GI232-0864

100

19804597

최 종
연구보고서

마이크로파를 이용한 농산물제품 건조공정의 개발연구

A Study on Development of Microwave Drying Process for Agricultural Products

연 구 기 관

한 국 식 품 개 발 연 구 원

농 림 부

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "마이크로파를 이용한 농산물제품 건조공정 개발 연구"의 최종보고서로 제출합니다

1997년 11월

주관연구기관명 : 한국식품개발연구원
총괄연구책임자 : 금 준 석
연 구 원 : 이 현 유
이 상 효
이 창 호
박 광 장
위탁연구기관명 : 건양대학교
위탁연구책임자 : 임 지 순

출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

요 약 문

I. 제목

마이크로파를 이용한 농산물제품 건조공정 개발 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

본 연구는 농수산물제품의 건조공정의 시간을 감소시키고 제품의 품질을 향상 시킬수 있는 마이크로파 건조공정을 개발하는 것을 목적으로 한다.

마이크로파 건조공정은 생산비 절감, 미생물 오염 감소, 설비면적 축소, 균일한 건조, 영양소 비파괴, 색도 유지(갈변화 방지), 작업환경 개선 및 크기에 관계없이 일정한 건조 방법을 유지할 수 있는 장점이 있으며, 본 연구에서는 마이크로파 건조 공정에서 진공 및 열풍을 병행하여 품질을 향상시킬 수 있다는 데에 본 연구의 중요성이 있다.

III. 연구개발 내용 및 범위

1. 마이크로파를 이용한 건조방법 개발

수분함량에 따른 건조시간 측정, 건조속도 및 건조 후 품질특성을 조사하여 마이크로파 건조기 내부의 최적화를 이루고 등전계 분포를 균일화하며 진공 및 열풍을 병행한 마이크로파 건조방법을 개발 한다.

2. 마이크로파 건조 후 쌀가루의 특성변화

마이크로파 가열 후 쌀가루의 물리화학적 특성변화 및 전분구조를 조사하여 마이크로파의 가열 효과 및 쌀가루의 물성변화를 조사한다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

3. 마이크로파 건조 후 농산물제품의 품질특성조사

고추, 마늘, 양파의 마이크로파 건조 후 품질특성을 조사하여 마이크로파 건조방법의 개선 및 품질을 향상시킨다.

4. 마이크로파를 이용한 버섯의 건조 특성

마이크로파, 마이크로파와 열풍 병행 및 마이크로파 진공을 이용하여 버섯의 건조 특성 조사 및 품질을 향상시킨다

5. 마이크로파를 이용한 멸치의 건조 특성

마이크로파, 마이크로파와 열풍 병행 및 마이크로파 진공을 이용하여 멸치의 건조 특성 조사 및 품질을 향상시킨다

6. 마이크로파를 이용한 수삼의 건조 특성

마이크로파, 마이크로파와 열풍 병행 및 마이크로파 진공을 이용하여 수삼의 건조 특성 조사 및 건조 최적화를 확립한다

7. 마이크로파 건조 후 가래떡의 신소재개발

마이크로파 건조 후 가래떡을 이용한 신소재를 개발한다

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

1. 마이크로파를 이용한 건조방법 개발

유한요소 정식화는 MSC/EMAS를 이용하여 KH = f라는 선형 행렬식을 얻어 캐비티내의 유한요소 정식화를 하였다. 형상 최적화 알고리즘에 의해서 최적화 모델을 구하였으며, 캐비티내의 최적화 알고리즘 수렴 특성에 의하여 등전계 분포를 균일화 하였다. 3stub-tunner 및 directional coupler를 이용하

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 임피던스를 최적화 하였으며, 진공 및 열풍 상태에서 마이크로파 발진을 할 수 있는 마이크로파, 마이크로파 진공, 및 마이크로파 및 열풍 병행의 건조방법을 개발하였다. 본 연구 결과를 토대로 진공 및 열풍을 병행한 마이크로파 건조방법을 이용하여 농산물 건조제품의 품질이 향상되고 다양한 농수산물에 마이크로파 건조방법이 이용될 전망이다.

2. 마이크로파 건조 후 쌀가루의 특성변화

마이크로파 가열시 쌀가루의 흡열 특성은 가열시간이 증가할수록 에너지양 및 온도가 증가하였으며 수분함량은 감소하였다. 가열시간이 증가 할수록 일반성분의 변화는 없었으며 수분용해도 및 수분흡수도는 증가하였다. 흡광도 또한 가열시간이 증가할수록 증가하였으며 최대흡수파장은 감소하였다. 투과도의 변화는 60℃ 부근에서 급속히 증가하였으며, 가열시간이 증가할수록 투과도는 증가하였다. 본 연구 결과는 전자레인지용 즉석식품의 제품 개발에 이용될 전망이다.

3. 마이크로파 건조 후 농산물제품의 품질특성조사

일반 전자레인지 각 조건(해동, 약가열 및 강가열)에 따른 마늘 및 양파의 건조실험은 마이크로파의 출력 및 시간이 증가할수록 수분함량은 감소하였으나 L값 또한 감소하여 품질의 열화를 나타내었다. 펄스 마이크로파의 강도에 따른 마늘,양파 및 고추의 건조실험 결과 출력(power)이 감소할수록 수분함량 및 건조시간은 증가하였으나 품질은 향상되었다. 펄스 마이크로파의 최적조건은 power level 2(140w)로 나타났다. 마이크로파 건조 후 고추의 부위별 수분함량은 차이를 나타내었으며, 전자레인지 Power level 2에 따른 고추의 건조시간은 약 80분 정도가 소요되었다. 양파를 제외한 고추 및 마늘의 수분활성도는 감소하여 장기 저장이 가능한 것으로 나타났다. 본 연구 결과

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구,최종연구보고서/농림부

마이크로파 가열 후에도 고추의 capsanthin 함량이 많이 존재하였으며, 마이크로파 가열 후 총균수 감소로 살균효과도 함께 나타내어 마이크로파 건조방법이 열풍건조에 비해 우수함을 나타내었다. 수분함량 50%까지 열풍건조 후 마이크로파 건조시 품질이 향상 되어 열풍 및 진공을 이용한 마이크로파 건조방법의 가능성을 제시하였다.

4. 마이크로파를 이용한 버섯의 건조 특성

마이크로파를 이용한 표고버섯의 건조 후 품질 특성(수분함량, 색도, 효소활성도, 유리아미노산, 수분활성도, 복원률, 미세구조, 니아신 함량, 관능검사)은 마이크로파 건조 후 표고버섯의 수분함량이 13% 이하로 감소하였으나 (수분활성도 0.7이하) 버섯의 상태는 수축현상 없이 매우 양호한 상태를 보였으며, 색도 역시 생체 표고버섯의 L, a, b값과 큰 차이를 나타내지 않았다. 미세구조 관찰 결과 조직의 수축현상은 크지 않았으며 유리아미노산 및 니아신 함량도 큰 변화를 나타내지 않았다. 관능검사 결과 마이크로파와 진공을 병행한 건조방법이 전반적인 기호도에서 가장 높은 기호도를 나타내었다. 본 연구 결과 마이크로파 진공 건조 방법이 표고버섯의 건조에 가장 우수하였으며 산업화 진행시 진공도가 중요한 변수가 되는 것으로 나타났다.

5. 마이크로파를 이용한 멸치의 건조 특성

멸치를 열풍건조 후 마이크로파, 마이크로파/열풍, 마이크로파 진공의 건조방법을 이용하여 각각 이들에 5분 건조 1분 정지를 12회 및 10분 건조 1분 정지를 6회 반복하는 방법으로 처리하여 품질 특성을 검토한 결과 수분함량, pH, 색도, 산도, 휘발성 염기질소는 마이크로파 건조방법에 따라 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 지방산 조성은 일반 멸치(대조구)의 경우 포화산이 38.34%, 모노엔산이 22.91%, 폴리엔산이 38.75%로 나타났으며 마이크로파 건

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

조방법도 각각 비슷한 구성을 나타내었고 각 건조방법 공히 palmitic acid와 docosahexaenoic acid의 함량이 많았다. 마이크로파 건조 후 마른 멸치의 palmitic acid의 함량이 대조구에 비하여 현저히 감소하는 것으로 나타났다. 주요 유리아미노산은 각 마이크로파 건조 방법 공히 alanine, arginine, lysine, leucine 등으로 나타났다. 조직감 측정은 대조구에 비교하여 마이크로파 건조 방법이 각 측정항목에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며 관능검사 결과 마이크로파 진공 건조 방법이 가장 우수한 것으로 나타났다. 본 연구 결과 마이크로파 건조 후 멸치의 품질 특성이 우수하였으며 산패방지 효과 및 유통기간 연장 효과도 증가하였다.

6. 마이크로파를 이용한 수삼의 건조 특성

마이크로파를 이용하여 건조한 수삼의 수분 함량, 건조 시간에 따른 수분 활성도의 변화, 유전특성, 유리당의 함량, ginsenoside의 함량 등의 성분 변화를 알아보았다. 마이크로파의 처리 조건은 예비 실험을 통하여 Ef=2.94, If=8.32, EBm=4.46, Ib=0.025에서 3분간 작동 2분 정지를 1회로 하여 24시간 288회 동안 건조하였다. 마이크로파로 건조를 하였을 경우 수삼의 수분함량이 73%에서 14%로 까지 건조가 일어났으며 이때의 Aw는 0.57을 나타내었다. 건조가 일어나면서 시간에 따른 수분 활성도의 변화는 완만하게 감소함을 나타내었다. 수삼의 유전 특성에서 유전 상수값은 수분 함량이 증가함에 따라서 증가함을 보여 주었고 수분 함량이 50-80%로 증가함에 따라 유전 상수값도 24.2에서 51.5로 증가하였으며 유전 손실 값은 17.0에서 19.1로 증가하였다. 온도에 변화에 따른 유전 상수 값은 40℃에서 53.4로 높은 값을 나타내었고 유전 손실율은 60℃에서 23.0으로 높은 값을 나타내었다. 건조 후 유리당의 함량은 Fructose=0.34mg/g, Glucose=0.36mg/g, Sucrose=12.77mg/g, Maltose=0.64mg/g 였다. Ginsenoside 함량은 Rb1=0.70mg/g, Rc=0.17mg/g,

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Rd=0.12mg/g, Re=0.02mg/g, Rg1=0.16mg/g 였다. 수삼을 마이크로파를 이용하여 건조하였을 경우 항산화 및 항암효과가 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구 결과 마이크로파를 이용하여 수삼의 품질을 향상 시키며, 수삼의 건조시 마이크로파 최대출력의 최적화를 확립하여 산업화에 이용될 전망이다.

7. 마이크로파 건조 후 가래떡의 신소재개발

국내 떡류 생산의 대부분을 차지하고 있는 떡국용 가래떡의 신소재 개발을 위하여 마이크로파의 건조 후의 특성(수분함량, 색도, 복원률, 고형분용출량, 조직감, 미세구조, 관능검사)을 조사한 결과 마이크로파 건조 후 수분함량이 40%로 감소하였으나, 시료의 상태는 수축현상 없이 매우 양호한 상태를 보였으며, 색도 역시 대조구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 복원률이나 고형분 용출량에 있어서는 마이크로파 건조 방법간에 차이가 있었다. 조직 특성은 마이크로파 및 열풍을 병행한 건조방법이 가장 조직이 단단한 것으로 나타났으며, 미세구조는 마이크로파 처리가 균일한 건조 효과를 보여 주었다. 관능검사 결과 색상, 경도, 쫀득성, 씹힘감촉 및 전반적 기호도에서 마이크로파 및 진공을 병행한 건조 방법이 가장 우수함을 나타내었다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

SUMMARY

I. Title of Research

A Study on Development of Microwave Drying Process for Agricultural Products

II. Objective and Importance of Research

The objective of this research was to develope microwave drying process to reduce drying time and enhance quality of drying products. The research is important in reducing cost, microorganism, equipments, and increasing nutririve value, quality of product by hot air and microwave drying combination or microwave vacuum drying method.

III. Scope and Contents of Research

1. Development of Microwave Drying Process Method

Determine of drying time, heating rate and quality of drying product to develope hot air and microwave vacuum drying method.

2. Effect of Microwave Heating on Rice Flour

Investigate physico-chemical properties of rice flour subjected to microwave heating.

3. Physico-chemical Properties of Agricultural Products after Microwave Drying

Enhance quality of red pepper, garlic, and onion after microwave

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

drying.

4. Physico-chemical Properties of dried mushroom after Microwave Drying

Enhance quality of dried mushroom after microwave, microwave and hot air combination, and microwave vacuum drying.

5. Physico-chemical Properties of dried anchovy after Microwave Drying

Enhance quality of dried anchovy after microwave, microwave and hot air combination, and microwave vacuum drying.

6. Physico-chemical Properties of dried Korean ginseng after Microwave Drying

Enhance quality of dried ginseng after microwave, microwave and hot air combination, and microwave vacuum drying.

7. Development of new food material(*garaedog*) after Microwave Drying

Develope a new food material(*garaedog*) after microwave, microwave and hot air combination, and microwave vacuum drying.

IV. Conclusion and Recommendation

1. Development of Microwave Drying Process Method

Optimum model was made from expression of KH= f and optimum algorism.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

대한민국국회도서관장서

Distribution of temperature on cavity had a uniformity by input power ratio and iteration. Impendence was optimized by using 3stub-tunner and directional coupler. Hot air and vacuum microwave drying process method was developed from those results. The results showed that microwave drying can be used for agricultural products to enhance quality of final products.

2. Effect of Microwave Heating on Rice Flour

Quantity of microwave energy and temperature of rice flour were increased as microwave heating time increased while water content decreased. Water solubility index and water absorption index of rice flour were increased as microwave heating time increased. Data of proximate composition showed no difference between different heating time. Absorbance was increased as heating time increased while maximum absorbance was decreased. Transmittance was increased as heating time increased and was drastically increased at 60℃.

3. Physico-chemical Properties of Agricultural Products after Microwave Drying

Water content and L value of garlic and onion were decreased as microwave heating time and power of microwave increased. Water contents of red pepper, garlic, and onion were decreased and quality of those product was increased as power of pulse microwave decreased while drying time increased. Optimum condition of pulse microwave was power level 2 (140W). Drying time of red pepper(water content 11%) was 80 min

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

at power level 2 and there was difference for water content between different position. Water activities of red pepper and garlic were decreased after microwave drying and these results showed that it is possible to be keep for a long time at room temperature. There was no detection for microorganism and capsanthin content of red pepper still was remained after microwave drying. Method that water content of red pepper was droped into 50% by hot air drying and dried into 11% by microwave drying showed good quality of red pepper. Therefore, those results showed that hot air and microwave drying or/and microwave vacuum drying can be used for agricultural products to enhance quality of final products.

4. Physico-chemical Properties of dried mushroom after Microwave Drying

Quality changes(moisture content, color values, enzyme activity, amino acids, water activity, microstructure, niacin content and sensory evaluation) of oak mushroom on microwave drying were determined. Water content was decreased below 13% without shrinkage after microwave drying. There was no significant different between microwave dring mushroom and raw mushroom on color values. Scanning electron micrograph showed less shrinkage and there was no significant changes on free amino acids and niacin content after microwave drying. Sensory evaluation scores showed that microwave vacuum combination method was the highest score.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

5. Physico-chemical Properties of dried anchovy after Microwave Drying

For the purpose of improving quality of dried anchovy, raw anchovies were subjected to six different processes : 5 min microwave and 1 min holding - 12 times, 10 min microwave and 1 min holding - 6 times, 5 min microwave with hot air and 1 min holding - 12 times, 10 min microwave with hot air and 1 min holding - 6 times, 5 min microwave vacuum and 1 min holding - 12 times, 10 min microwave vacuum and 1 min holding - 6 times at 100 Watt and 2450 MHz. There were no significant effects of different processes on water content, pH, color, acid value and volatile basic nitrogen. The sum of fatty acids on commercial anchovy occupied 38.34% of saturates, 22.91% of monoenes and 22.91% of polyenes and dried anchovies subjected to microwave processes had similar compositions. Dominant fatty acids were palmitic acid and docosahexaenoic acid in each process. Among the free amino acids, alanine, arginine, lysine and leucine were dominant in all processes. Dried anchovies showed little significant differences in texture in all processes. Sensory evaluation data showed that the quality of dried anchovy subjected to microwave process was acceptable and microwave vacuum process was the most desirable one.

6. Physico-chemical Properties of dried Korean ginseng after Microwave Drying

Quality changes(water activity, dielectric properties, content of free sugar, ginsenoside content, microstructure, etc.,) of Korean

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

ginseng on microwave drying were determined. Water content was decreased below 14% without shrinkage and water activity was 0.57 after microwave drying. Permittivity(e′) was increased as water content increased. Data of free sugars showed the 0.34 mg/g fructose, 0.36 mg/g glucose, 12.77 mg/g sucrose, 0.64 mg/g maltose. Data of ginsenoside showed the 0.70mg/g Rb1, 0.17 mg/g Rc, 0.12 mg/g Rd, 0.02 mg/g Re, 0.16 mg/g Rg1.

7. Development of new food material(*garaedog*) after Microwave Drying

Quality changes(water content, cooking properties, color values, texture, microstructure, sensory evaluation of Korean *garaedog* on microwave drying were determined. Water content was decreased below 14% without shrinkage. There was no significant different between microwave drying and control on color values. There was significant different between each treatment on soluble solid index and time of restoration. Microwave and hot air combition treatment showed a hard-compacted appearance and microwave treatment had a uniform drying structure. Sensory evaluation data showed that microwave vacuum process was the most desirable one.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

CONTENTS

Chapter 1. Introduction ····· 33

Section 1. Objective and Scope of Research ····· 35

Section 2. Needs of Research ····· 35

Section 3. Background of Research ····· 36

Chapter 2. Development of Microwave Drying Process for Agricultural Products ····· 41

Section 1. Introduction ····· 43

Section 2. Materials and Methods ····· 57

1. Integral expression of limited factor ····· 57

2. Optimum algorism of figure ····· 57

3. Optimum temperature distribution of cavity ····· 57

4. Uniform temperature distribution ····· 57

5. Drawing and manufacture of microwave drying equipment ····· 57

Section 3. Results and Discussion ····· 58

1. Integral expression of limited factor ····· 58

2. Optimum algorism of figure ····· 64

3. Optimum temperature distribution of cavity ····· 66

4. Uniform temperature distribution ····· 69

5. Drawing and manufacture of microwave drying equipment ····· 71

1) Operation of microwave drying equipment ····· 71

2) Outline of microwave drying equipment ····· 72

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

3) Flow chart of microwave drying equipment 73
4) Drawing of microwave 3stub−tunner 74
5) Circuit of microwave drying equipment 75
6) Drawing of microwave drying equipment 76
7) Pictures of microwave drying equipment 77
Section 4. Conclusion 83
References 84

Chapter 3. Physico−chemical properties of rice flour subjected to microwave drying 85
Section 1. Introduction 87
Section 2. Materials and Methods 90
1. Materials 90
2. Methods 90
1) Preparation of rice flour 90
2) Microwave heating 90
3) Physico−chemical properties 90
4) Microsturucture 91
Section 3. Results and Discussion 92
1. Microwave energy and changes in temperature of rice flour 92
2. Physico−chemical properties of rice flour 93
3. Transmittance of rice flour 94
4. Microstructure of rice flour 95
Section 4. Conclusion 98
References 99

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Chapter 4. Physico-chemical properties of agricuitural product subjected to microwave drying 101
Section 1. Introduction 103
Section 2. Materials and Methods 111
1. Materials 111
2. Methods 111
1) Water content 111
2) Color values of surface 111
3) Water activity 111
4) Capsaicin 112
5) Capsanthin 112
6) Total plate count 112
Section 3. Results and Discussion 113
1. Quality characteristics of agricultural products subjected to different microwave heating power 113
2. Quality characteristics of agricultural products subjected to different pulse microwave heating power 117
3. Quality characteristics of red pepper in different possion subjected to microwave drying 126
4. Quality characteristics of red pepper subjected to optimum pulse microwave drying 126
5. Water activity of agricultural products subjected to optimum pulse microwave drying 128
6. Capsanthin content of red pepper subjected to optimum pulse microwave drying 129

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

7. Total plate count of agricultural products subjected to optimum pulse microwave drying ····· 130
8. Quality characteristics of red pepper subjected to microwave drying and hot air drying ····· 131
9. Quality characteristics of red pepper subjected to microwave and hot air drying combition ····· 132
Section 4. Conclusion ····· 133
References ····· 134

Chapter 5. Physico-chemical properties of dried anchovy subjected to microwave drying ····· 137
Section 1. Introduction ····· 139
Section 2. Materials and Methods ····· 140
1. Materials ····· 140
2. Methods ····· 140
1) Microwave processing ····· 140
2) Water content, pH, acid value, and color values ····· 140
3) VBN ····· 141
4) Fatty acids ····· 141
5) Free amino acids ····· 141
6) Texture ····· 142
7) Sensory evaluation ····· 142
Section 3. Results and Discussion ····· 144
1. Water content, pH, acid value, and color values of dried anchovy subjected to different microwave drying ····· 144

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

2. Fatty acid of dried anchovy subjected to different microwave drying ····· 146
3. Free amino acids of dried anchovy subjected to different microwave drying ····· 146
4. Texture of dried anchovy subjected to different microwave drying ····· 149
5. Sensory evaluation of dried anchovy subjected to different microwave drying ····· 150
Section 4. Conclusion ····· 154
References ····· 155

Chapter 6. Physico-chemical properties of dried mushroom subjected to microwave drying ····· 159
Section 1. Introduction ····· 161
Section 2. Materials and Methods ····· 162
1. Materials ····· 162
2. Methods ····· 162
1) Microwave processing ····· 162
2) Water content, weight, time of restoration, water activity ··· 162
3) Polyphenol oxidase activity ····· 163
4) Free amino acids ····· 164
5) Niacin content ····· 165
6) Microstructure ····· 165
7) XRD ····· 165
Section 3. Results and Discussion ····· 166

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

1. Weight of dried mushroom subjected to different microwave drying ····· 166
2. Color values of dried mushroom subjected to different microwave drying ····· 171
3. Water activity and time of restoration of dried mushroom subjected to different microwave drying ····· 183
4. Enzyme activity of dried mushroom subjected to different microwave drying ····· 196
5. Free amino acids of dried mushroom subjected to different microwave drying ····· 197
6. Niacin content of dried mushroom subjected to different microwave drying ····· 200
7. Microstructure of dried mushroom subjected to different microwave drying ····· 201
8. XRD of dried mushroom subjected to different microwave drying ····· 203
Section 4. Conclusion ····· 203
References ····· 204

Chapter 7. Physico-chemical properties of dried Korean ginseng subjected to microwave drying ····· 205
Section 1. Introduction ····· 207
Section 2. Materials and Methods ····· 208
1. Materials ····· 208
2. Methods ····· 208

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

1) Microwave processing ····· 208
2) Dielectric properties ····· 208
3) Weight and Proximate compositions ····· 208
4) Water activity ····· 209
5) Density ····· 209
6) Saponin content ····· 209
7) Free sugar ····· 209
8) Composition of saponin ····· 209
9) XRD ····· 210
10) EDS ····· 210
11) Chemopreventive test ····· 210
12) Dietary fiber ····· 210
13) Microstructure ····· 211
Section 3. Results and Discussion ····· 212
1. Dielectric properties of Korean ginseng on water content and temperature ····· 212
2. Weight of dried Korean ginseng subjected to different microwave drying ····· 213
3. Water activity, density, saponin content of dried Korean ginseng subjected to different microwave drying ····· 218
4. Free sugar and composition of saponin of dried Korean ginseng subjeced to different microwave drying ····· 220
5. XRD and EDS of dried Korean ginseng subjected to different microwave drying ····· 221
6. Chemopreventive effect and dietary fiber of dried Korean ginseng

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

subjected to different microwave drying ····· 222
7. Microstructure of dried Korean ginseng subjected to different microwave drying ····· 226
Section 4. Conclusion ····· 230
References ····· 231

