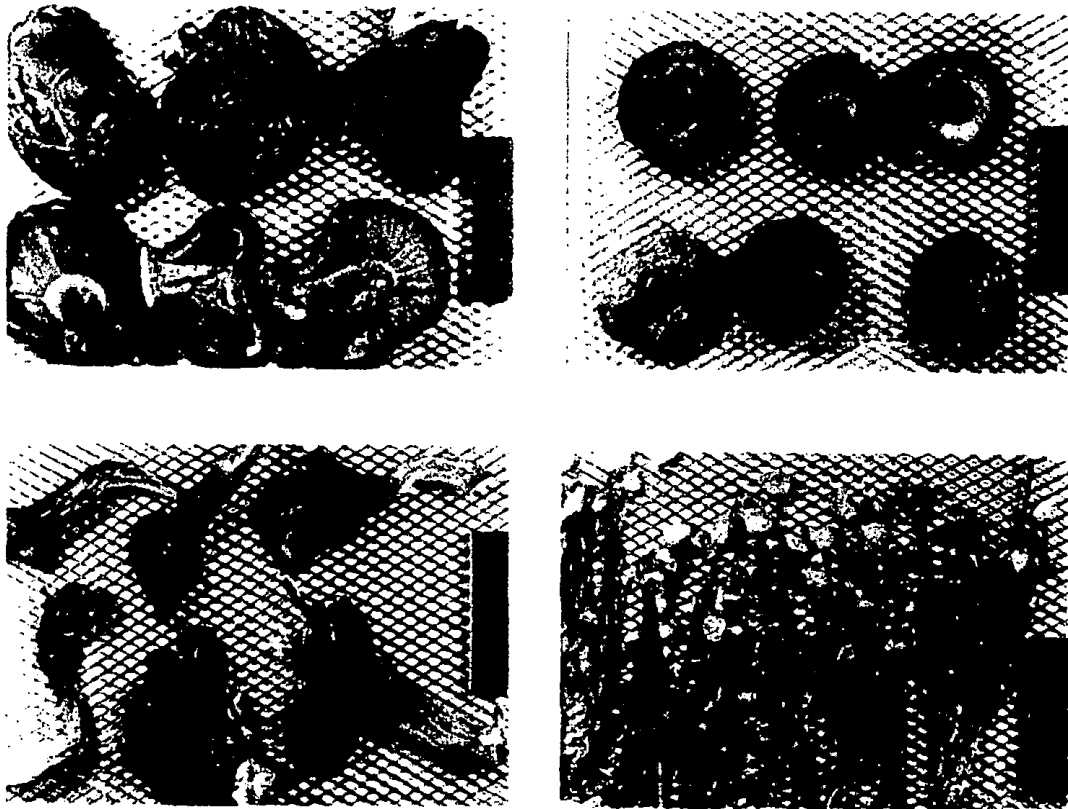


그림 2-51. 80℃ 열풍건조 후의 버섯류의 형태

(좌상: 표고버섯, 우상: 양송이버섯, 좌하: 느타리버섯, 우하: 팽이버섯)

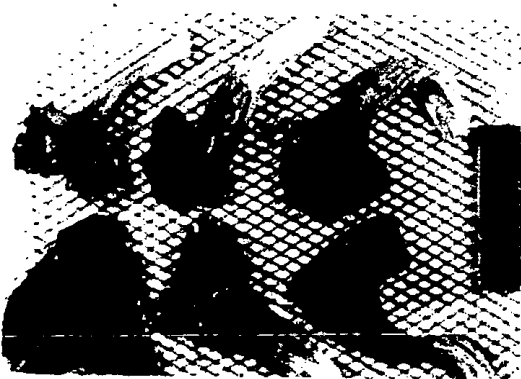
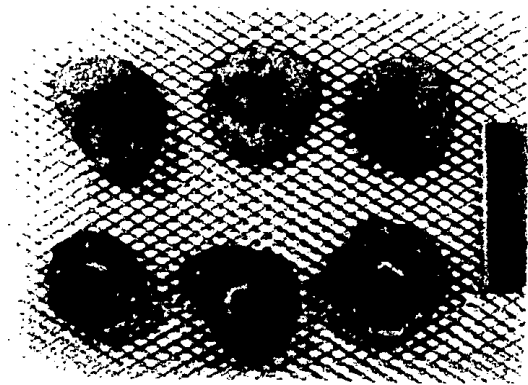
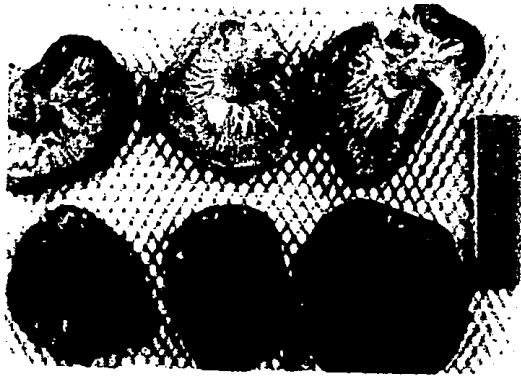


그림 2-52. 110℃ 열풍건조 후의 버섯류의 형태

(좌상: 표고버섯, 우상: 양송이버섯, 좌하: 느타리버섯, 우하: 팽이버섯)

나. 습도에 의한 색상변화

공시시료의 색상유지에 대한 상대습도의 영향을 조사하기 위하여 무처리 생버섯에 대한 60℃와 100℃의 열풍건조를 실시하고 이때의 저습도(40%)와 고습도(80%) 건조에 의한 색상변화를 조사한 결과는 표 2-6과 같다.

표 2-6. 습도별 생버섯류의 색상변화

버섯종류	상대습도별 색상변화				
	건조조건 (생버섯)	열풍건조(60℃)		열풍건조(100℃)	
		RH 40%	RH 80%	RH 40%	RH 80%
표고버섯	10YR6/6 (0306) ~4/6 (0310)	10YR5/4(0312) ~4/4 (0318)	5YR2/1(0246)	7.5YR2/2(0282)	5YR2/1(0246)
양송이버섯	10YR9/1 (0284) ~9/2 (0285)	10YR6/6(0306) ~6/8 (0307)	10YR5/6(0313) ~4/6 (0319)	10YR5/6(0313) ~4/6(0319)	7.5YR3/2(0279) ~2/2 (0282)
느타리버섯	2.5Y8/2 (0335) ~7/2 (0344)	10YR6/6(0306) ~5/8 (0314)	5YR2/2(0247) ~2/4(0248)	5YR3/4(0244) ~3/6(0245)	5YR2/2(0247) ~2/4 (0248)
팽이버섯	5Y9/1 (0364) ~9/2 (0365)	10YR6/8(0306) ~5/8 (0314)	10YR5/6(0313) ~5/8 (0314)	5YR3/2(0243) ~3/4 (0244)	5YR2/2(0247) ~2/4 (0248)

주: RH 상대습도, 명도/채도, ()내는 표준색 번호임.

표고버섯을 건조온도 60℃로 열풍건조 했을 경우 저상대습도 40%(그림 2-53)에서는 10YR로서 명도 5~4, 채도 4를 나타냈으나 고상대습도(그림 2-54)에서는 보다 적색(R) 쪽에 가까운 5YR을 나타내고 명도 2, 채도 1로서 3단계 이상 저하되어 색상이 거의 흑색으로 퇴색되었다. 건조온도 100℃의 저습도 건조(그림 2-55)에서는 7.5YR2/2를 나타내어 습도는 낮아도 고온에 의한 색상변화가 심하게 나타났고 이어서 고습도(그림 2-56)로 열풍건조했을 때는 5YR2/1로서 더 이상 변색될 수 없을 만질게 퇴색되었다. 이와 같이 온도에 관계없이 저습도일 때보다 고습도에서 색상변화가 더한층 심하게 나타났으며, 특히 100℃에서는 물론 60℃의 비교적 낮은 온도에서도 고습도일

경우 모두 최저의 명도수준으로 떨어졌다. 따라서 표고버섯 건조 시 퇴색에 미치는 영향은 온도보다도 습도의 영향이 보다 큰 것으로 보이며 표고버섯의 열풍건조에서 저습도의 유지와 건조실 내부에 유입되는 증발수분의 신속한 제거가 버섯건조 시 건조속도의 가속화와 퇴색감소에 반드시 필요한 기술적인 요인이라고 판단된다.

이러한 현상은 양송이버섯에서도 유사하게 나타났는데 건조온도 60℃로 열풍건조했을 경우 저습도의 10YR6/6~6/8에서 고습도인 경우 10YR5/6~4/6으로 명도와 채도 모두 1단계의 약한 퇴색을 가져왔으나, 100℃의 고온에서는 10YR5/6~4/6에서 7.5YR 3/2~2/2로 심한 명도 및 채도의 저하를 가져왔다. 고습도에서는 60℃에서도 퇴색정도가 심하여 상품가치가 거의 없는 것으로 보인다.

느타리버섯은 60℃ 저습도에서는 10YR의 색상을 가지나 60℃ 고습도와 100℃의 저습도 및 고습도에서 모두 5YR로 색상의 변화를 가져왔고, 명도와 채도 역시 온도가 높을수록 습도가 높을수록 점차 감소하는 경향이 뚜렷하게 조사되었다. 특히 고습도일 때에는 온도에 관계없이 모두 흑갈색의 5YR2/2~2/4로서 명도의 최저치를 나타내었으며 표고버섯의 경우에서처럼 탄화현상까지 관찰될 정도로 심하게 퇴색되었다.

팽이버섯은 전술한 대로 천일건조에서도 이미 색상이 심하게 변화하는 품종으로서, 열풍건조에서도 심한 퇴색을 보여주었다. 다른 품종과 마찬가지로 온도가 높을수록 습도가 높을수록 명도와 채도가 감소하였으며, 또한 고습도일 때에도 온도에 관계없이 모두 퇴색정도가 극심하게 나타났다. 특히 고습도 건조 시에는 대기 중의 과도한 수분으로 마치 데치기 한 것처럼 개체간에 들러붙는 현상도 관찰되었다.

버섯류의 삿갓표면의 색상은 산채류와 마찬가지로 상온의 천일건조에서도 건조진행에 따라 어두운 쪽으로 변화되는 것을 볼 때 수분의 감소가 퇴색을 유발하는 하나의 영향인자로 생각된다. 또한 열풍건조 시 온도가 높을수록 퇴색의 정도가 심하게 나타나는 것으로 미루어볼 때 온도에 의한 열의 영향도 변색의 진행속도를 가속화하여 명도와 채도를 저하시키는 촉진제 역할을 하는 것으로 보인다. 습도 역시 버섯류의 색상을 변화시키는 주요인자임을 알 수 있었으며 특히 고습도 건조에서는 건조실 내부에 증발되는 다량의 수분이 고온상태로 버섯의 표면에 지속적으로 접촉됨으로써 퇴색의 진행을 빠르게 하였다. 즉 동일 온도조건에서는 저습도인 40%보다 고습도인 80%에서 퇴색이 심화되고, 동일 습도조건에서는 저온인 60℃보다 고온인 100℃에서 퇴색이 심하게 나타났다. 따라서 관행적인 열풍건조시 건조초기에는 수분증발량이 많아서 주위의 공기습도가 매우 높아지므로 건조초기에는 더욱 배기량과 풍속을 높여서 증발

된 수분을 신속히 제거할 필요가 있다고 생각된다. 풍속은 수분의 표면증발 속도를 가속화하므로 건조시간을 단축시킬 뿐 아니라 공기중의 습기를 신속히 제거할 수 있기 때문에 공기중의 수분에 의한 퇴색작용도 감소시키므로 생버섯의 색상유지에도 도움이 될 것으로 판단된다.

결과적으로 건조온도는 낮출수록 퇴색이 적으나 건조속도가 지연되는 문제가 동반되므로 풍속을 높여서 표면수분의 증발속도를 가속화하여 건조시간을 단축하는 것이 바람직하다. 특히 건조시간의 단축을 위해 건조온도를 높여야할 경우에는 풍속의 증가와 함께 배기량을 크게 하여 건조실 내부의 습기제거를 신속하게 하는 것이 버섯류의 퇴색을 완화시킬 수 있는 효과적인 건조방법이라고 생각한다.

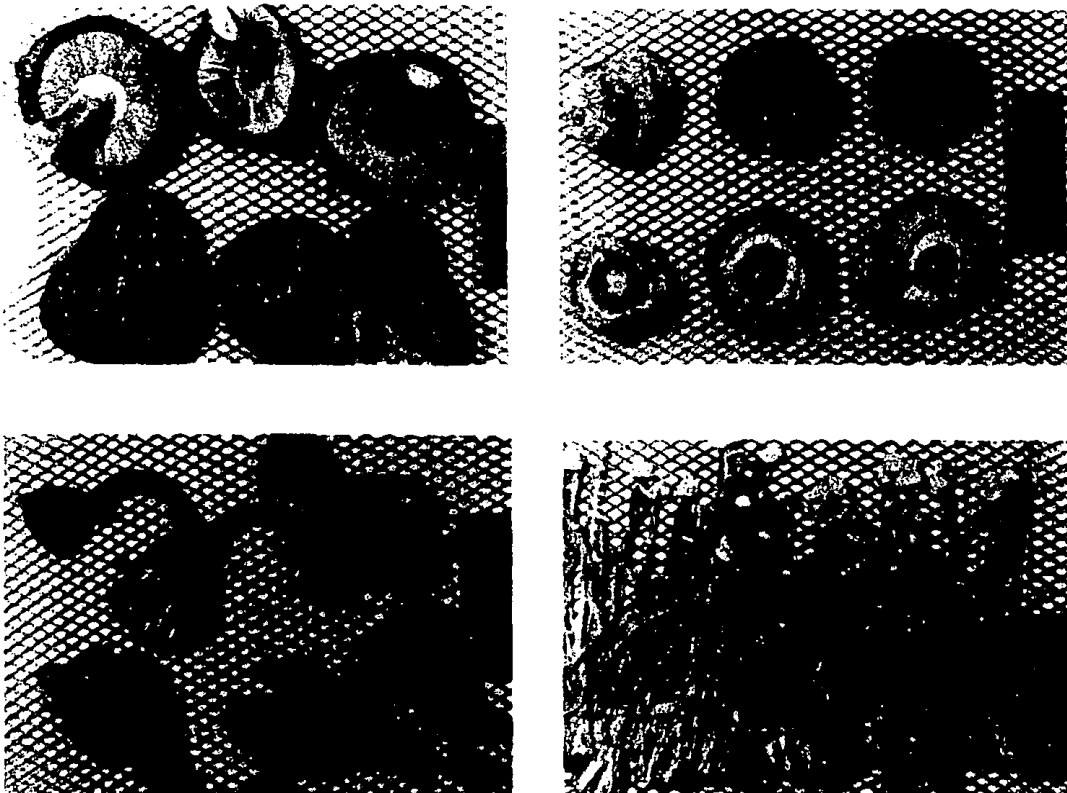


그림 2-53. 건구온도 60℃, 상대습도 40%에서 열풍건조한 후의 버섯류의 형태
(좌상:표고버섯, 우상:양송이버섯, 좌하: 느타리버섯, 우하:팽이버섯)

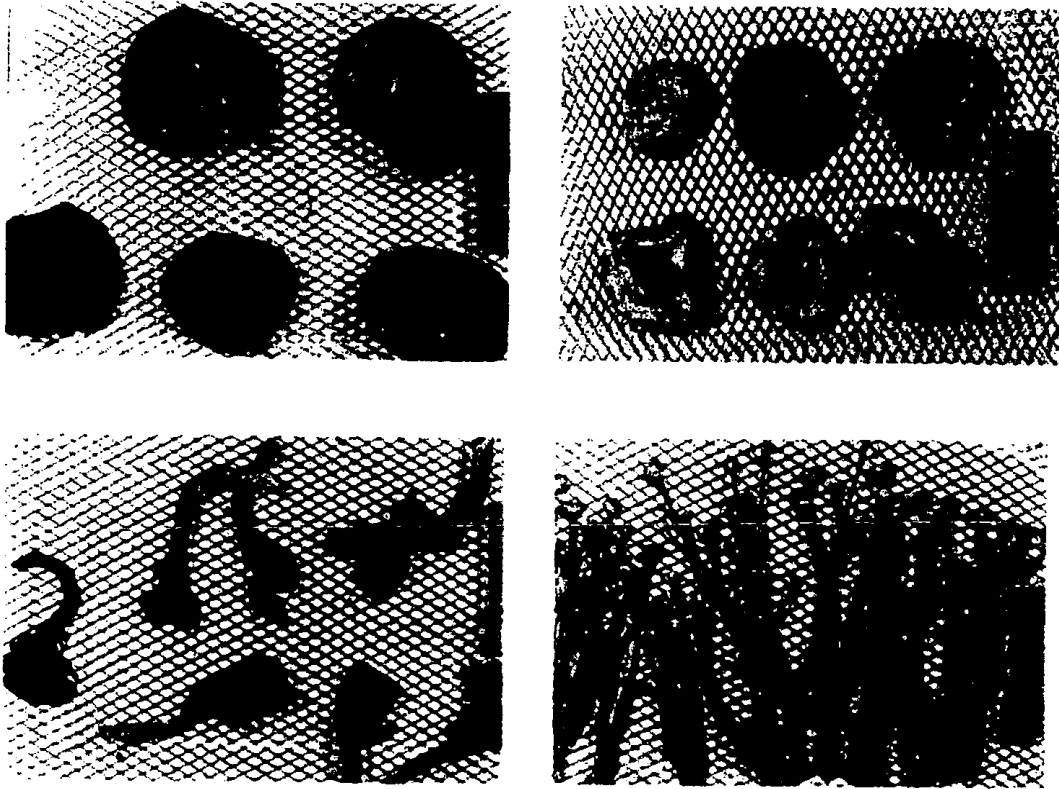


그림 2-54. 건구온도 60℃, 상대습도 80%에서 열풍건조한 후의 버섯류의 형태
 (좌상:표고버섯, 우상:양송이버섯, 좌하:느타리버섯, 우하:팽이버섯)

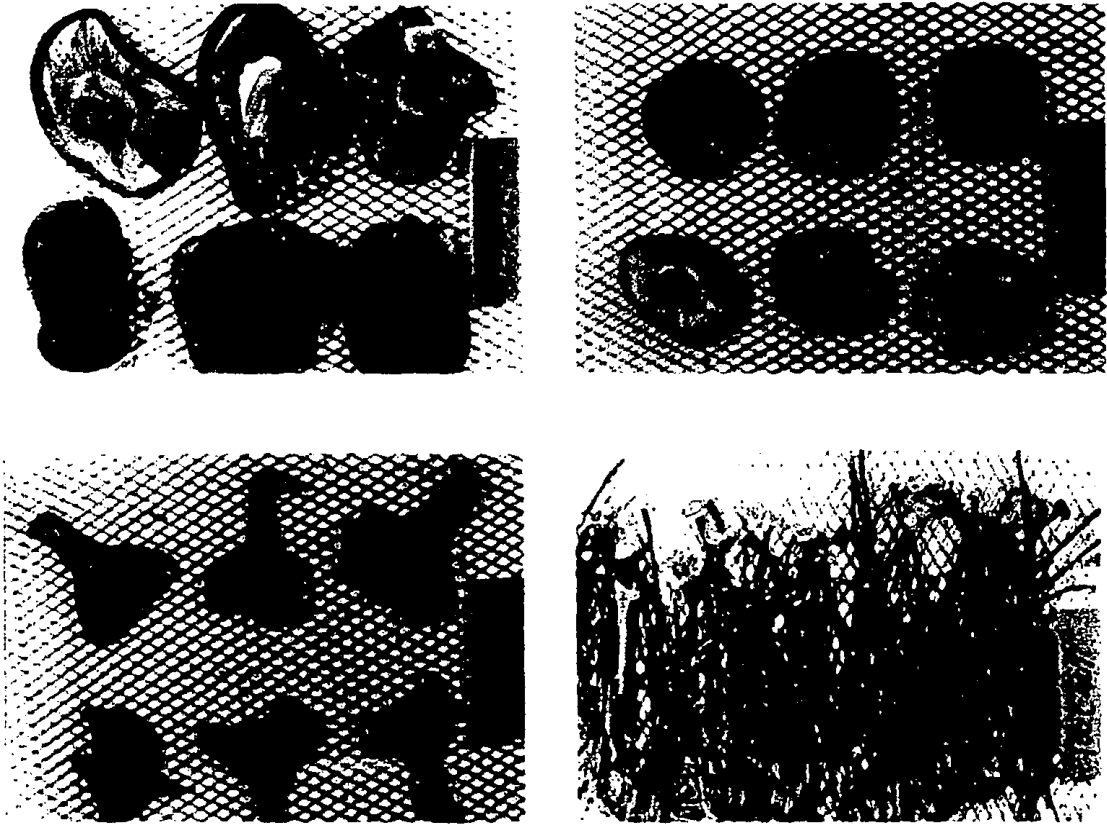


그림 2-55. 건구온도 100℃, 상대습도 40%에서 열풍건조한 후의 버섯류의 형태
 (좌상: 표고버섯, 우상: 양송이버섯, 좌하: 느타리버섯, 우하: 팽이버섯)

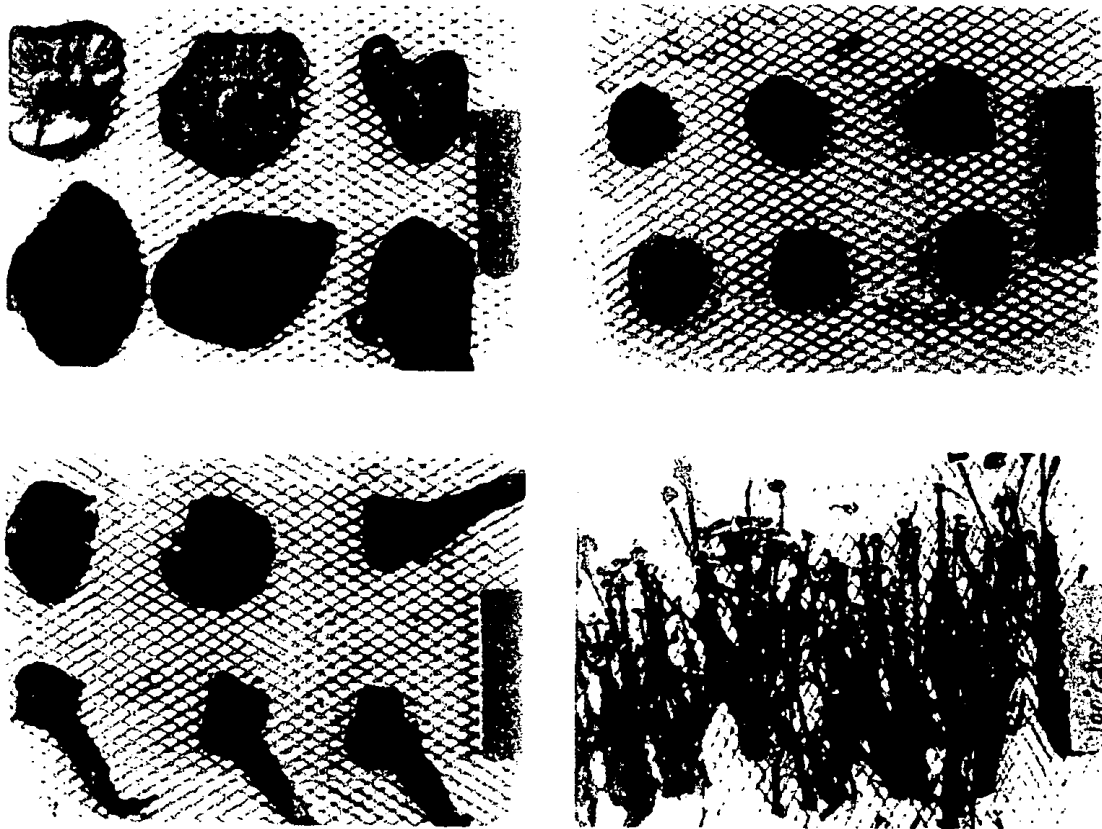


그림 2-56. 건구온도 100℃, 상대습도 80%에서 열풍건조한 후의 버섯류의 형태
 (좌상: 표고버섯, 우상: 양송이버섯, 좌하: 느타리버섯, 우하: 팽이버섯)

다. 건조상태에 따른 건조버섯류의 품질

표고버섯 외 3품종에 대한 열풍건조를 실시한 후 함수율 15%의 기건시료와 전건시료로 구분하여 몇가지 외형적 품질을 조사한 결과는 표 2-7과 같이 조사되었다.

표 2-7. 건조함수율에 따른 버섯류의 외형적 품질상태

버섯종류	기건상태				전건상태			
	퇴색	부스러짐	할렬발생	보존성	퇴색	부스러짐	할렬발생	보존성
표고버섯	경미	양호	없음	양호	심함	양호	없음	양호
양송이버섯	보통	양호	없음	불량	심함	양호	없음	불량
느타리버섯	보통	경미	경미	보통	심함	심함	경미	경미
팽이버섯	심함	경미	-	불량	심함	심함	-	불량

먼저 함수율 15%를 기준한 기건상태의 표고버섯의 품질을 보면 전건상태까지 건조된 것보다 퇴색의 정도가 약하고 원래의 색감이 다소 짙어진 느낌을 지니고 있으며, 기건상태와 전건상태 모두 부스러짐이나 부러짐의 문제는 발생하지 않았다. 전건시킨 표고버섯은 샷갓퇴색이 매우 심하여 시각적인 상품가치가 많이 떨어지는 결과를 가져왔다. 건조수축으로 인해 버섯샷갓에 많은 주름이 발생하였으나 육안상 할렬발생은 관찰되지 않았다.

양송이버섯은 기건상태에서 원래의 깨끗한 백색이 황백색으로 퇴색되며, 특별한 부스러짐이나 부러지는 현상은 관찰되지 않았으나 표고버섯에 비해 샷갓의 경도가 약해서 보다 강한 압력에서는 우그러지거나 부스러지는 경향이 보이기 때문에 취급과 보관과정에서 충격이나 외압을 주지 않도록 주의할 필요가 있다고 본다. 전건상태에서는 퇴색이 심하여 상품으로서의 가치가 상실되었고, 기건상태나 전건상태 모두 실내보관 중 백색곰팡이에 의한 침해가 관찰되었다.

표고버섯과 마찬가지로 건조수축으로 인한 버섯샷갓에 많은 주름이 발생하고 외형이 축소되었으나 할렬은 발생하지 않았다.

느타리버섯의 경우도 정도의 차이는 있으나 대부분 기건버섯의 품질이 전건버섯보

다 우수하였으며, 기건상태의 버섯샷갓은 다소 유연성이 있어서 부스러지거나 부러지는 현상이 경미한 것에 비해 전건상태의 버섯은 쉽게 부스러져서 원형이 손상되기 쉽고 취급과 보관이 어려우며 부스러기에 의한 재료손실이 문제점으로 지적되었다. 실내보관 중 양송이버섯보다는 경미하지만 균충류의 침해가 관찰되었다. 생버섯의 취급 과정에서 샷갓이 끝부분이 쉽게 갈라지며 건조시 수축과정에서 이 부분이 주름발생과 함께 벌어지는 현상이 관찰되었다.

팽이버섯의 경우도 느타리버섯과 같이 기건상태의 버섯자루는 유연성이 있어서 부스러지거나 부러지는 현상이 경미한 것에 비해 전건상태의 버섯은 부스러지거나 부러지는 경향이 매우 심하였으나, 흡습성이 매우 강하여 건조 후 보관 중에 대기중의 습기를 신속히 흡수해서 버섯자루가 유연해지기 때문에 건조 후 이삼일만 지나면 부스러지는 현상은 자연스럽게 소멸되었다. 특히 전건상태는 물론 기건상태에서도 버섯자루의 색상이 황갈색으로 변하는 등 퇴색정도가 매우 심하여 건조상품으로의 생산성이 희박한 것으로 조사되었다. 또한 함수율에 관계없이 미생물의 침해가 극심하여 실내보관 5개월 여만에 완전히 분해될 정도로 보존성이 불량하였다.

현재 시중에서 판매되고 있는 국내산 및 중국산 수입 표고버섯은 함수율이 대략 10% 이하인 것으로 측정되었다. 이는 유통과정 중의 함수율이므로 생산지에서의 건조 직후 함수율은 이보다 더 낮을 것으로 예상되고, 따라서 현재 유통되고 있는 건조버섯은 과도한 건조로 인해 지나치게 낮은 함수율로 생산되므로서 버섯의 품질을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 막대한 열에너지의 낭비를 초래하므로 시급히 개선되어야 한다고 사료된다. 또한 목재류와 같은 건조시간이 긴 재료에서는 건조시간 1시간 동안에 진행되는 함수율 감소량이 매우 작기 때문에 시간단위의 건조스케줄을 적용할 수 있으나 산채류 또는 버섯류와 같이 용적이 작은 재료의 건조시에는 1시간 동안에 떨어지는 함수율 폭이 크기 때문에 정확한 목표함수율을 달성하기 어렵고 과도한 건조로 진행되기 쉽다. 따라서 시간단위에서 분단위로 건조시간스케줄을 세분화하여 건조시간의 종료시점을 보다 정밀하게 설정할 필요가 있고 이를 위해서는 건조시료의 함수율을 정확히 예측할 수 있도록 연속적으로 자동측정이 가능한 장비를 포함하는 제어시스템이 버섯류의 건조에 활용되어야 할 것으로 생각된다.

5. 결 론

식용버섯 중에서 골목을 이용하여 재배하는 표고버섯과 톱밥, 왕겨 등을 이용하여 생산하는 양송이버섯, 느타리버섯, 팽이버섯을 공시시료로 선정하여, 생버섯류의 천일 건조 및 열풍건조 특성을 구명하고 건조버섯의 품질변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

무처리 생버섯류의 천일건조시 생버섯에서 함수율 15%까지의 건조시간은 표고버섯 4일, 양송이버섯 6일, 느타리버섯과 팽이버섯(할도) 3일이 소요되었으며, 품종별 건조 속도는 양송이버섯<표고버섯<느타리버섯<팽이버섯 순으로 빠르게 나타났다.

열풍건조시 건구온도를 50℃에서 110℃까지 상승시킴에 따라 모든 품종의 건조속도는 현저하게 증가하였으며 역S자 형의 포물선을 가지는 건조곡선을 나타냈다. 건구온도 60℃에서 상대습도와 풍속에 변이를 주었을 경우에는 고습도(80%)에서 저습도(40%)에 비해 대체로 건조소요시간이 2~3배 이상 길어졌으며, 저풍속(1m/sec)에 비해 고풍속(3m/sec)에서 품종에 따라 1~4시간 정도 건조시간이 단축되었다.

표고버섯, 양송이버섯, 느타리버섯은 천일건조에 비해 열풍건조에서 퇴색이 심했으며 건구온도가 높아질수록 갈색 쪽으로 더욱 심하게 퇴색되었다. 팽이버섯은 낮은 온도에서도 황색쪽으로 심한 퇴색을 보여 시각적인 상품가치가 완전히 상실되었다. 특히 모든 품종에서 습도가 높을수록 건구온도에 관계없이 심한 퇴색현상을 나타냈다. 따라서 버섯류의 건조소요시간을 단축하기 위해서는 건구온도를 높이고 풍속을 빠르게 하며, 건조속도 증진과 퇴색감소를 위해 습도를 최대한 낮추는 건조스케줄이 적합한 것으로 보인다. 다만 건구온도가 100℃를 초과할 때는 퇴색이 극히 심하여 흑갈색으로 변하기 때문에 건구온도는 100℃ 이내로 제한할 필요가 있으며, 시간단위의 건조스케줄은 과도한 건조를 유발하여 열에너지의 낭비를 초래하므로 가능한 분단위까지 세분화된 건조스케줄을 적용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

제 3 장

건조 임산물 품질 평가 및 관리기술 개발

세부연구책임자 : 은 종 방
연구 조 원 : 이 범 수
유 범 열

제 1 절 서 설

최근 소비자들이 건강에 관심을 갖으면서 음식을 섭취하면서도 좀 더 건강에 이로운 식품을 섭취하고자 하는 경향이 나타나고 있다. 그중 산채와 버섯은 맛과 함께 식이섬유를 비롯하여 다양한 성분을 함유하고 있어서 소비자들로부터 각광을 받고 있다. 많은 경우 산채와 버섯은 건조되어 유통되고 이를 수화시켜 식품으로 섭취하는 경우가 많아 이들을 효율적으로 건조하기 위한 건조시스템의 개발이 필요하다. 건조 산채나 버섯의 생산을 위해서는 건조 조건에 따른 다양한 조사가 이루어져야 대량생산을 위한 건조 기술과 기계의 개발이 될 것이고 건조된 제품의 품질이 향상될 것이다. 따라서 이러한 시스템의 개발을 위한 기초자료를 제공하고 이들의 품질관리를 실시하기 위해 산채류의 전처리로 데치기 조건을 조사하고 산채와 버섯을 건조한 후 건조된 산채와 버섯의 물리화학적 특성과 관능적 특성을 조사하였다. 산채는 고사리 (*Pteridium aquilinum* var. *Latiusculum*), 곰취 (*Ligularia fischeri*), 도라지 (*Platycodon grandiflorum*)를 사용하였고 버섯은 아가리쿠스, 양송이, 표고를 이용하였다.

아가리쿠스(*Agricus Blazei*) 버섯은 고급건강식품으로서 소비자들의 관심이 높으며 농가 고 소득원으로 각광받아 재배면적이 계속 확대하고 있는 추세이다. 아가리쿠스 버섯은 주로 건조하여 건강식품으로 섭취하고 일부는 생식을 하고 있다. 따라서 아가리쿠스 버섯의 건조 온도별 품질 특성을 조사하여 건조 조건의 최적화가 필요하며 또한 건조 시간을 단축하기 위해 고온에서 속성 건조 가능성을 조사하고자 하였다.

양송이는 모양뿐만 아니라 영양학적으로 훌륭한 고급건강식품으로서 찌개나 구이 또는 피자에 널리 이용되고 있으며 버섯 중 생산량이 많고 신선한 것을 주로 이용하고 있을 뿐 이 외의 가공 제품이 많지 않아 소비를 촉진하기 위해서는 이의 다양한 제품화가 필요하다. 양송이는 주로 생식하고 있으나 편리성 때문에 건조할 경우 일부 즉석 식품에 이용할 수 있어 양송이의 건조가 이용 가능성이 높을 것으로 생각된다.

표고버섯은 고급건강식품으로서 소비자들의 관심이 높으며 농가에서는 고소득 작목으로 널리 재배되고 있는데 현재 표고버섯은 주로 건조되어 이용되고 있고 건조 표고버섯을 이용한 다양한 제품이 개발되고 있어서 건조 표고버섯의 이용은 계속 늘어날 전망이다. 때문에 이러한 건조 표고버섯의 생산을 위해서는 건조 조건에 따른 다양한 조사가 이루어져야 대량생산을 위한 건조 기술과 기계의 개발이 될 것이고 건조된 제

품의 품질이 향상될 것이다.

따라서, 본 실험에서는 고효율 이동식 다목적 입산물 건조시스템을 개발하기 위하여 버섯을 대상으로 데이터 베이스화 하기 위해 각각 50℃, 60℃, 100℃에서 상압건조를 실시하고 실온에서 음건한 아가리쿠스 버섯, 양송이, 표고버섯의 수분감소율, 수분활성도, 수화복원력, 색도, 갈변도를 측정하고 관능검사를 실시하여 건조 온도에 따른 품질 특성을 조사하였다.

제 2 절 건조 산채류 품질 평가 및 관리기술 개발

산채 종류는 봄에 재배되는 고사리, 도라지 및 취 (국산, 재배한 것)을 사용하였고, 각각의 학명은 다음과 같다. 고사리(*Pteridium aquilinum* var. *Latiusculum*), 곰취 (*Ligularia fischeri*), 도라지 (*Platycodon grandiflorum*).

1. 산채 일반 성분 분석

고사리, 취, 도라지의 일반성분을 분석한 결과는 다음 표3-1과 같다. 수분 함량은 세 시료 모두 유사한 값을 나타냈고, 회분과 단백질은 취, 지방은 고사리, 조섬유는 도라지가 다른 시료에 비해 많은 함량을 보였다. 하지만 이들 성분은 기존의 보고와 유사한 값을 나타냈다.

표3-1. 고사리, 취 및 도라지의 일반성분

	수분	회분	지방	단백질	조섬유
고사리	89.09±1.64	0.80±0.09	2.97±0.16	5.27±0.10	3.12±1.21
취	86.51±0.34	2.38±0.16	1.36±0.12	7.23±0.90	5.29±1.08
도라지	86.85±2.19	0.68±0.15	0.31±0.09	2.08±0.26	11.32±2.77

2. 데치기 시간 결정

물 5 L에 시료 각각 150 g의 비율로 시간을 달리하여 데치기를 실시하여 표3-2에 나타내었다. 끓는 물에서 1분 정도면 세 시료 모두 Peroxidase활성은 보이지 않았다. 표3-2에서와 같이 끓는 물에서는 도라지의 peroxidase 활성이 가장 약하였고, 취가 가장 강하였다. 스팀으로 열 처리 시 peroxidase의 활성은 다음 표 3과 같다. 끓는 물에서와 같이 취가 가장 강하였으나, 끓는 물에서는 1분 이내에 활성을 잃었으나, 스팀 처리 시에는 5분에서도 그 활성을 유지하였다.

데치기 실시하는 동안 용출되는 고형물의 함량을 측정하여 표3-4에 나타내었다. 데치기 시간 5분에 고사리와 취는 대부분의 가용분이 용출되었고, 도라지의 경우 시간별 일정하게 증가하였다.

표3-5는 건조 후 산채 표면의 색도를 나타낸 결과이다. 고사리, 취는 건조 후 수화 복원하면 색도가 약간 상승하였으나, 도라지는 약간 노란색으로 변하였다.

표3-6과 3-7은 시료를 처리 후 건조 시간별 수분 함량을 나타낸 결과이다. 50℃ 건조기에서 건조 시 모든 시료가 약 7-8시간에 건조가 완료됨을 알 수 있고, 건조 시간 3-4시간에 가장 많은 수분 증발이 발생하였다.

표3-2. 데치기 시간별 산채의 peroxidase 활성 유무

구분	데치기 시간 (초)			
	10	20	30	60
도라지	+	-	-	-
고사리	++	++	+	-
취	+++	++	+	-

+++ , severe; ++, moderate; +, slight; -, not detected

표3-3. 스팀에서 데치기 시간별 peroxidase 활성 유무

구분	데치기 시간 (초)							
	10	20	30	60	180	300	420	600
도라지	++	+	-	-	-	-	-	-
고사리	+++	+++	++	+	-	-	-	-
취	+++	+++	+++	++	+	+	-	-

+++ , severe; ++, moderate; +, slight; -, not detected

표3-4. 데치기 시간별 고품물 용출량

구분	1분	3	5	7	10
고사리	0.03±0.011	0.06±0.010	0.14±0.055	0.15±0.002	0.17±0.018
취	0.03±0.023	0.06±0.025	0.14±0.003	0.15±0.036	0.15±0.029
도라지	0.09±0.055	0.14±0.038	0.18±0.029	0.22±0.061	0.26±0.071

표3-5. 처리별 산채의 색도

구분		L	a	b
도라지	생것	66.81±0.23	0.80±0.33	26.80±1.29
	말린 후 수화 복원	62.36±0.23	3.88±0.33	22.25±1.29
	데치고* 말린** 후 수화복원***	59.78±0.23	2.57±0.33	29.63±1.29
고사리	생것	27.80±0.62	-2.20±0.51	15.86±0.02
	말린 후 수화 복원	24.23±1.38	-3.71±0.11	16.19±2.32
	데치고 말린 후 수화복원	19.99±3.29	-0.71±0.11	13.19±2.32
취	생것	35.29±0.78	-7.77±0.38	19.54±0.48
	말린 후 수화 복원	27.46±2.19	-1.96±0.29	24.88±3.17
	데치고 말린 후 수화복원	38.58±3.50	-7.90±1.33	20.28±2.49

*도라지, 취는 3분간, 고사리는 5분간 끓는 물에서 데침

**건조는 50℃ 항온기에서 10시간 건조

***수화복원은 상온에서 2시간 동안 복원

표3-6. 50℃ 건조 시 건조 시간에 따르는 처리별 산채의 수분 함량 (%)

구분		건 조 시 간					
		0	2	4	6	8	10
도라지*	생것	90.26±2.72	78.30±6.92	58.29±2.97	38.77±3.19	18.26±2.78	11.71±1.91
	데친것*	89.22±3.11	72.91±3.87	56.98±4.21	36.22±3.35	15.24±2.88	10.88±3.21
고사리	생것	88.44±2.06	64.86±7.98	50.98±4.12	32.89±5.05	12.87±3.11	7.64±2.56
	데친것	89.16±1.99	53.23±6.25	39.10±4.29	24.01±1.59	10.11±2.79	6.22±1.11
취	생것	87.95±1.63	67.22±5.29	53.16±5.09	24.99±3.07	14.09±3.05	9.26±2.89
	데친것	90.07±3.27	68.59±6.88	55.45±2.73	26.01±4.19	14.88±2.59	10.33±2.09

+ 도라지는 박피, 세절 후 수침 되어진 시료

+ 도라지, 취는 3분간, 고사리는 5분간 끓는 물에서 데침

표3-7. 50℃ 건조 시 건조 시간에 따르는 처리별 산채의 수분 함량 (%)

구분		건 조 시 간					
		0	1	3	5	7	9
도라지*	생것	88.26±2.22	80.88±3.46	67.48±4.33	42.37±1.92	20.66±3.94	12.10±2.49
	데친것*	87.54±4.51	80.28±2.47	70.29±5.31	41.49±4.20	18.58±1.44	12.39±2.37
고사리	생것	87.29±1.77	81.68±4.49	55.59±2.16	37.45±6.52	15.87±2.42	8.32±4.21
	데친것	89.52±3.51	80.23±3.18	52.05±2.56	34.52±3.18	15.11±3.82	8.44±3.91
취	생것	85.82±3.35	75.44±6.16	62.62±3.49	29.19±5.78	16.09±2.82	9.55±3.24
	데친것	89.98±2.72	80.19±4.28	69.87±4.23	39.49±5.75	15.88±3.35	9.81±2.90

* 도라지는 박피, 세절 후 수침 되어진 시료

+ 도라지, 취는 3분간, 고사리는 5분간 끓는 물에서 데침

3. 수화복원력

건조된 시료를 일정량을 취해 30℃ 수욕조에서 2시간 후 물기를 제거한 다음 무게를 측정하여 수화복원력을 구하였다(%).

$$\text{수화복원력 (\%)} = (\text{수화 후 무게} - \text{처음 무게}) / \text{처음무게} * 100$$

산채종류	수화복원력(%)	임의 보고서와 비교
토란대	646	유사
취나물	257	유사
고구마대	420	유사
호박고지	346	약간 낮음
박고지	424	없음
도라지(천일)	213	유사
도라지(건조)	218	유사
고사리	250	비슷

수화복원력은 원재료의 수분함량과 관계가 있어 수분함량이 낮을수록 복원력이 떨어지는데 이는 건조 온도와 관계가 있는 것으로 생각되며, 인공건조시 높은 온도에서 건조를 하게 되면 수분함량도 낮고 복원력도 낮아지는 것으로 생각되어진다.

4. 관리기술과 고찰

가. 고사리

상기 결과 고사리를 건조할 시 고려할 사항은 고사리에 존재하는 독성분을 제거하는데 있기 때문에, 5분 이상 데치기를 실시한 후 건조하는 것이 좋을 것으로 생각되어진다. 고사리 독성분은 매우 불안정하여 물에 쉽게 용출되고, 열에 쉽게 그 활성

을 잃기 때문에 건조전 수침을 하거나 혹은 데치기를 반드시 실시하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

건조 시료의 수분 함량이 10% 이하 일 경우 외부 충격에 매우 약하므로 수분함량이 12-13%를 유지할 수 있는 8시간 내외가 50℃에서 건조 시, 건조 시간으로는 적당할 것으로 생각된다.

나. 취

취는 데치는 시간 약 1분 이내에서 peroxidase의 활성은 보이지 않으나 1-2분 정도에서는 고무 데치기가 되지 못하여 풋내가 난다. 3분 데친 취를 50℃에서 8-10시간 건조 후, 데치지 않은 생시료를 같은 조건에서 건조한 시료와 수화 복원 후 그 외관을 관찰하였을 때, 3분 데치기 한 시료의 색상은 본래 생시료의 색상과 큰 차이가 없는 녹색을 유지하였다.

취의 경우에도 고사리와 마찬가지로 10시간 이상의 건조는 수분함량이 너무 낮아 외형을 유지 할 수 없으므로 역시 8시간 내외의 건조시간이 적절할 것으로 생각된다.

다. 도라지

도라지는 peroxidase의 활성이 고사리나 취에 비해 매우 약하다. 박피 한 시료이기 때문에 열 전달이 더 빨랐을 것으로 판단되며, 스팀에서 30초면 불활성화된다.

데친 도라지 (1, 3, 5, 7, 10분)는 열풍 건조시 색상이 노란색으로 변하고 상온에서 건조시 곰팡이 발생하였으므로 도라지는 데치는 시간을 짧게 하거나 생으로 건조하는 것이 더 바람직 할 수도 있을 것으로 판단된다.

제 3 절 건조 버섯류 품질 평가 및 관리기술 개발

1. 재료 및 방법

가. 재료

시중에서 유통되고 있는 신선한 아가리쿠스 버섯, 양송이, 표고 버섯을 구입하여 갓, 대로 분리시킨 후 생것과 50℃, 60℃, 100℃, 실온에서 건조한 시료를 사용하였다.

나. 실험방법

1) 수분 감소량

각각 버섯을 갓과 대로 분리한 후 무게를 측정하여 50℃, 60℃, 100℃의 dry oven과 실온에 방치하였다. 일정한 시간 간격으로 시료를 꺼내어 50℃, 60℃, 100℃에서 건조한 버섯의 경우 수분함량이 10%정도 될 때까지 무게측정을 반복 시행했다.