Chapter 8. Pl<hysico-chemical properties of food material(garaedog) subjected to microwave drying ····· 233
Section 1. Introduction ····· 235
Section 2. Materials and Methods ····· 238
1. Materials ····· 238
2. Methods ····· 238
1) Water content ····· 240
2) Cooking properties ····· 240
3) Color values ····· 240
4) Texture ····· 240
5) Microstructure ····· 241
6) Sensory evaluation ····· 241
Section 3. Results and Discussion ····· 243
1. Water content of food material(garaedog) subjected to different microwave drying ····· 243
2. Cooking properties of food material(garaedog) subjected to different microwave drying ····· 244
3. Color values of food material(garaedog) subjected to different microwave drying ····· 244

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

4. Texture of food material(garaedog) subjected to different microwave drying 245
5. Microstructure of food material(garaedog) subjected to different microwave drying 246
6. Sensory evaluation of food material(garaedog) subjected to different microwave drying 246
Section 4. Conclusion 249
References 251

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

목 차

제 1 장 서 론 33

제 1 절 연구개발의 목적과 범위 35

제 2 절 연구개발의 필요성 35

제 3 절 지금까지의 연구개발 실적 36

제 2 장 마이크로파를 이용한 건조방법 개발 41

제 1 절 서설 43

제 2 절 재료 및 방법 57

1. 유한 요소 정식화 57
2. 형상 최적화 알고리즘 57
3. 캐비티내의 전자계 분포 최적화 57
4. 등전계 분포도 57
5. 마이크로파 설계 및 제작 57

제 3 절 결과 및 고찰 58

1. 유한 요소 정식화 58
2. 형상 최적화 알고리즘 64
3. 캐비티내의 전자계 분포 최적화 66
4. 등전계 분포도 69
5. 마이크로파 건조기 설계 및 제작 71

가. 마이크로파 건조기 장치 설명 71

나. 마이크로파 건조기 개략도 72

다. 마이크로파 건조기 흐름도 73

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

라. 마이크로파 건조기 3 stub-tunner 설계도면 ····· 74
마. 마이크로파 건조기 회로도 ····· 75
바. 마이크로파 건조기 도면 ····· 76
사. 마이크로파 건조기 실형 사진 ····· 77
제 4 절 결론 ····· 83
참고문헌 ····· 84

제 3 장 마이크로파를 이용한 쌀가루의 특성 조사 ····· 85
제 1 절 서설 ····· 87
제 2 절 재료 및 방법 ····· 90
1. 실험재료 ····· 90
2. 실험방법 ····· 90
가. 쌀가루의 제조 ····· 90
나. 마이크로파 가열 ····· 90
다. 이화학적 특성 분석 ····· 90
라. 미세구조 관찰 ····· 91
제 3 절 결과 및 고찰 ····· 92
1. 쌀가루의 흡열 특성 ····· 92
2. 쌀가루의 이화학적 특성 ····· 93
3. 쌀가루의 광투과도 변화 ····· 94
4. 쌀가루의 미세구조 변화 ····· 95
제 4 절 결론 ····· 98
참고문헌 ····· 99

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 4 장 마이크로파 건조 후 농산물제품의 품질 특성 ····· 101
제 1 절 서설 ····· 103
제 2 절 재료 및 방법 ····· 111
1. 실험재료 ····· 111
2. 실험방법 ····· 111
가. 수분함량 측정 ····· 111
나. 표면색도 ····· 111
다. 수분활성도 ····· 111
라. 캡사이신(Capsaicin) 측정 ····· 112
마. 캡산틴(Capsanthin) 측정 ····· 112
바. 총균수 측정 ····· 112
제 3 절 결과 및 고찰 ····· 113
1. 전자레인지 조건에 따른 품질 특성 ····· 113
2. 펄스 마이크로파 조건에 따른 품질 특성 ····· 117
3. 고추의 부위별 건조 특성 ····· 126
4. 펄스 마이크로파 최적조건에 따른 고추의 품질 특성 ····· 126
5. 펄스 마이크로파 최적조건에 따른 수분활성도 ····· 128
6. 펄스 마이크로파 최적조건에 따른 캡산틴 함량 ····· 129
7. 펄스 마이크로파 최적조건에 따른 총균수 변화 ····· 130
8. 열풍 및 마이크로파 건조 후의 품질 특성 ····· 131
9. 열풍 건조 후 마이크로파 건조의 품질 특성 ····· 132
제 4 절 결론 ····· 133
참고문헌 ····· 134

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 5 장 마이크로파를 이용한 멸치의 건조 특성 ····· 137
제 1 절 서 설 ····· 139
제 2 절 재료 및 방법 ····· 140
1. 실험재료 ····· 140
2. 실험방법 ····· 140
가. 건조 방법 ····· 140
나. 수분함량, pH, 산도 및 색도 측정 ····· 140
다. 휘발성 염기질소 함량 ····· 141
라. 지방산 측정 ····· 141
마. 유리아미노산 측정 ····· 141
바. 조직감 측정 ····· 142
사. 관능검사 ····· 142
제 3 절 결과 및 고찰 ····· 144
1. 수분함량, pH, 산도, 색도 및 휘발성 염기질소 ····· 144
2. 지방산 조성 ····· 146
3. 유리아미노산 ····· 146
4. 조직감 ····· 149
5. 관능검사 ····· 150
제 4 절 결론 ····· 154
참고문헌 ····· 155

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 6 장 마이크로파를 이용한 버섯의 건조 특성 ····· 159
제 1 절 서설 ····· 161
제 2 절 재료 및 방법 ····· 162
1. 실험재료 ····· 162
2. 실험방법 ····· 162
가. 건조 방법 ····· 162
나. 색도, 중량, 복원률 및 수분활성도 측정 ····· 162
다. Polyphenol oxidase activity ····· 163
라. 유리아미노산 측정 ····· 164
마. 니아신(Niacin) 측정 ····· 165
바. 미세구조 ····· 165
사. XRD 측정 ····· 165

제 3 절 결과 및 고찰 ····· 166
1. 마이크로파 건조방법에 따른 표고버섯의 중량 변화 ····· 166
2. 마이크로파 건조방법에 따른 표고버섯의 색도 변화 ····· 171
3. 마이크로파 건조방법에 따른 표고버섯의 복원률 및 수분 활성도 ····· 183
4. 마이크로파 건조방법에 따른 표고버섯의 효소활성도 ····· 196
5. 마이크로파 건조방법에 따른 표고버섯의 유리아미노산 조성 197
6. 마이크로파 건조방법에 따른 표고버섯의 니아신 함량 ····· 200
7. 마이크로파 건조방법에 따른 표고버섯의 미세구조 관찰 ····· 201
8. 마이크로파 건조방법에 따른 표고버섯의 XRD 분석 ····· 203
제 4 절 결론 ····· 203
참고문헌 ····· 204

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 7 장 마이크로파를 이용한 수삼의 건조 특성 ····· 205
제 1 절 서설 ····· 207
제 2 절 재료 및 방법 ····· 208
1. 실험재료 ····· 208
2. 실험방법 ····· 208
가. 건조 방법 ····· 208
나. 유전특성 ····· 208
다. 증량 및 일반성분 측정 ····· 208
라. 수분활성도 ····· 209
마. 밀도 측정 ····· 209
바. 사포닌 함량 측정 ····· 209
사. 유리당 측정 ····· 209
아. 사포닌 조성 측정 ····· 209
자. XRD 측정 ····· 210
차. EDS 측정 ····· 210
카. 생물활성 측정 ····· 210
타. 식이섬유 측정 ····· 210
파. 미세구조 관찰 ····· 211
제 3 절 결과 및 고찰 ····· 212
1. 수분함량 및 온도변화에 따른 수삼의 유전 특성 ····· 212
2. 마이크로파 건조방법에 따른 수삼의 중량 변화 ····· 213
3. 마이크로파 건조방법에 따른 수삼의 밀도 및 사포닌 함량 ··· 218
4. 마이크로파 건조방법에 따른 수삼의 유리당 함량 및 시포닌 조성 ····· 220
5. 마이크로파 건조방법에 따른 수삼의 XRD 및 EDS분석 ····· 221

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

6. 마이크로파 건조방법에 따른 수삼의 생물활성 및 식이섬유 함량 ····· 222
7. 마이크로파 건조방법에 따른 수삼의 미세구조 관찰 ····· 226
제 4 절 결론 ····· 230
참고문헌 ····· 231

제 8 장 마이크로파 건조 후 가래떡의 신소재 개발 ····· 233
제 1 절 서설 ····· 235
제 2 절 재료 및 방법 ····· 238
1. 실험재료 및 제조방법 ····· 238
2. 실험방법 ····· 238
가. 가래떡의 수분함량 ····· 240
나. 가래떡의 조리 특성 ····· 240
다. 가래떡의 색도 측정 ····· 240
라. 가래떡의 텍스쳐 측정 ····· 240
마. 건조된 가래떡의 미세구조 관찰 ····· 241
바. 가래떡의 관능검사 ····· 241
제 3 절 결과 및 고찰 ····· 243
1. 가래떡의 수분함량 ····· 243
2. 가래떡의 조리 특성 ····· 244
3. 가래떡의 색도 ····· 244
4. 가래떡의 조직 ····· 245
5. 가래떡의 미세구조 관찰 ····· 246
6. 가래떡의 관능검사 ····· 246
제 4 절 결 론 ····· 249
참고문헌 ····· 251

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 1 장 서 론

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구,최종연구보고서/농림부

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

본 연구는 농산물제품의 건조공정의 시간을 감소시키고 제품의 품질을 향상시킬수 있는 마이크로파 건조공정을 개발하는 것을 목적으로 한다.

본 연구에 있어서 연구의 범위는 다음과 같다 : 1. 마이크로파를 이용한 건조방법 개발에 있어서 수분함량에 따른 건조시간 측정, Heating rate 및 건조 후 품질특성을 조사하여 진공 및 열풍을 병행한 마이크로파 건조방법을 개발 한다. 2. 마이크로파 건조 후 쌀가루의 특성변화에 있어서 마이크로파 가열 후 쌀가루의 물리화학적 특성변화 및 전분구조를 조사하여 마이크로파의 가열 효과 및 쌀가루의 물성변화를 조사한다. 3. 마이크로파 건조 후 농수산물제품의 품질특성을 조사하여 마이크로파 건조방법의 개선 및 품질을 향상시킨다.

제 2 절 연구개발의 필요성

국내의 마이크로파 이용기술은 매우 취약한 실정에 있으며 마이크로파를 이용하였을 경우 많은 장점이 있으나 이를 이용하지 못하고 있다. 일반 건조공정은 수분함량을 35%에서 15%까지 감소하는데 소요되는 시간은 2-3일의 장시간이 소요되므로 건조공정을 개선하여 공정의 단순화 및 운영비 절감이 절실하다. 농산물에 대한 건조 방법으로 전자레인지 등에서 응용되고 있는 마이크로파를 이용한 건조연구는 전무한 실정이며, 마이크로파를 이용한 건조공정의 장점은 단시간내에 건조 가능(기존의 1/100정도), 생산비 저렴 (33% 절감), 미생물 오염 감소, 작은 설비면적 (기존의 1/5정도), 고품질 유지, 작업환경 개선, 크기에 관계없이 일정한 건조 방법을 유지할 수 있다. 본 연구는 각종 농산가공제품의 건조 및 살균에 매우 유용한 기술로서 생산비도 33%정도로 절감

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

가능하므로 농가에서 생산되는 전 농수축산물에 활용될수 있다. 따라서 획기적인 본 연구를 통하여 첨단 가공기술을 생산 현장에 적용함으로써 농산물에 대한 건조기술이 축적되고 국제수준으로 가공 식품의 품질향상을 도모할 수 있으며 농촌지역에 본 기술을 이용한 건조공장을 설치함으로서 농가소득에 기여토록 하며 건조공정의 위생화로 품질의 고급화를 꾀함과 동시에 국민의 건강에 이바지 할 수 있다.

제 3 절 지금까지의 연구개발 실적

미국, 일본등에서는 마이크로파를 이용한 건조공법이 개발되어 시판되고 있고 다른 제품에도 적용실험 단계에 있으나 농산물가공제품등에 대한 연구는 미비한 상태이며, 일본에서는 쌀을 호화시키는데 마이크로파를 이용하여 제조한 후 판매하고 있으며 미국 및 유럽에서는 마이크로파를 식품의 살균 및 해동 등에도 이용하고 있다. 현재 보고된 외국의 사례는 다음과 같다:
마카로니의 건조에 있어서 18%의 수분함량을 13%로 줄이는데, 내부온도: 82.2℃ , 15-20%의 상대습도, 공기속도 30m/min, 전력:50Kw, 915MHz의 조건에서 건조 시간은 약 12분정도가 소요되며, 제품특성은 색 및 조직감이 우수하며 미생물오염이 전무하였다. 청소시간은 시간당 6인(열풍건조 : 24인)이며,. 전기료는 20 - 25% 절감하여 생산성을 높였다. 감자칩의 경우 표면의 딱딱함과 시간이 오래 걸리는 단점을 보완하였으며, 사과칩은 높은 당과 puffing하기위해 높은 열량 필요로 하기 때문에 마이크로파를 이용하여 건조 후에 잘 부서지는 단점을 보완하였다 (Huxsal and Morgan 개발). 또한 열에 약한 제품인 오렌지, 파인애플, 레몬등에 적용하여 63Brix를 수분함량 2%로 줄이는데 드는 시간을 30분으로 감소시켰다. 곡류의 경우 일반적으로 germination

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구,최종연구보고서/농림부

되는 비율이 30% 미만인 것을 마이크로파를 이용하였을 경우 곡류에 해가 없이 75 - 81%의 수준으로 향상시켰다.

본 연구에서의 연구개발 실적은 다음과 같다.

1. 마이크로파를 이용한 건조방법 개발

MSC/EMAS를 이용하여 캐비티내의 유한요소 정식화를 하여 KH = f라는 선형 행렬식을 얻어 유한요소 정식화를 하였다. 형상 최적화 알고리즘에 의해서 최적화 모델을 구하였으며 캐비티내의 최적화 알고리즘 수렴 특성에 의하여 등전계 분포를 균일화 하였다. 3stub-tunner, Directional coupler를 이용하여 임피던스를 최적화 하였으며 진공 및 열풍 상태에서 마이크로파 발진을 할 수 있는 마이크로파/진공/열풍 건조방법을 개발하였다.

2. 마이크로파 건조 후 쌀가루의 특성변화

마이크로파 가열시 쌀가루의 흡열 특성은 가열시간이 증가할수록 에너지양 및 온도가 증가하였으며 수분함량은 감소하였다. 가열시간이 증가 할수록 일반성분의 변화는 없었으며 수분용해도 및 수분흡수도는 증가하였다. 흡광도 또한 가열시간이 증가할수록 증가하였으며 최대흡수파장은 감소하였다. 투과도의 변화는 60℃ 부근에서 급속히 증가하였으며, 가열시간이 증가할수록 투과도도 증가하였다.

3. 마이크로파 건조 후 농산물제품의 품질특성조사

일반전자레인지 각 조건(해동, 약가열 및 강가열)에 따른 마늘 및 양파의 건조실험은 마이크로파의 출력 및 시간이 증가할수록 수분함량은 감소하였으나 L값 또한 감소하여 품질의 열화를 나타내었다. 펄스 마이크로파의 강도에 따른 마늘,양파 및 고추의 건조실험 결과 출력(power)이 감소할수록 수분함량은 감소하였고 건조시간은 증가하였으나 품질은 향상되었다. 펄스 마이크로파의

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

최적조건은 power level 2(140w)로 나타났다. 마이크로파 건조 후 고추의 부위별 수분함량은 차이를 나타내었으며 전자레인지 Power level 2에 따른 고추의 건조시간은 80분 정도가 소요되었다. 양파를 제외한 고추 및 마늘의 수분활성도는 감소하여 장기 저장이 가능한 것으로 나타났다. 본 연구 결과 마이크로파 가열 후에도 고추의 Capsanthin 함량이 많이 존재하였으며 마이크로파 가열 후 미생물이 나타나지 않아 살균효과도 나타내어 마이크로파 건조 가 열풍건조에 비해 우수하였으며, 수분함량 50%까지 열풍건조 후 마이크로파 건조시 품질이 향상 되어 열풍 및 진공을 이용한 마이크로파 건조방법의 가능성을 제시하였다.

4. 마이크로파를 이용한 버섯의 건조 특성

마이크로파를 이용한 표고버섯의 건조 후 품질 특성(수분함량, 색도, 효소활성도, 유리아미노산, 수분활성도, 복원률, 미세구조, 니아신 함량, 관능검사)은 마이크로파 건조 후 표고버섯의 수분함량이 13% 이하로 감소하였으나 (수분활성도 0.7이하) 버섯의 상태는 수축현상 없이 매우 양호한 상태를 보였으며, 색도 역시 생체 표고버섯의 L, a, b값과 큰 차이를 나타내지 않았다. 미세구조 관찰 결과 조직의 수축현상은 크지 않았으며 유리아미노산 및 니아신 함량도 큰 변화를 나타내지 않았다. 관능검사 결과 마이크로파와 진공을 병행한 건조방법이 전반적인 기호도에서 가장 높은 기호도를 나타내었다. 본 연구 결과 마이크로파 진공 건조 방법이 표고버섯의 건조에 가장 우수하였으며 산업화 진행시 진공도가 중요한 변수가 되는 것으로 나타났다.

5. 마이크로파를 이용한 멸치의 건조 특성

멸치를 열풍건조 후 마이크로파, 마이크로파/열풍, 마이크로파 진공의 건조방법을 이용하여 각각 이들에 5분 건조 1분 정지를 12회 및 10분 건조 1분 정

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

지를 6회 반복하는 방법으로 처리하여 품질 특성을 검토한 결과 수분함량, pH, 색도, 산도, 휘발성 염기질소는 마이크로파 건조방법에 따라 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 지방산 조성은 일반 멸치(대조구)의 경우 포화산이 38.34%, 모노엔산이 22.91%, 폴리엔산이 38.75%로 나타났으며 마이크로파 건조방법도 각각 비슷한 구성을 나타내었고 각 건조방법 공히 palmitic acid와 docosahexaenoic acid의 함량이 많았다. 마이크로파 건조 후 마른 멸치의 palmitic acid의 함량이 대조구에 비하여 현저히 감소하는 것으로 나타났다. 주요 유리아미노산은 각 마이크로파 건조 방법 공히 alanine, arginine, lysine, leucine 등으로 나타났다. 조직감 측정은 대조구에 비교하여 마이크로파 건조 방법이 각 측정항목에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며 관능검사 결과 마이크로파 진공 건조 방법이 가장 우수한 것으로 나타났다. 본 연구 결과 마이크로파 건조 후 멸치의 품질 특성이 우수하였으며 산패방지 효과 및 유통기간 연장 효과도 증가하였다.

6. 마이크로파를 이용한 수삼의 건조 특성

마이크로파를 이용하여 건조한 수삼의 수분 함량, 건조 시간에 따른 수분 활성도의 변화, 유전특성, 유리당의 함량, ginsenoside의 함량 등의 성분 변화를 알아보았다. 마이크로파의 처리 조건은 예비 실험을 통하여 Ef=2.94, If=8.32, EBm=4.46, Ib=0.025에서 3분간 작동 2분 정지를 1회로 하여 24시간 288회 동안 건조하였다. 마이크로파로 건조를 하였을 경우 수삼의 수분함량이 73%에서 14%로 까지 건조가 일어났으며 이때의 Aw는 0.57을 나타내었다. 건조가 일어나면서 시간에 따른 수분 활성도의 변화는 완만하게 감소함을 나타내었다. 수삼의 유전 특성에서 유전 상수값은 수분 함량이 증가함에 따라서 증가함을 보여 주었고 수분 함량이 50-80%로 증가함에 따라 유전 상수값도 24.2에서 51.5로 증가하였으며 유전 손실 값은 17.0에서 19.1로 증가

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

하였다. 온도에 변화에 따른 유전 상수 값은 40℃에서 53.4로 높은 값을 나타내었고 유전 손실율은 60℃에서 23.0으로 높은 값을 나타내었다. 건조 후 유리당의 함량은 Fructose=0.34mg/g, Glucose=0.36mg/g, Sucrose=12.77mg/g, Maltose=0.64mg/g 였다. Ginsenoside 함량은 Rb1=0.70mg/g, Rc=0.17mg/g, Rd=0.12mg/g, Re=0.02mg/g, Rg1=0.16mg/g 였다. 수삼을 마이크로파를 이용하여 건조하였을 경우 항산화 및 항암효과가 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구 결과 마이크로파를 이용하여 수삼의 품질을 향상 시키며, 수삼의 건조시 마이크로파 최대출력의 최적화를 확립하여 산업화에 이용될 전망이다.

7. 마이크로파 건조 후 가래떡의 신소재개발

국내 떡류 생산의 대부분을 차지하고 있는 떡국용 가래떡의 신소재 개발을 위하여 마이크로파의 건조 후의 특성(수분함량, 색도, 복원률, 고형분용출량, 조직감, 미세구조, 관능검사)을 조사한 결과 마이크로파 건조 후 수분함량이 40%로 감소하였으나, 시료의 상태는 수축현상 없이 매우 양호한 상태를 보였으며, 색도 역시 대조구와 큰 차이를 나타내지 않았다. 복원률이나 고형분 용출량에 있어서는 마이크로파 건조 방법간에 차이가 있었다. 조직 특성은 마이크로파 및 열풍을 병행한 건조방법이 가장 조직이 단단한 것으로 나타났으며, 미세구조는 마이크로파 처리가 균일한 건조 효과를 보여 주었다. 관능검사 결과 색상, 경도, 쫀득성, 씹힘감촉 및 전반적 기호도에서 마이크로파 및 진공을 병행한 건조 방법이 가장 우수함을 나타내었다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 2 장　마이크로파를 이용한 건조방법 개발

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 1 절 서 설

국내의 농산물가공제품 생산량은 계속적인 증가추세에 있으며, 농산물가공제품 제조시 건조공정시간의 증가로 인한 시설면적의 확대와 미생물의 오염이 증가되었다. 그러나 건조공정 시간의 감소와 건조시설의 축소로 인한 농산물제품의 품질개선과 운영비 절감을 꾀하고 경쟁력 강화를 위한 마이크로파의 건조방법에 대한 연구가 매우 미흡한 실정이다. 또한 국내의 마이크로파 이용기술은 매우 취약한 실정에 있으며 마이크로파를 이용하였을 경우 많은 장점이 있으나 이를 이용하지 못하고 있다. 일반 건조공정은 수분함량을 35%에서 15%까지 감소하는데 소요되는 시간은 2-3일의 장시간이 소요되므로 건조공정을 개선하여 공정의 단순화 및 운영비 절감이 절실하며 농산물에 대한 건조 방법으로 전자레인지 등에서 응용되고 있는 마이크로파를 이용한 건조연구는 다음과 같은 장점으로 인하여 농가소득에 기여할 수 있다. 마이크로파를 이용한 건조공정의 장점은 다음과 같다.

① 단시간내에 건조 가능(기존의 1/100정도)
② 생산비 저렴 (33% 절감)
③ 미생물 오염 감소
④ 작은 설비면적 (기존의 1/5정도)
⑤ 고품질 유지 -- 식품 내외부를 고루 건조시킴
영양소 비파괴
색도 유지(갈변화 방지)
⑥ 작업환경 개선 -- 소음방지 및 청결도 유지
⑦ 크기에 관계없이 일정한 건조 방법 유지
⑧ 작업안정성 우수
⑨ 열에 약한 제품도 건조 가능

따라서 마이크로파 건조 기술이 확립되면 각종 농산가공제품의 건조 및 살균

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

에 매우 유용한 기술로서 생산비도 33% 정도로 절감 가능하므로 농가에서 생산되는 전 농수축산물에 활용될수 있으며 첨단 가공기술을 생산 현장에 적용함으로써 농산물에 대한 건조기술이 축적되고 국제수준으로 가공 식품의 품질향상을 도모할 수 있다. 또한 마이크로파를 이용하여 건조공정의 단순화로 제품의 품질을 높여 생산성 증진 및 운영비를 절감하며 앞으로 많은 건조제품들이 개발 될 전망임으로 본 기술을 활용 할 뿐만 아니라, 농촌지역에 본 기술을 이용한 건조공장을 설치함으로서 농가소득에 기여토록한다. 건조공정의 위생화로 품질의 고급화를 꾀함과 동시에 국민의 건강에 이바지하고 공기오염으로 인한 환경문제를 해결 할 수 있는 건조방법의 개발 또한 시급한 문제이다.