2) 수화 복원력

50℃, 60℃, 100℃, 실온에서 건조한 각각 버섯을 갓과 대로 분리하고 250ml의 물이 담긴 비이커에 침지시켰다. 30분 간격으로 버섯 시료를 꺼내어 표면의 물기만을 제거한 후 무게 증가량이 일정해 질 때까지 측정했다.

3) 갈변도

버섯 생것과 50℃, 60℃, 100℃, 실온에서 건조한 버섯을 갓과 대로 분리해 분쇄한 후 증류수 40ml 와 10% trichloroacetic acid 용액 100ml를 가해 상온에서 2시간 방치했다. 그 후 여과장치를 이용해 whatman NO.2 여과지로 여과한 다음 UV-VIS spectrophotometer (UV-1201, SHIMADZU, Japan)를 이용해 420nm에서 흡광도를 측정했다.

4) 수분 활성도

각각의 조건에서 건조한 버섯들을 갓, 대로 분리하여 20℃의 온도로 조절된 thermoconstranter (RS 232, Novasina, Swiss)에 넣고 각각의 시료를 셀에 넣어 측정하였다.

(5) 색도

각각의 조건에서 건조한 버섯들을 갖, 대로 분리하여 색도를 측정하기 위해 spectrophotometer(UV-1201, SHIMADZU, Japan)에 넣고 색도를 측정하였다.

(6) 관능검사

관능검사는 패널을 대상으로 50℃, 60℃, 100℃, 실온에서 건조한 버섯들의 향, 색, 외관 및 종합적 선호도에 대한 기호도를 5점 채점법으로 3회 시행하였다.

2. 건조 온도에 따른 아가리쿠스 버섯의 품질 특성

가. 수분 감소량

그림 3-1은 온도별 아가리쿠스의 수분 감소량을 나타낸 것이다. 아가리쿠스의 갖의 수분함량을 10% 이내로 감소시키는데 소용되는 시간을 온도별로 비교할 때 50℃는 25시간, 60℃는 13시간, 100℃는 5시간, 실온은 66시간임을 알 수 있다. 대의 경우 최저 수분함량을 기준으로 하면 50℃의 경우 35시간(12.7%), 60℃의 경우 14시간(10.6%), 100℃의 경우 10시간(14%), 실온은 78시간(13.2%)임을 알 수 있다. 대에 있어서는 장시간 건조시켜도 위의 함량이하로는 더 이상 감소되지 않았다.

나. 수화 복원력

그림 3-2는 온도별 아가리쿠스의 수화복원력을 나타낸 것이다. 이 그림을 볼 때 초기 30분 동안은 50℃, 60℃, 100℃에서 건조한 갖과 실온 음건한 갖과 대는 급격한 증가를 보였고 30분에서 90분 사이에서는 실온 음건한 갖과 대만 급격한 증가를 보였다. 그 이후에는 모든 건조 아가리쿠스의 수화복원곡선이 완만한 형태를 나타냈다.

다. 갈변도

표 3-8은 온도별 건조 아가리쿠스의 갈변도를 나타낸 것이다. 갖의 경우 생것과 비교해 볼 때 50℃가 0.388로 가장 낮았고 실온이 0.657로 가장 높았다. 대의 경우 생

것과 비교해 볼 때 50℃가 0.274로 가장 낮았고 100℃가 0.524로 가장 높았다

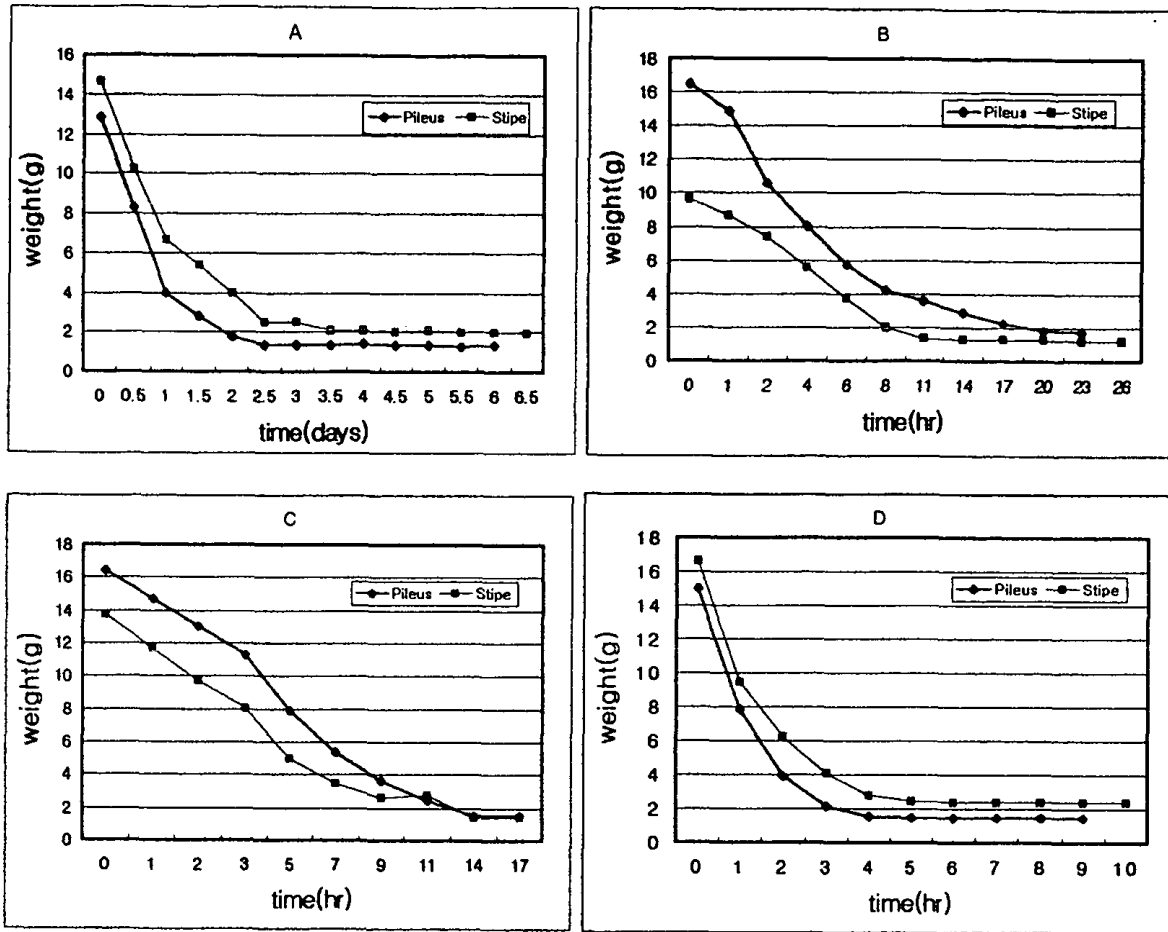


그림3-1. Change in moisture content of *Agaricus Blazei* during dryig at room temperature, 50℃, 60℃ and 100℃ (A : room temperature, B : 50℃, C : 60℃, D : 100℃)

표3-8. Degree of browning of *Agaricus Blazei* dried at 50℃, 60℃, 100℃ and room temperature

	Pileus	Stipe
Fresh	0.032 ± 0.002	0.036 ± 0.001
50℃	0.388 ± 0.015	0.274 ± 0.009
60℃	0.488 ± 0.027	0.401 ± 0.024
100℃	0.558 ± 0.030	0.524 ± 0.041
RT	0.657 ± 0.029	0.339 ± 0.019

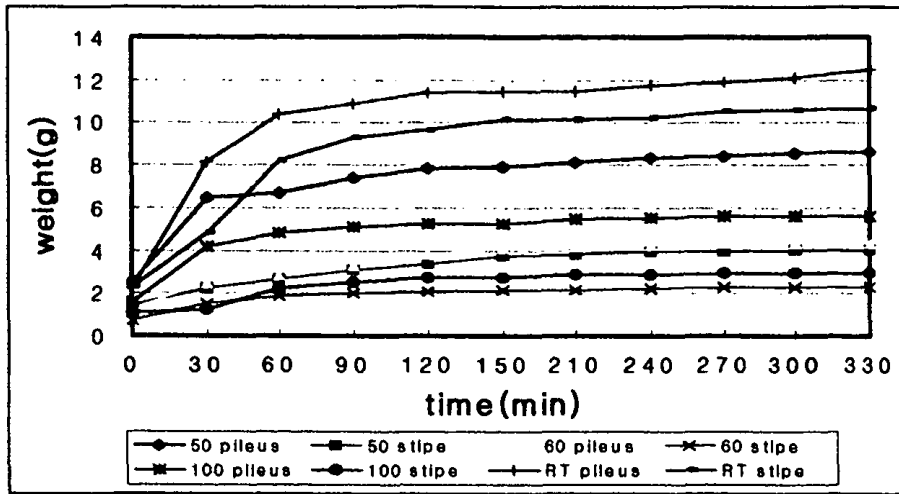


그림3-2. Rehydration curves of dehydrated *Agaricus Blazei* at 50°C, 60°C, 100°C and room temperature

라. 수분 활성도

그림3-3은 온도별 아가리쿠스의 수분 활성도를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 갖의 경우 50°C는 0.395, 60°C는 0.460, 100°C는 0.385, 실온은 0.540이고 대의 경우 50°C는 0.418, 60°C는 0.471, 100°C는 0.394, 실온은 0.600이었다. 이로 볼 때 실온음건한 아가리쿠스를 제외하고는 비교적 비슷한 수치로 측정되었다.

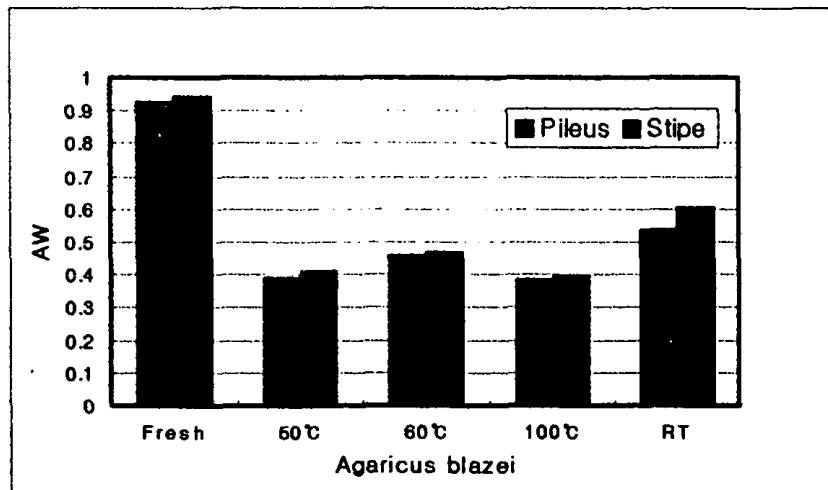


그림3-3. Water activity of *Agaricus Blazei* dried at 50°C, 60°C, 100°C and room temperature

마. 색도

표3-9는 온도별 건조 아가리쿠스의 색도를 나타낸 것이다. 아가리쿠스 갓을 비교한 결과 L값은 60℃가 41.6으로 가장 낮았고 50℃가 50.83으로 가장 높았다. a값은 100℃가 4.86으로 가장 낮았고 50℃가 6.54로 가장 높았다. b값은 100℃가 6.33으로 가장 낮았고 50℃가 10.56으로 가장 높았다. 대를 비교한 결과 L값은 100℃가 38.72로 가장 낮았고 50℃가 47.58로 가장 높았다. a값은 100℃가 3.43으로 가장 낮았고 50℃와 60℃가 6.44로 다른 온도에 비해 높았다. b값은 100℃가 6.86으로 가장 낮았고 50℃가 15.34로 가장 높았다.

바. 관능검사

표3-10은 온도별 건조 아가리쿠스의 관능검사를 나타낸 것이다. 색에서는 100℃가 2.6으로 가장 낮았고 실온이 3.9로 가장 높았다. 생김새 또한 100℃가 2.7로 가장 낮았고 실온이 4로 가장 높았다. 한편, 향에 있어서는 실온이 2.6으로 가장 낮았고 100℃가 가장 높았다. 이로 볼 때 색과 생김새에서는 건조온도가 높을수록 기호도가 점차 감소했으나 향에서는 다소 차이를 보였다. 100℃에서 건조한 버섯의 경우에는 그을려져서 외관(색, 생김새)에 대한 기호도를 감소시킨 것으로 판단되었다. 그리고 전체적인 선호도로 100℃가 2.8으로 가장 낮고 실온이 3.5로 가장 높은 것으로 음건한 아가리쿠스가 품질상 가장 좋은 것으로 보여진다.

표3-9. Color of *Agaricus Blazei* dried at 50℃, 60℃, 100℃ and room temperature

		Fresh	50℃	60℃	100℃	RT
	L	43.94±0.094	50.83±0.070	41.6±0.093	44.17±0.143	46.54±0.143
Pileus	a	7.73±0.064	6.54±0.050	5.28±0.014	4.86±0.310	5.99±0.411
	b	11.29±0.093	10.56±0.236	7.39±0.038	6.33±0.581	8.61±0.098
	L	63.98±0.072	47.58±0.071	45.46±0.048	38.72±0.084	45.37±0.053
Stipe	a	3.5±0.228	6.44±0.761	6.44±0.201	3.43±0.053	4.72±0.043
	b	16.69±0.077	15.34±0.076	13.07±0.302	6.86±0.043	10.56±0.014

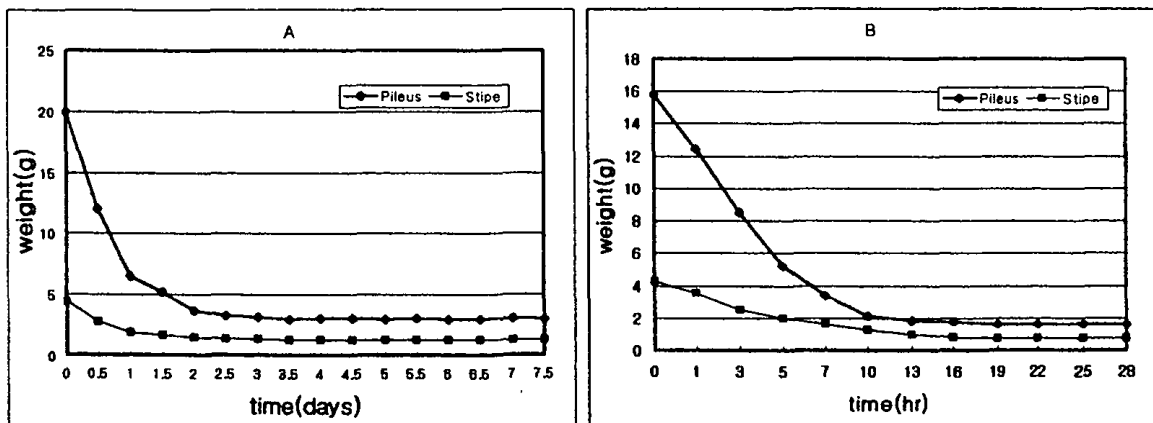
표3-10. Sensory evolution of *Agaricus Blazei* dried at 50°C, 60°C, 100°C and room temperature

	Flavor	Color	Appearance	Overall acceptability
50°C	3	3.4	3.1	3.3
60°C	2.9	3.3	3.5	3.2
100°C	3.3	2.6	2.7	2.8
RT	2.6	3.9	4	3.5

3. 건조 온도에 따른 양송이의 품질 특성

가. 수분 감소량

그림3-4는 온도별 양송이의 수분 감소량을 나타낸 것이다. 양송이의 갓과 대의 수분 함량을 10% 이내로 감소시키는데 소요되는 시간을 온도별로 비교해 보면 50°C 양송이 갓은 23시간, 대는 10시간, 60°C 양송이 갓과 대 모두 13시간, 100°C 양송이 갓은 3.5시간, 대는 3시간임을 알 수 있다. 실온 음건한 양송이 갓의 경우 90시간, 대의 경우 42시간이 소요되었다.



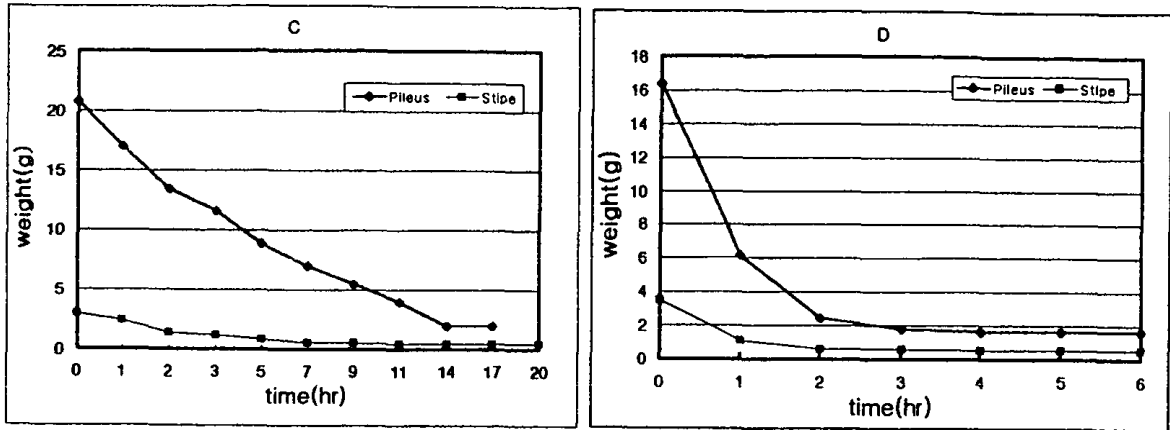


그림3-4. Change in moisture content of button mushroom during dryig at room temperature, 50℃, 60℃ and 100℃
(A : room temperature, B : 50℃. C : 60℃, D : 100℃)

나. 수화복원력

그림3-5는 온도별 건조 양송이의 수화복원력을 나타낸 것이다. 양송이 갓의 경우 처음 60분내에서는 각각의 온도에서 건조된 양송이의 무게 증가량에 큰 차이가 없었으나 그 이후, 실은 음건한 양송이 갓의 무게증가량이 다른 온도에서 건조한 양송이의 갓에 비해 상당한 변화가 있었다. 모든 건조 양송이의 갓은 180분 이후로는 거의 일정한 무게증가를 보였다. 대의 경우 갓과는 달리 건조 온도에 따른 무게 증가량의 차이가 거의 없었다.

다. 갈변도

그림3-11은 온도 별 건조 양송이의 갈변도를 나타낸 것이다. 갓 대 모두 생것과 비교 시 많은 차이를 보였다. 갓의 경우 생것과 비교해 불 때 실은이 0.240으로 가장 낮았고 100℃가 0.491로 가장 높았다. 대의 경우 생것과 비교해 불 때 60℃가 0.185로 가장 낮았고 100℃가 0.437로 가장 높았다. 이것으로 불 때 보다 높은 온도에서 건조한 양송이의 갈변도가 더 높은 경향을 보였지만 50℃에서 건조한 양송이의 경우 60℃에서 건조한 양송이 보다 더 높은 갈변도를 나타냈다.

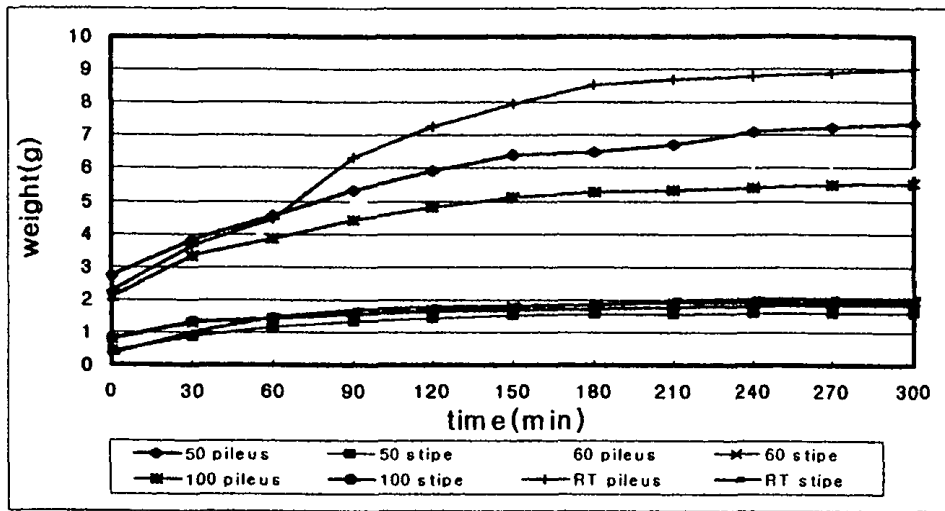


그림3-5. Rehydration curves of dehydrated button mushroom at 50°C, 60°C, 100°C and room temperature

표3-11. Degree of browning of button mushroom dried at 50°C, 60°C, 100°C and room temperature

	Pileus	Stipe
Fresh	0.052 ± 0.001	0.072 ± 0.003
50°C	0.345 ± 0.008	0.299 ± 0.007
60°C	0.269 ± 0.010	0.185 ± 0.007
100°C	0.491 ± 0.008	0.437 ± 0.010
RT	0.240 ± 0.005	0.287 ± 0.006

라. 수분활성도

그림3-6은 양송이의 온도별 수분 활성도를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 갓의 경우 50°C에서는 0.395, 60°C에서는 0.602, 100°C에서는 0.278, 실온에서는 0.519이고 대의 경우 50°C에서는 0.410, 60°C에서는 0.598, 100°C에서는 0.364, 실온에서는 0.518이었다. 이로 볼 때 건조온도가 높을수록 낮은 수분활성도를 나타내었지만 60°C에서 건조한 양송이의 경우 실온음전한 양송이의 수분활성도와 거의 유사했다. 그

리고 갓과 대의 수분활성도에는 큰 차이가 없었다.

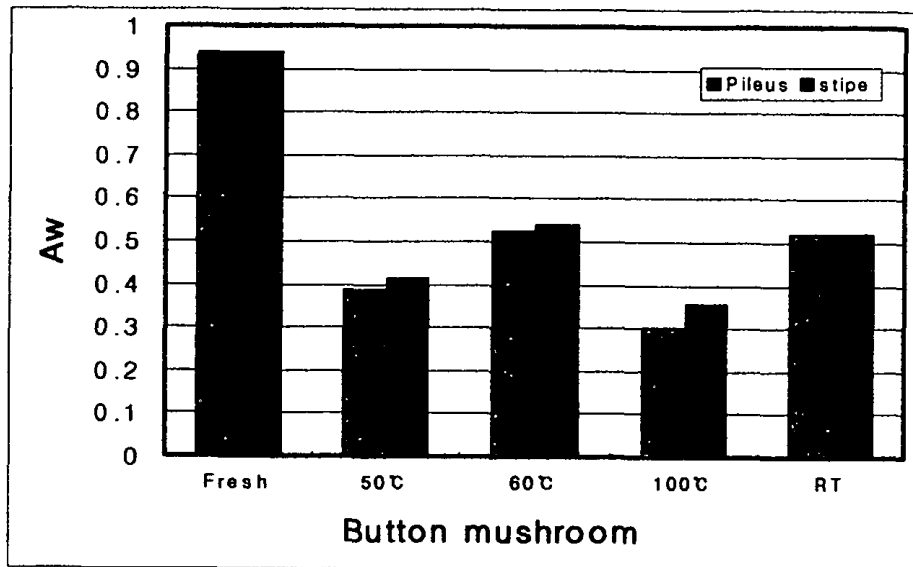


그림3-6. Water activity of button mushroom dried at 50°C, 60°C, 100°C and room temperature

마. 색도

표3-12는 온도별 건조 양송이의 색도를 나타낸 것이다. 양송이 갓을 비교한 결과 L값은 100°C가 49.74로 가장 낮았고 실은이 77.69로 가장 높았다. a값은 실은이 3.69로 가장 낮았고 60°C가 7.27로 가장 높았다. b값은 실은이 5.82로 가장 낮았고 50°C가 20.06으로 가장 높았다. 대를 비교한 결과 L값은 실은이 36.95로 가장 낮았고 50°C가 67.06으로 가장 높았다. a값은 60°C가 2.80으로 가장 낮았고 100°C가 6.98로 가장 높았다. b값은 실은이 4.62로 가장 낮았고 100°C가 16.72로 가장 높았다.

바. 관능검사

표3-13은 건조된 양송이의 관능검사를 실시한 결과이다. 실은 음건한 양송이를 제외한 50°C, 60°C 100°C에서 건조한 양송이의 향에는 큰 차이가 없었고 색에서는 100°C가 2.2로 가장 낮았고 실은이 4.9로 가장 높았다. 생김새 또한 100°C가 2.4로 가장 낮았고 실은이 4.7로 가장 높았다. 이로 볼 때 색과 생김새에서는 건조온도가 높을

수록 기호도가 점차 감소했으며 100℃에서 건조한 버섯의 경우에는 그을려져서 외관(색, 생김새)에 대한 기호도를 감소시킨 것으로 판단되었다. 그리고 전체적인 선호도로 100℃가 2.6으로 가장 낮고 실온이 4.0으로 가장 높은 것으로 음건한 양송이가 품질상 가장 좋은 것으로 보여진다.

표3-12. Color of button mushroom dried at 50℃, 60℃, 100℃ and room temperature

		Fresh	50℃	60℃	100℃	RT
	L	84.15±0.050	64.09±0.282	50.01±0.007	49.74±0.084	77.69±0.782
Pileus	a	4.41±0.022	7.09±0.304	7.27±0.025	6.73±0.201	3.69±0.053
	b	16.57±0.448	20.06±0.980	15.63±0.042	13.74±0.043	5.82±0.061
	L	67.82±0.023	67.06±0.042	42.74±0.068	55.93±0.048	36.95±0.063
Stipe	a	3.10±0.311	2.92±0.512	2.80±0.041	6.98±0.031	3.30±0.048
	b	11.72±0.211	16.12±0.043	6.86±0.052	16.72±0.082	4.62±0.098

표3-13. Sensory evolution of button mushroom dried at 50℃, 60℃, 100℃ and room temperature

	Flavor	Color	Appearance	Overall acceptability
50℃	3.5	3.2	3.0	3.2
60℃	3.3	3.0	2.8	3.0
100℃	3.2	2.2	2.4	2.6
RT	2.5	4.9	4.7	4.0

4. 건조 온도에 따른 표고버섯의 품질 특성

가. 수분 감소량

그림3-7은 온도별 표고버섯의 수분 감소량을 나타낸 것이다. 최저 수분 함량을 기준으로 했을 때 갓의 경우 50℃는 28시간(10.1%), 60℃는 14시간(10%이하), 100℃는 5시간(10%이하), 실온은 192시간(14.6%)이었다. 대의 경우 50℃는 28시간(17%), 60℃

는 20시간(16%), 100℃는 18시간(15.5%), 실온은 192시간(28%)이었다. 표고는 다른 버섯에 비해 수분 함량이 10%이하까지 건조되지 않았는데 이는 갓보다 대에 더 두드러지게 나타났다.

나. 수화 복원력

그림3-8은 온도별 표고버섯의 수화복원력을 나타낸 것이다. 위 그림을 볼 때 갓의 경우 초기 60분동안은 50℃건조와 실온 음건한 갓이 급격한 증가를 보였고 그 이후에는 완만한 곡선을 유지하였다. 대의 경우에는 전체적으로 완만한 곡선을 그리며 커다란 변화를 보이지 않았다.

다. 갈변도

표3-14는 온도별 표고 버섯의 갈변도를 나타낸 것이다. 갓의 경우 생것과 비교해 볼 때 실온이 0.049로 가장 낮았고 100℃가 0.243으로 가장 높았다. 대의 경우 생것과 비교해 볼 때 실온이 0.030으로 가장 낮았고 100℃가 0.149로 가장 높았다. 이것으로 볼 때 보다 높은 온도에서 건조한 양송이의 갈변도가 더 높은 경향을 보였지만 50℃에서 건조한 양송이의 경우 60℃에서 건조한 양송이 보다 더 높은 갈변도를 나타냈다. 그리고 양송이 갓보다 대가 더 낮은 갈변도를 보였다.

표3-14. Degree of browning of Shitake dried
at 50℃, 60℃, 100℃ and room temperature

	Pileus	Stipe
Fresh	0.021±0.004	0.029±0.001
50℃	0.073±0.002	0.052±0.002
60℃	0.065±0.002	0.036±0.003
100℃	0.243±0.010	0.149±0.009
RT	0.049±0.001	0.03±0.002

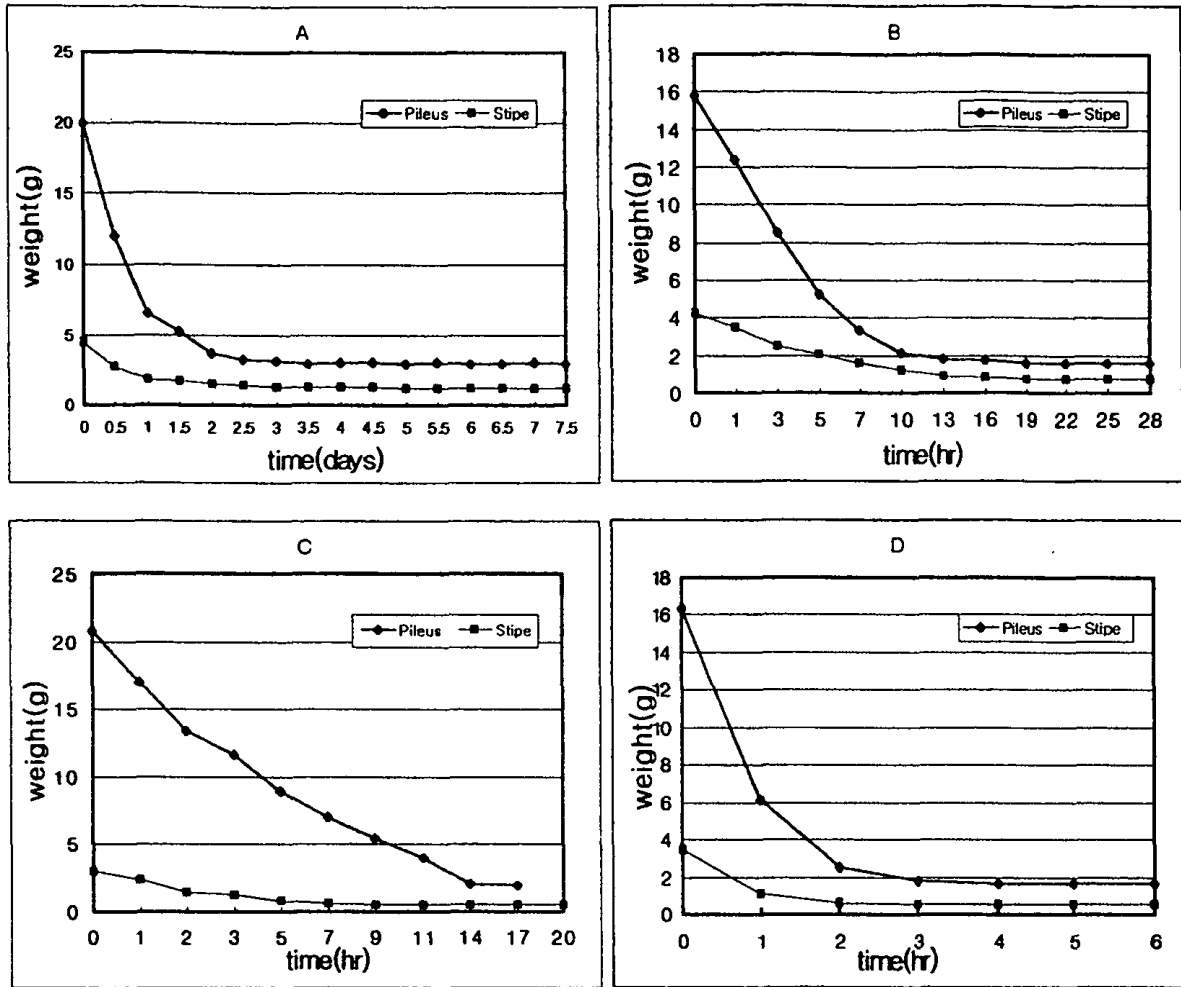


그림3-7. Change in moisture content of Shitake during drying at room temperature, 50℃, 60℃ and 100℃
(A : room temperature, B : 50℃, C : 60℃, D : 100℃)

라. 수분 활성도

그림3-9는 온도별 표고버섯의 수분 활성도를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 갓의 경우 50℃는 0.398, 60℃는 0.525, 100℃는 0.301, 실은은 0.458이고 대의 경우 50℃는 0.411, 60℃는 0.538, 100℃는 0.356, 실은은 0.456이었다. 이로 볼 때 건조온도가 높을수록 낮은 수분활성도를 나타내었지만 60℃에서 건조한 표고버섯의 경우 실은에서 음건한 표고버섯의 수분활성도와 거의 유사했다. 그리고 갓과 대의 수분활성도에는 큰 차이가 없었다.

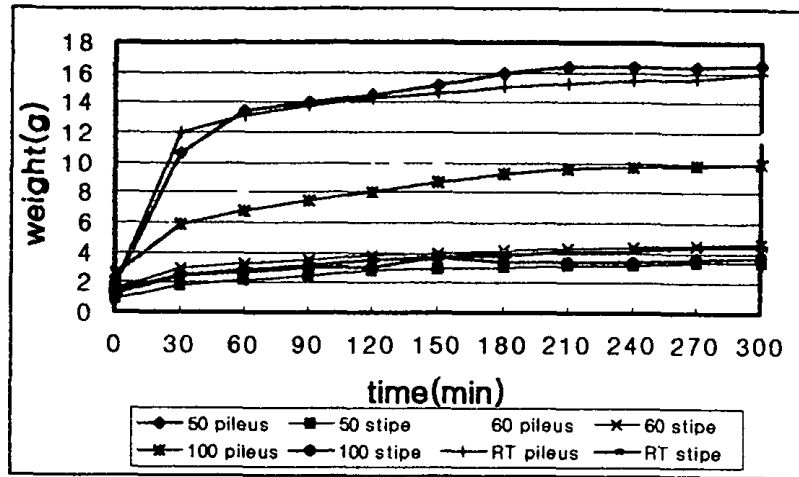


그림3-8. Rehydration curves of dehydrated Shitake at 50°C, 60°C, 100°C and room temperature

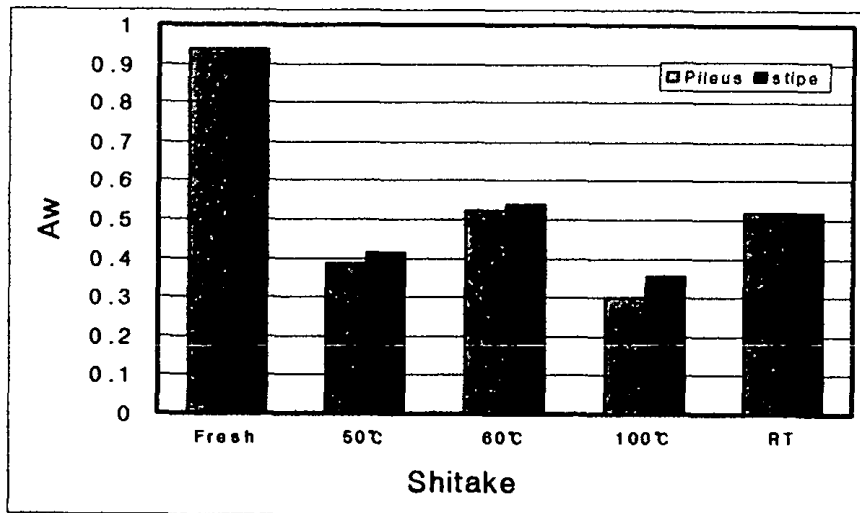


그림3-9. Water activity of Shitake dried at 50°C, 60°C, 100°C and room temperature

마. 색도

표3-15는 온도별 표고 버섯의 색도를 나타낸 것이다. 표고 갓을 비교한 결과 L값은 50°C가 44.58로 가장 낮았고 실온이 68.07로 가장 높았다. a값은 실온이 4.65로 가장 낮았고 100°C가 10.61로 가장 높았다. b값은 60°C가 8.54로 가장 낮았고 100°C가

12.05로 가장 높았다. 대를 비교한 결과 L값은 60℃가 45.22로 가장 낮았고 실온이 71.08로 가장 높았다. a값은 60℃가 4.56로 가장 낮았고 100℃가 10.61로 가장 높았다. b값은 100℃가 7.93으로 가장 낮았고 60℃가 9.25로 가장 높았다.

표3-15. Color of Shitake dried at 50℃, 60℃, 100℃ and room temperature

	Fresh	50℃	60℃	100℃	RT	
L	43.72±0.061	44.58±0.123	45.37±0.014	51.59±0.048	68.07±0.043	
Pileus	a	7.88±0.098	5.74±0.311	5.21±0.099	10.61±0.033	4.65±0.056
	b	9.01±0.144	9.63±0.142	8.54±0.014	12.05±0.041	9.09±0.682
L	59.35±0.072	46.5±0.082	45.22±0.601	51.59±0.111	71.08±0.049	
Stipe	a	3.79±0.081	5.25±0.052	4.56±0.503	10.61±0.029	4.78±0.580
	b	12.13±0.221	9.11±0.063	9.25±0.053	7.93±0.043	9.87±0.083

바. 관능검사

표3-16은 향에 있어서는 실온이 2.9로 가장 낮았고 100℃가 3.2로 가장 높았다. 색은 100℃가 2.9으로 가장 낮았고 실온이 3.7로 가장 높았다. 생김새는 100℃가 2.9로 가장 낮았고 실온이 3.7로 가장 높았다. 그리고 전체적인 선호도로 100℃가 3.1로 가장 낮고 50℃가 3.5로 가장 높았으나 전체적으로 볼 때 100℃ 건조한 표고버섯을 제외하고는 대체적으로 비슷한 결과치가 나왔다.

표3-16. Sensory evolution of Shitake dried at 50℃, 60℃, 100℃ and room temperature

	Flavor	Color	Appearance	Overall acceptability
50℃	3.6	3.6	3.2	3.5
60℃	3.5	3.6	3.1	3.4
100℃	3.2	3.4	2.9	3.1
RT	2.9	3.8	3.7	3.4

5. 요약

아가리쿠스 버섯에 있어서, 수분감소율은 온도가 높을수록 컸으며 부위별로는 50℃에서 초기감소율이 갓보다 대가 크게 나타났으며 최종 수분함량은 갓이 대보다 적었다. 반면에 100℃와 실온에서 갓의 수분감소율이 컸으며 최종 수분함량은 갓이 적었다. 갓과 대의 건조시간은 50℃에서 모두 29시간이었으며 100℃의 경우 갓과 대 모두 10시간 소요되었으며 실온에서 음건할 때에는 갓과 대가 모두 3일정도 소요되었다. 수분활성도는 갓과 대가 모두 실온에서 음건, 50℃, 100℃의 순으로 낮았다. 수화복원력은 갓과 대 모두가 건조온도와는 관계없이 실온에서 침지 120분까지 급격히 증가하여 이때에 최대치를 나타내었다. 색도는 갓에서의 L값이 50℃에서의 시료가 가장 높았고 생것이 가장 낮았다. a값은 생시료가 가장 높았고 100℃ 건조시료가 가장 낮았다. b값은 100℃에서 건조시료가 가장 높았고 생것이 가장 낮았다. 갈변도는 건조온도가 높을수록 높았으며 갓이 대보다 컸다. 관능검사결과 향은 100℃에서 건조시료가 생것과 유사한 향을 나타내었으며 실온건조가 가장 좋지 않게 나타났다. 건조양상은 실온건조가 가장 좋게 나타났으며 100℃ 건조시료가 가장 좋지 않게 나타났다. 대체로 약리 성분들이 열에 강한 것으로 보아 건조 시간을 단축하기 위해 높은 온도에서 건조해도 좋을 것으로 생각되나 앞으로 아가리쿠스의 약리성분을 중심으로 건조에 온도에 따른 영향을 조사하여 적정 온도를 결정할 수 있는 연구가 필요하리라 생각된다.

양송이 버섯에 있어서는, 수분감소율은 온도가 높을수록 컸고 각각의 온도에서 모두 대가 갓보다 수분감소율이 더 높았으며 최종 수분함유량은 갓이 더 적었다. 건조시간은 갓과 대가 50℃에서 각각 26시간과 31시간이었으며 100℃의 경우 모두 6시간, 실온건조의 경우 갓과 대가 모두 7일간 소요되었다. 수분활성도는 갓과 대가 모두 생것과 실온, 50℃, 100℃에서 건조시료의 순으로 낮았다. 수화보전력은 50℃에서 건조하여 실온에서 150분간 침지한 것이 가장 좋게 나타났다. 색도는 갓에서 생것인 경우 L값이 가장 컸고 다음 실온, 50℃, 100℃ 건조시료의 순이었다. a값은 50℃ 건조시료가 가장 높았고 실온건조시료가 가장 낮았다. 대에서는 L값이 생것이 가장 높았고 실온건조한 것이 가장 낮았다. a값은 100℃에서 가장 높았다. 관능검사결과 향은 생것과 50℃에서의 건조시료가 가장 좋았으며 음건한 것이 가장 좋지 않게 나타났다. 외부양상과 색깔은 실온에서 음건한 것이 가장 좋았고 100℃에서 건조한 것이 가장 좋지 않게 나타났다. 결과적으로 고온 건조일수록 수분감소율이 커서 빨리 건조되나 외관변

화가 크게 일어나고 색깔도 고유의 색보다 더 짙게 변하는 것으로 나타났다.

표고버섯의 건조에서, 수분감소율은 온도가 높을수록 컸으며 부위별로는 50℃에서 초기감소율이 갓보다 대가 크게 나타났다. 반면에 100℃와 실온에서 음건한 시료의 경우 갓이 수분감소율이 컸으며 최종 수분함량은 모든 온도에서 대보다 갓이 적게 나타났다. 수분활성도는 갓과 대가 모두 실온에서 음건, 50℃, 100℃의 순으로 낮았다. 수화복원력은 갓과 대 모두가 건조온도와는 관계없이 침지 60분까지 급격히 증가하여 이때에 최대치를 나타내었다. 색도는 갓에서의 L값이 실온에서 음건한 것이 가장 높았고 100℃, 50℃의 순으로 작았다. a값은 100℃ 건조시료가 가장 높았고 실온에서 음건한 것이 가장 낮았다. 대에서는 L값이 실온에서 음건한 시료가 역시 가장 높았으며 50℃에서 건조한 것이 가장 낮았다. a값은 대와 갓이 같은 추세를 나타내었다. 갈변도는 건조온도가 높을수록 높았으며 갓이 대보다 컸다. 관능검사결과 향은 50℃에서의 건조시료가 가장 좋았으며 음건한 것이 가장 좋지 않게 나타났다. 모양은 실온에서 음건한 것이 가장 좋았고 100℃에서 건조한 것이 가장 좋지 않게 나타났다. 색깔은 온도의 변화에 따라 관능적인 차이가 크지 않게 나타났다.

제 4 절 결 론

산채 건조에 있어서, 고사리를 건조할 때는 반드시 데치기를 실시하는 것이 좋을 것이며 5분 이상 데치기를 실시한 후 건조하는 것이 좋을 것으로 생각되어진다. 건조 시료의 수분 함량이 10% 이하 일 경우 외부 충격에 매우 약하므로 수분함량이 12-13%를 유지할 수 있는 8시간 내외가 50℃에서 건조 시, 건조 시간으로는 적당할 것으로 생각된다. 쪄는 데치는 시간 약 1분 이내에서 peroxidase의 활성은 보이지 않으나 1-2분 정도에서는 고루 데치기가 되지 못하여 풋내가 난다. 3분 데친 쪄를 50℃에서 8-10시간 건조 후, 데치지 않은 생시료를 같은 조건에서 건조한 시료와 수화 복원 후 그 외관을 관찰하였을 때, 3분 데치기 한 시료의 색상은 본래 생시료의 색상과 큰 차이가 없는 녹색을 유지하였다. 쪄의 경우에도 고사리와 마찬가지로 10시간 이상의 건조는 수분함량이 너무 낮아 외형을 유지할 수 없으므로 역시 8시간 내외의 건조시간이 적절할 것으로 생각된다. 도라지는 박피 한 시료이기 때문에 열 전달이 더 빨랐을 것으로 판단되며, 스팀에서 30초면 효소가 불활성화되었다.