마이크로파 이용의 경제성에 있어서 마이크로파 가열건조 공정은 종래의 열풍건조 공정에 비해서 공정시간의 단축, 설비의 소형화, 제품의 품질향상, 에너지절감 등의 장점을 갖고 있기 때문에 공정개선이나 합리화를 통하여 공정의 개발 및 기존설비의 대체 등을 유도할 수 있다. 육류의 경우, 진공을 이용하여 열풍 건조공정, 마이크로파 건조공정 및 감압상태에서 마이크로파 건조공정의 공정시간을 조사한 결과는 그림 1과 같다. 즉 감압상태에서 마이크로파를 이용하였을 경우 공정시간을 제일 많이 단축시킬수 있다는 것을 알수 있다. 또한 진공동결건조와 마이크로파 건조공정의 경제성을 비교하였을 경우는 표 1과 같다. 마이크로파 건조공정의 대표적인 성공사례인 마카로니 건조공정을 예(표 2)를 들어보면 마카로니 수분함량이 18%까지 열풍 건조공정을 이용하고 그 이후의 공정을 마이크로파를 이용하였을 경우 생산원가를 시간당 $1.23을 절약하였으며 건조기의 길이도 20M 이상으로 단축되었고 생산시간도 6.5시간 단축되었다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 1. 진공동결건조시 마이크로파와 종래방식과의 비교

항 목	종래방식	마이크로파 건조 방법
제품 1Kg당 소비전력	0.222 Kwh	0.117 Kwh
냉동 process 전력	0.242	0.298
진공계전력	0.024/0.75 Kwh	0.012/0.568 Kwh
건조사이클	12 시간(2사이클/일)	4.8시간(5사이클/일)
1일 생산량	468Kg (100)	1170Kg (250)
설비비	$129,000 (100)	$165,405 (125)
제품 1Kg당 생산비 (에너지, 인건비, 보수비, 감가상각비등 포함)	$0.06	$0.04

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 2. 마이크로파를 이용한 건조공정의 경제성 비교

항 목	열풍건조공정	마이크로파건조공정
건조기의 길이	30 - 50 M	8M
건조 소요시간	8 시간	1.5 시간
청소공수	24인/시간	6인/시간
총균수	1	감소
소요에너지	1	0.75
생산원가	$4.67/시간	$3.44/시간

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

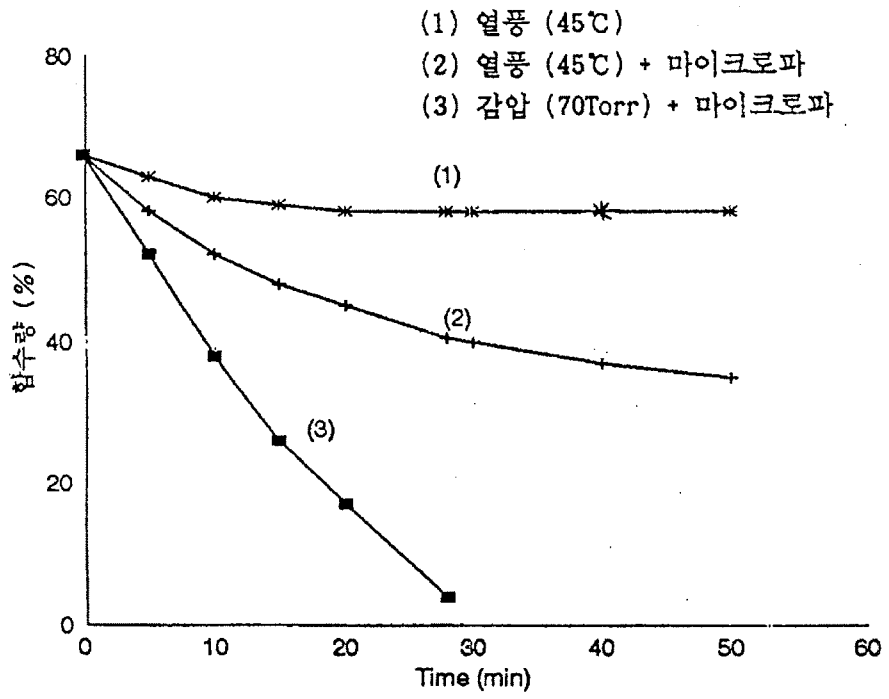


그림 1. 육류 건조 공정의 수분함량 및 건조시간의 변화

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

현대 산업에 있어서는 가열에 의해 물질의 물리적, 화학적 성질이나 기계적 성질을 바꾸어서, 소재를 요구하는 성질이나 모양에 가깝게 가공해서 제품을 만들고 있으며, 일반적으로 물건을 만드는 과정에서 대개의 경우 가열과 건조를 목적으로 하는 공정이 있다. 가열을 하는 방법으로는 중유나 가스의 연소에 의한 불꽃이나 온풍, 증기 혹은 전열등 적외선의 복사열이 이용되어 왔다. 이것들은 모두가 피가열체의 외측으로부터의 열원에 의해서 물체의 표면을 가열, 그 물체의 열전도에 따라 서서히 내부까지 가열되어지는 방법이다. 일반적으로 이 가열방법을 외부가열이라 한다. 이에 반해 마이크로파 가열은 유전체 손실에 의한 발열을 유효하게 이용하는 것으로 피가열물체가 발열체로 되어 물체 내부로 부터 가열이 되어지기 때문에, 내부가열 또는 직접가열이라 하고 있다. 이러한 내부가열방식은 일반적으로 열효율이 아주 높고 또 짧은 시간에 가열 할수가 있는 것이다.

마이크로파를 이용한 물체의 가열은 물체에 직접 가열되는 현상이 아니고 공간을 통해 마이크로파를 방사하는 방법으로 물체에 열을 발생하게 된다. 전자파는 금속의 경우에는 표면에서 반사가 일어나고, 금속이 아닌 유전체의 경우는 전자파가 내부로 투과되어 전자파의 전계 작용에 의해 내부의 하전체인 전자나 원자핵 등을 이동시킨다. 유전체의 경우 내부의 하전체들이 속박되어 있으므로 자유로이 이동하는 것이 아니라 전계방향으로 변위를 일으킨다. 이러한 현상을 분극이라 하고 물질내부에 속박되어 있는 하전체의 종류에 따라 분극의 종류도 달라진다. 전자분극은 원자를 구성하고 있는 정전하의 원자핵과 그 주위를 회전하고 있는 부전하의 전자가 외부전계의 영향으로 편향되는 분극을 말한다. 즉, 원자분극은 분자를 구성하고 있는 각 원자가 외부전계로 인하여 원자간 간격이 변위되는 분극을 말하며, 배향분극은 2종이상의 원자가 결합한 분자인 쌍극자의 경우 외부전계에 의해 그 방향으로 쌍극자가 정렬되는 것을 말한다. 따라서 각종 분극이 전자파의 전계에 따라 반복운동 즉 진동이나 회전이 발생한다. 즉 전계가

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

가해지면 전기적 평형상태에서 전계방향에 따라 분극현상이 반복 발생한다. 분극 운동이 외부전계에 의해 반복적으로 일어날때 분자내의 마찰에 의해 열이 발생한다. 각 분극의 특성주파수에서 전자분극은 자외선 영역까지, 쌍극자분극은 마이크로파 영역까지 갖는다. 즉 각종 분극에 대해 열이 발생하는 주파수 영역이 다르다.

마이크로파의 가열원리는 금속이나 반도체와 같이 전계가 가해지면 자유로이 움직이는 전자를 갖는 것이 전도체인 반면, 절연물을 전계내에 놓여져도 전자의 움직임(전류)은 생기지 않고, 정전하와 부전하가 평형위치로 부터 변위되어 전하가 분리하는 분극현상을 일으킨다. 이와 같은 성질을 갖는 물질을 유전체라 하는데 이 분극현상이 높은 주파수의 전계에 의해서 반복되어질때 전계의 에너지중 일부가 유전체에 흡수되어 유전체 손실로 되어 발열된다. 마이크로파는 공간을 자유로이 전달하지만 금속면에서는 반사하고 전기적으로 절연물인 유전체 내에서는 그 에너지를 점차 잃어가면서 전달한다. 이 에너지의 감쇠는 유전체에 의한 마이크로파의 흡수, 즉 마이크로파 가열로 나타난다. 유전체를 전계내에 놓으면, 유전체의 도처에서 분극이 생긴다. 이들 분극이 합체 유전체의 표면에 전하를 띠게 하는데, 미시적으로 보면 분극은 몇개의 서로 다른 구조로 이루어져 있다. 이들 구조 중에서 마이크로파 영역에서 가열에 기여하는 것은 배양분극(방위분극)인데, 즉 이것은 분자나 이온에서 쌍극자를 갖는 H_2O, HCl등의 물질에 전계를 가함에 따라 쌍극자가 전계의 방향으로 정열해서 생기는 분극을 말한다. 유전체에 전파가 닿으면, 유전체를 구성하고 있는 분자(쌍극자)가 전파(전계)의 힘을 받아 전기적 평형상태에서 전계방향의 변화에 따라 진동을 시작하는데, 이 분극진동이 분자간의 마찰로 되어 발열현상을 일으킨다. 즉 가해진 전자파 에너지가 분자의 진동에너지로서 소비되어 물체내에서 열로 바뀌어 가는 것이다. 공가에 놓여진 유전체에 마이크로파를 조사하면 그 단위체적당 소비전력 P는 다음과 같으며 ε_r, $\tan\delta$ 는 모두 고유의 값으로 온도나 주파수에 따라 변화한다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

P = 소비전력

f = 마이크로파 주파수

E = 마이크로파 전계

ε_r = 비유전유

tanδ = 유전체 손실각

마이크로파에서의 가열은 내부가열이라 해도 전자파는 피가열물체의 표면에 조사되어 표면으로 부터 들어가 유전손실에 의해 흡수 되어지면서 점차 내부로 전달되어 간다. 따라서 내부로 들어가는 만큼 전계는 약하게 되어 손실계수 ε_r, tanδ가 큰 물질 일수록 내부 가열이 어렵게 된다. 이와 같은 전자파의 침투성을 나타내는 데에 전력반감심도라는 값을 사용하고 있다. 이것은 물체에 조사된 마이크로파의 전력 밀도가 물체의 표면에 있어서의 값보다 반으로 감쇠하는 거리를 나타내는 것이다. 물과 어름의 ε_r, tanδ은 양 계수 모두 물이 얼음보다도 훨씬 큰 값을 가지는데 마이크로파를 이용하여 해동된 물체, 즉 냉동해산물을 해동하려는 경우 아주 나쁜 효과를 볼 수도 있다. 즉 냉동식품의 일부 얼음이 빨리 물로 변화하면서 마이크로파는 이 물의 부분에 급속히 흡수되어 다른 부분이 아직 얼어 있는데 물의 부분만이 고온으로 되게 된다. 이와같은 경우에는 마이크로파를 간헐적으로 가해 열전도에 의한 열의 확산을 이용해서 온도 상승이 균일하게 되게 끔 하는 것이 필요하게 된다. 참고로 테프론, 폴리스틸렌이나 석영등은 마이크로파를 거의 흡수하지 않는다. 이 특성을 이용해서 마이크로파 가열용의 내부에 사용하고 있다.

마이크로파는 주파수가 300MHz에서 30 GHz(파장이 1m 에서 1cm)범위의 전파로서, 이 파장대역의 전파는 파장이 긴 UHF인 TV방송에서 가장 파장이 짧은 영역에

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

있는 인공위성과의 통신, 또 전영역에 걸친 레이더 등 아주 넓은 범위에서 이용되고 있으며 가장 중요한 전파로 되어있다. 그 때문에 한정된 주파수의 대역범위를 혼란없이 유효하게 이용할 목적으로 국제적인 약속에 따라 주파수 할당이 이루어 지고 있다. 다음은 각 주파수의 파장 및 용도를 나타낸 것이다.

<table>
<tr><th>주파수</th><th>파장</th><th colspan="2">명칭</th><th>주된용도</th><th>공업용도</th></tr>
<tr><td>30 - 300KHz</td><td>10E4 - 10E3</td><td>LF</td><td rowspan="2">중파</td><td rowspan="3">방 송</td><td rowspan="2">유도가열</td></tr>
<tr><td>300 - 3000KHz</td><td>10E3 - 10E2</td><td>MF</td></tr>
<tr><td>3 - 30MHz</td><td>10E2 - 10</td><td>HF</td><td>단파</td><td rowspan="3">유도가열
마이크로
파가열</td></tr>
<tr><td>30 - 300MHz</td><td>10 - 1</td><td>VHF</td><td>초단파</td><td>TV 방송</td></tr>
<tr><td>300 - 3000MHz</td><td>0.1 - 0.01</td><td>SHF</td><td>극초단파
,마이크로파</td><td>UHF TV 방송
마이크로파통신</td></tr>
<tr><td>3 - 30GHz</td><td>0.01 - 0.001</td><td>EHF</td><td>밀리파</td><td>밀리파통신</td><td></td></tr>
</table>

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

마이크로파의 특징은 가열시간이 짧다는 것이다. 마이크로파 가열은 피가열 물체가 발열체로 되는 내부가열이므로 열전도에만 의존하는 외부가열에 비해 단시간에 가열할 수 있으며 열효율이 높다. 즉, 마이크로파는 피가열물에만 흡수되어 피가열체 이외의 물질을 고온으로 상승시키지 않기 때문에 열효율이 높다. 또한 가열전력의 제어가 용이하며, 응답이 빠르고, 작업의 개시, 종료에서 가열의 온도조정이 전부 순식간에 이루어진다. 복잡한 형상의 것도 비교적 균일하게 가열할 수 있다.

마이크로파의 이점은 가열공정의 자동화 및 에너지를 절약할 수 있다. 가열장치의 점유면적을 작게할 수 있고, 작업환경의 개선과 작업의 안전을 꾀할 수 있다. 진공가열시 가열은 열전도나 적외선 같이 복사열을 이용하는 방법밖에 사용할 수 없으며 열전도인 경우에는 에너지 공급이 제한되어 복사열 및 적외선은 에너지 밀도가 낮다. 마이크로파 가열을 행하면 진공중에서도 가열 및 건조를 할 수가 있어 진공도에 따라 에너지 밀도를 증가 시킬수 있다. 또한 감압하에서 가열하면 낮은 온도에서 건조할 수 있고 역으로 고압하에서도 가열 할 수 있다.

마이크로파 건조장치를 개발하는 연구 중 최대의 문제점은 국부가열(Runaway heating) 및 단면효과(Edge effect) 현상이다. 전자는 물질중의 일부분에 마이크로파 손실계수(ε_r, $\tan\delta$)가 큰 부분이 있으면 그 부분에 마이크로파 전력이 집중적으로 흡수되어 과열되는 현상이며 후자는 물질에 돌기부가 있는 경우 그 부분에 마이크로파 전계가 집중되어 과열하는 현상이다. 이러한 것들은 마이크로파 가열에 공통되며 또한 본질적으로 해결할 문제이나 이러한 요소들을 어느정도로 실용가능한 정도로 억제시키는가가 개발의 중요한 요소가 된다. 이러한 현상을 방지하기 위해 마이크로파 전력을 간헐적으로 조사하는 가열방법(Carry over heating) 혹은 해동, 건조 처리중에 피물질에 일정한 외기바람을 만들어 주입하는 방법등이 있으나 완전한 방법은 아니다. 기존에 적용되고 있는 방법으로는 중량의 자동 측정 장치를 설치한 턴테이블(Turn table), 마이크로파 전계 교반용

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

스터러팬(Stirrer fan)등을 설치하는 방법이 있다.

전자파를 전력원으로 적용하는 캐비티(Cavity) 내에 전계(Electric field)에 작용하느 크기는 앞에서 설명한 바와 같이 매우 큰 영향을 준다. 캐비티는 다공진 모드를 가지는 구조의 챔버(Chamber)이므로 일정한 마이크로파가 가해진다 해도 내부 캐비티의 형상에 따라 그 분포가 매우 다르게 된다. 따라서 전자파를 균일하게 유지하기 위한 조치에 최우선은 이상적인 캐비티를 설계하는 문제 부터 시작하게 된다. 마이크로파를 조사하는 캐비티에는 많은 부하(물과 같은 유전율이 큰 재질)가 들어오면 상대적으로 내부에 존재하는 다공진 모드는 파괴되지만 수분이 증발할수록 내부의 모드(Mode)가 재형성되어 최종 부하에 적용되는 전계에너지는 국부가열을 행하는 결과가 된다. 이러한 목적에서 이상적인 건조 시스템의 구성을 하기 위한 캐비티 설계 시뮬레이션이 실시되었고, 그 결과 캐비티 형상을 설정할 수가 있는 것이다. 이러한 컴퓨터 설계 시뮬레이션을 이용하고 있는 경우는 일본등지에서 현재 이용되고 있다. 이러한 시스템을 이용하여 건조물의 가열정도와 전파 출력량, 캐비티 내부전파 형태를 산출해 내는 것이다.

마이크로파 건조장치 캐비티의 전자계해석은 매우 중요하며 마이크로파 건조장치의 개발을 위한 설계를 위해서는 우선적으로 캐비티내에서 정밀한 전자파 해석이 뒷받침 되어야 한다. 지금까지 현장에서는 주로 경험에 의해 설계가 이루어졌기 때문에 캐비티내의 전자파 분포해석에 근거한 최적설계가 이루어지지 못하고 시행착오적인 방법으로 설계를 행하였다. 그러나 이러한 경우에는 설계상 문제가 발생하면 정확한 전자파의 분포를 알지 못하기 때문에 설계의 개선 방향을 설정하기가 어렵다. 따라서 캐비티내의 전자파 해석은 매우 중요하다. 캐비티내의 전자파 해석은 임의의 형상을 갖는 부하가 캐비티내에 있는 경우를 고려하기 때문에 반드시 정량적인 해석을 수행해야 한다. 그리고 수치해석적 기법을 사용하여야만 해석이 가능하다. 그러나 매우 높은 주파수의 전자파를 다루어야 하기 때문에 수치해석상 다음과 같은 문제점들이 발생하게 된다. 1) 마이크로파 건조

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

장치의 기본성능과 균일분포향상을 위한 전자계분포 해석을 통한 캐비티내 정밀한 전자파 해석 2) 전자파 분포해석에 최적설계를 통한 마이크로파 건조장치의 구성기간 단축 3) 전자파 집속에 의한 이상현상(Hot spot)의 사전예측 및 신뢰성 확보 등이다.

마이크로파 건조장치 캐비티의 전자계 해석을 위한 프로그램 구성은 첫째, Pre-processor, 유한요소법을 전자파 해석에 적용할 경우 우선 해석대상을 요소분할하고 각 요소에 대한 매질상수 및 source 데이타를 입력시키게 된다. 따라서 해석대상의 형상, source 매질상수등에 대한 데이터를 자동적으로 입력시킬수 있는 프로그램이 필요하다. 둘째, Main-processor, 캐비티 및 균질부하에 대한 전자파 해석을 위하여 정확도 및 수치해석상 효율성을 높일수 있는 경계조건 처리 및 Solver에 대한 알고리즘 프로그램이다. 셋째, Post-processor, Main-processor에서 계산된 결과를 출력하기 위한 프로그램으로 캐비티 및 부하내의 전계와 자계의 세기 분포 및 전자계의 벡터적 분포를 얻을 수 있는 프로그램이다.

마이크로파 건조장치 전자파 해석시 고려사항은 다음과 같다. 1. 마그네트론에 의한 마이크로파 발진 2. 도파관에 의한 신호 전송 모드(Mode) 3. Slot antenna에 의한 방사계 4. 캐비티 내부에서의 반사파 계산 5. 전자계에 의한 전력 전송 6. 각 물질에서의 전력 손실이다. 이들 중 마그네트론에서의 발진주파수와 유도전류는 마그네트론의 크기가 인가전압 및 재질등 여러 변수에 따라 결정된다. 본 마이크로파 건조장치에서는 출력이 얼마인가에 따라 캐비티내에서의 소비전력을 예측하고 그 분포를 확인하고자 한다

1. 도파관에서의 신호 전송

마그네트론에서 나온 출력을 도파관과의 결합방법에 따라 도파관내에서는 TE mode나 TM mode가 존재하게 될것이다. 따라서 각 mode에 대한 해석을 하여 E분포와 H 분포를 계산하고 도파관에 전송되는 전력을 계산, 이때 도파관의 wave

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

impendence를 계산하고 Guide wave length를 계산하여 도파관의 특성을 조사하고 도파관에서의 손실전력을 계산할 수가 있다.

2. Slot에서의 방사

도파관에서 전송되는 전자계는 구형 Slot에 의하여 캐비티내에 방사하게 된다. 이때 Slot의 폭과 길이에 따라 방사 특성이 변하므로 이에 대한 해석을 하여야 하며 도파관의 특성, Impendence와 Slot의 특성, Impendence가 같지 않게 되면 효율이 떨어지게 된다. 이를 Impendence matching이라 한다.

3. 캐비티 내부에서의 반사파

캐비티 내부의 벽면에서 반사되는 여러 mode의 전자계 분포와 위상을 계산하여 전체의 분포를 얻을 수 있어야만 내부에서의 전력 전송을 구할 수 있으며 소비전력을 구할수 있다.

5. 각 물질에서의 소비전력

대부분의 유전체는 그 특성에 따른 고유값을 가지고 있으나 주파수 및 온도에 따라 특성이 변화하게 된다. 또한 유전체 자체가 포함하고 있는 수분에 함량이 다르므로 그 값에 차이가 생길 수 있다.

마이크로파를 이용한 건조기의 개요를 살펴보면 마이크로파의 주파수 대역은 300MHz에서 300GHz의 범위를 말하며 파장의 길이는 1M에서 1㎜까지의 파장을 갖는다. 실제로 산업, 과학 및 의료용에서는 Industrial Scientific and Medical Use(ISM)라고 하여 주파수를 한정적으로 사용하고 있다. 할당주파수는 표 3과 같다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 3. ISM 할당주파수

할당주파수(MHz)	허용편차(MHz)	파장(cm)
915	25	32.8
2,450	50	12.25
5,800	75	5.17
24,125	125	1.24

마이크로파 건조기의 기본구성은 마이크로파 발진기 즉 마그네트론 부분을 말하며, 아이소레이터는 가열부로 부터 반사 전력을 흡수하여 마이크로파 발진기의 손상을 막아주는 보조 역활을 한다. 마이크로파 배분기는 도파관으로 부터 마이크로파를 가열부로 손실이 없도록 전달해 주는 역활을 한다. 튜너(Tunner)는 전자파가 가열부에 많이 전달되도록, 반사전력이 최소가 되도록 조절하는 장치이다. 마이크로파의 침투 깊이는 내부로 깊이 들어갈 수록 전파가 감소됨으로 전계가 약해지고, 따라서 유전체 손실이 큰 물질 일수록 내부가열이 용이하다. 주파수나 손실계수가 커지면 깊이는 작아짐으로 내부 깊이 까지 균일 가열이 안 일어날 수가 있다. 그러므로 손실계수를 가능한 감소시키고 손실계수가 큰 물질은 낮은 주파수대를 사용하여 균일하게 가열하도록 한다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 2 절 재료 및 방법

1. 유한요소 정식화

유한요소 정식화는 MSG/EMAS 프로그램을 이용하여 정식화 하였다.

2. 형상 최적화 알고리즘

형상 최적화 알고리즘은 최대 경사법 (Steepest decent method) 사용하여 설계변수를 개선하였다.

3. 캐비티(Cavity) 내의 전자계분포 최적화

행렬 방정식을 이용하여 알고리즘 수렴 특성을 구하였다.

4. 등전계 분포도

평면의 임피던스 측정을 하여 등전계 분포를 구하였다.

5. 마이크로파 건조기 설계 및 제작

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 3 절 결과 및 고찰

1. 유한 요소 정식화

캐비티(cavity)내의 유한요소 정식화를 위하여 자기평면 도파관 접합의 경우 유한요소법이 적용될 부분이고 자기평면의 2차원적 모델에서는 TE모드만이 존재한다고 가정하여 자기평면에서 스칼라양인 전계의 세기(E) 대신에 자계의 세기(H)에 대한 Helmholtz 방정식을 유도하면 다음과 같다.

$$\nabla \times \frac{1}{\varepsilon_r} \nabla \times \vec{H} - k_0^2 \mu_r \vec{H} = 0 \qquad (1)$$

여기서 $k_0 = \omega\sqrt{\varepsilon\mu}$ 이다.