버섯 건조에 있어서, 수분감소율은 아가리쿠스, 양송이, 표고버섯 모두 온도가 높을

수축 컷고 각각의 온도에서 모두 대가 갓보다 수분감소율이 더 높았으며 최종 수분함 유량은 갓이 더 적었다. 수분활성도는 세가지 버섯 모두 갓과 대가 모두 실온, 50℃, 100℃에서 건조시료의 순으로 낮았다. 수화복원력은 건조 아가리쿠스의 경우 갓과 대 모두가 건조온도와는 관계없이 실온에서 침지 120분까지 급격히 증가하여 이때에 최대치를 나타내었다. 또한, 건조양송이는 50℃에서 건조하여 실온에서 150분간 침지한 것이 가장 좋게 나타났고 건조 표고버섯은 갓과 대 모두가 건조온도와는 관계없이 침 지 60분까지 급격히 증가하여 이때에 최대치를 나타내었다. 표면색도는 아가리쿠스의 경우 갓에서의 L값이 50℃에서의 시료가 가장 높았고 생것이 가장 낮았다. 양송이 갓 에서 생것인 경우 L값이 가장 컷고 다음 실온, 50℃, 100℃ 건조시료의 순이었다. 대 에서는 L값이 생것이 가장 높았고 실온 건조한 것이 가장 낮았다. 표고버섯에 있어서 갓에서의 L값이 실온에서 음건한 것이 가장 높았고 100℃, 50℃의 순으로 작았다. 대 에서는 L값이 실온에서 음건한 시료가 역시 가장 높았으며 50℃에서 건조한 것이 가 장 낮았다. 갈변도는 세가지 버섯 모두 건조온도가 높을수록 높았으며 갓이 대보다 컷다. 관능검사결과 아가리쿠스의 경우 향은 100℃에서 건조시료가 생것과 유사한 향 을 나타내었으며 실온건조가 가장 좋지 않게 나타났다. 건조 후 외관은 실온건조가 가장 좋게 나타났으며 100℃ 건조시료가 가장 좋지 않게 나타났다. 양송이 버섯에 있 어서는 향은 생것과 50℃에서의 건조시료가 가장 좋았으며 음건한 것이 가장 좋지 않 게 나타났다. 외부양상과 색깔은 실온에서 음건한 것이 가장 좋았고 100℃에서 건조 한 것이 가장 좋지 않게 나타났다. 표고버섯의 건조에서 향은 50℃에서 외관은 실온 에서 건조한 것이 가장 좋았으며 종합적인 기호도는 음건이 가장 좋았으나 50℃에서 건조한 것도 괜찮은 것으로 판단되었다. 결과적으로 고온 건조일수록 수분감소율이 커서 빨리 건조되나 외관변화가 크게 일어나고 색깔도 고유의 색보다 더 짙게 변하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 박재덕, 강현아, 장규섭. 마이크로 컴퓨터 제어장치를 이용한 표고버섯의 열풍건조 특성. 한국식품과학회지, 28(1):72~76(1996)
- 백형희, 김동만, 김길화. 건조방법에 따른 표고버섯의 품질변화. 한국식품과학회지, 21(1):145~148(1989)
- 정신교, 최종육. 건조방법이 분말 마늘의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지,

22(1):44~49(1990)

최재영, 김공환, 전재군. 마이크로컴퓨터 시스템을 이용한 표고버섯의 감압건조에 대한 연구. 한국식품과학회지, 19(6):(1987)

최동연, 도재호, 이광승, 양차범. 건조방법에 따른 깨묵뿌리 추출물의 색도변화. 한국식품과학회지, 25(5):417~420(1993)

하영선, 박종원, 이준호. 건조방법에 따른 양송이버섯의 물리적 특성에 관한 연구 33(2):245~251(2001)

황금택, 임종환. 각종 전처리 및 건조방법이 건조 채소류의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 26(6):805~813(1994)

제 4 장

고효율 다목적 임산물 건조시스템 개발

세부연구책임자 : 이 형 우

연 구 조 원 : 김 병 남

김 경 용

제 1 절 서 설

임산물들은 주로 신선한 상태로 소비되는 것이 보통이나 생산시기에 제약이 있고 수분함량이 높아 유통이나 저장시 변질될 위험이 크며, 판매시기도 생산시기에 의하여 제한될 수밖에 없다. 임산물의 저장성을 연장하기 위한 방법으로는 냉장유통을 들 수 있으나 유통시기의 연장효과에 비해 에너지소모가 커서 비용면에서 불리하다. 따라서 임산물의 저장성을 대폭 늘리기 위해서는 건조하여 변질의 주원인인 함유수분의 수준을 낮추어야 한다. 건조에 의해 수분이 제거되면 미생물이나 효소에 의한 변질의 위험을 방지할 수 있는 동시에 무게 및 부피도 함께 감소하여 취급이 편리해지고 유통비용도 절감할 수 있으며, 경우에 따라서는 상품적 가치도 제고되는 효과를 기대할 수 있다.

일반적으로 상기한 임산물들은 천일(천연)건조에 의존하고 있어 설비투자비용이나 운영비용은 절감되지만 건조시간이 길고 품질이 저하되는 커다란 단점을 피할 수 없다. 따라서 인공적으로 열에너지를 투입하여 건조하는 열풍건조방법이 권장되고 있다. 그러나 과도한 열에너지를 가할 경우 돌이킬 수 없는 품질 손상을 초래할 수 있으며, 지나치게 낮은 온도를 적용할 경우에는 건조시간 연장이라는 바람직하지 못한 상황이 발생하게 된다. 따라서 각 품종마다 건조중 함수율 변화에 따라 적절한 공기조건을 적용해야만 최소의 시간으로 최상의 품질을 얻을 수 있을 것이다.

국내에서는 임산물 건조에 대한 연구가 본격적으로 시도된 바가 없기 때문에 대부분의 임산물이 천일건조에 의존하고 있으며, 열풍건조의 경우에도 경험에 의해 적용 온도수준을 결정하므로 그에 따른 시간과 인력 및 비용의 낭비가 초래되고 있다. 또한, 현재 보급되고 있는 농산물 건조기의 형태나 사양이 임산물 건조에 알맞지 않은 경우가 많아 새로운 형태의 임산물 건조기가 요구되고 있다. 그러나 각 품종별로 서로 다른 형태로 건조기를 제작한다면 다양한 제품이 소량으로 생산되고 있는 국내 농산촌에게는 경제적인 부담이 될 것이다.

그러므로 본 연구에서는 임산물별 건조조건을 바탕으로 히터펌프식 건조시스템을 구성 건조비용을 절약하는 동시에 다양한 임산물들을 건조할 수 있는 다목적 건조기를 개발하고자 하였다.

제 2 절 임산물 건조 현황 파악

전남지방에서 가장 산채 생산량이 많은 구례군을 대상으로 현황을 파악하였다. 특히, 구례군 토지면 파도리에서 산채를 건조, 시판하고 있는 박현순氏(0664-781-2242)를 방문하여 건조와 관련된 사항을 조사한 결과 품목별 사항은 표4-1과 같았다.

표4-1. 산채의 출하가격 및 판매량(전남 구례군 박현순氏)

품명		출하가격(80g당)	판매량	
고사리	비교적 신속 건조	4,000원	연간 500봉	데치기
취	비교적 신속 건조	1,700원	고사리의 2/3	데치기
도라지		3,000원	고사리의 2/3	
호박		1,500원	고사리의 2/3	
박		2,000원	고사리의 2/3	3,000원 예정
고구마순		1,500원	고사리의 2/3	데치기
토란대		1,500원	고사리의 2/3	

현재의 건조과정은 별다른 기술적 기준이 없는 상태로 35도에서 시작하여 5시간 경과 후 40도에서 8시간 (흡기구 약간 폐쇄), 그리고 45도에서 17시간후 종료하는 방식을 택하고 있었다. 한편, 마을에서 산채 생산에 참여를 원하는 가구가 많으나 판로와 판매량이 적어 애로를 겪고 있는 것으로 나타났다. 참고로 구례군에서는 고사리 산출량이 매우 크다.

구례군 농업기술연구소(김정미氏 019-636-4570)를 방문하여 기술적 지도관련 사항에 대하여 문의한 결과 복원도에 있어서는 천연건조가 유리하나 품질관리가 문제로 부상되고 있으며, 인공건조의 경우 중국산과의 가격경쟁력에서 뒤쳐진다는 사실을 지적하고 있었다. 현재 천연건조된 산물은 수매하여 인공건조하고 있다는 사실도 파악되었다.

최근에는 충북 괴산군에서 칠성면 사은리 일대에 대규모 산나물 생산단지 조성 계획을 밝힌 바 있어 대규모의 산채 가공 및 건조시설이 요구될 전망이다. 괴산군은 산지가 많은 자연환경을 이용, 산나물을 지역 특산품화한다는 방침 아래 2001년 3월부터 칠성면 사은리 산54-3 일대 군 소유 임야 60ha를 취나물(45ha), 도라지(9ha), 더덕(6ha)을 심어 대규모 산채단지로 조성할 계획에 있다. 괴산군은 2년후인 2003년부

터 이곳에 취나물 135,000 kg(3,000kg/ha), 도라지 54,000 kg (6,000kg/ha), 더덕 30,000 kg(5,000kg/ha)의 수확이 가능할 것으로 보고 이의 가공시설도 설치할 방침이다. 따라서 산채 건조시설 역시 농가를 위한 소규모 형태로부터 대단위 생산단지를 위한 대규모 형태까지 다양한 규모의 건조시설이 요구될 것으로 사료된다.

표4-2는 국산 산채류 49종의 건조방법과 식용부위 및 영양분 등에 관한 자료를 종합한 것이다.

표4-2. 국산 산채류의 건조방법과 식용부위 및 영양분

품종	과	건조방법	식용부위	영양분
수송나물 물냉이	명아주과 십자화과	건조하면 선도유지 (여름에도 4-5일 보존) 경엽이 마른 후 수확	어린 순 어린 순	비타민A,B,C 매운맛,고영양가
뚱판지 산마늘 칭나래고사리 순채 미나리 고비	국화과 백합과 고사리과 수련과 미나리과 고비과	채취 즉시 안개뿔어 숨을 죽여 삶고 건조	잎,과경,어린 순 인경,어린순,화뢰 말린 어린 순 어린 잎 어린싹,화뢰 어린싹,줄기 어린싹	과당 원료 강장작용 신경통, 정혈 단백질,고영양가 특유 향기
두릅 섬조릿대 번행초 뎀싸리	오갈피과 화본과 변행과 명아주과	진공포장, 냉동건조, 분말화 2-3일 천일건조후 풍선후 4-5일 천일건조	껍질 벗긴 줄기 연한 순 열매,연한 순 어린 순 어린 순,연한 잎 죽순부위 줄기,잎,어린 순	아스파라긴산 카로티노이드 우수한 풍미
나비나물 갯방풍 줄 머위 개다래 참마	콩과 산형과 벼과 국화과 다래나무과 마과	일반환경에서는 2일간 저장가능 냉동보존 건조 뿌리를 소주에 담가 산약 주로 식용 삶은 후 건조	어린 순 어린 순,연한 잎 죽순부위 줄기,잎,어린 순 어린 순 뿌리,잎 어린 순 어린 순	비타민 C 풍부 choline 등

품종	과	건조방법	식용부위	영양분
돌나물	돌나물과		연한 순	뿌리겉질-오가피
취나물	국화과	건초증량은 생초의 20% 수준	어린 잎	
고들빼기	국화과		어린 싹	
산파	백합과		인경, 어린 순	
영경귀	국화과		어린 순, 줄기	
오가나무	두릅나무과		어린 순, 어린 잎	
넓은 옥잠화	백합과		어린 잎, 옆병	
도라지	초롱꽃과	물에 담가 박피후 건조	뿌리	
더덕	초롱꽃과	수세 박피후 95도 30분 (65도 3-4일)	지하경	
달래	백합과		종자	
달맞이꽃	바늘꽃과	함수율 16%이내가 양호	어린 잎, 과실	
초피나무	운향과	과실은 양건	어린 순	
큰 물봉이	쐐기풀과	염장	과육, 과피, 새순	
으름	으름덩굴과	냉동건조	과실	
머루	포도과		인경	
참나리	백합과		근경	
식용칸나	칸나과		어린 순	
궁궁이	산형과			
참나물	산형과			
기타	명아주	나물무침, 건조하여 튀김, 분말화		
	질경이	나물무침, 튀김, 생엽청즙		
	밀나물	나물무침, 튀김, 생엽청즙, 건재, 염적가공		
	민들레	나물, 조림		
	쇠뜨기			
	털머위			
	갯무			
	마름			
	고추냉이			
	산달래			

제 3 절 고효율 임산물 건조시스템 개발

1. 고효율 임산물 건조시스템 설계

열에너지를 이용한 인공건조과정에는 많은 비용이 소요되며, 대부분의 비용은 역시 에너지비용이라 할 수 있다. 그러므로 건조 임산물의 품질과 함께 에너지비용은 건조시스템 설계에 있어서 가장 중요한 고려 인자라고 할 수 있다. 한편, 대부분의 농가에서는 수확한 임산물의 저장을 위한 냉장시스템 역시 필요로 하고 있으므로 건조와 냉장은 농가에 있어 없어서는 안될 장비라 할 수 있다. 그러나 높은 에너지 가격은 농가에 커다란 부담이 되고 있으므로 건조와 냉장을 수행하면서도 에너지 절감을 통하여 그 비용을 최소화할 수 있는 시스템의 개발이 절실히 요구되고 있다.

또한, 농산물은 건조후에도 냉장보관이 요구되는 경우가 많기 때문에 그 처리 및 물류비용을 절감하기 위하여 하나의 창고내에서 건조 또는 냉장 기능을 선택적으로 할 수 있도록 건조겸 냉장장치가 개발되기도 하였다. 이는 건조냉장고의 일측에 건조냉각장치의 주요 구성부품을 유니트화하여 설치하고 있다. 상기 유니트는 압축기와 증발기 사이에 공냉응축기와 수냉응축기를 병렬로 연결하여 수냉응축기에서 고온/고압의 냉매가스를 냉각하고 증발기로 실내의 공기를 제습 냉각한 후 공냉응축기에서 냉각된 공기를 재가열하므로써 송풍기에 의하여 건조냉장고에 환류시켜 피건조물의 건조작용을 수행하며, 피건조물의 건조가 끝난 후에는 수냉응축기와 증발기에 의하여 건조냉장고 내의 온도를 저하시켜 냉장운전을 하도록 한 것이다.

그러나 상기한 건조겸 냉장장치는 수냉응축기를 별도로 설치하여 실내공기를 냉각하고 수냉응축기에서 냉각된 냉매가스를 증발기에서 재차 냉각한 후 공냉응축기에서 가열하여 하나의 케이스내에서 건조 또는 냉장기근을 선택적으로 수행하기 때문에 구조가 복잡할 뿐만 아니라 건조와 냉장을 동시에 수행하지 못하고 단일 기능만을 계속적으로 수행할 수 밖에 없어 처리시간 및 비용이 증가하게 되는 문제점이 있다. 또한, 건조진행에 따라 건조실내의 온도상승에 따른 열교환 부족으로 인한 압축기의 과부하에 의하여 과부하 감지기가 작동되어 압축기가 정지되는 등의 문제점이 발생되기 쉽다.

본 연구에서는 히트 펌프(heat-pump)를 응용하여 건조와 냉장을 동시에 결합할 수 있는 고효율의 임산물 건조시스템을 설계, 제작하고자 하였다. 즉, 별도의 건조실과 냉장실을 두어 건조와 냉장을 동시에 신속하게 할 수 있으며, 또한 히트펌프 건조기

의 건조실내에 주 열교환기를 설치하고 건조실 외부에 보조 열교환기를 설치하여 압축기의 과부하를 방지하므로써 건조효율과 에너지절감을 기할 수 있는 히트펌프 방식의 건조기겸 냉장창고를 설계하였다.

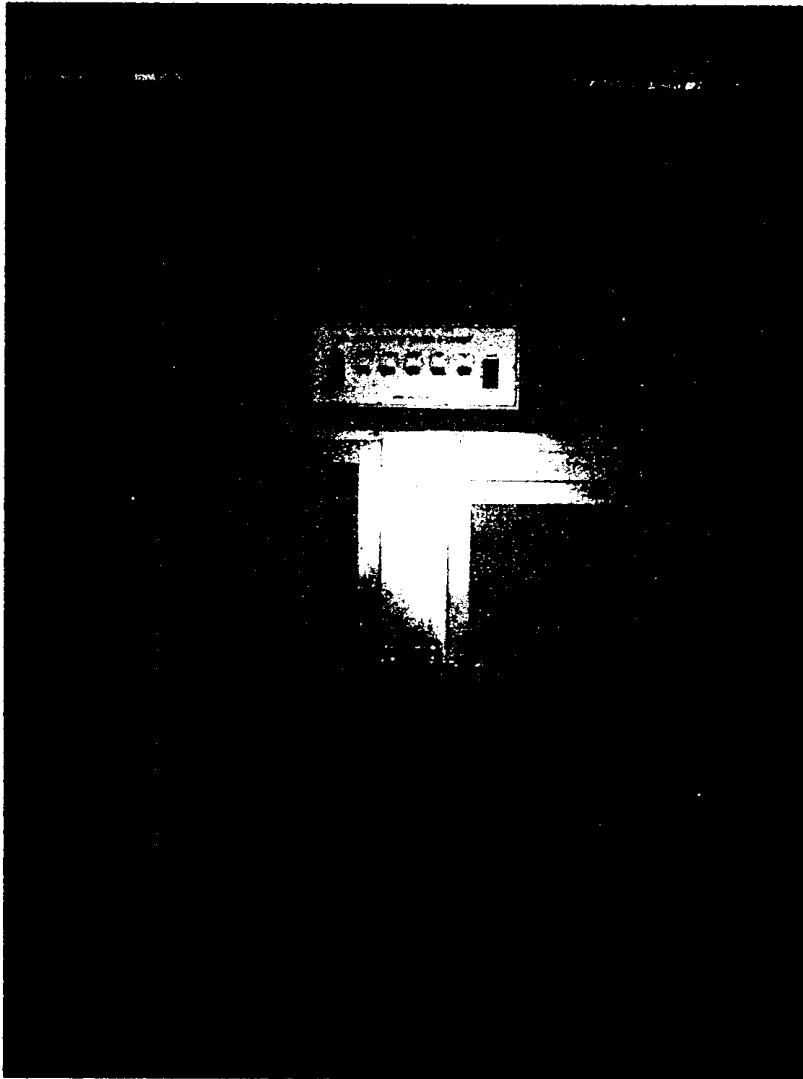


그림 4-1. 히트-펌프방식 고효율 임산물 건조시스템

2. 히트-펌프방식 임산물 건조 및 냉장시스템의 구성

본 연구에서는 히트-펌프방식을 응용하여 임산물의 건조와 냉장보관을 동시에 신속하게 할 수 있으며 또한 지속적인 건조진행에 따라 건조실 온도상승에 따른 열 교환 부족으로 인한 열교환기 과부하를 방지하여 압축기의 연속적인 운전으로 건조실에 열 공급이 가능하여 높은 건조효율과 에너지 절감 효과를 거둘 수 있도록 하였다.

본 시스템의 구성을 보면 우선 내부의 소정 공간을 양측으로 구획하여 일측은 소정 임산물을 냉장보관하는 냉장실을 형성하고 타측은 임산물을 건조하는 건조실을 형성한 하우스가 있다. 상기 냉장실 및 건조실내에는 다수의 공기분배공이 형성된 Tray가 구비되어 있어 건조 및 냉장 대상 임산물을 칸칸이 쌓을 수 있도록 하였다.

냉장실과 건조실의 내면에서 약간의 간격으로 이격되어 온풍과 냉풍이 순환되도록 형성된 냉/온풍 순환로와, 냉장실과 건조실의 상부에 구비되어 냉/온풍을 순환시키는 송풍기와, 건조실내의 일측에 구비되어 건조실내의 습도를 조절하는 제어장치와, 하우스의 중앙상부에 구비되어 냉매를 압축하는 압축기와, 건조실내 상부에 구비되어 냉매를 액화하는 주응축기와, 하우스의 외부에 구비되어 냉매관의 일측을 분기하여 구비된 보조응축기와, 보조응축기를 제어하는 제어장치와, 냉매관상에 구비되어 냉매의 유량을 조절하는 팽창밸브와, 하우스의 냉장실내 상부에 구비되어 냉매를 기화하는 증발기와, 증발기의 일측에 구비되어 증발기 표면의 성에를 제거하는 전기히터 등으로 구성된다.

한편 건조실 습도조절방법은 건조실내의 일측이 개구되어 외부의 공기가 유입되는 공기유입구와, 건조실내의 습한 공기가 외부로 배출되며 상기 공기유입구와 직교하여 연결된 습공기배출구와, 공기유입구 및 습공기배출구가 직교된 위치에 구비되어 회전하며 공기유입구 및 습공기배출구를 개폐하는 댐퍼로 구성되어 있다.

보조응축기 제어방법은 보조응축기 양단의 냉매관상에 구비되어 냉매의 흐름을 제어하는 솔레노이드밸브와, 냉매관상에 구비되어 냉매의 압력을 측정하는 냉매압력감지기와, 냉매관상에 구비되어 냉매의 온도를 측정하는 냉매온도감지기와, 냉매압력감지기 및 냉매온도감지기에 의해 감지된 압력 및 온도에 의해 상기 솔레노이드 밸브를 제어하는 솔레노이드 밸브 제어기로 구성되었다.

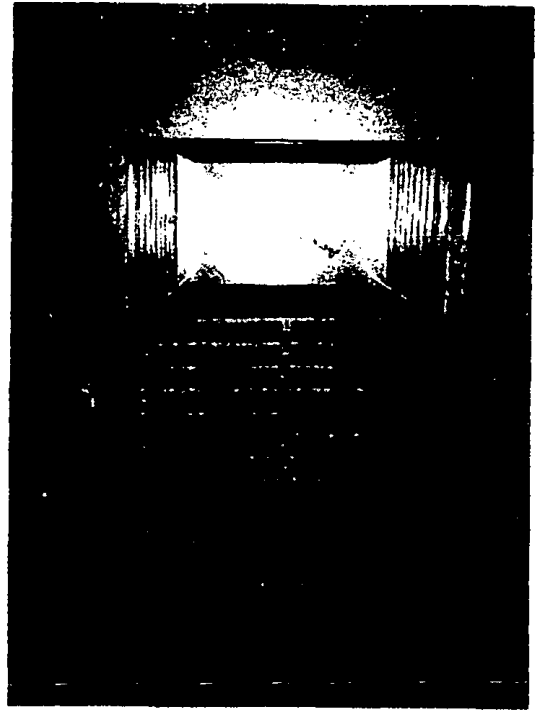


그림 4-2. 냉장실(좌)과 건조실(우)

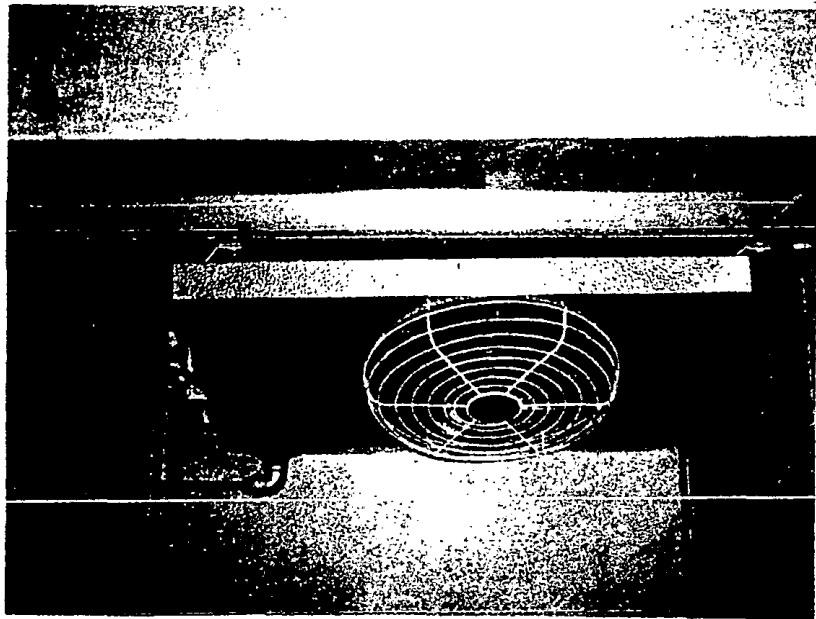


그림 4-3. 냉장실 냉각팬



그림 4-4. 냉동기와 댐퍼

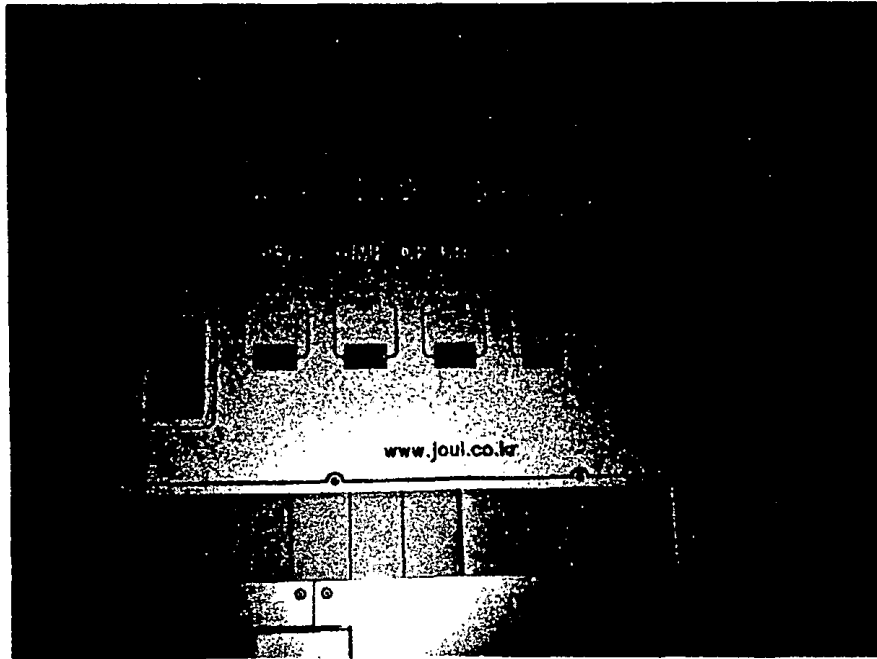


그림 4-5. 제어판

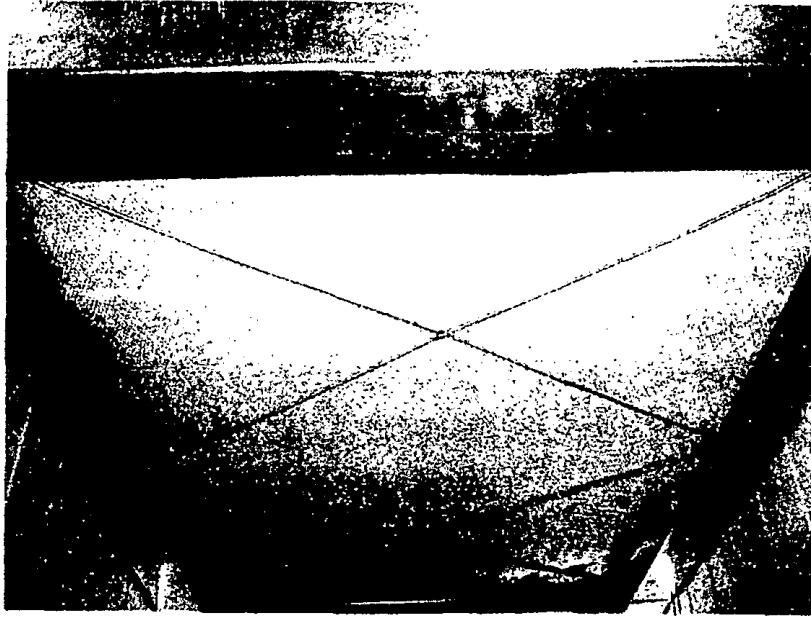


그림 4-6. 건조실내 공기정류판

3. 히트-펌프방식 임산물 건조 및 냉장시스템의 제어방법

압축기에 소정의 전원(가정용 단상 220V)이 인가되면 냉매는 고온 고압으로 압축되어 건조실 상부에 구비된 주응축기로 이동되어 액화되며, 주응축기에서는 열을 발산하게 된다. 주응축기에서 열이 발산되면 주응축기 상부에 구비된 송풍기에 의해 온풍을 순환시켜 건조실내의 임산물을 건조하게 된다. 임산물이 놓여 있는 Tray의 공기분배공을 통하여 온풍이 임산물에 공급되고 건조실내면에 형성되어 있는 온풍순환로를 따라 순환하며 효과적으로 건조시킨다.

임산물의 지속적인 건조진행으로 인하여 건조실내의 온풍은 습한 공기가 되어 건조 효과가 저하되면 댐퍼를 회전시켜 공기유입구와 습공기배출구를 개구하여 습공기는 배출하며 차가운 외부공기를 유입시켜 응축기에 의해 가열하면 고온건조한 공기가 건조실내에 유입되게 된다.

한편, 주응축기에서 고압으로 액화된 냉매는 냉매관을 따라 팽창밸브에 도달하게 되고, 팽창밸브는 액화된 냉매의 유량을 조정하면서 냉장실에 구비된 증발기내로 액화된 냉매를 분사시킨다. 이때 분사된 냉매는 급팽창하며 주위로부터 열을 흡수하여 시화되면서 증발기 주위의 온도를 급격히 떨어 뜨린다.

증발기의 상부에 구비된 송풍기는 증발기 주위의 저온의 공기를 송풍하여 냉장실내의 Tray 공기분배공을 통해 임산물에 냉풍을 공급하게 되고 냉장실내면에 형성된 냉풍순환로를 따라 순환하면서 효과적으로 냉장실내를 냉각시킨다.

상기의 과정을 반복하면서 상품을 냉장 또는 건조하게 되는데 지속적인 건조진행으로 인한 건조실의 온도상승으로 주응축기의 열교환부족으로 압축기에 과부하가 갈리게 되면 냉매관상에 구비된 냉매압력감지기와 냉매온도감지기에 의해 측정된 냉매의 압력과 온도의 감지신호를 받아 솔레노이드 밸브 제어기는 보조응축기가 구비된 냉매관상의 솔레노이드 밸브를 개구하여 주응축기에서의 냉매 열교환 부족을 보조응축기에서 열교환하도록 하여 압축기의 과부하를 방지한다. 또한, 보조응축기의 일측에 송풍기를 구비하여 공기를 보조응축기에 송풍하므로써 보조응축기의 열교환이 잘 이루어지도록 하였다.

한편, 냉장실내에 구비된 증발기의 일측에는 전기히터를 구비하였는데, 연속적인 냉동기의 가동으로 인해 증발기 표면에 발생되어 증발기 냉매의 원활한 기화작용을 방해하였던 성에를 전기히터가 제거하게 하므로써 증발기가 원활한 기능을 수행할 수 있도록 하는 동시에 냉장실내의 온도조절을 가능하도록 하였다.

표4-3. 주요 부분과 부호의 설명

부호	설명	부호	설명
10	하우징	20	냉장실
30	건조실	40	Tray
41	공기분배공	50	냉풍순환로
60	온풍순환로	70	송풍기
80	냉장실 온도감지기	90	건조실 온도감지기
100	공기유입구	110	습공기 배출구
120	댐퍼	130	압축기
140	냉매관	150	주응축기
160	보조응축기	170	솔레노이드 밸브
180	팽창밸브	190	증발기
200	전기히터	210	냉매압력감지기
220	냉매온도감지기	230	솔레노이드 밸브제어기