식(1)에 기존의 절점을 기초로한 형상함수를 사용하면 가상해가 존재하는 문제가 발생을 한다. 따라서 가상해가 존재하는 divergence-free 조건을 기본적으로 만족시키는 변요소를 사용하여 식(1)에 Galerkin법과 벡터등식을 사용하면 다음과 같다.

$$\int_\Omega \left[\frac{1}{\varepsilon_r} (\nabla \times \vec{H}) \cdot (\nabla \times \vec{W_i}) - k_0^2 \mu_r \vec{H} \cdot \vec{W_i} \right] dv + \qquad (2)$$

$$\oint_\Gamma \left[\hat{n} \times \frac{\nabla \times \vec{H}}{\varepsilon_r} \right] \cdot \vec{W_i} ds = 0$$

여기서 W_i는 가중함수(weighting function)로 삼각형 변요소의 형상함수를 사용하였다. 따라서 W_i는 다음과 같다

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

$$\vec{W}_i = L_j \nabla L_k - L_k \nabla L_j \tag{3}$$

여기서 $L_i = \frac{a_i + b_i x + c_i z}{2\Delta}$ 이고,

i,j,k는 순환수이다.

식(3)에서 삼각형내의 절점과 변과의 관계는 그림 2와 같으며 식(3)에서의 표면적분항은 해석하고자 하는 도파관접합에서 두 부분으로 나누어 처리할수 있다. 먼저 도파관을 구성하는 도체벽면으로 그림 2의 Γ_{wc}에 대해 고려하면 멕스웰방정식으로부터 전계의 세기(E)는 다음과 같다.

$$\vec{E} = \frac{\nabla \times \vec{H}}{j w \epsilon} \tag{4}$$

식(4)와 도체벽면에서 전계세기의 접선방향성분은 없다는 전제조건으로 부터 식(2)의 표면적분항은 Γ_{wc}에서 고려하지 않아도 된다. 다음은 도파관과 도파관이 접속되는 경계면으로 그림 3의 Γ_w 부분이다. 먼저 입력단인 단자 1에 대하여 고찰하면 이 표면의 경계적분항을 처리하기 위해서 도파관 접합부에 TE_{10} 모드가 입력되고, 이표면은 고차모드가 없어질 정도로 도파관접합부에서 충분히 멀다고 가정하여 멕스웰방정식으로 부터 구하면 다음과 같다.

$$\vec{H} = \frac{j}{w\mu} \nabla \times \vec{E} \tag{5}$$

식(5)에서 TE모드의 경우 y방향의 전계의 세기는 다음과 같다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

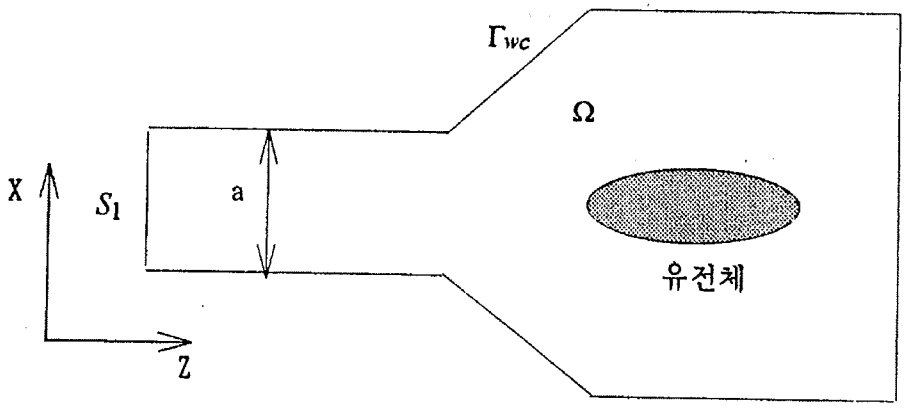


그림 2. 2차원 자기 평면 캐비티

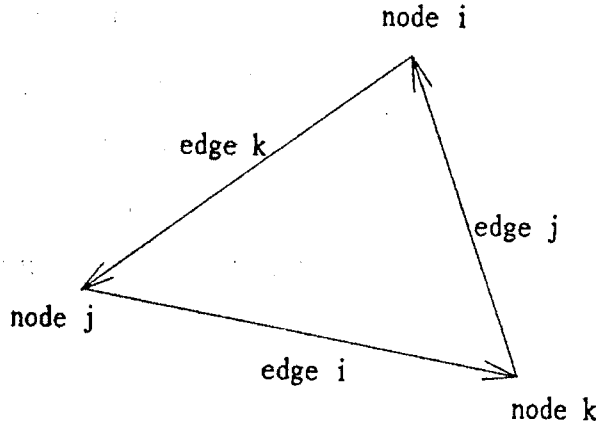


그림 3. 절점과 변과의 관계

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

$$\vec{E} = (E_0 e_{10} e^{-jkz} + RE_0 e_{10} e^{jkz}) \hat{y} \qquad (6)$$

여기서 E_0는 입력전계 세기의 최대치이다.

$$e_{10} = \sin \frac{\pi}{a} x ,$$

a는 도파관의 폭

R은 반사계수이다.

따라서 자계의 세기는 다음과 같다.

$$\vec{H} = \frac{j}{w\mu} [\quad \hat{x}(jk)(E_0 e_{10} e^{-jkz} - RE_0 e_{10} e^{jkz}) + \hat{z}(\frac{\pi}{a})(E_0 \cos \frac{\pi}{a} x e^{-jkz}) + RE_0 \cos \frac{\pi}{a} x e^{jkz})] \qquad (7)$$

식(7)과 벡터등식을 사용하면 다음의 식을 유도할 수 있다.

$$\hat{n} \times (\nabla \times \vec{H}) = \hat{x} [\quad \frac{jk}{w\mu}(E_0 e_{10} e^{-jkz} + RE_0 e_{10} e^{jkz}) + \frac{j}{w\mu}(\frac{\pi}{a})^2 (E_0 e_{10} e^{-jkz} + RE_0 e_{10} e^{jkz})] \qquad (8)$$

$$\hat{n} \times \hat{n} \times \vec{H} = \hat{x}(\frac{k}{w\mu})(E_0 e_{10} e^{-jkz} - RE_0 e_{10} e^{jkz}) \qquad (9)$$

여기서 n은 표면에서의 단위 외향벡터이고,

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

$k=\sqrt{k_0^2-(\frac{\pi}{a})^2}$ 이다.

식(8)과 식(9)에서 다음의 식을 유도할 수 있다.

$$\hat{n}\times(\nabla\times\vec{H}) \tag{10}$$
$$=j\gamma\hat{n}\times(\hat{n}\times\vec{H})+j\gamma\frac{2k}{w\mu}E^{inc}\hat{x}$$

여기서 $\gamma=k+\frac{1}{k}(\frac{\pi}{a})^2$이고,

$E^{inc}=E_0e_{10}e^{-jkz}$ 이다.

식(10)을 식(2)의 표면적분항에 대입하면 다음과 같다.

$$\int_\Omega[\ \frac{1}{\varepsilon_r}(\nabla\times\vec{H})\cdot(\nabla\times\vec{W_i})-k_0^2\mu_r\vec{H}\cdot\vec{W_i}]\ dv+ \tag{11}$$
$$\oint_{\Gamma_w}[\ \frac{1}{\varepsilon_r}(j\gamma)(\hat{n}\times\vec{H})\cdot(\hat{n}\times\vec{W_i})ds=-\oint_{\Gamma_w}E^{inc}W_{ix}\frac{2k}{w\mu\varepsilon_r}j\gamma ds$$

여기서 W_{ix}는 W_i의 x방향성분이다.

식(11)을 한 요소내에서 식(12)과 같이 변요소의 형상함수로 보간하면 식(13)과 같은 요소 행렬을 얻을수 있다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

$$H^e = \sum_{i=1}^{3} \vec{W}_i H_i \tag{12}$$

$$K^e H^e = f^e \tag{13}$$

$$\begin{aligned} K_{ij}^e = & \frac{1}{\varepsilon_r} \frac{(b_j c_k - c_j b_k)(b_k c_i - c_i b_k)}{4\Delta^3} \\ & - k_0^2 \mu_r \int_{\Omega^e} [\ L_j L_k \nabla L_k \nabla L_i - L_j L_i \nabla L_k \nabla L_k \\ & - L_k L_k \nabla L_j \nabla L_i + L_k L_i \nabla L_j \nabla L_k]\ dv \\ & + j \frac{\gamma}{\varepsilon_r} \int_{\Gamma_a^e} [\ \hat{n} \times W_j \cdot \hat{n} \times W_i]\ ds \end{aligned} \tag{14}$$

$$f_i^{\,e} = -j \frac{2k\gamma}{w\mu\varepsilon_r} \int_{\Gamma_a^e} E^{inc} \frac{L_j b_k - L_k b_j}{2\Delta}\, ds \tag{15}$$

따라서 식(13)을 모든 요소에 대하여 계산하여 다음과 같은 선형 행렬식을 구하였다.

$$KH = f \tag{16}$$

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

2. 형상 최적화 알고리즘

최적화 알고리즘을 적용하기 위해 먼저 목적함수를 정의 하여야한다. 목적함수를 F(p,H)라 하면, 목적함수는 설계변수벡터(p)와 상태변수(H)의 함수가 된다. 그러므로 목적함수의 설계변수에 대한 민감도는 다음과 같다.

$$\frac{dF}{dp} = \frac{\partial F}{\partial p} + \frac{\partial F}{\partial H}\frac{dH}{dp} \tag{17}$$

식(17)의 첫항은 설계변수의 변화만에 의해 목적함수가 직접 영향을 받는 양을 나타내며, 둘째 항은 설계변수의 변화에 의해 상태변수가 변화하여 목적함수에 영향을 주는 양을 나타낸다. 즉, 목적함수가 설계변수의 양함수(explicit function)일 때 첫항이 계산 되어진다. 식(17)에서는 수식적으로 계산할수 있으나 dH/dP의 계산은 용이하지 않다. 따라서 이를 계산하기 위해 먼저 식(16)의 양변을 설계변수에 대해 미분하면 다음과 같다.

$$\frac{dH}{dp} = K^{-1}\frac{\partial}{\partial p}[\ f - K\hat{H}] \tag{18}$$

여기서 H는 식(16)의 해이다.

식(18)을 식(17)에 대입하면 다음과 같다.

$$\frac{dF}{dp} = \frac{\partial F}{\partial p} + \frac{\partial F}{\partial H}K^{-1}\frac{\partial}{\partial p}[\ f - K\hat{H}] \tag{19}$$

식(19)에서 K^{-1}를 수치적으로 구하려면 많은 시간을 필요로 함으로 보조변수(adjoint variable) 벡터 λ를 도입하면 다음과 같은 식을 구할 수 있다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

$$\frac{\partial F}{\partial H} K^{-1} = \lambda \tag{20}$$

시스템 마트릭스 K의 대칭성을 이용하면 식(19)를 다음과 같이 치환할 수 있다.

$$\frac{dF}{dp} = \frac{\partial F}{\partial p} + \lambda \frac{\partial}{\partial p} [\ f - K\hat{H}] \tag{21}$$

결국 목적함수의 설계변수에 대한 민감도를 계산하기 위해 식(16)과 식(20)으로 부터 유도되는 다음의 식에 의해 계산할 수 있다.

$$K\lambda^T = (\frac{\partial F}{\partial H})^T \tag{22}$$

그런데 식(16)과 식(22)에서 같은 K를 사용함으로 식(22)를 계산하기 위해 재조립하는 과정을 생략할 수 있다.

식(21)에서 구한 민감도를 최대경사법(steepest descent method)에 대입함으로서 설계변수를 개선하여 형상 최적화 알거리즘을 구했다.

$$p_i^{(k)} = p_i^{(k-1)} - \alpha \frac{dF}{dp} \tag{23}$$

여기서 α는 진행거리, P_i는 i번째 설계변수이다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

3. 캐비티내의 전자계 분포 최적화

캐비티(cavity)가 비균일 물질(inhomogeneous material)로 차 있을 경우에 내부의 전계는 다음과 같은 파동방정식(wave equation)을 만족하여야 한다.

$$\nabla \times (\frac{1}{\mu_r}\nabla \times \vec{E}) - k_o^2 \varepsilon_r \vec{E} = 0 \qquad (24)$$

여기서 $K_0 = W(\varepsilon_0\mu_0)^{1/2}$이다.

식(24)에 Galerkin법을 적용하면 다음과 같다.

$$\int_v \vec{N} \cdot \left[\nabla \times (\frac{1}{\mu_r}\nabla \times \vec{E}) - k_0^2 \varepsilon_r \vec{E} \right] dv = 0 \qquad (25)$$

여기서 N은 적육면체 변요소의 형상함수이다.

식(25)에서 벡터등식과 발산 정리를 적용하여 정리하면 다음과 같다.

$$\int_v \left[\frac{1}{\mu_r}(\nabla \times \vec{N}) \cdot (\nabla \times \vec{E}) - k_0^2 \varepsilon_r \vec{N} \cdot \vec{E} \right] dv - \int_s \vec{N} \cdot (\hat{n} \times \frac{1}{\mu_r}\nabla \times \vec{E}) ds = 0 \qquad (26)$$

여기서 n은 외부로 향하는 단위법선벡터이다.

식(26)에서 체적적분에 대한 이산화는 전 영역에서 모두 같은 형태로 이루어지고, 그때 요소행렬의 원소는 다음과 같다

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

$$K_{ij}^{e} = \int_{V^e} \frac{1}{\mu_r} (\nabla \times \vec{N}_i^{e}) \cdot (\nabla \times \vec{N}_j^{e}) dv \qquad (27)$$

$$M_{ij}^{e} = \int_{V^2} k_0^{2} \varepsilon_r \vec{N}_i^{e} \cdot \vec{N}_j^{e} dv$$

면적부의 경우는 완전도체인 면에서는 그 값이 '0'이 된다. 여기서는 내부에 소스(source)를 두지않고 해석하였기에 어느 한 면에는 입사파(incident wave)가 있어야 시스템 방정식을 해결할 수 있다. 그러므로 그림 5에서와 같이 해석 영역의 경계면중 입사파가 존재하는 면(S1)에 대해서는 면적분의 값이 '0'이 되지 않는다.

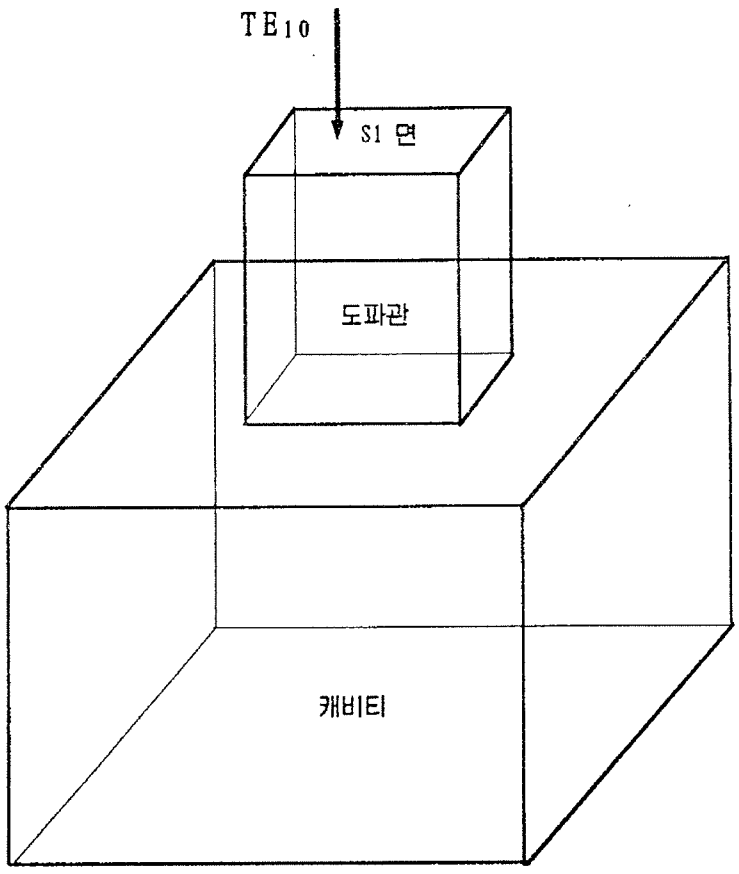


그림 5. 마이크로파 건조장치를 위한 시뮬레이션 모델

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

입사파가 있는 면에 대한 고려를 하기 위해 그 면에서의 전계를 식(28) 같이 나타내기로 한다. 단 입사파는 TE_{10}라고 생각하고 반사파도 도파관의 길이가 충분히 길어서($\lambda_g/2$이상) TE_{10}으로 가정할 수 있다. 식(28)과 같이 표현된 전계에 대해서 식(26)을 면적분하여 풀고 면적분 항에 대한 요소 행렬의 원소를 구하면 다음과 같다.

$$\vec{E}(x,y,z) = \vec{E}^{inc} + \vec{E}^{ref} \tag{28}$$

$$= \hat{y}E_0 \sin(\frac{\pi x}{a})e^{-jk_z z} + \hat{y}RE_0 \sin(\frac{\pi x}{a})e^{-jk_z z}$$

R : 반사계수 (Reflection coefficient)

$k_z = \sqrt{k_0^2 - (\frac{\pi}{a})^2}$

a : 도파관의 폭

$$B_{ij}^{\ e} = \int_{s1} \frac{\gamma}{\mu_r}(n \times \vec{N}_i^{\ e}) \cdot (n \times \vec{N}_j^{\ e}) ds \tag{29}$$

$$F_{ij}^{\ e} = \int_{s1} \frac{1}{\mu_r} \vec{N}_i^{\ e} \cdot \vec{U}^{e^{inc}} ds$$

따라서 다음과 같은 지배방정식을 구하였다.

$$(K - M - B)X = F \tag{30}$$

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

4. 등전계 분포도

초기에 얻어진 마이크로파 건조장치내 등전계 분포는 그림 6과 같다.

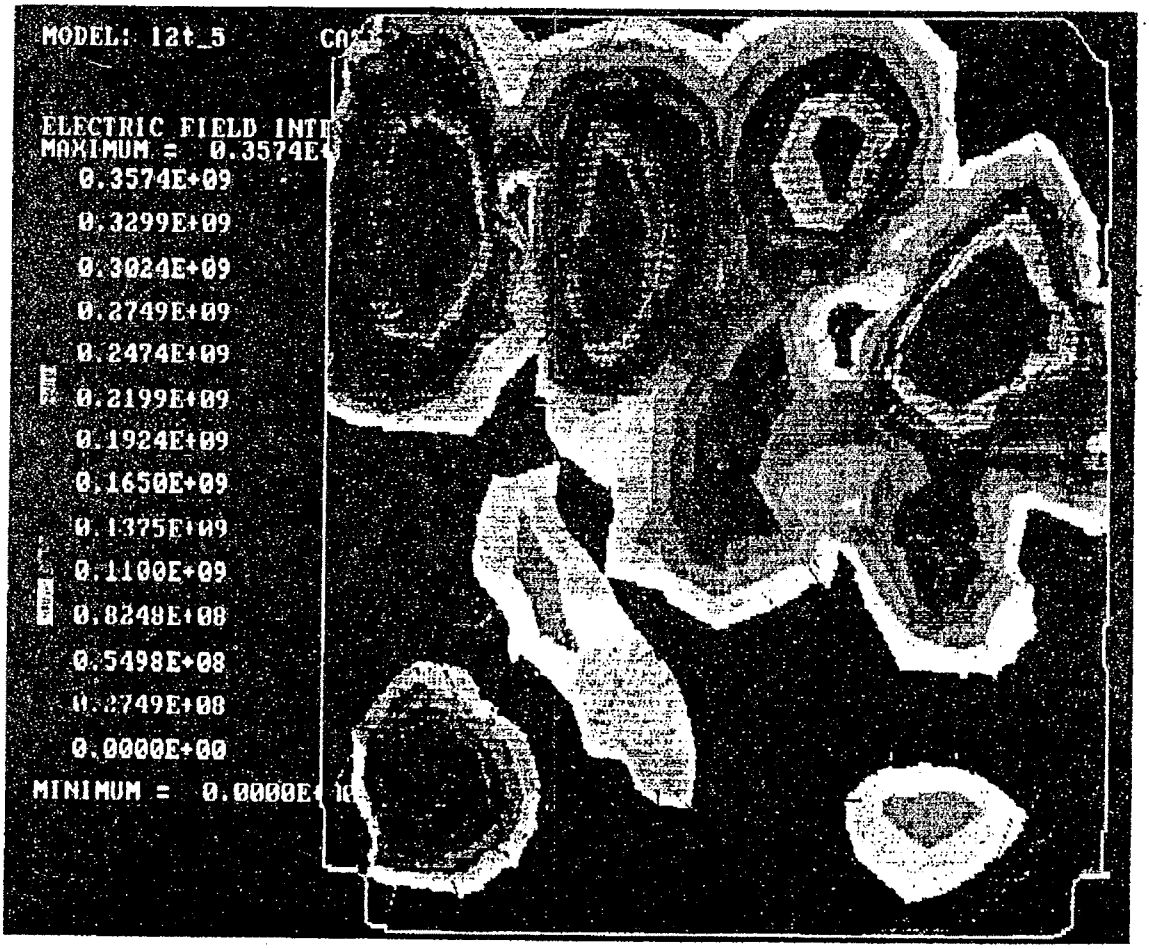


그림 6. 초기 모델의 캐비티의 형상 및 등전계 분포도

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

유한 요소 정식화 및 형상 최적화 알고리즘에 의해 최적화된 캐비티의 형상 및 등전계 분포도는 그림 7과 같다. 그림 7에서 나타내듯이 그림 6과 비교하면 각 모서리를 제외 하고는 균일한 분포도를 가짐을 알 수 있었다.

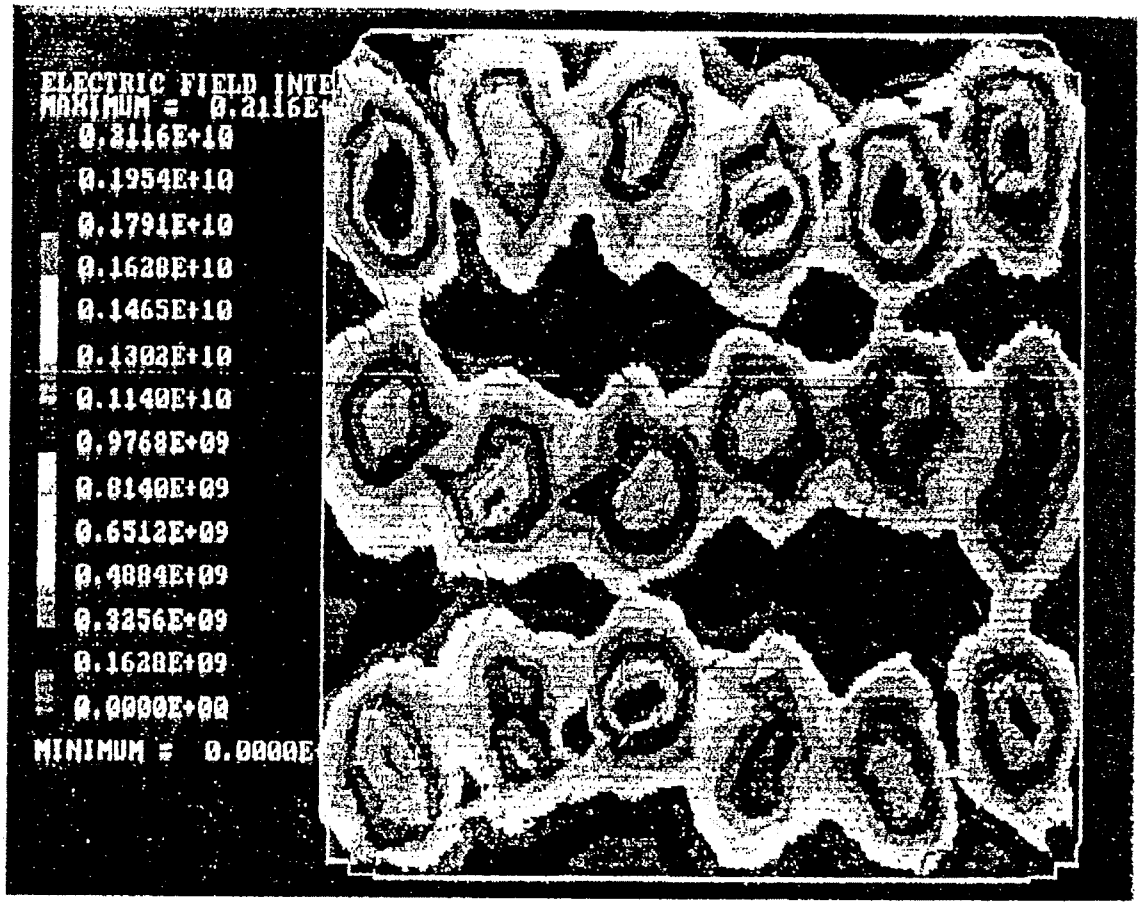


그림 7. 최적화된 캐비티의 형상 및 등전계 분포도

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

5. 마이크로파 건조기 설계 및 제작

가. 마이크로파 건조기 장치 설명

1) 조작판의 각부명칭

* 그림. 참고란 참조바람

(1) 초단파 (MODE 0) - MAGNETRON을 SOURCE로 하여 2.45G HZ의 주파수를 발생 시켜 이 출력을 이용하여 LOAD를 건조시킨다.

(2) 초단파/진공 (MODE 1) -이 MODE는 위에서 설명한 초단파와 진공을 동시에 이용하여 LOAD를 건조 시킨다.

(3) 열 풍 (MODE 2) - 이 MODE는 1.5KW의 HITER를 이용하여 LOAD를 건조 시킨다.

(4) 열풍/초단파 (MODE 3) - 이 MODE는 초단파와 열풍을 동시에 이용하여 LOAD를 건조 시킨다

(5) MGT 냉각 - 이 MODE는 MAGNETRON의 발진으로 인하여 MAGNETRON의 BODY 온도가 상승하여 MAGNETRON의 손상을 입힐 수 있므으로 이를 방지키 위해 강제 냉각을 시킨다.

(6) IMP.SETUP - 이 MODE는 부하에 대한 최적의 임피던스를 맞추기 위해 STIRREN를 동작 시켜 임피던스를 측정할때 사용한다. (계측기와 함께)

(7) 자 동 - 동작 형태를 선택한 후 그 동작에 대한 방식중 자동을 의미한다.

(8) 수 동 - 동작 형태를 선택한 후 그 동작에 대한 방식중 수동을 의미한다.

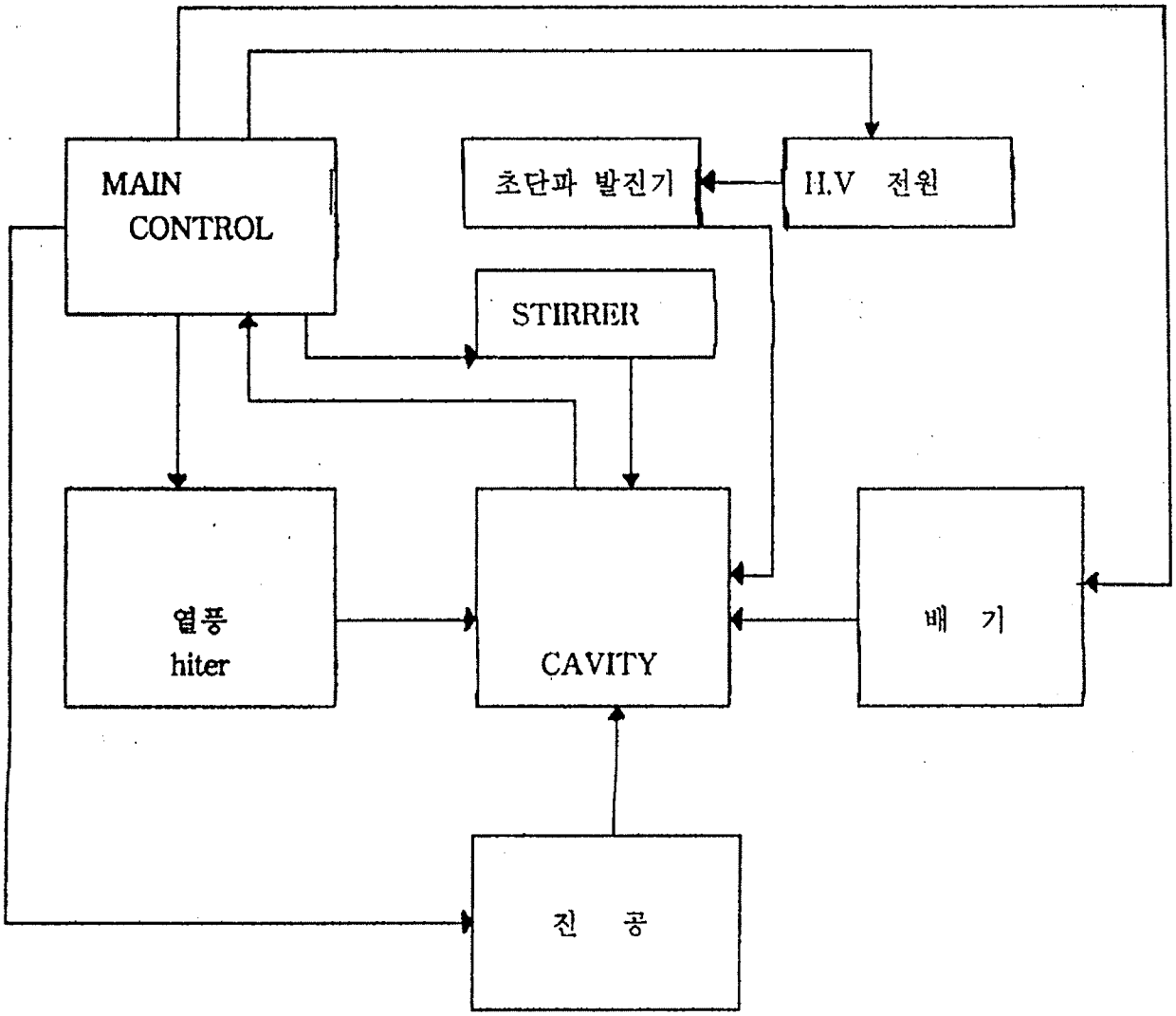
(9)안 전 확 인 - 이 Lamp는 MODE 선택과 자동, 수동 선택이 있는 후 최종적인 안전을 확인한 의미에서의 확인 Lamp이다.

(10)시 작 - 시스템의 시작를 의미한다.

(11)정 지 - 시스템의 정지를 의미한다.

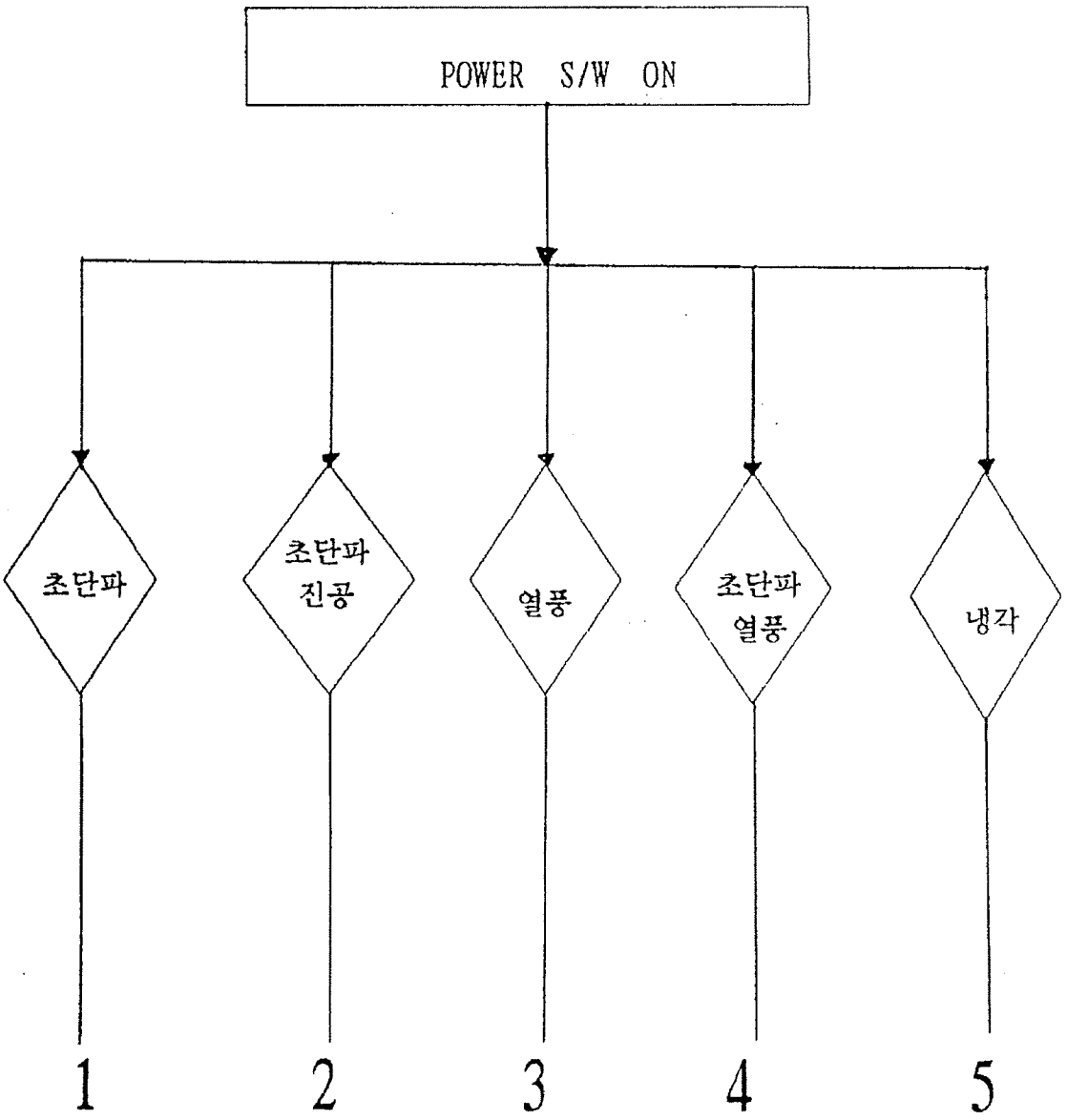
자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

나. 마이크로파 건조기 개략도



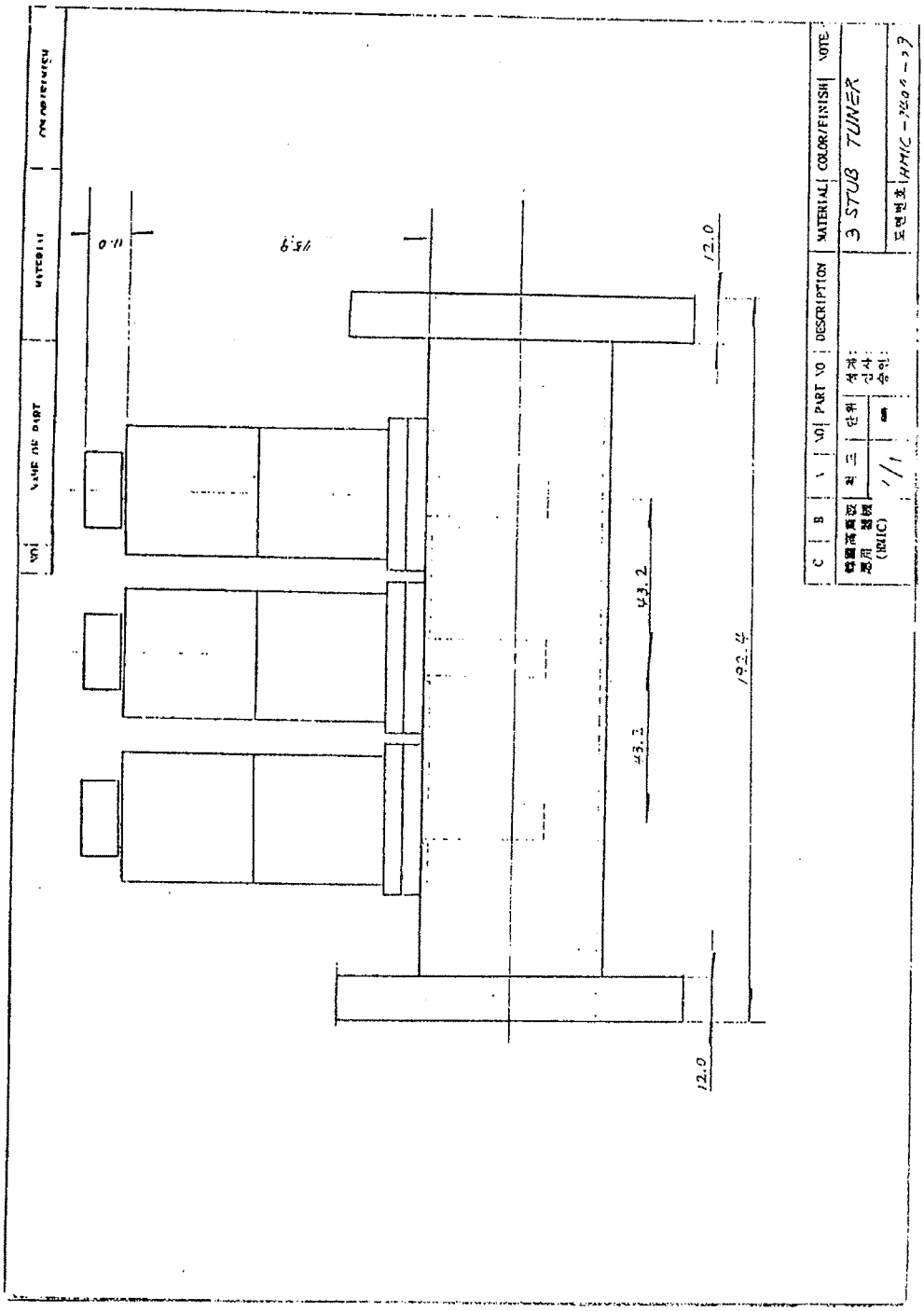
자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

다. 마이크로파 건조기 흐름도(Flow Chart)



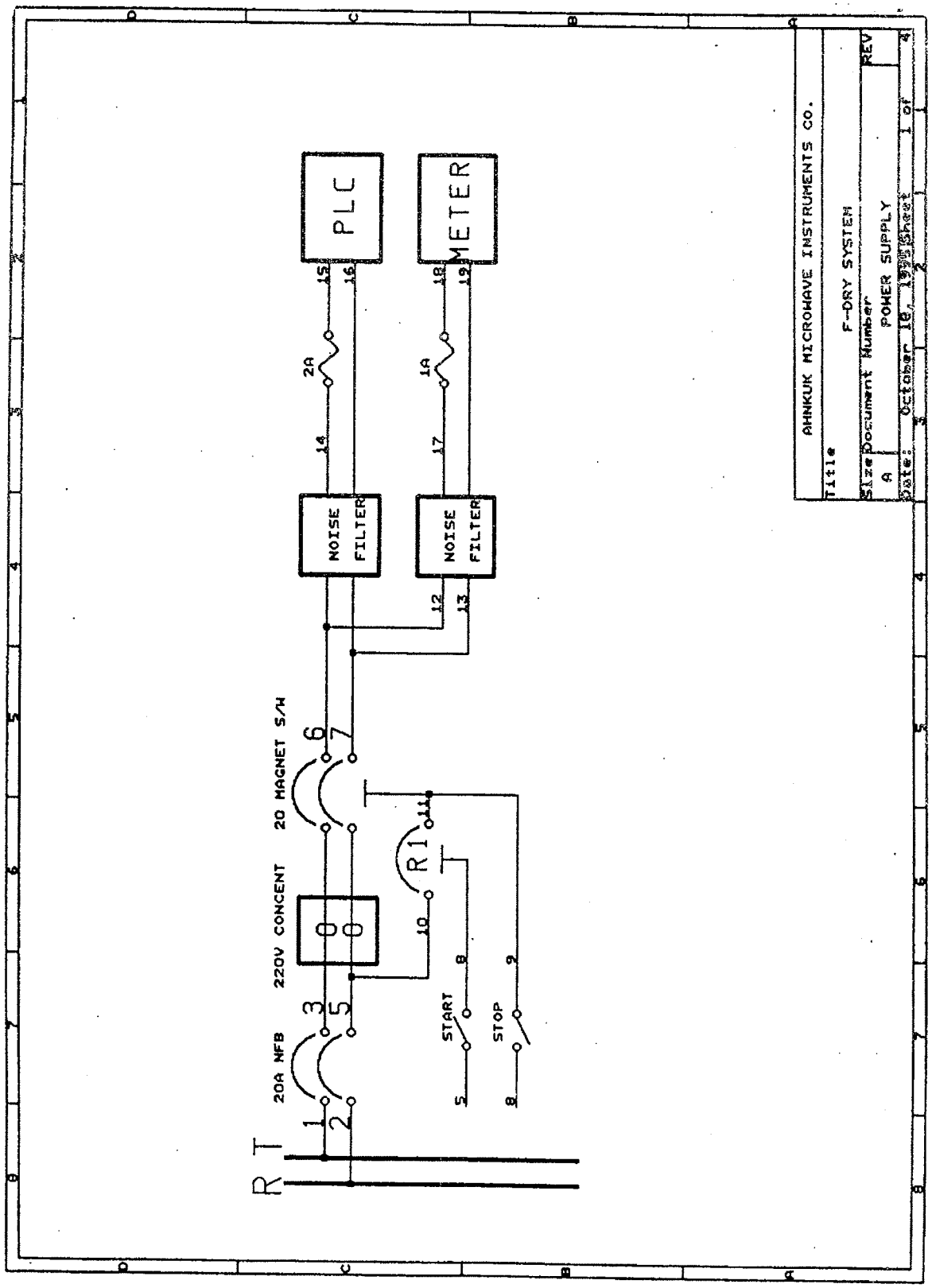
자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

라. 마이크로파 건조기 3stub-tunner 설계도면



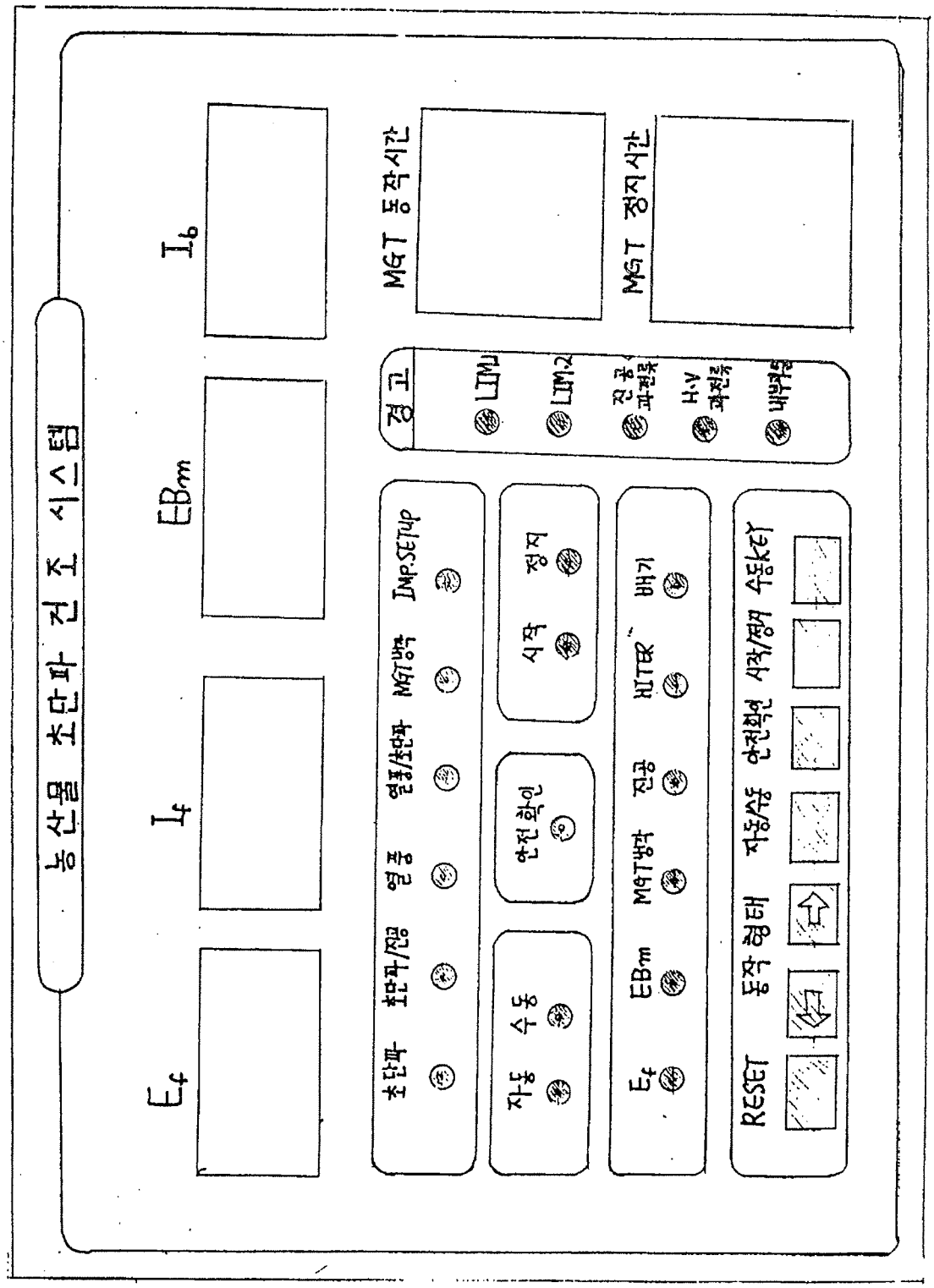
자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