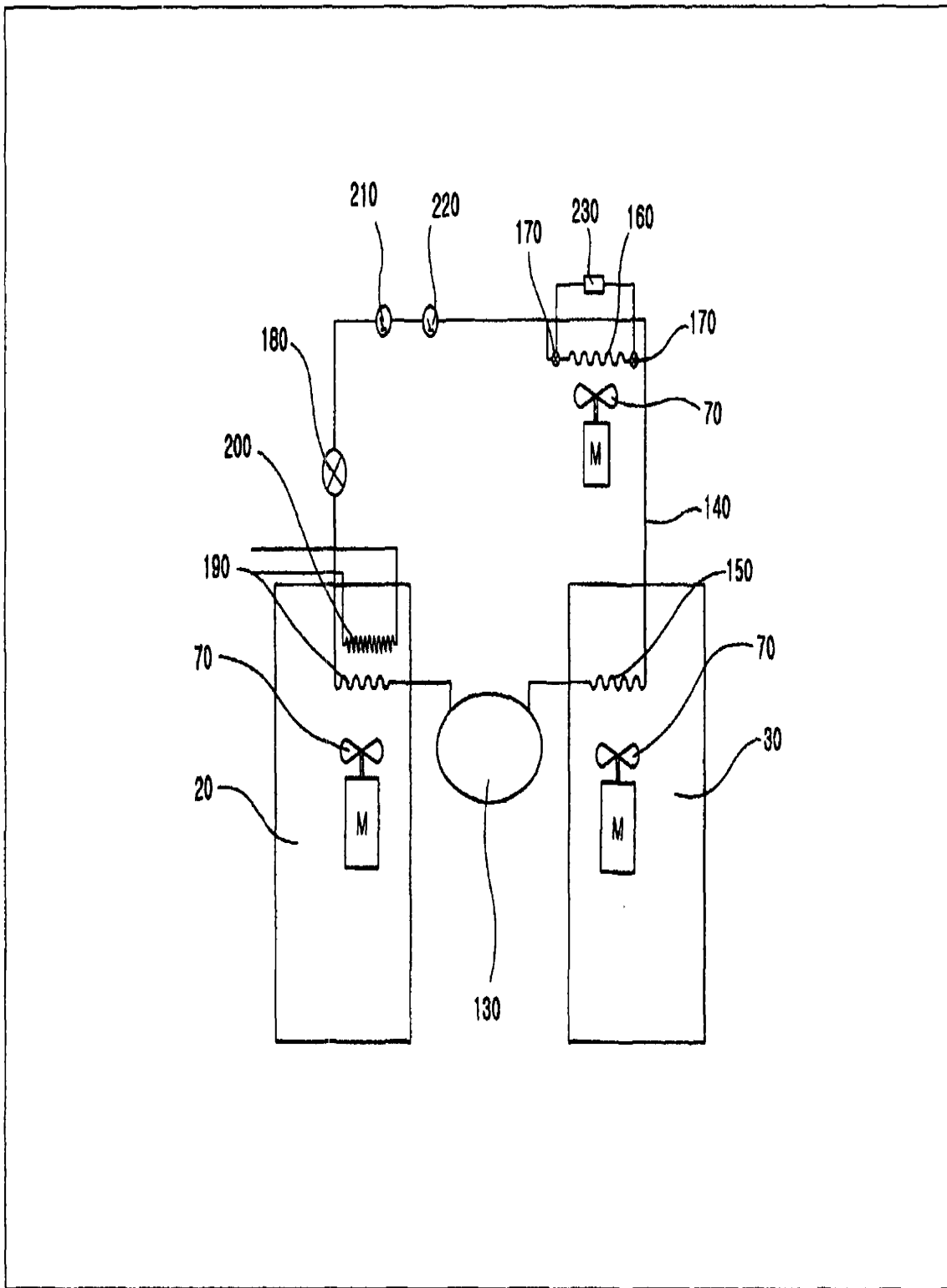


그림4-7. 도면 1

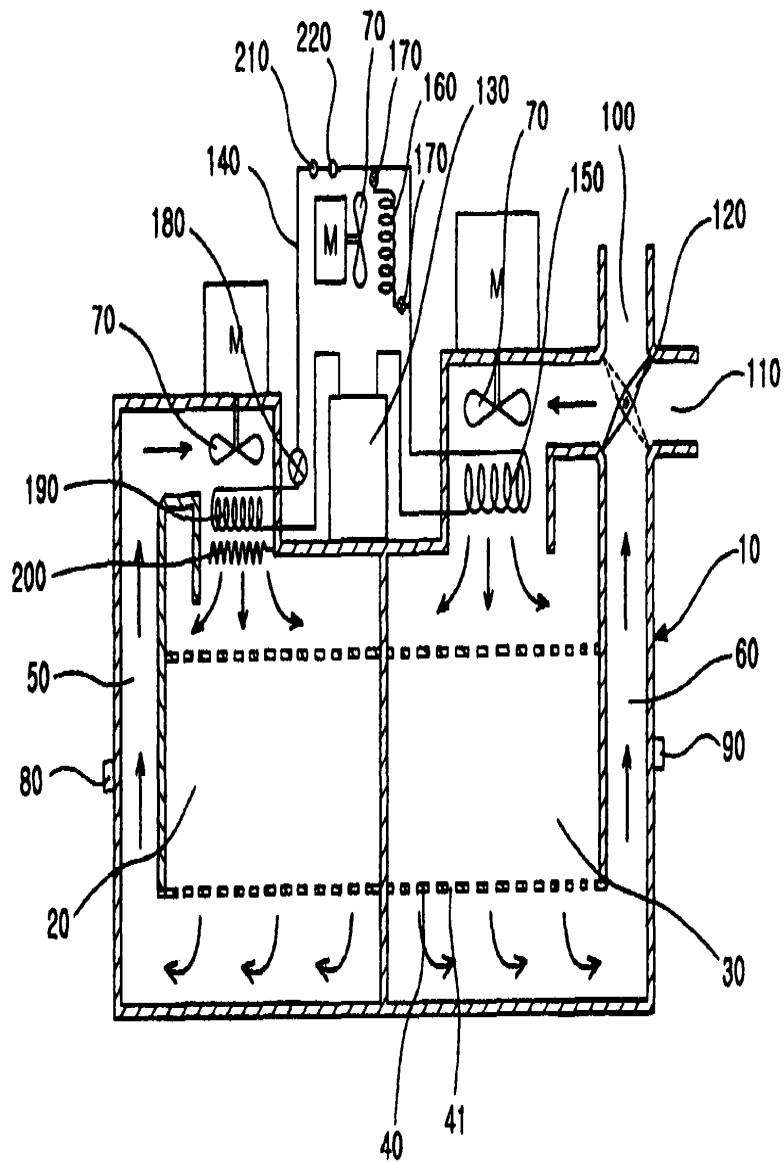


그림 4-8. 도면 2

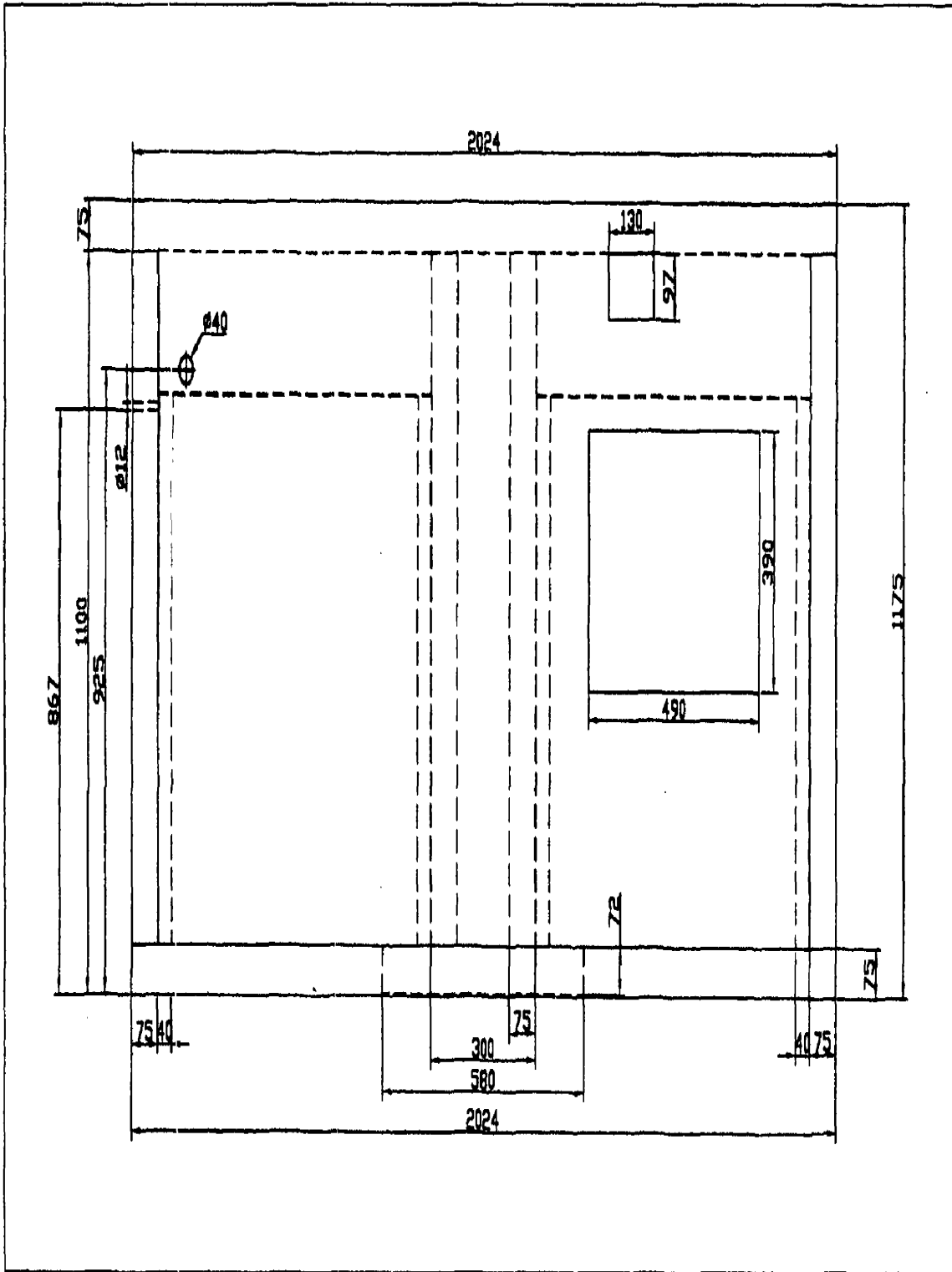


그림 4-10. 도면 3

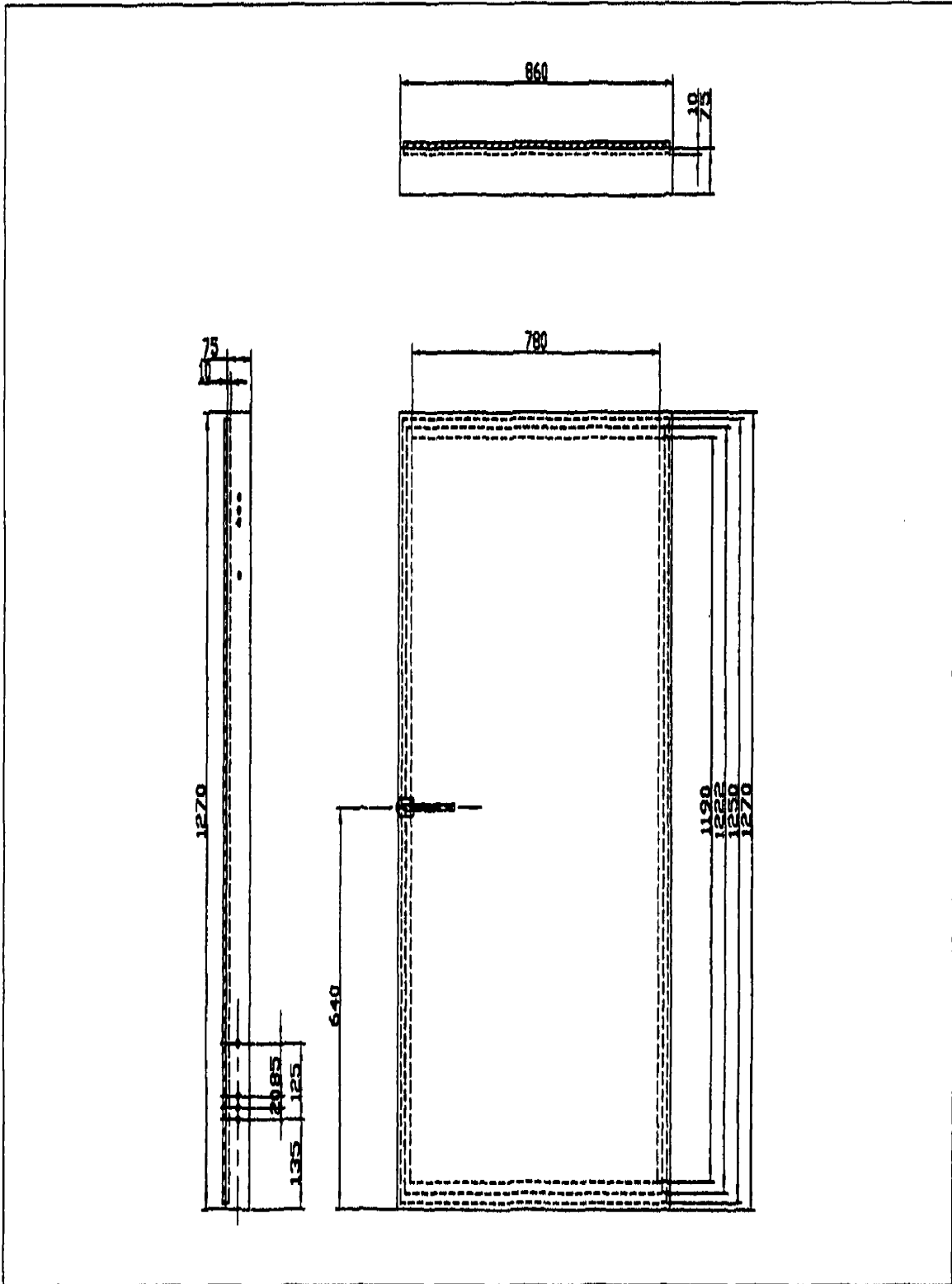


그림 4-11. 도면 4

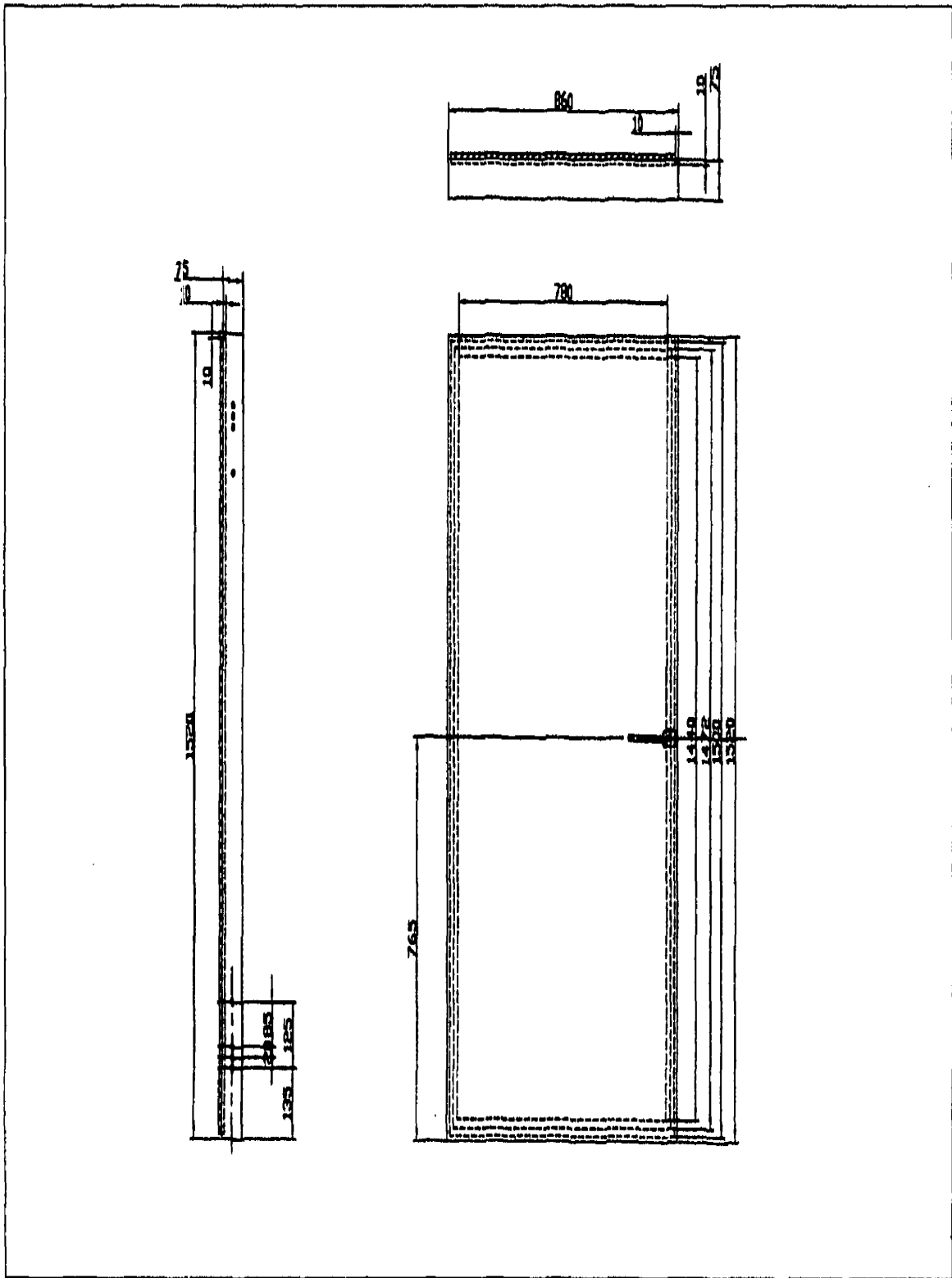


그림 4-12. 도면 5

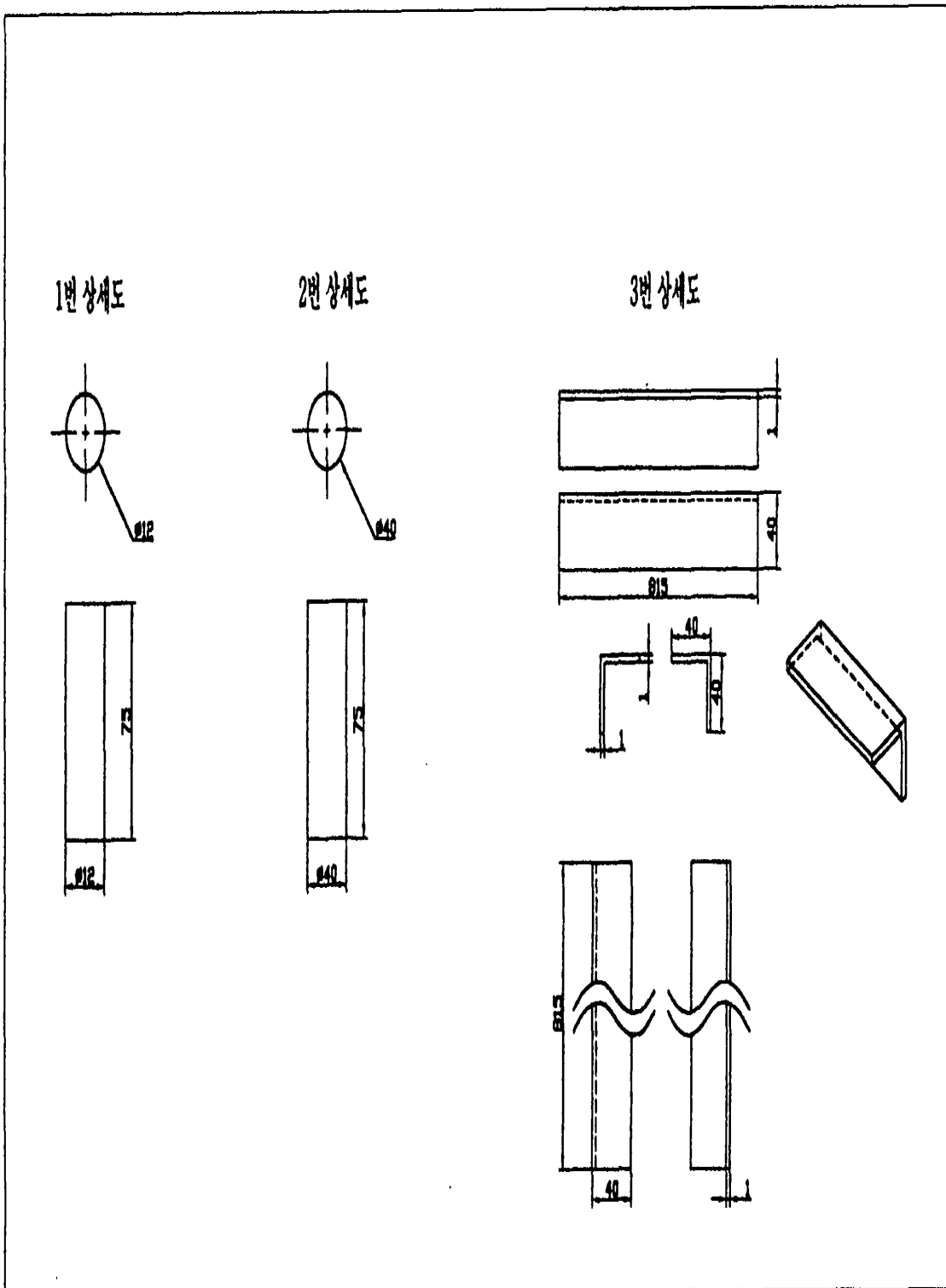


그림 4-13. 도면 6

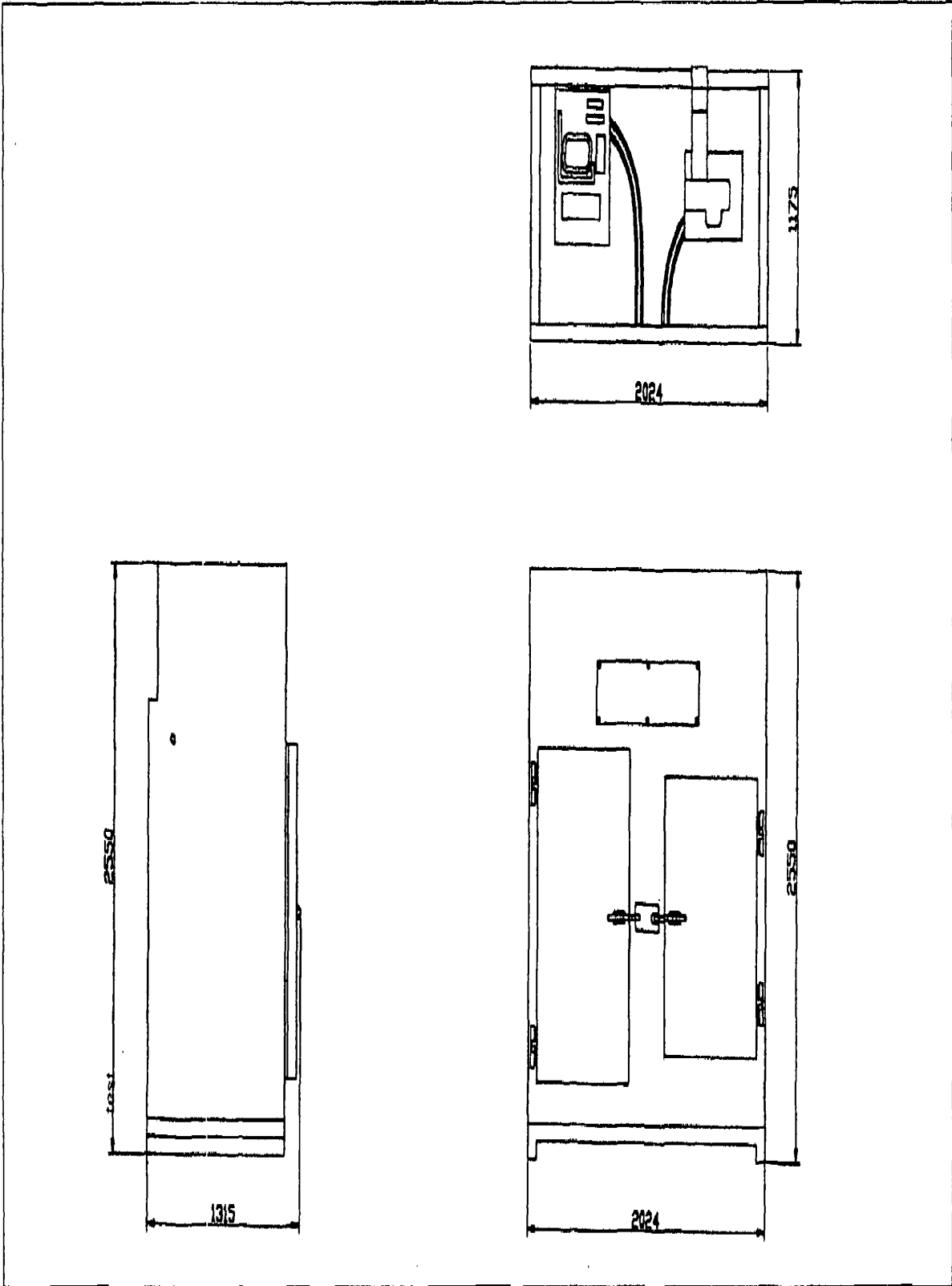


그림 4-14. 도면 7

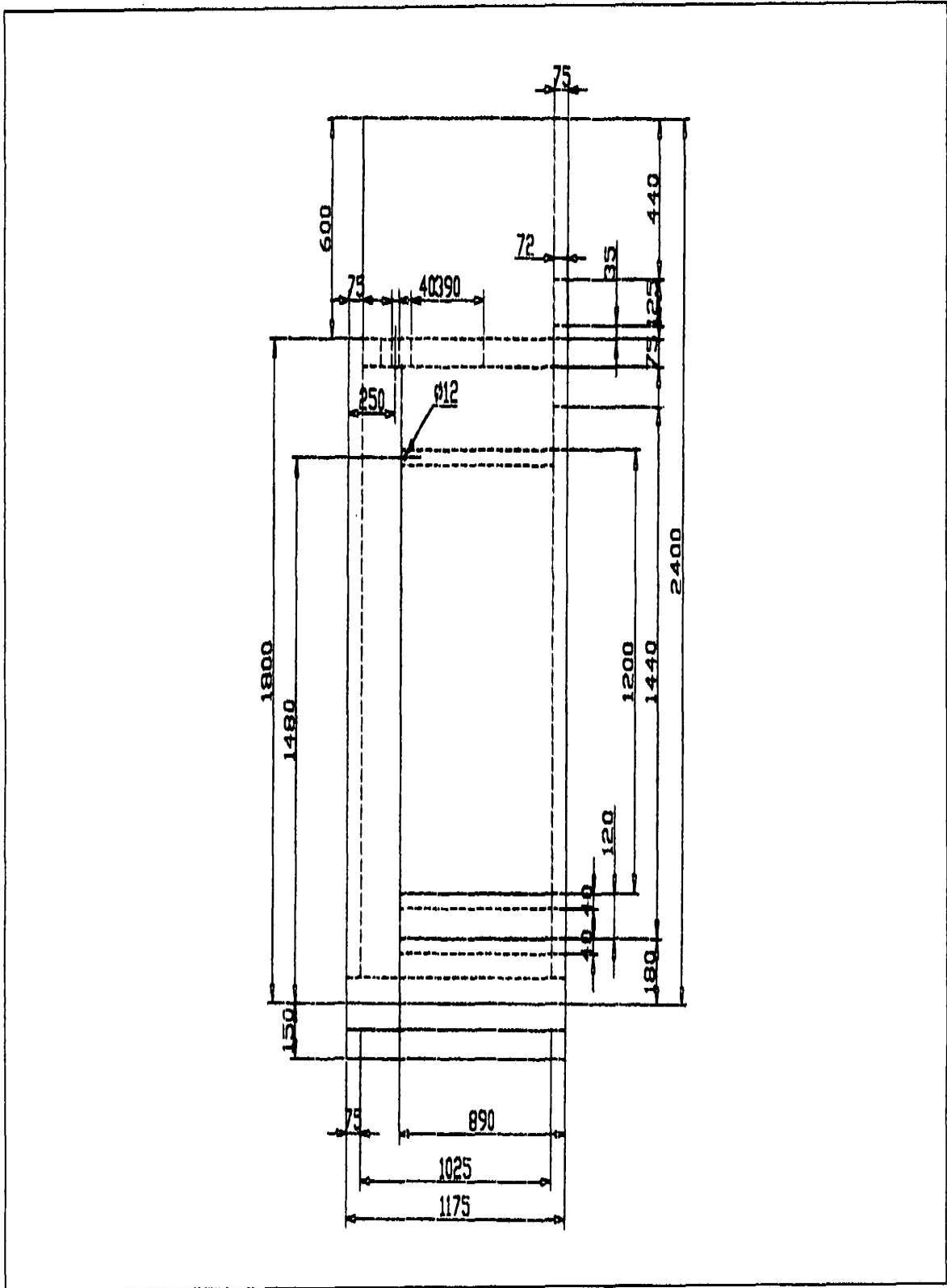


그림 4-15. 도면 8

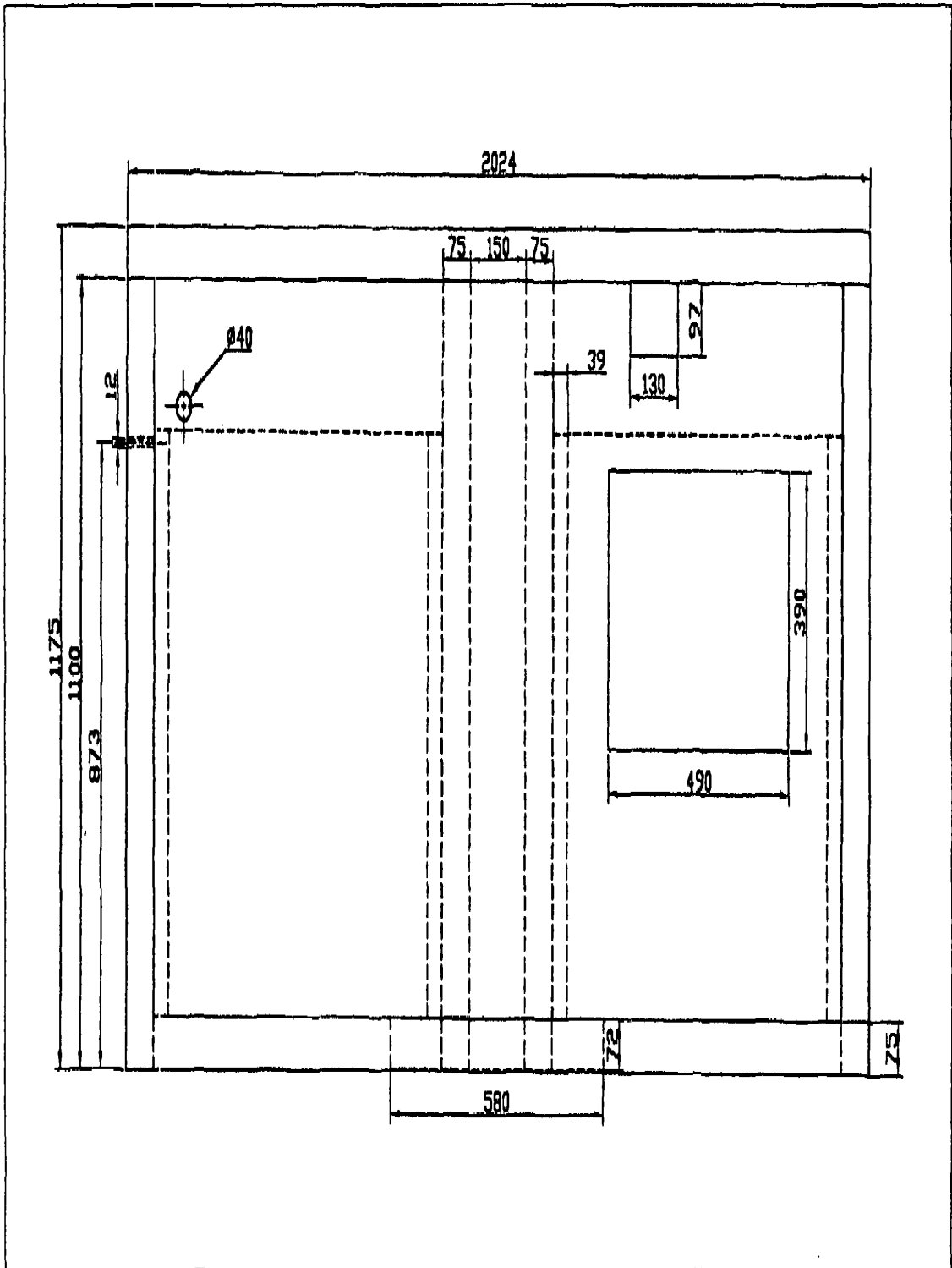


그림 4-16. 도면 9

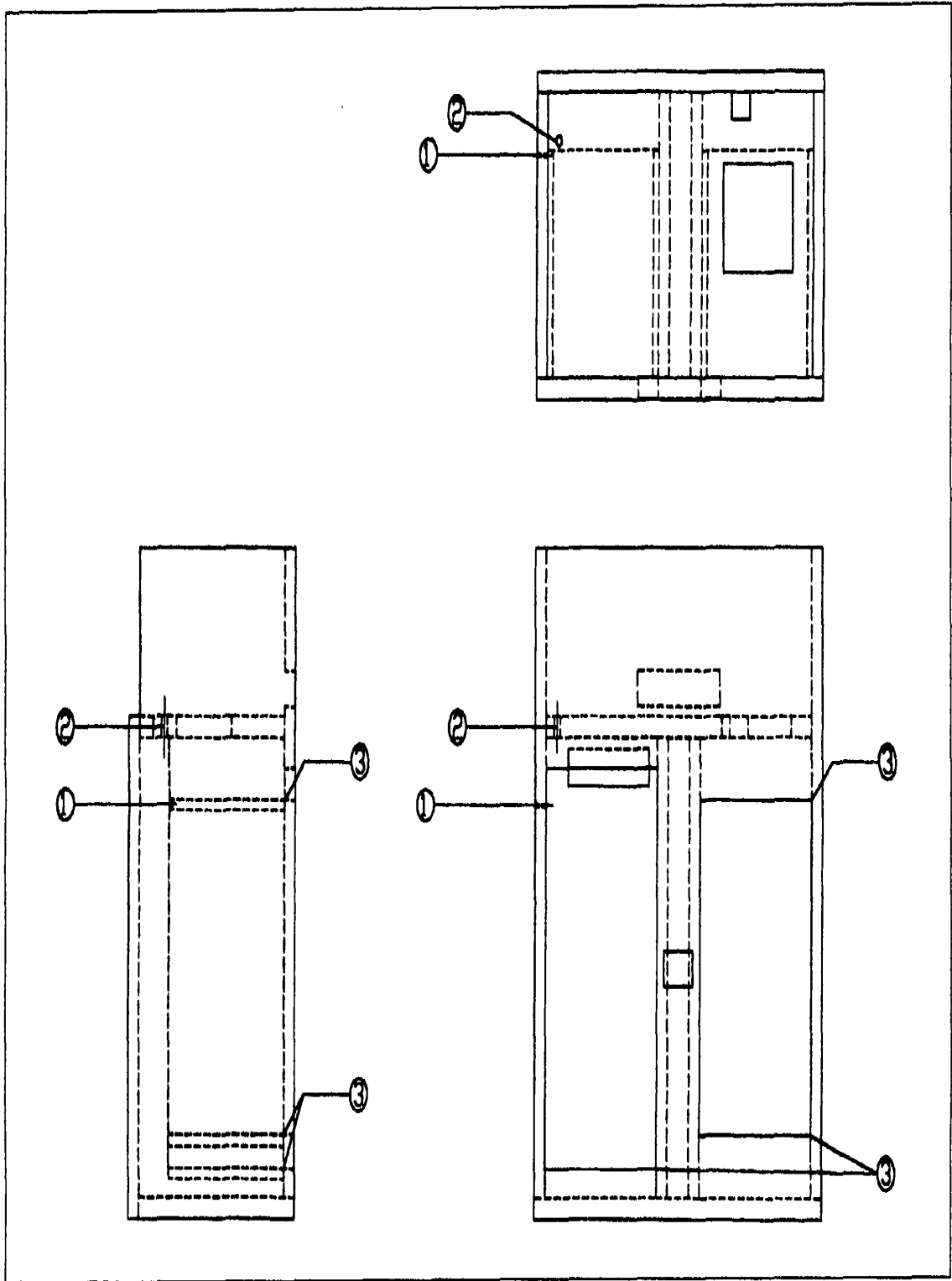


그림 4-17. 도면 10

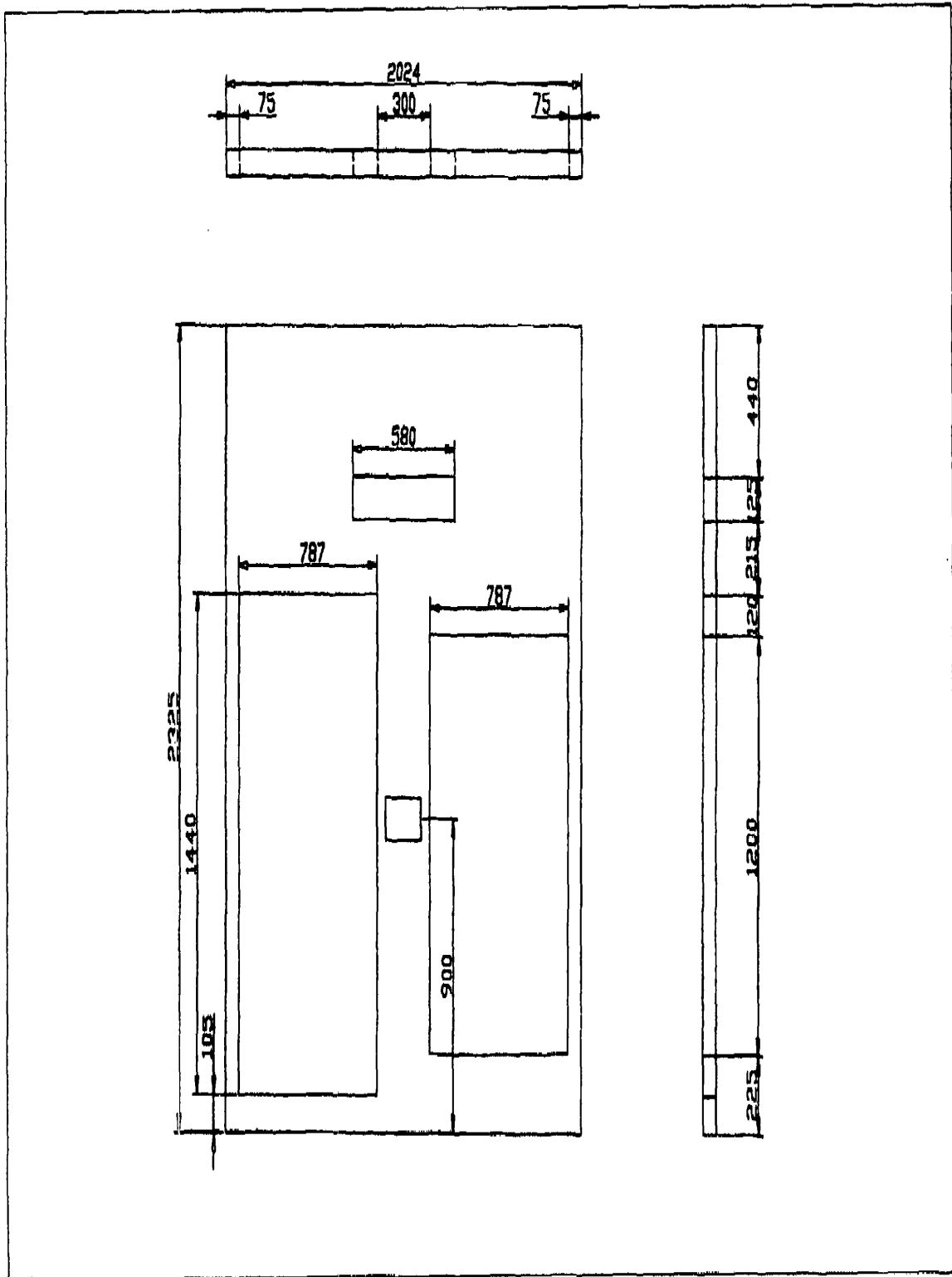


그림 4-18. 도면 11

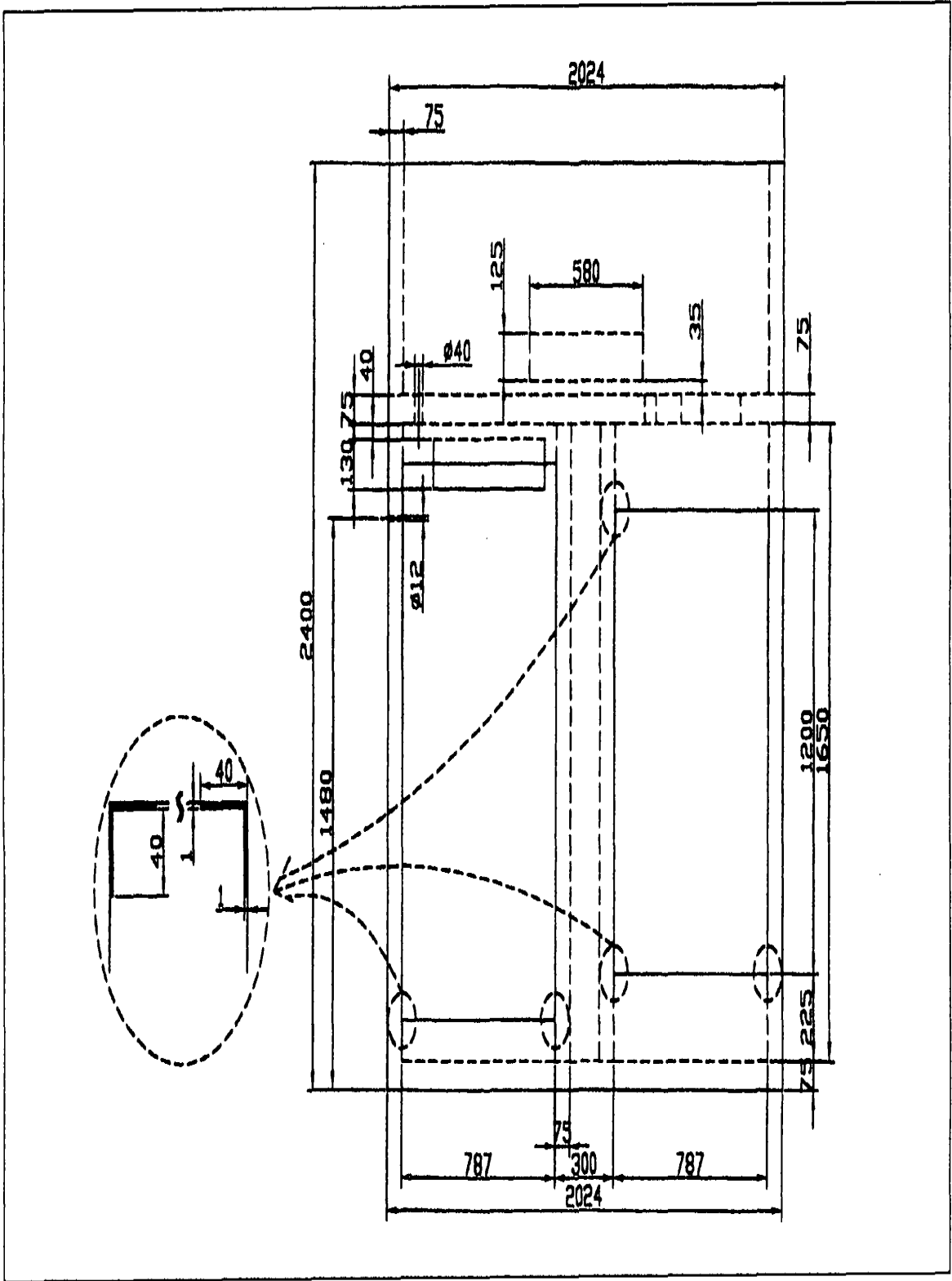


그림 4-19. 도면 12

4. 성능평가

본 시스템의 성능을 평가하기 위하여 생 표고버섯 50kg을 구입, 건조실에 투입하였으며 그림4-1에서 보는 바와 같이 건조실 용적의 3/4을 채웠다. 따라서 건조실을 완전히 채울 경우에는 약 70kg의 생 표고를 1회에 투입, 건조할 수 있을 것으로 판단된다.

표고버섯의 건조곡선은 그림4-20과 같았으며, 생 표고버섯의 초기 함수율은 건량기준으로 600%를 상회하였다. 그러나 대부분의 임산물이나 농산물은 습량기준을 선호하고 있으므로 이를 기준으로 할 때 초기함수율은 약 86% 였다.

건조기 내부의 건조중 온도는 42°C를 유지하고 있었으며, 함수율 86%에서 4%까지의 건조에 약 21.5시간이 소요되었다. 일반적으로 표고버섯의 목표함수율이 10%정도 임을 감안할 때 15시간내에 완벽한 건조가 가능할 것으로 사료된다.

표고버섯 건조(42C)
Wet-Based

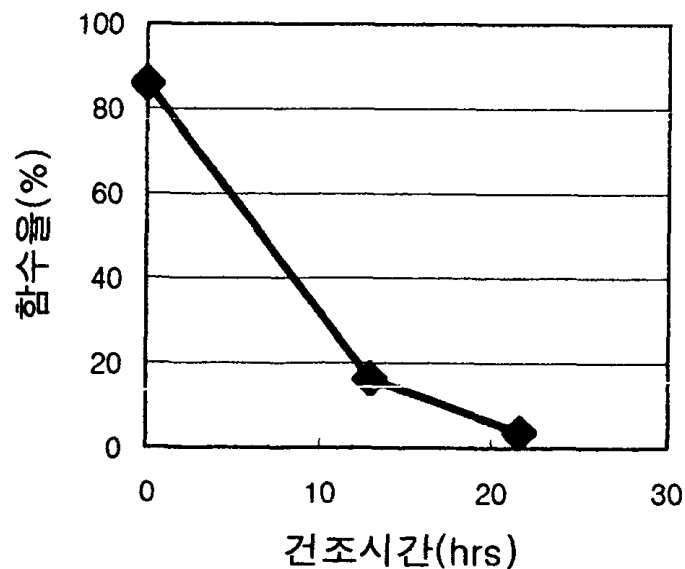


그림 4-20. 표고버섯의 건조곡선

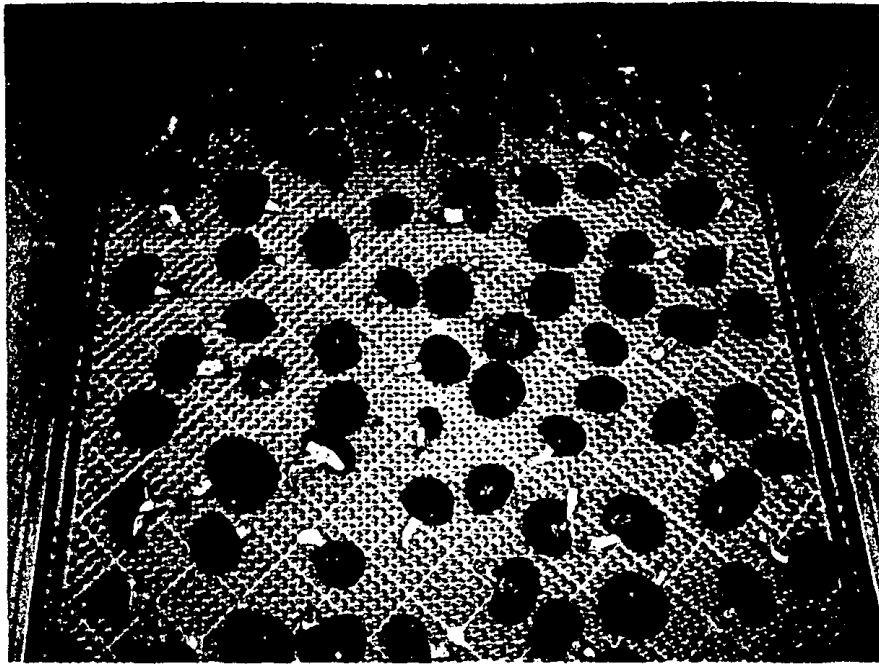


그림 4-21. 건조전 표고버섯



그림4-22. 건조후 표고버섯

5. 결론

에너지 절감을 위한 대책으로 Heat-pump방식을 응용하여 냉장 및 건조를 동시에 수행할 수 있는 고효율의 다목적 임산물 건조시스템을 개발, 그 시제품을 제작하였다. 임산물의 냉장 저장이 상시 요구되는 농가의 요구에 부응하는 한편, 냉장시스템으로부터 발생하는 폐열을 건조에 활용하게 되므로써 냉장시스템 운영에 소요되는 에너지에 열교환을 위한 송풍기 작동에 소요되는 약간의 에너지만이 추가로 소요된다. 그러므로 농가에서는 냉장고 1대를 운영하는 비용에 건조기까지 갖출 수 있게 되어 저렴한 비용으로 건조 임산물을 생산할 수 있다.

각종 임산물의 건조특성과 그 품질을 조사한 결과 건조속도가 지속히 낮아 심각한 건조 지연 현상이 발생되지 않는다면 가능한 저온에서 건조하는 것이 양호한 품질을 얻을 수 있는 것으로 밝혀졌다. 그러므로 본 연구를 통하여 개발된 건조시스템은 고온형이 아닌 중온형으로 설계 및 제작하였다. 시제품을 이용하여 생 표고버섯 46kg을 건조한 결과 약 20시간이내에 함수율 10% 수준까지 건조가 가능하였으며, 약 42°C 정도의 중온에서 건조가 실시되므로 건조된 표고버섯에서도 풍부한 풍미를 갖추고 있었다. 소비전력은 냉장과 건조시스템 동시 운영에 약 3kW 정도가 소요되었다.

참고문헌

- 민두식 외3인. 1995. 표고버섯: 새로운 재배와 경영. 농민신문사
- 박영재. 1995. 영지, 표고, 느타리. 내외출판사
- 신호일. 1981. 건조장치. 대광서림
- 서정윤 외1인. 1989. 청문각
- 유재복. 1991. 실용 버섯재배. 선진문화사
- 이원호. 1990. 약초 재배의 기술: 야생약초의 민간요법. 장학출판사
- 임중환. 1994. 건산채의 품질향상과 포장후 변질방지에 관한 연구. 전라남도
- 차동열 외2인. 1994. 최신 버섯재배기술. 농진회

제 5 장

종 합

1. 임산물 건조특성 구명 및 적정 건조스케줄 개발

식용으로 널리 이용되고 있는 산채 중에서 엽채류인 취나물, 쑥, 고사리와 근채류인 도라지를 공시시료로 선정하여, 생산채류의 천일건조 및 열풍건조 특성을 구명하고 건조산채의 품질변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

무처리 생산채의 천일건조에서 생산채에서 함수율 15%까지의 건조시간은 취나물 4일, 쑥 5일, 고사리 4일, 도라지(할도) 3일이 소요되어 품종별 건조속도는 계절한 도라지가 가장 빠르고 쑥이 가장 늦었으며, 물 또는 소금물로 데치기한 시료의 천일건조는 도라지를 제외하고는 건조소요시간이 하루정도 단축되었다. 건구온도 80℃로 열풍건조한 생산채의 함수율 15%까지의 건조시간은 취나물과 쑥 3시간, 고사리 5시간, 도라지 4시간이 소요되었으며, 물 또는 소금물로 데치기한 시료의 열풍건조는 취나물과 쑥에서는 오히려 건조가 지연되는 것으로 나타났다.

열풍건조시 건구온도를 50℃에서 110℃까지 상승시킴에 따라 건조속도는 현저하게 증가하였으며 모든 산채의 건조곡선은 역S자 형의 포물선을 나타냈다. 상대습도와 풍속에 변이를 주었을 경우에는 고습도(80%)에서 저습도(40%)에 비해 대체로 건조소요시간이 2배 이상 길어졌으며, 건구온도 60℃일 때 저풍속(1m/sec)에 비해 고풍속(3m/sec)에서 대략 1시간 정도 건조시간이 단축되었다.

취나물, 쑥, 고사리는 천일건조에 비해 열풍건조에서 퇴색이 심했으며 건구온도가 높아질수록 녹색에서 황색 쪽으로 더욱 심하게 퇴색되었다. 도라지도 백색에서 황색 쪽으로 마찬가지로 경향을 보였으며, 특히 습도가 높을수록 건구온도에 관계없이 심한 퇴색현상을 나타냈다. 취나물, 쑥, 고사리의 경우 전처리(데치기) 직후에는 녹색조가 짙어지고 광택도 향상되어 시각적인 효과가 증대되었으나 천일건조 또는 열풍건조를 한 후에는 오히려 명도와 채도가 떨어져서 전체적인 색상이 어둡게 되었다. 따라서 전처리의 색상유지효과는 건조산채에는 적용되지 않았다.