마. 마이크로파 건조기 회로도



자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

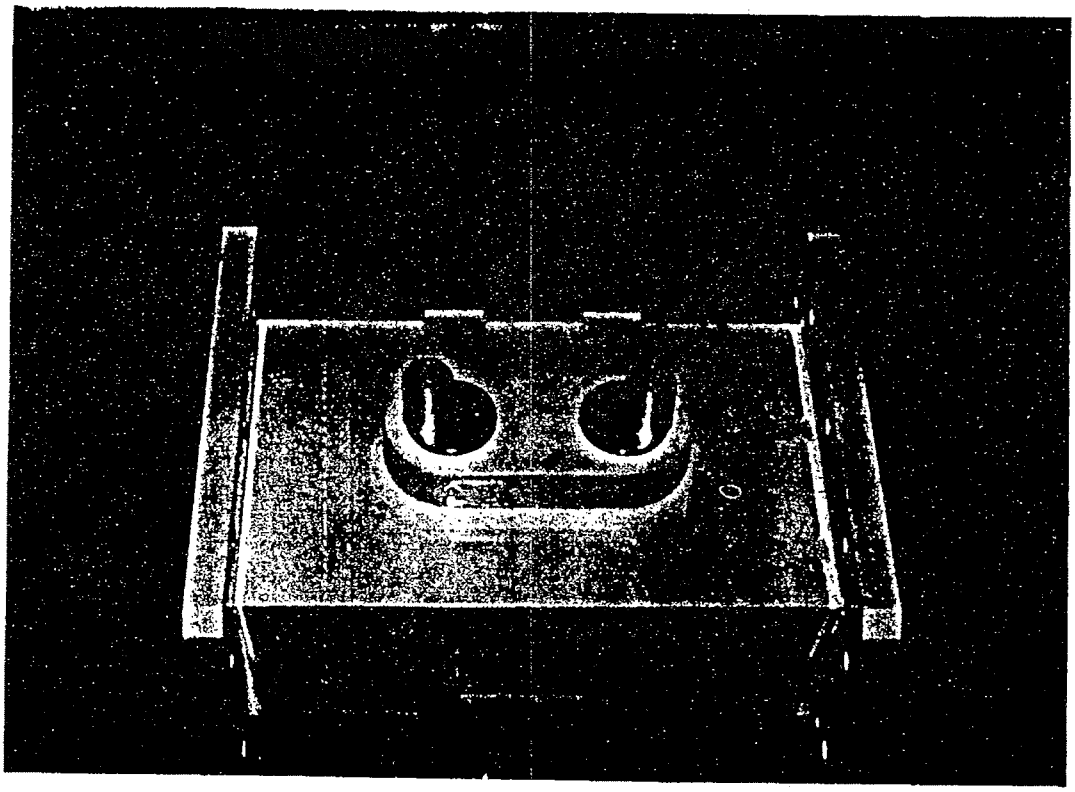
바. 마이크로파 건조기 도면



자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

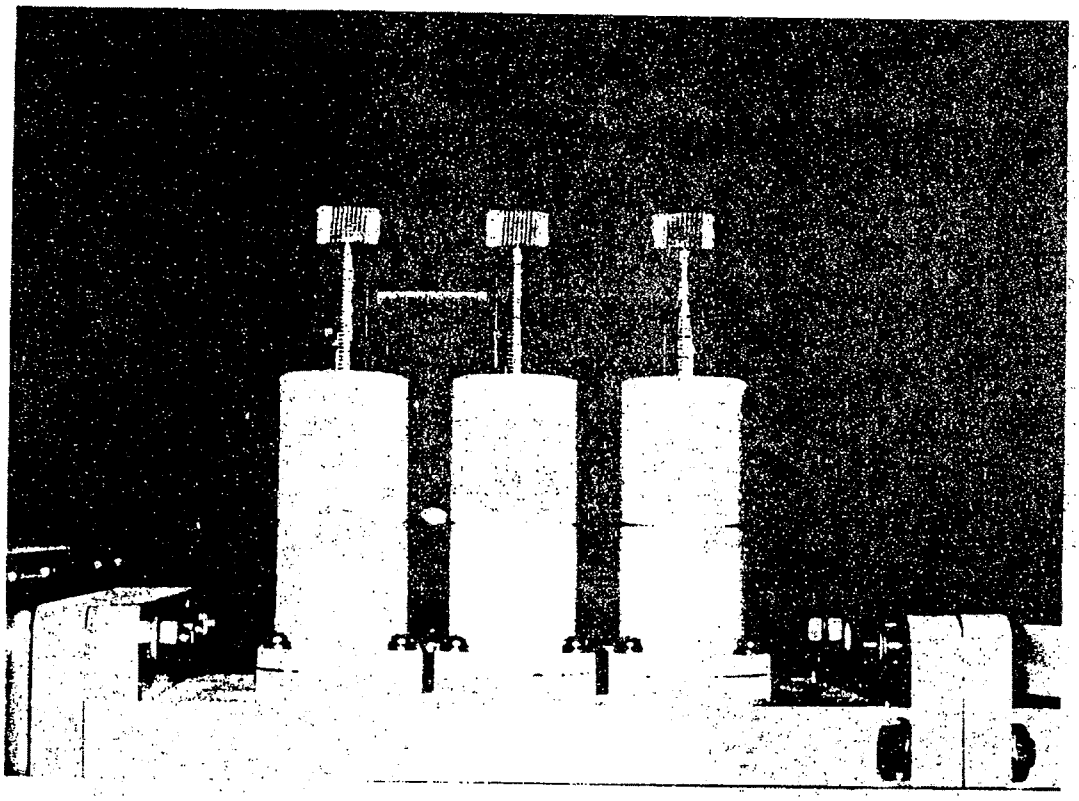
사. 마이크로파 건조기 실형 사진

1) 마이크로파 건조기의 Directional coupler



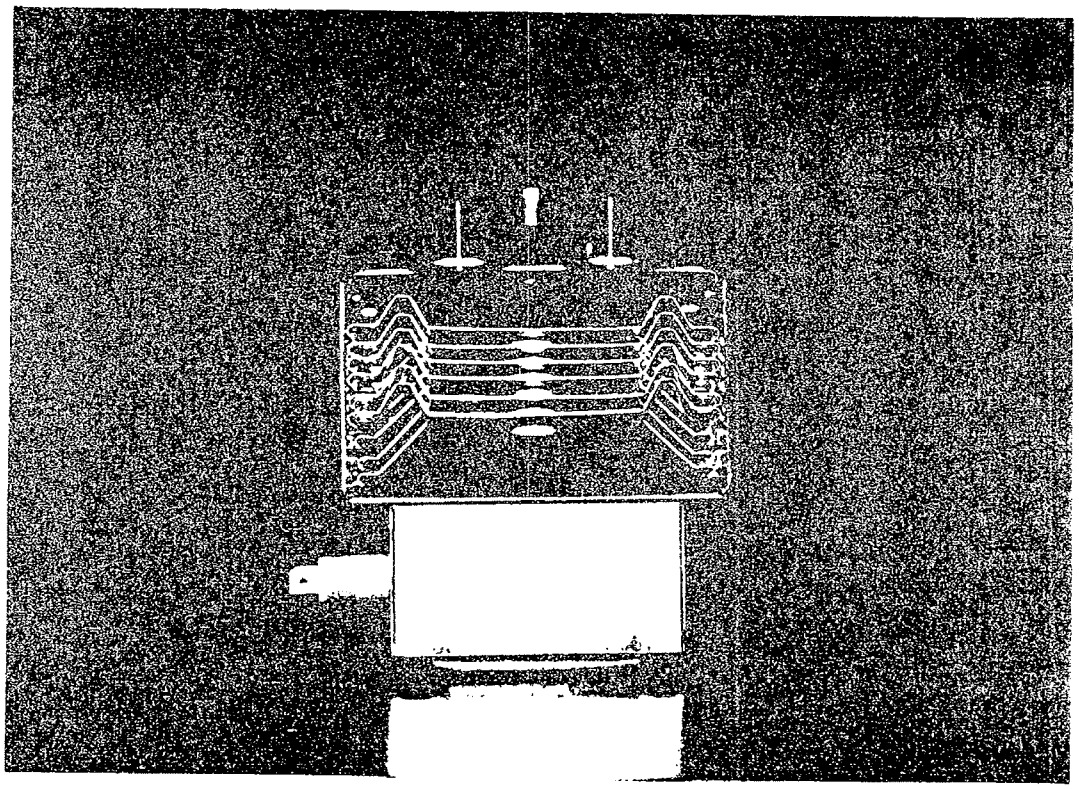
자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

2) 마이크로파 건조기의 3stub-tunner



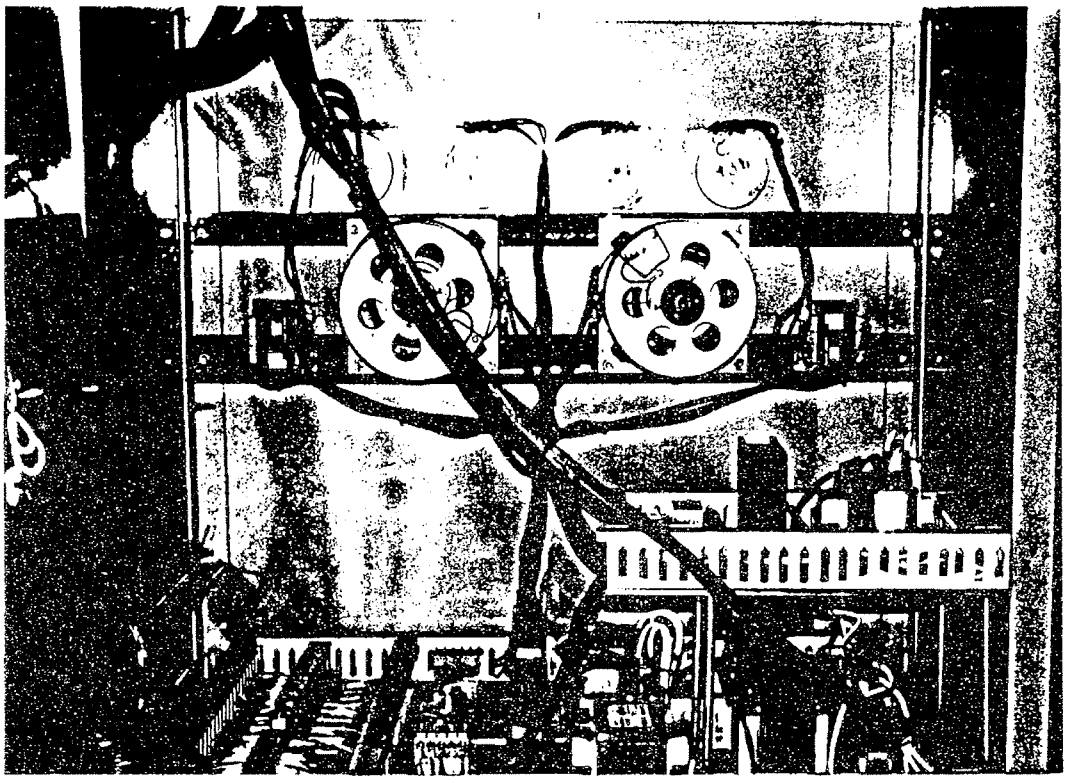
자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

3) 마이크로파 건조기의 마그네트론



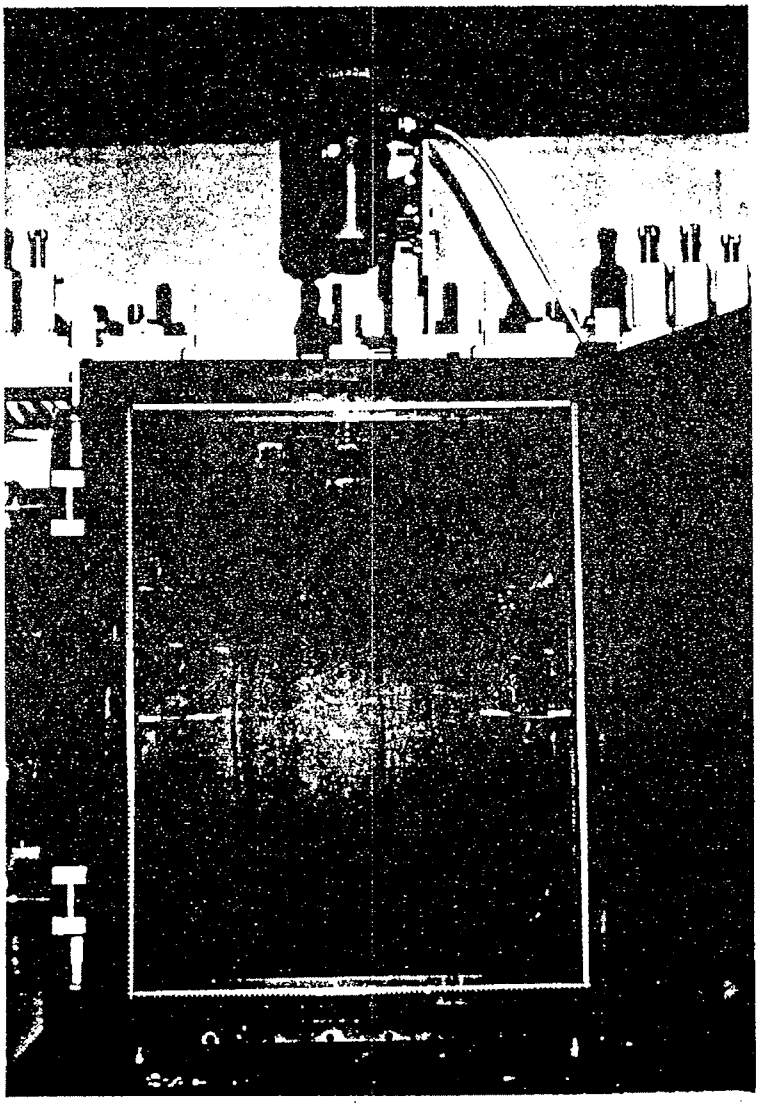
자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

4) 마이크로파 건조기의 전력변환부 및 제어부



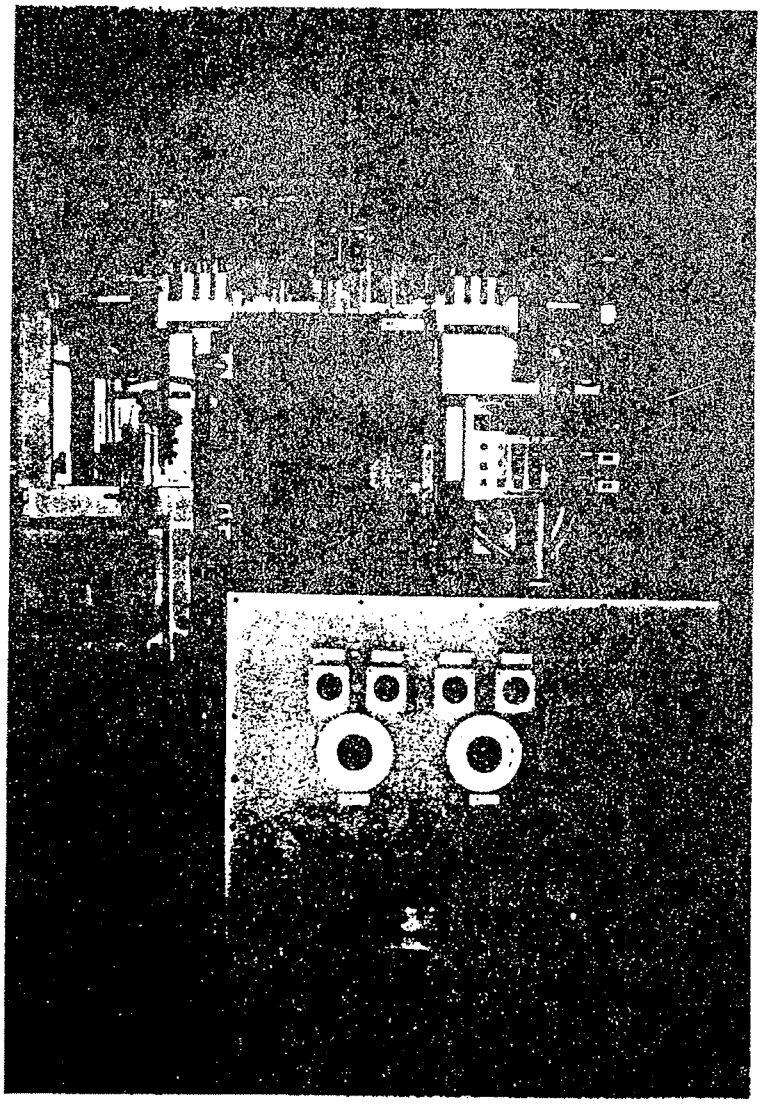
자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

5) 마이크로파 건조기의 캐비티 내부



자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

6) 마이크로파 건조기의 시제품



자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 4 절 결론

MSC/EMAS를 이용하여 캐비티내의 유한요소 정식화를 하여 KH = f라는 선형 행렬식을 얻어 유한요소 정식화를 하였다. 형상 최적화 알고리즘에 의해서 최적화 모델을 구하였으며 캐비티내의 최적화 알고리즘 수렴 특성에 의하여 등전계 분포를 균일화 하였다. 3stub-tunner, Directional coupler를 이용하여 임피던스를 최적화 하였으며, 진공 및 열풍 상태에서 마이크로파 발진을 할 수 있는 마이크로파/진공/열풍 건조방법을 개발하여 건조기를 제작하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

참고문헌

1) Smith, R.D. : Microwave Power in Industry, Thermo Energy Corporation, Electric Power Research Institute (1984)

2) Decareau, Robert V. : Microwaves in the Food Processing Industry, Academic Press (1985)

3) Sutton, W. H., Brooks, M.H., and Chabinsky I.J. : Microwave Processing of Materials, Material Research Society (1988)

4) Grant, E. H. : Microwaves : Industrial, Scientifc, and Medical Applications, Artech House (1992)

5) Copson, D. A. : Microwave Heating, AVI Publishing Co.(1975)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 3 장　마이크로파를 이용한 쌀가루의 특성

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 1 절 서 설

마이크로파를 이용한 가열 방법에 대한 연구는 70년 전부터 이루어져 왔으며 식품에 대한 가열은 그중에 하나의 연구 대상으로 발전되어 왔다. 마이크로파는 음식을 가열 또는 재가열(reheating) 하는데 가장 널리 이용되었으나 사실상 전자레인지 제작업자들이 마이크로파 가열 방식을 식품산업에 도입하려는 노력만큼 성과는 크게 거두지 못하였다. 비록 몇 가지 성공한 예는 있지만 대부분 실패로 끝나곤 하였다. 따라서 본 서설에서는 식품산업에 있어서 마이크로파의 적용 범위를 고찰해 보고 실질적으로 마이크로파 가공에서 성공한 예와 실패한 예를 들어 그 이유를 분석해 보고자 한다.

마이크로파 가열은 일반 가열과 기본적으로 큰 차이가 있으며, 그 적용범위도 점차 넓어지고 있고 새로운 아이디어와 함께 신상품이 계속적으로 개발될 전망이다. 마이크로파의 특징을 일반가열과 비교하여 살펴보면 다음과 같다.

① 마이크로파는 식품 자체 안에서 직접적으로 열을 발생하며 열전달(heat tranafer)은 변수로 작용되지 않는다. 그러므로 스폰지상(sponge) 등의 조직을 가진 식품들도 마이크로파를 이용 할 수 있다.

② 마이크로파는 온도 증가가 짧은 시간안에 급격히 일어난다.

③ 마이크로파는 캔이나 알루미늄 호일안에 식품을 놓고 가열하기에는 부적당하다.

④ 마이크로파는 polyethylene, polypropylene, paper, glass 등을 통과할 수 있다.

⑤ 마이크로파 가열은 기존의 방법과 달리 열 매개체의 온도와 상관없이 고온으로 올라갈 수 있다.

⑥ 고수분이나 저수분 모두 마이크로파를 이용할 수 있다.

⑦ 모양과 크기에 따라 마이크로파 이용시 가열 온도가 다를 수 있다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

즉 마이크로파는 식품자체 안에서 열을 발생하게 되며 열전달을 위한 매개체가 적용되지 않아 식품안에서 열전도에 의존하지 않기 때문에 식품 자체의 온도가 급속히 증가하게 된다. 마이크로파는 금속을 통과하지 않기 때문에 캔에 담은 음식을 가열하기에는 곤란하다. 반면에 마이크로파는 종이, 프라스틱, 유리 등을 통과하기 때문에 이러한 포장재에 담겨있는 식품을 가열할 수 있다.

현재 마이크로파가 식품산업에서 주로 이용되는 범위와 특징을 요약하여 보면 다음과 같다 (표 1. 2.)

표 1. Major Unit Operations in microwave food processing.

Unit operation	Major objective	Food product
Blanching	Inactivate spoilage enzymes	fruit, vegetable
Cooking	Modify flavor and texture	bacon, meat patty potato, poultry
Dehydration	Reduce moisture content	pasta, snack food, onion, juice rice cake, fruit
Pasteurization	Inactivate vegetative microbes	fresh pasta, bread, meals
Sterilization	Inactivate microbial spores	meals
Tempering	Raise temperature below freezing	frozen food

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 2. Typical Commercial Microwave Applications.

Application	Frequency (MHz)	Power (KW)	Tube size (KW)	Conventional heat
Tempering				
Batch	915	30	30	None
Continuous	915	80	40	None
Pasta drying	915	30-50	30-50	Hot air
Precooking				
Bacon	915	50-300	50	Hot air
Poultry	2,450	50-80	2.5	Steam
Meat patty	2,450	30	2.5	None
Fruit juice	2,450	40	-	Infrared vacuum drying
Fish sterilization	2,450	-	-	-

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 주 원료인 멥쌀은 94년산 추청벼로 이천 농협에서 구입하여 공시하였다

2. 실험방법

가. 쌀가루의 제조

본 실험에 사용한 쌀가루는 60메쉬 체를 사용한 핀밀 (SB-1B, 경창산업)을 이용하였다.

나. 마이크로파 가열

마이크로파 가열은 250ml 비이커 내부를 여지로 싸고, 쌀가루 100g을 넣어 여지로 덮은 후 밀봉하여 전자레인지(삼성전자, 2450MHz, 600W)로 0초, 60초, 120초, 180초, 300초 동안 각각 가열하여 시료로 사용하였다.

다. 이화학적 특성 분석

쌀가루의 일반성분(수분, 단백질, 회분, 지방)은 A.O.A.C. 법에 의하여 정량하였으며 수분결합력 및 수분용해도는 Anderson의 방법에 의해 쌀가루 시료 2.5g에 30ml의 증류수를 넣은 원심분리관에서 분산시키고, 가끔 흔들어 주면서 실온에서 24시간 방치한 다음 3000g에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액은 미리 함량을 구한 수분정량 수기에서 건조하여 고형분량을 수분용해도로 산출하였으며, 침전물의 무게를 수분흡수도로 산출하였다. 광투과도는 Wilson의 방법에 따라 0.2% 현탁액을 가열 호화시켜 625nm에서 측정하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

라. 미세구조 관찰

각 시료는 pH 6.8인 2% glutaraldehyde와 0.05M Na cacodylate용액에 넣어 얼음속에서 30분간 전처리를 한 다음 2시간 마다 용액을 3회 교환한 후 24시간 동안 4℃에서 방치하였다. 방치한 시료를 2% OsO_4 용액에서 30분동안 조직을 고정화시킨 후 30%, 50%, 70%, 95%, 100% 알코올 용액 순으로 탈수시켰다. 탈수시킨 시료는 액체질소 안에서 냉동시킨 다음 절단하여 냉동건조기(freezing dryer)를 이용해서 건조하였다. 건조된 시료는 gold-polladium으로 코팅(coating)하여 주사전자현미경(Scanning electron microscope)에서 면밀하게 미세구조를 관찰한 후 해당 부위를 촬영하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 3 절 결과 및 고찰

1. 쌀가루의 흡열 특성

쌀가루를 마이크로파로 가열하였을 때 온도와 수분함량을 나타낸 결과는 표 3과 같다. 마이크로파 가열시간이 증가함에 따라 내부온도는 증가하였고 수분함량은 감소하여 300초 동안 가열 하였을 때 수분함량은 5.8%를 나타내었다. 수분함량의 차이는 마이크로파 에너지 양 뿐만 아니라 시료의 흡수에너지에 따라서 달라진다고 생각된다.

표 3. 마이크로파 가열시 쌀가루의 흡열 특성

Heating Time (sec)	sample quantity(g)	Microwave energy(cal/g)	Temperature (℃)	Moisture (%)
0	100	0.0	26.3	12.7
60	100	86.1	74.9	11.1
120	100	172.0	91.0	9.1
180	100	258.0	104.3	7.4
300	100	430.0	135.9	5.8

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

2. 쌀가루의 이화학적 특성

쌀가루의 일반성분은 표 4에 나타냈듯이 마이크로파 가열 시간에 따라 큰 차이는 없으며, 수분결합력은 마이크로파 가열 시간이 증가 할수록 현저히 증가하였으며 수분용해도 또한 증가하였다. 이 결과는 물결합능력은 고구마전분 및 밀가루의 경우와 같은 결과를 보여주었으나 수분용해도는 감자전분의 경우 마이크로파 가열 시간이 증가하면 감소한다고 보고하여 상반된 결과를 보여 주었다. 최대 흡광도는 가열 시간이 증가함에 따라 624nm에서 618nm로 이동하였고, 이는 아밀로오스와 지방산의 상호 작용으로 아밀로오스와 지방산 복합체의 생성에 기인한 것으로 생각된다.

표 4. 마이크로파 가열시 쌀가루의 일반성분 및 이화학적 변화

Heating Time (sec)	Protein (%)	Ash (%)	Lipid (%)	WBC (%)	WSI (%)	λmax (O.D.)	Absor -bance
0	7.14	0.43	0.44	190.23	0.32	624	0.473
60	7.14	0.43	0.44	216.42	0.37	621	0.463
120	7.14	0.43	0.44	221.63	0.41	621	0.462
180	7.14	0.43	0.45	235.27	0.46	618	0.459
300	7.15	0.43	0.47	269.67	0.49	618	0.421

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

3. 쌀가루의 광투과도 변화

쌀가루의 광투과도 변화(그림 1)는 온도가 증가함에 따라 증가하였고 광투과도로 부터 구한 호화개시온도는 60℃부근이었다. 마이크로파 가열시간이 증가함에 따라 광투과도는 증가하였고 60℃부근에서 급격히 증가하였다.

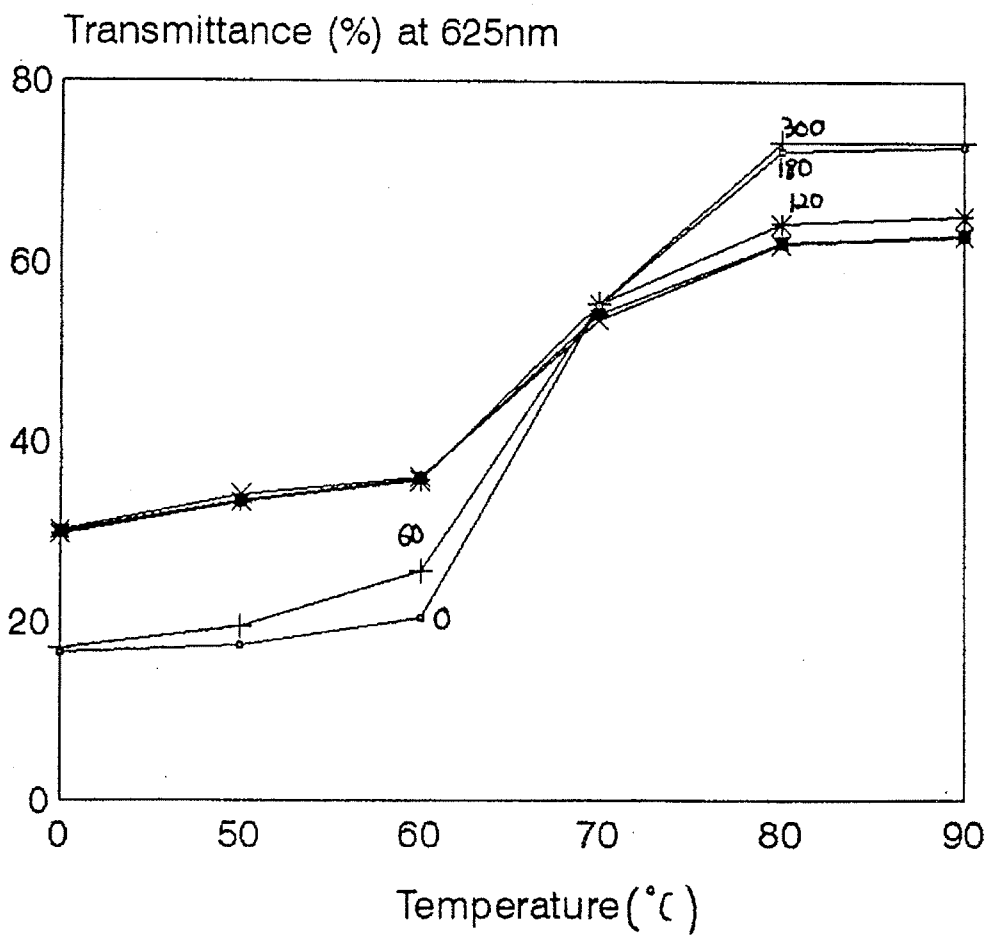
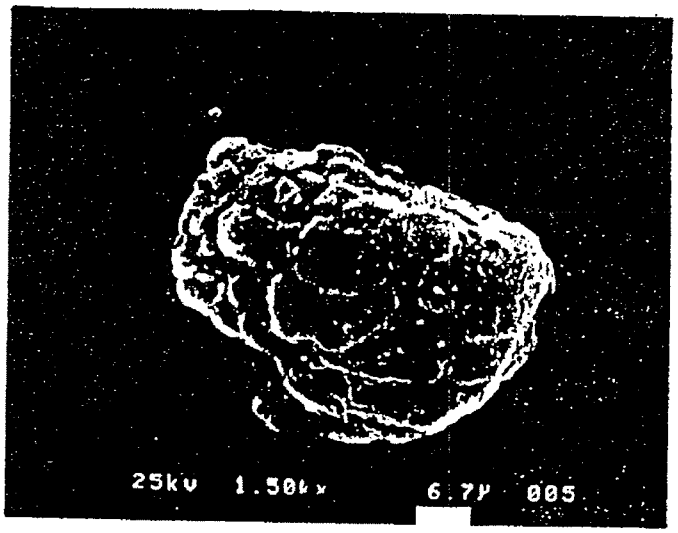


그림 1. 마이크로파 가열시 쌀가루의 투과도 변화

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

4. 쌀가루의 미세구조 변화

쌀가루의 입자형태를 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 그림 2, 3, 4에 나타내었다. 쌀가루의 입자의 크기는 일정하지 않았으며 가열시간이 증가함에 따라 표면이 약간 호화되는 형태를 보이나 외관상 큰 변화는 나타나지 않았다.



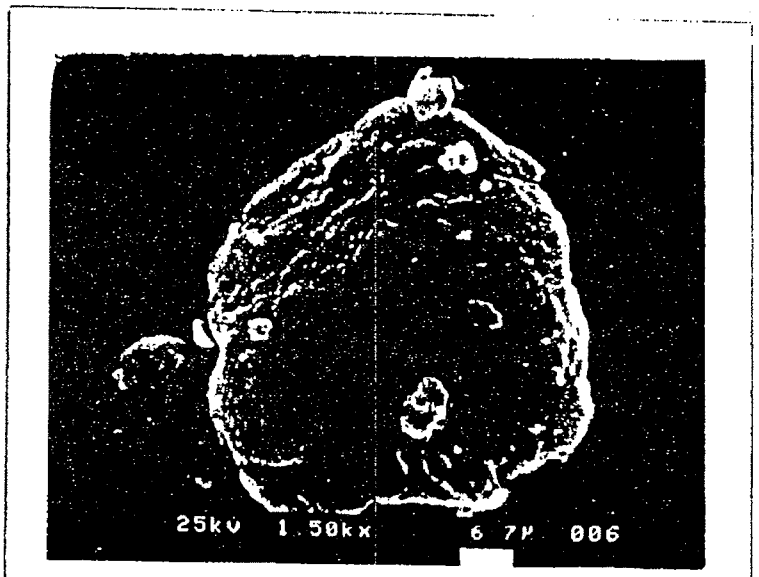
쌀가루입자

그림 2. 마이크로파 가열시 쌀가루의 입자형태 변화

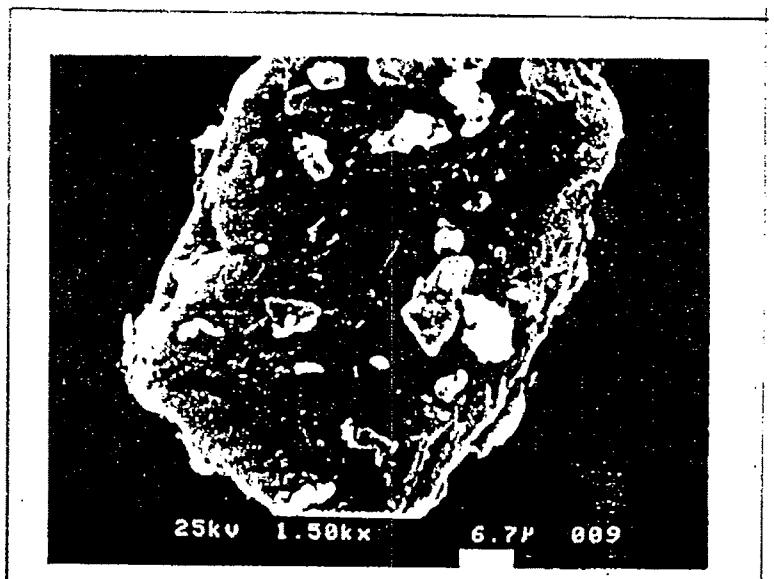
자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

그림 3. 마이크로파 가열시 쌀가루의 입자형태 변화

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부



가열시간 180초



가열시간 300초

그림 4. 마이크로파 가열시 쌀가루의 입자형태 변화

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 4 절 결론

마이크로파 가열시 쌀가루의 흡열 특성은 가열시간이 증가할수록 에너지양 및 온도가 증가하였으며 수분함량은 감소하였다. 가열시간이 증가 할수록 일반성분의 변화는 없었으며, 수분용해도 및 수분흡수도는 증가하였다. 흡광도 또한 가열시간이 증가할수록 증가하였으며 최대흡수파장은 감소하였다. 투과도의 변화는 60℃ 부근에서 급속히 증가하였으며, 가열시간이 증가할수록 투과도도 증가하였다. 쌀가루의 입자의 크기는 일정하지 않았으며 가열시간이 증가함에 따라 표면이 약간 호화되는 형태를 보이나 외관상 큰 변화는 나타나지 않았다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

참고문헌

1) A.O.A.C. : Official Methods of Analysis., 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1980)

2) Anderson, R.A. : Cereal Chem 59, 265 (1982)

3) Wilson, L.A., Birminham, V.A., Moon, D.P. and Synder, H.E. : Cereal Chem 55, 661 (1978)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 4 장 마이크로파 건조후 농산물제품의 품질 특성

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 1 절 서 설

건조 공정에는 건조 속도가 매우 중요하게 작용한다. 건조 속도는 부여된 건조 조건에 비례하는데 건조속도를 증진시키기 위하여 많은 열량과 급격한 온도 증가를 요구하게 된다. 또한 열전달이 내부까지 얼마만큼 또한 어떤 속도로 전달되느냐가 문제가 되며 이는 전도율과 많은 관계가 있다. 그러므로 기존의 건조 공정에서 제품 표면의 온도가 증가하게 되면 열에 의한 손상(heat damage)을 자연히 피할 수 없게 된다. 즉 열 전도율이 낮은 야채류 특히 기공이 많은 식품들은 건조공정이 매우 긴 시간을 요구하고 질적인 면에서 많은 문제점이 제기되었다. 그러므로 마이크로파를 이용하여 야채류나 기공이 많은형태를 가진 제품을 쉽게 건조할 수 있는 연구가 진행되었다. 또한 열전달(heat transfer) 현상은 냉동 건조(freezing driying)에 적합하지 않으나 마이크로파를 이용하면 진공상태에서도 가능함으로써 마이크로파 냉동 건조 (microwave freeze drying) 설비가 개발되었다. 그리고 진공 건조(vacuum drying)에도 적용되어 조직감을 그대로 살린 제품들이 개발되고 있다. 즉 기존의 방법은 가열된 벨트나 트레이(tray)에 실려 오랜 시간 동안 건조하는 방법이었으나 마이크로파를 이용함으로써 짧은 시간내에 간편하게 건조 할 수 있는 것이다. 마이크로파를 이용한 건조 방법으로 가장 성공한 제품은 감자칩의 경우이다. 기존의 방법은 감자칩을 유탕 처리할 경우 지나친 변색이 나타나고 또한 당 함량에 따라 원재료의 사용이 불가능할 때가 많았다. 감자는 계절에 따라 또는 수확 년도에 따라 각기 다른 성분을 가진 감자가 수확되기 때문에 수확 후 많은 양의 감자가 감자칩의 원료로서 적당하지 않은 경우가 많다. 그러나 마이크로파를 이용한 마무리 건조 공정의 개발로 일정한 색을 가진 감자칩을 생산할 수 있어 QC공정이 가능 하였고 어떤 종류의 감자도 감자칩으로서 가공이 가능해졌다. 또한 지방 함량을 5%정도 감소 시킴으로 저 지방 식품으로서의 가능성도 보였다. 이러한 장점을 가졌음에도 불구하고 문제점으로 지

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

적되고 있는 것은 최종 수분함량과 조직감이 떨어지고, 육종의 발달로 당함량이 적은 감자만이 생산되기 때문에 그대로 기존의 가공 방법을 개선하여 생산하므로 현재는 마이크로파를 이용한 감자칩이 전무한 실정이다. 이와 반대로 파스타(pasta) 건조공정은 매우 성공적이다. 이 공정은 열풍 설비와 병행하여 만든 공정이다. 기존의 공정은 40℃에서 습도를 조절하여 약 10시간 정도 건조하는 방법이었다. 이러한 공정은 미생물이 자랄 수 있는 최적의 조건이다. 또한 기존의 건조 방법은 긴 시간 뿐만아니라 장소 또한 많은 면적을 차지하였다. 반면 마이크로파 이용은 초기에 공기로 25% 정도의 수분 함량으로 낮추고 마지막으로 100℃의 열풍과 마이크로파를 이용하여 1시간 안에 15% 이하로 수분 함량을 낮출 수 있으며 pasta 표면에서 일어나는 딱딱한 현상(case-hardening)을 방지 할 수 있다. 그리고 마이크로파 이용은 기존의 방법에 비하여 2/3정도의 에너지를 절약할 수 있다. 그 밖에 적용되는 식품은 condiments, tomato paste, wild rice, snack food, bacon pieces 등이 있으며 현재 가동중인 pasta 건조공장은 약 26개 정도인 것으로 보고되었다.

마이크로파를 이용한 저장 수단은 pasteurization, sterilization 그리고 blanching을 들 수 있다. 일반적으로 마이크로파 가열을 다른 방법에 비하여 짧은 시간에 가열되기 때문에 식품에 열 손상(heat damage)을 주지 않고 또한 과도한 가열(overcooking)을 막을 수 있기 때문에 통조림하는 것과 유사한 효과를 얻을 수 있다. 제빵(Bakery product)은 pasteurizing으로 좋은 예를 보여 준다. 1965년에 Olsen에 의하여 발표되었고, 1967년에 산업화되면서 케이크(cake)의 저장성을 증진시킬 수 있도록 설계되었다. 케이크 제조 공정중 굽는 공정(baking)과 마지막 포장공정 중간 과정에서 공기중에 있는 곰팡이에 의해서 오염이 된다. 이러한 오염으로 인하여 곰팡이가 자라게 되며 단시간내에 케이크가 오염된다. 이러한 곰팡이 증식 억제의 한 수단으로 열을 이용하게 되는데 포장된 케이크에 열풍을 가하는 것은 스폰지와 같은 거품(foam) 구조를 통해 열이 전달되어야 하

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

기 때문에 장시간이 요구된다. 그러나 마이크로파는 그러한 구조에서도 쉽게 열을 전달해 준다. 스폰지 케잌에 대한 실험에서 마이크로파 가열은 균일하게 온도가 단시간내에 상승되고, 또한 살균 온도까지 과열되는 현상없이 도달하게 되었다. 그러나 실제로 산업화하여 마이크로파 funnel을 설치하였을 때 문제점이 발생하였다. 스폰지 케잌이 완성되어 나왔을 때 실온으로 도달하기 까지는 장시간이 걸리므로 바로 마이크로파 funnel로 진입하면 케이크의 온도는 넓은 범위의 온도를 가지게 된다. 왜냐하면 빵의 내부온도는 계속적으로 상승하고 외부온도는 내려가기 때문이다. 결과적으로 모든 케이크를 완전하게 살균하기 위해서는 과열이 되고 만다. 특히 케이크안에 다른 소재(ice cake, filling pie 등)가 들어 있을 경우는 더욱 더 어려워 진다. 그럼에도 불구하고 현재 마이크로파의 장점인 짧은 시간에 높은 온도로 상승하는 효과를 식품에 적용하여 pasteurizing하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

식품산업에서 식품을 포장안에서 살균하는 방법은 오래 전부터 연구가 되어 왔다. 특히 통조림 공정에서는 장시간의 열처리로 인해서 질의 저하를 가져오고 이러한 장시간의 열처리는 열의 전달이 식품내에서 균일하게 이루어지지 않으므로 원하는 온도까지 도달하는데 시간이 오래 걸리고 많은 양의 가열을 필요로 한다. 마이크로파를 이용하게 되면 플라스틱 팩안에서 단시간의 가열이 가능하며 품질 또한 향상된다. 그렇지만 몇 가지 단점이 나타나게 된다. 즉 일반 가열방법에 비해 온도 차아는 적지만 가열이 골고루 이루어 지지 않을 경우이다. 즉 위치에 따라 가열 온도가 낮은 부분을 중심으로 가열하면 다른 부분은 너무 많은 가열을 하게 된다. 마이크로파 가열에서는 일반적으로 제한 온도가 설정되어 있지 않다. 다시 말하면 끓는 경우, 물이 100℃에서 끓은 후 열은 수증기로 달아나고 전도에 의한 가열은 식품 자체가 열매개체 보다 온도가 높을 수가 없다. 그러나 마이크로파 가열은 고온까지 증가할 수 있다. 살균에 있어서 마이크로파 이용시 실질적인 문제점은 플라스틱 용기의 형태를 유지하는 것이다. 왜냐하면 100℃이

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

상에서도 견딜 수 있는 용기가 필요하며 특히 가열이나 냉각 상태에서 가장 큰 문제점이 나온다. 최초에 연구된 바로는 U.S.Army Natick Lab에서 가열이나 냉각 중에서 높은 온도와 압력에 견딜 수 있는 마이크로파 설비를 개발하였다(Kenyon, 1971 ; Ayoub, 1974). 현재까지 기술된 논문들은 다른 가열 방법에 비하여 마이크로파의 이용이 단지 시간적으로 절감될 수 있다는 예를 들어 보았다. 그러나 반드시 높은 온도와 짧은 시간만이 장점으로 될 수는 없다. 가령 어떤 식품이 파이프를 통해 마이크로파 영역을 통과할 때 부피가 작은 식품이 높은 마이크로파를 흡수했다면 가공 시간은 1초 이하로 감소하게 되는 장점은 있다. 예를 들어 우유 살균시 마이크로파를 이용하였을 때의 결과가 보고되었다. 즉 140℃ 이상의 온도와 2-3초의 시간을 이용하여 우유를 살균한 결과, 낮은 온도에서의 장시간 살균보다 맛이 조금 더 신선하였을 뿐, 향에 대해서 실험한 결과에서는 마이크로파 가열(빠른 시간과 높은 가열)에 의한 어떠한 장점도 없었다는 것이다. 냉각도 빠른 시간에 하면 또 다른 특별한 설비가 필요하게 된다. 또 하나의 문제점은 가열된 우유가 설비 표면에 닿을 때 점차적으로 벽에 이물질이 쌓이게 된다. 만약 마이크로파를 이용하였을 경우 이러한 이물질들은 고온으로 인하여 타게 된다. 그러므로 가열, 정지, 냉각 등의 전 과정중 우유가 벽에 닿지 않게 살균이 되도록 설비가 이루어져야 한다. 즉 온도가 200℃까지 상승하며 끓게 되므로 비행기, 잠수함 등에서 보는 바와 같이 높은 내부 기압을 만들어 주어야 한다. 이러한 조건하에서 보통 5KW 출력에 시간당 25kg을 수행한다면 가열 시간은 약 40msec이 된다. 그리고 정지 시간은 200℃ 에서 약 130msec가 되며, 또한 냉각은 연속적으로 미리 살균된 냉각 우유와 순식간 혼합되면서 탱크에 저장되기 전에 이루어 진다. 즉 냉각된 우유만 설비 표면에 닿게 된다. 이렇게 살균된 우유는 계속적으로 혼합되는 공정에서 사이클링을 하다가 마지막으로 투입된 양과 비례하여 출고하게 된다. 이러한 시설이 비록 성공되어 산업적으로 이용되고 있지만 공정이 매우 복잡하고 개발하는데 드는 비용이 크다고 하겠다. 앞으로는 설비 비용의 절감과

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

마이크로파 가열 시 향기 성분에 관한 많은 연구가 진행되어야 하겠다.

야채류의 데치기 분야는 마이크로파를 이용하여 상당히 많은 연구가 이루어져 있고 현재 산업화 되어 활발히 진행되고 있는 부분이다. 특히 감자의 경우 blanching 하는 시간이 15분정도에서 4-5 분으로 감소하여 많은 시간과 경비를 절감하였다. 물이나 스팀을 이용하는 일반적인 방법의 문제점은 데치기를 할 때 영양소나 향기성분이 물과 접촉을 하는 시간이 길어 질수록 손실이 커지게 되는 점이다. 마이크로파의 장점은 가열 시간과 건조 시간을 감소 시킴므로써 영양소나 향기성분의 파괴를 감소시킨다. 그러나 현재까지 가장 큰 문제점은 마이크로파를 이용하였을 때 소재에 따라 질적인 면에서 기존의 방법과 어느 정도 차이가 나며 야채류의 데치기는 산업 현장에서 그리 유리한 손익 분기점을 이룰 수 없다는 것이다. 즉 마이크로파의 설비가 비싸므로 일년내내 가동하지 않고 한 계절에만 작업하기 위해서 작동한다면 손해가 될 것이다. 즉 동결 저장시 수확된 야채류를 부패시키는 효소의 불활성화 공정만으로 사용한다면 큰 장점이 없을 것이다. 현재 진행중인 연구는 vitamin C, thiamin 등의 영양소 파괴의 감소와 vacuum packaging을 이용한 blanching의 효과에 대한 연구가 진행되고 있다.

보통 식품들은 수송이나 저장중에 품질이 변하지 않도록 급냉을 시켜 보관하는 경우가 많다. 특히 육류나 어류의 식품군들은 가장 좋은 예인데 산업 현장에서는 이러한 냉동식품을 가공하기 위하여 해동공정을 거쳐야 한다. 여러 가지 방법이 사용되고 있지만 가장 보편적인 방법은 해동실에서 2-5일을 해동하여 어느 정도 일정한 온도(-3℃)까지 떨어지게 방치하여 두는 방법이다. 이러한 공정을 가속화하기 위하여 열풍이나 온수를 사용하기도 하지만 이러한 방법은 해동 속도는 비록 빨라지겠지만 제품의 질은 상당히 저하 될 것이다. 또한 오랜 시간 동안 열풍에 노출되거나 온도 상승으로 인하여 표면의 온도가 올라가게 되면 미생물학적인 문제점이 식품에 나타난다. 그러므로 냉동식품의 깊숙한 곳까지 단 시간에 열이 발생 할 수 있는 마이크로파의 이용이 각광을 받기 시작하였다. 이론적으로

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

열전달이 느린 문제점도 극복되고 공정 시간도 24시간 이상 걸리는 것을 단 몇 분으로 줄일 수 있는 마이크로파의 장점을 이용한 것이다. 일반적인 방법의 가장 큰 문제점은 표면에 녹아 있는 물이 얼음보다 열의 흡수가 쉽고(dielectric properties의 차이) 빨리 되기 때문에 내부에는 대부분이 여전히 냉동 상태(thermal runaway 현상)로 존재하게 된다. 즉, 표면에서 먼저 해동이 되고 열의 흡수가 일어남으로써 중심 부위까지의 열전달을 막게 된다. 그러나 마이크로파를 이용하게 되면 고기나 어류 등은 수 분안에 약 -3℃ 까지 해동(tempering)이 가능하고 표면의 수분현상을 방지하므로 내부가 냉동상태로 남아있는 현상을 방지하여 성공적인 해동을 할 수 있다. 이 방법은 Meisel 들(1972)이 냉동 어류나 새우 등에 적용하여 성공하였다. 그러나 한가지 문제점은 육류에 소금이나 구멍(voids)등이 있을 때에는 균일한 가열이 이루어지지 않는다. 또한 해동과정이 0℃이하에서 마이크로파를 이용하면 표면에서 가장 많은 양의 마이크로파를 흡수하게 되므로 runawy heating 현상이 일어난다. 그러므로 현재의 개선 방법으로는 냉풍(refringerated air)을 마이크로파 터널에 공급하여 thermal runaway 현상을 급격히 줄이고 있다. 이러한 설비는 ABR, Raytheon, L.M.I. 같은 곳에서 현재 산업화하여 공급하고 있으며 시간당 0.5-6 톤을 10-30 분안에 마이크로 터널로 통과, 처리시킬 수 있다. 또한 이러한 장점 이외에도 드립 현상에 의한 손실(drip loss)을 현저히 감소시켜(5-10%) 약 10%의 경비 절감을 꾀할 수 있고 juice한 면이 식품안에 그대로 살아있다는 것이다.

마이크로파 설비는 일반적인 가열 방법에 비하여 그 설비 비용이 비싸지만 일단 설치 후에는 인건비, 가공시간의 감소로 경비가 감소되고 작업장의 환경도 개선이 되며 식품에 적용 범위가 넓으므로 많은 제품들이 현재 연구가 진행되고 있고 개발되어 시판중에 있다. May(1969)와 Smith(1972)가 마이크로파와 스팀을 이용하여 닭가공에 사용하였는데 이때의 생산량은 시간당 1.5톤을 생산할 수 있는 설비였다. 장점으로는 닭뼈의 갈변화(darkening)를 방지하고 즙이 많은 촉촉한

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

맛을 내는 제품을 생산할 수 있는 것이다. 여기에서 생산비의 절감은 가공 시간을 줄이고 생산량(yield)을 증가함으로써 낮출 수 있었다. 베이컨 공정에서는 열풍을 병행하여 수분을 감소시키고 닭가공에서는 스팀과 병행하여 Salmonella의 문제점을 해결하였다. 이러한 장점이외에 생산량 증가, 짧은 가공시간, 제품의 질 향상등의 장점들이 보고되었다. 베이컨의 경우 과가열의 방지로 25-38%의 생산량 증가 및 닭가공에서는 수분증발의 방지로 약 10%의 생산량 증가가 있었다.