식용버섯 중에서 골목을 이용하여 재배하는 표고버섯과 톱밥, 왕겨 등을 이용하여 생산하는 양송이버섯, 느타리버섯, 팽이버섯을 공시시료로 선정하여, 생버섯류의 천일건조 및 열풍건조 특성을 구명하고 건조버섯의 품질변화를 조사한 결과는 다음과 같다.

무처리 생버섯류의 천일건조시 생버섯에서 함수율 15%까지의 건조시간은 표고버섯 4일, 양송이버섯 6일, 느타리버섯과 팽이버섯(할도) 3일이 소요되었으며, 품종별 건조

속도는 양송이버섯<표고버섯<느타리버섯<팽이버섯 순으로 빠르게 나타났다.

열풍건조시 건구온도를 50℃에서 110℃까지 상승시킴에 따라 모든 품종의 건조속도는 현저하게 증가하였으며 역S자 형의 포물선을 가지는 건조곡선을 나타냈다. 건구온도 60℃에서 상대습도와 풍속에 변이를 주었을 경우에는 고습도(80%)에서 저습도(40%)에 비해 대체로 건조소요시간이 2~3배 이상 길어졌으며, 저풍속(1m/sec)에 비해 고풍속(3m/sec)에서 품종에 따라 1~4시간 정도 건조시간이 단축되었다.

표고버섯, 양송이버섯, 느타리버섯은 천일건조에 비해 열풍건조에서 퇴색이 심했으며 건구온도가 높아질수록 갈색 쪽으로 더욱 심하게 퇴색되었다. 팽이버섯은 낮은 온도에서도 황색쪽으로 심한 퇴색을 보여 시각적인 상품가치가 완전히 상실되었다. 특히 모든 품종에서 습도가 높을수록 건구온도에 관계없이 심한 퇴색현상을 나타냈다. 따라서 버섯류의 건조소요시간을 단축하기 위해서는 건구온도를 높이고 풍속을 빠르게 하며, 건조속도 증진과 퇴색감소를 위해 습도를 최대한 낮추는 건조스케줄이 적합한 것으로 보인다. 다만 건구온도가 100℃를 초과할 때는 퇴색이 극히 심하여 흑갈색으로 변하기 때문에 건구온도는 100℃ 이내로 제한할 필요가 있으며, 시간단위의 건조스케줄은 과도한 건조를 유발하여 열에너지의 낭비를 초래하므로 가능한 분단위까지 세분화된 건조스케줄을 적용하는 것이 바람직하다고 생각된다.

2. 건조 임산물 품질 평가 및 관리기술 개발

산채 건조에 있어서, 고사리를 건조할 때는 반드시 데치기를 실시하는 것이 좋을 것이며 5분 이상 데치기를 실시한 후 건조하는 것이 좋을 것으로 생각되어진다. 건조 시료의 수분 함량이 10% 이하 일 경우 외부 충격에 매우 약하므로 수분함량이 12-13%를 유지할 수 있는 8시간 내외가 50℃에서 건조 시, 건조 시간으로는 적당할 것으로 생각된다. 취는 데치는 시간 약 1분 이내에서 peroxidase의 활성은 보이지 않으나 1-2분 정도에서는 고루 데치기가 되지 못하여 풋내가 난다. 3분 데친 취를 50℃에서 8-10시간 건조 후, 데치지 않은 생시료를 같은 조건에서 건조한 시료와 수화 복원 후 그 외관을 관찰하였을 때, 3분 데치기 한 시료의 색상은 본래 생시료의 색상과 큰 차이가 없는 녹색을 유지하였다. 취의 경우에도 고사리와 마찬가지로 10시간 이상의 건조는 수분함량이 너무 낮아 외형을 유지할 수 없으므로 역시 8시간 내외의 건조시간이 적절할 것으로 생각된다. 도라지는 박피 한 시료이기 때문에 열 전달이 더 빨

랐을 것으로 판단되며, 스팀에서 30초면 효소가 불활성화되었다.

버섯 건조에 있어서, 수분감소율은 아가리쿠스, 양송이, 표고버섯 모두 온도가 높을수록 컸고 각각의 온도에서 모두 대가 갓보다 수분감소율이 더 높았으며 최종 수분함유량은 갓이 더 적었다. 수분활성도는 세가지 버섯 모두 갓과 대가 모두 실온, 50℃, 100℃에서 건조시료의 순으로 낮았다. 수화복원력은 건조 아가리쿠스의 경우 갓과 대 모두가 건조온도와는 관계없이 실온에서 침지 120분까지 급격히 증가하여 이때에 최대치를 나타내었다. 또한, 건조양송이는 50℃에서 건조하여 실온에서 150분간 침지한 것이 가장 좋게 나타났고 건조 표고버섯은 갓과 대 모두가 건조온도와는 관계없이 침지 60분까지 급격히 증가하여 이때에 최대치를 나타내었다. 표면색도는 아가리쿠스의 경우 갓에서의 L값이 50℃에서의 시료가 가장 높았고 생것이 가장 낮았다. 양송이 갓에서 생것인 경우 L값이 가장 컸고 다음 실온, 50℃, 100℃ 건조시료의 순이었다. 대에서는 L값이 생것이 가장 높았고 실온 건조한 것이 가장 낮았다. 표고버섯에 있어서 갓에서의 L값이 실온에서 음건한 것이 가장 높았고 100℃, 50℃의 순으로 작았다. 대에서는 L값이 실온에서 음건한 시료가 역시 가장 높았으며 50℃에서 건조한 것이 가장 낮았다. 갈변도는 세가지 버섯 모두 건조온도가 높을수록 높았으며 갓이 대보다 컸다. 관능검사결과 아가리쿠스의 경우 향은 100℃에서 건조시료가 생것과 유사한 향을 나타내었으며 실온건조가 가장 좋지 않게 나타났다. 건조 후 외관은 실온건조가 가장 좋게 나타났으며 100℃ 건조시료가 가장 좋지 않게 나타났다. 양송이 버섯에 있어서는 향은 생것과 50℃에서의 건조시료가 가장 좋았으며 음건한 것이 가장 좋지 않게 나타났다. 외부양상과 색깔은 실온에서 음건한 것이 가장 좋았고 100℃에서 건조한 것이 가장 좋지 않게 나타났다. 표고버섯의 건조에서 향은 50℃에서 외관은 실온에서 건조한 것이 가장 좋았으며 종합적인 기호도는 음건이 가장 좋았으나 50℃에서 건조한 것도 괜찮은 것으로 판단되었다. 결과적으로 고온 건조일수록 수분감소율이 커서 빨리 건조되나 외관변화가 크게 일어나고 색깔도 고유의 색보다 더 짙게 변하는 것으로 나타났다.

3. 고효율 다목적 임산물 건조시스템 개발

에너지 절감을 위한 대책으로 Heat-pump방식을 응용하여 냉장 및 건조를 동시에 수행할 수 있는 고효율의 다목적 임산물 건조시스템을 개발, 그 시제품을 제작하

였다. 임산물의 냉장 저장이 상시 요구되는 농가의 요구에 부응하는 한편, 냉장시스템으로부터 발생하는 폐열을 건조에 활용하게 되므로써 냉장시스템 운영에 소요되는 에너지에 열교환을 위한 송풍기 작동에 소요되는 약간의 에너지만이 추가로 소요된다. 그러므로 농가에서는 냉장고 1대를 운영하는 비용에 건조기까지 갖출 수 있게 되어 저렴한 비용으로 건조 임산물을 생산할 수 있다.

각종 임산물의 건조특성과 그 품질을 조사한 결과 건조속도가 지속히 낮아 심각한 건조 지연 현상이 발생되지 않는다면 가능한 저온에서 건조하는 것이 양호한 품질을 얻을 수 있는 것으로 밝혀졌다. 그러므로 본 연구를 통하여 개발된 건조시스템은 고온형이 아닌 중온형으로 설계 및 제작하였다. 시제품을 이용하여 생 표고버섯 46kg을 건조한 결과 약 20시간이내에 함수율 10% 수준까지 건조가 가능하였으며, 약 42°C 정도의 중온에서 건조가 실시되므로 건조된 표고버섯에서도 풍부한 풍미를 갖추고 있었다. 소비전력은 냉장과 건조시스템 동시 운영에 약 3kW 정도가 소요되었다.