스웨덴에서는 새로이 가공에 적합한 마이크로파 터널을 개발하였는데 고기 패티(meat patties)를 냉동하기 전에 미리 마이크로파로 가공하는 설비였다. 이 방법 역시 생산량을 늘리고 지방 사용을 줄임으로서 생산비 절감을 꾀하였던 것이다. 또한 ABR 사에서는 고기 성형할 때 마이크로파를 이용하여 가열하면서 플라스틱 튜브를 통과한 후 원하는 길이로 절단하는 설비를 개발하였다. 이 방법은 매우 작은 공간 차지, 청결 유지, 작업 속도 향상 등의 장점으로 각광을 받기 시작하였다. 소세지 가공에도 마이크로파가 이용되어 케이징(casing)하는 공정을 생략할 수 있으므로 많은 생산비 절감을 가져왔다. 또다른 육류 공업에서 마이크로파를 이용하여 성공한 분야는 베이컨 가공이다. 이 때 이용되는 마이크로파는 910과 2450 MHz를 함께 사용하는 근적외(infra-red) 영역으로 스팀 처리가 병행되는 최적의 로스팅(roasting) 조건이다. 스팀 처리는 salmonella의 미생물을 제거하기 위함이다. 베이컨 산업에서는 마이크로파 가열 방법으로 성공적인 제품 개발이 이루어졌는데 베이컨 공정에 사용되어진 방법을 DGA Food industry에서 재개발하여 도우넛 제조시 재우기 공정(proofing system)에 적용하였다. 이 방법은 사람의 손으로 하는 재우기 작업을 빠르고 간편하게, 위생적인 방법으로 변화시켰다. 또한 DGA사에서는 마이크로파를 이용한 도우넛 튀김기를 개발하였다. 이 기계을 이용하면 기존의 튀김기보다 도우넛 제품의 질과 부피가 향상되어 좋은 제품을 생산할 수 있다. 1973년(Chanberlain)에는 열풍을 함께 이용하는 마이크로파 설비가 개발되어 기존의 방법에서는 사용하지 못했던 부드러운 밀가루도 사

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

용이 가능하게 되었으나 열풍으로 인한 적당한 용기의 선택이 필요하였다. 최근에는 표면을 갈변화(browning)시키거나 또는 바삭거리는 식감(crispness)을 부여하고자 할 때에는 기존의 가열 방법과 병행하여 사용한다. 특히 라이신(lysine)과 같은 단백질의 함유량을 보존하는데 효과적이라고 한다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 주 원료인 고추, 마늘, 양파는 가락시장(가락동, 서울)에서 구입하여 공시하였다.

2. 실험방법

가. 수분함량 측정

미리 가열하여 항량으로 한 칭량병에 시료 3-5g을 정확히 달아 105℃ 건조기에 넣고 3-5시간 건조 후 데시케이터에 넣어 실온에서 방치 냉각 시킨 다음 꺼내어 무게를 단다. 다시 1-2시간 건조하여 항량이 될때까지 같은 조작을 반복하여 다음과 같이 수분을 계산한다.

수분(%) = $(W_1 - W_2)/(W_1 - W_0) \times 100$

여기에서 W_0 : 칭량병의 무게(g)

W_1 : 칭량병과 시료의 무게(g)

W_2 : 칭량병과 건조시료의 무게(g)

나. 표면색도

시료의 표면색도는(surface color)는 Chroma Meter(CR-200, Minolta, Japan)을 이용하여 L, a, b값으로 나타내었고, 이 때 calibration plate의 L,a,b값은 각각 97.5, -0.49 및 1.96이었다.

다. 수분활성도

Novasina(Model TH-2,Swiss) 수분활성 측정기를 이용하여 25℃에서의 수분활성도를 측정하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

라. 캡사이신(Capsaicin) 측정

시료 5-10g을 취하여 속실렛 추출장치에서 아세톤을 용매로 하여 캡사이신을 추출한 후 감압건고하고 핵산(hexane) 50ml에 녹여 분액 깔대기로 옮긴 후 80% 메탄올(methanol)을 50ml씩 2-3회 가하여 메탄올층을 회수한다. 회수된 메탄올층은 다른 분액깔대기에 옮기고 포화식염수 150ml를 가한 후 디클로로메탄(dichloromethane)을 50ml씩 2-3회 가하여 진탕 분리 후 디틀로로메탄 층을 회수한다. 회수된 디클로로메탄 층에 무수황산나트륨(Na_2SO_4)을 가하고 여과한 후 약 2ml로 감압건고시킨 다음 가스크로마토그라프에 주입하여 분석한다. 이때 분석조건은 사용칼럼:BP-1 Capillary column, 온도:280℃, 운반기체:질소, 주입량:0.5ml, 보충기체:질소, 검출기:FID, 주입기온도:320℃, 검출기온도:350℃ 로 하였다.

마. 캡산틴(Capsanthin) 측정

캡산틴 분석은 100mg을 100ml 용량 플라스크에 넣고 아세톤 100ml을 가하여 암소에서 4시간 동안 추출하여 파장 460nm에서 아세톤을 기준으로 흡광도를 측정하였다.

바. 총균수 측정

총균수 측정은 plate count agar를 사용하여 plate count method에 의해 측정하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 3 절 결과 및 고찰

1. 전자레인지 조건에 따른 품질 특성

일반 전자레인지 각 조건(해동, 약가열 및 강가열)에 따른 마늘 및 양파의 건조실험은(표 1 - 표 6) 마이크로파의 출력 및 시간이 증가할수록 수분함량은 감소하였으나 L값 또한 감소하여 품질의 열화를 나타내었다.

표 1. 일반전자레인지의 해동조건시 마늘의 수분함량 및 색도의 변화

가열시간	수분함량(%)	L값	a값	b값	Hue값
초기	63.83	81.7	-2.7	16.9	99.4
2분 경과 후	57.32	76.7	-2.3	16.9	102.0
4분 경과 후	57.06	76.7	-1.3	17.1	96.8
8분 경과 후	46.12	75.02	0.0	21.3	95.3
16분 경과 후	5.10	55.30	7.9	20.4	68.2

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 2. 일반전자레인지의 해동조건시 양파의 수분함량 및 색도의 변화

가열시간	수분함량(%)	L값	a값	b값	Hue값
초기	92.1	72.6	-2.1	7.3	106.0
2분 경과 후	91.9	58.8	-2.2	3.6	121.9
4분 경과 후	88.7	62.3	-3.3	7.8	113.9
8분 경과 후	85.6	57.5	-4.6	13.1	110.3
16분 경과 후	34.8	32.5	5.1	4.8	38.6

표 3. 일반전자레인지의 가열(약) 조건시 마늘의 수분함량 및 색도의 변화

가열시간	수분함량(%)	L값	a값	b값	Hue값
초기	63.8	77.5	-4.1	18.9	102.2
2분 경과 후	47.6	76.2	-2.9	15.3	100.5
4분 경과 후	35.5	69.8	-3.2	24.0	90.9
8분 경과 후	4.5	44.9	6.0	14.7	65.8
16분 경과 후	0.3	37.2	6.8	9.9	55.2

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 4. 일반전자레인지의 가열(약) 조건시 양파의 수분함량 및 색도의 변화

가열시간	수분함량(%)	L값	a값	b값	Hue값
초기	92.1	72.6	-2.1	7.3	106.0
2분 경과 후	87.6	57.2	-2.7	9.1	109.7
4분 경과 후	46.2	61.4	2.2	17.4	83.7
8분 경과 후	8.1	28.3	5.2	3.8	39.2
16분 경과 후	5.1	30.0	4.1	3.2	37.3

표 5. 일반전자레인지의 가열(강) 조건시 마늘의 수분함량 및 색도의 변화

가열시간	수분함량(%)	L값	a값	b값	Hue값
초기	63.8	77.5	-4.1	18.9	102.2
2분 경과 후	42.6	78.4	-1.6	15.9	97.7
4분 경과 후	36.3	80.2	-2.4	12.4	101.0
8분 경과 후	1.7	42.4	5.4	8.7	43.6
16분 경과 후	-	-	-	-	-

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 6. 일반전자레인지의 가열(강) 조건시 양파의 수분함량 및 색도의 변화

가열시간	수분함량(%)	L값	a값	b값	Hue값
초기	92.1	72.6	-2.1	7.3	106.0
2분 경과 후	86.6	52.1	-6.6	10.3	124.2
4분 경과 후	84.3	58.9	-4.6	10.9	115.4
8분 경과 후	0.8	30.9	-2.2	2.8	292.2
16분 경과 후	-	-	-	-	-

- : 건조 후 타는 현상이 일어나 측정이 곤란함

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

2. 펄스 마이크로파의 조건에 따른 품질 특성

펄스 마이크로파의 강도에 따른 마늘, 양파 및 고추의 건조실험 결과 (표 7-10) 출력(power)이 감소할수록 수분함량은 감소하였고 건조시간은 증가하였으나 품질은 향상되었다. 펄스 마이크로파의 출력을 70W에서 700W범위에서 펄스 마이크로파의 최적조건은 power level 2(140w)로 나타났다.

표 7. 펄스 마이크로파의 시간과 강도에 따른 마늘 건조시 색도의 변화

건 조 시 간	power 1				power 2			
	L값	a값	b값	Hue값	L값	a값	b값	Hue값
초기	81.7	-2.7	16.9	99.4	81.7	-2.7	16.9	99.4
5 min	81.4	-1.4	20.5	92.6	76.7	-3.4	14.3	103.0
10 min	81.4	-1.5	22.7	93.6	76.7	-3.4	14.2	103.0
15 min	80.5	-1.6	19.7	95.4	71.8	-3.3	9.9	107.3
20 min	79.8	-1.8	24.5	94.8	70.8	-3.5	14.6	103.5
25 min	79.1	-1.9	19.7	95.1	77.6	-0.2	21.5	89.6
30 min	78.8	-2.3	20.8	94.0	77.4	-3.4	18.6	100.0
35 min	78.7	-2.3	14.5	98.2	70.7	-3.9	16.9	101.0
40 min	74.9	-2.6	16.6	98.4	71.5	-3.5	21.1	95.1
45 min	74.4	-2.2	13.9	95.8	71.4	-1.3	27.3	87.8
50 min	74.3	-2.2	13.8	94.1	71.0	-4.3	18.8	89.4
55 min	74.3	-2.4	13.9	94.0	70.4	-3.7	21.5	88.9
60 min	74.1	-2.4	13.9	94.0	69.0	-1.8	29.7	78.4

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

(계속)

건 조 시 간	power 3				power 5			
	L값	a값	b값	Hue값	L값	a값	b값	Hue값
초기	81.7	-2.7	16.9	99.4	81.7	-2.7	16.9	99.4
5 min	81.3	-2.9	18.9	102.4	76.8	-3.7	19.9	99.9
10 min	78.2	-3.7	20.8	102.1	73.4	-4.0	19.7	101.4
15 min	75.7	-2.9	19.8	97.9	67.3	-0.1	30.0	90.0
20 min	74.6	-2.1	20.7	92.4	68.1	-0.6	28.1	93.3
25 min	71.5	-0.5	23.1	89.1	53.4	11.0	40.4	70.0
30 min	69.8	2.4	25.4	81.8	57.3	7.8	29.8	72.4
35 min	63.9	8.4	28.1	76.1	42.7	11.1	19.1	55.4
40 min	54.6	12.4	29.6	60.8	29.8	6.0	7.9	47.7
45 min	58.6	9.4	23.1	63.3	20.6	8.0	9.1	45.1
50 min	55.4	10.6	24.6	60.1	20.3	11.3	9.5	40.1
55 min	52.1	10.6	20.4	58.9	20.0	11.3	9.4	34.9
60 min	49.8	13.7	19.4	53.7	19.7	12.4	9.9	35.1

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

(계속)

건 조 시 간	power 7				power 9			
	L값	a값	b값	Hue값	L값	a값	b값	Hue값
초기	81.7	-2.7	16.9	99.4	81.7	-2.7	16.9	99.4
5 min	73.8	-3.5	17.6	104.4	73.9	-3.6	19.8	102.0
10 min	73.4	-1.6	16.8	95.5	57.4	-7.6	27.4	65.4
15 min	64.6	4.2	29.5	82.2	29.8	8.6	13.9	53.6
20 min	40.1	9.1	16.8	56.6	-	-	-	-
25 min	34.6	5.6	10.9	51.1	-	-	-	-
30 min	-	-	-	-	-	-	-	-
35 min	-	-	-	-	-	-	-	-
40 min	-	-	-	-	-	-	-	-
45 min	-	-	-	-	-	-	-	-
50 min	-	-	-	-	-	-	-	-
55 min	-	-	-	-	-	-	-	-
60 min	-	-	-	-	-	-	-	-

- : 건조 후 타는 현상이 일어나 측정이 곤란함

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 8. 펄스 마이크로파의 시간과 강도에 따른 양파 건조시 색도의 변화

건 조 시 간	power 1				power 2			
	L값	a값	b값	Hue값	L값	a값	b값	Hue값
초기	79.7	0.9	6.4	97.9	79.7	0.9	6.4	97.9
5 min	74.8	-0.8	3.8	102.2	76.7	-3.4	14.3	103.0
10 min	79.6	-1.1	3.6	106.1	78.6	-2.4	10.5	102.4
15 min	76.2	-1.1	3.4	104.4	70.4	-1.2	3.5	112.7
20 min	75.9	-0.8	2.0	112.7	67.4	-1.5	3.4	116.8
25 min	77.4	-1.5	4.0	105.9	68.3	-2.1	2.3	132.1
30 min	79.5	-0.6	3.4	102.8	68.0	-1.5	0.6	161.0
35 min	78.9	-1.4	2.9	112.4	59.0	-2.8	0.5	190.0
40 min	79.8	-2.4	4.3	105.7	68.3	-1.9	3.4	126.4
45 min	79.8	-1.2	3.6	109.8	67.3	-1.8	2.5	139.5
50 min	75.3	-1.2	3.5	110.5	65.3	-1.7	2.4	138.5
55 min	73.5	-1.3	3.5	111.2	65.2	-1.7	2.6	136.4
60 min	70.3	-1.4	3.4	113.3	65.2	-1.9	2.7	134.2

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

(계속)

건 조 시 간	power 3				power 5			
	L값	a값	b값	Hue값	L값	a값	b값	Hue값
초기	79.7	0.9	6.4	97.9	79.7	0.9	6.4	97.9
5 min	84.7	-1.3	5.7	102.9	78.4	-1.5	4.0	112.2
10 min	84.1	-1.3	4.2	108.1	74.3	-2.1	4.2	117.8
15 min	79.2	3.5	3.8	114.6	70.1	-1.7	4.6	110.6
20 min	79.1	2.9	5.4	109.8	81.5	-3.1	8.8	109.9
25 min	79.1	2.4	6.3	105.8	82.1	-2.4	7.6	108.4
30 min	78.2	2.4	6.1	111.3	71.9	0.6	13.5	92.4
35 min	76.4	3.1	4.6	114.8	71.8	1.0	14.9	90.1
40 min	76.4	-3.2	9.4	106.2	53.9	6.5	19.9	72.8
45 min	75.6	-2.4	9.1	103.9	49.1	12.1	30.4	68.6
50 min	74.8	-1.9	8.4	102.4	-	-	-	-
55 min	69.1	4.9	22.8	74.4	-	-	-	-
60 min	60.5	4.9	17.8	76.1	-	-	-	-

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

(계속)

건 조 시 간	power 7				power 9			
	L값	a값	b값	Hue값	L값	a값	b값	Hue값
초기	79.7	0.9	6.4	97.9	79.7	0.9	6.4	97.9
5 min	77.3	-1.6	5.7	114.8	75.6	-2.2	4.1	120.1
10 min	67.9	-2.4	5.3	116.2	74.2	1.9	20.4	88.4
15 min	66.8	-0.7	1.9	109.4	34.8	8.6	12.8	58.7
20 min	75.2	-0.5	10.8	99.8	-	-	-	-
25 min	45.8	7.9	12.5	60.4	-	-	-	-
30 min	-	-	-	-	-	-	-	-
35 min	-	-	-	-	-	-	-	-
40 min	-	-	-	-	-	-	-	-
45 min	-	-	-	-	-	-	-	-
50 min	-	-	-	-	-	-	-	-
55 min	-	-	-	-	-	-	-	-
60 min	-	-	-	-	-	-	-	-

- : 건조 후 타는 현상이 일어나 측정이 곤란함

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 9. 펄스 마이크로파의 시간과 강도에 따른 고추 건조시 수분함량의 변화(%)

조 건	Power 2	Power 4	Power 6	Power 8
초 기	85.0			
마늘 5분	84.4	70.3	71.8	33.8
마늘 7분	80.2	71.4	46.1	28.8
마늘 9분	79.4	53.3	24.2	13.8
마늘11분	57.1	28.8	20.1	6.6
마늘13분	79.8	33.3	16.9	6.0
마늘15분	80.6	46.5	16.4	1.2

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 10. 펄스 마이크로파의 시간과 강도에 따른 고추 건조시 색도의 변화

분 류*	L값	a값	b값	Hue값	분 류*	L값	a값	b값	Hue값
초 기	34.6	33.1	14.1	22.8					
1	40.2	40.0	20.9	27.6	2	34.3	34.5	15.5	24.0
3	36.6	34.6	15.4	23.8	4	36.6	36.2	17.4	25.8
5	37.7	38.2	17.7	24.8	6	37.7	40.0	20.0	26.5
7	32.4	27.4	8.5	17.1	8	35.6	40.8	18.1	23.8
9	40.2	39.2	23.0	29.0	10	34.6	37.7	15.0	21.6
11	35.0	37.5	16.9	24.1	12	35.4	25.7	15.5	30.4
13	40.1	39.0	20.9	28.1	14	33.2	34.3	16.1	21.8
15	36.1	32.9	17.1	27.4	16	33.5	21.0	10.4	25.9
17	38.4	38.0	20.4	28.1	18	35.4	36.3	15.7	23.2
19	33.7	19.5	9.6	26.3	20	79.4	8.3	2.8	16.4
21	38.6	34.0	18.0	27.9	22	39.5	41.3	20.7	26.4
23	31.6	23.3	9.7	22.2	24	28.6	4.5	4.6	39.3
25	37.5	39.4	19.5	26.3	26	36.0	35.9	15.5	23.4
27	32.2	24.8	16.5	35.0					

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

* 1 : 5분, Power 2
2 : 5분, Power 4
3 : 5분, Power 6
4 : 5분, Power 8
5 : 7분, Power 2
6 : 7분, Power 4
7 : 7분, Power 6
8 : 7분, Power 8
9 : 9분, Power 2
10 : 9분, Power 4
11 : 9분, Power 6
12 : 9분, Power 8
13 : 11분, Power 2
14 : 11분, Power 4
15 : 11분, Power 6
16 : 11분, Power 8
17 : 13분, Power 2
18 : 13분, Power 4
19 : 13분, Power 6
20 : 13분, Power 8
21 : 15분, Power 2
22 : 15분, Power 4
23 : 15분, Power 6
24 : 15분. power 8
25 : 17분, Power 2
26 : 17분, Power 4
27 : 17분, Power 6
28 : 17분, power 8

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

3. 고추의 부위별 건조 특성

펄스(Pulse) 마이크로파 최적조건(power level 2)에 따라서 고추의 부위별로 수분함량을 측정한 결과(표 11) 고추씨의 수분함량이 제일 낮았으며 과피의 수분함량이 제일 높았다. 마이크로파 건조 후 고추의 부위별 수분함량은 차이를 나타내었다.

표 11. 전자레인지 Power level 2에 따른 고추의 부위별 수분함량 변화

부위	초기	수분함량
과피	83.4%	12.34%
씨	37.8%	7.50%
꼭지	18.9%	11.60%

4. 최적조건 (power level 2)에 따른 고추의 품질 특성

전자레인지 Power level 2에 따른 고추의 건조시간은 수분함량이 약 12%에 도달하는 시간이 80분 정도가 소요되었으며, 색도의 L값은 39.13에서 31.04로 약간 감소하였고 a값은 29.84에서 17.51로 감소하였다(표 12).

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 12. 전자레인지 Power level 2에 따른 고추의 수분함량 및 색도의 변화

건조 시간 (min)	수분함량 (%)	색도 L	a	b
0		34.52	29.84	20.64
5	73.87	39.13	28.71	21.94
10	73.37	39.08	28.63	21.74
15	71.01	37.65	28.38	18.96
20	65.40	37.42	28.17	17.22
25	63.69	33.19	25.58	13.95
30	58.31	33.08	25.56	13.49
35	53.25	32.78	23.64	12.67
40	51.29	31.59	22.32	12.46
45	45.34	31.59	21.12	12.07
50	44.34	31.51	19.72	10.42
55	40.16	31.45	19.62	10.15
60	40.58	31.45	19.02	10.08
65	30.96	31.44	17.80	9.05
70	30.91	31.43	17.79	8.02
75	19.46	31.41	17.73	7.64
80	12.34	31.04	17.51	6.10

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

5. 최적조건 (power level 2)에 따른 수분활성도

전자레인지 Power level 2에 따른 건조는 양파를 제외한 고추 및 마늘의 수분활성도는 감소하여 장기 저장이 가능한 것으로 나타났다(표 13).

표 13. 전자레인지 Power level 2에 따른 고추, 양파, 및 마늘의 수분활성도 (AW)

건조 시간 (min)	고추	양파	마늘
0	0.99	1.00	0.99
20	0.91	1.00	0.99
40	0.91	1.00	0.94
60	0.72	1.00	0.85
80	0.48	1.00	0.52

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

6. 최적조건 (power level 2)에 따른 캡산틴 함량

전자레인지 Power level 2에 따른 건조는 마이크로파 가열 후에도 Capsanthin 함량이 많이 존재함으로(표 14) 마이크로파 건조 후에도 고추의 독특한 매운 맛을 유지 시킬 수 있다.

표 14. 전자레인지 Power level 2에 따른 고추의 Capsanthin 함량

건조 시간 (min)	Capsanthin (O.D. value)
0	2.73
20	2.66
40	2.06
60	1.79
80	1.57

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

7. 총균수 변화

전자레인지 Power level 2에 따른 고추 건조 후 미생물이 검출되지 않아 살균 효과도 있는것으로 나타났다(표 15). 따라서 마이크로파 건조 후의 살균효과에 대한 연구도 시급한 실정이다.

표 15. 전자레인지 Power level 2에 따른 고추, 양파, 및 마늘의 총균수 변화 (CFU/g)

건조 시간 (min)	고추	양파	마늘
0	$7.5x10^6$	$4.8x10^2$	1.2 x10
20	ND	ND	ND
40	ND	ND	ND
60	ND	ND	ND
80	ND	ND	ND

ND : No detection

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

8. 열풍 및 마이크로파 건조 후의 품질 특성

고추의 마이크로파 건조 후와 열풍 건조 후의 캡사이신과 캡산틴의 양을 비교해보면 마이크로파 건조 후는 큰 차이를 나타내지 않았으나 열풍건조 후에는 큰 감소를 보여 품질이 감소되는 것으로 나타났다. 따라서 마이크로파 건조가 열풍건조에 비해 고추의 매운맛과 고유색택을 유지하는데는 우수한 것으로 판명되었다.

표 16. 전자레인지 Power level 2에 따른 고추의 Capsacin, Capsanthin 함량 및 갈변도

	Capsacin (㎎/%)	Capsanthin (O.D. value)	갈변도 (O.D. value)
초기	58.94	0.792	0.078
열풍건조	32.36	0.557	0.129
마이크로파 건조	52.26	0.785	0.109

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

9. 열풍건조 후 마이크로파 건조의 품질 특성

수분함량이 많은 제품은 마이크로파 가열시 온도 상승 뿐만 아니라 건조시간의 증가로 품질 특성이 나빠지는 경우가 많이 있다. 이를 해결하고자 낮은온도(60℃)에서 수분함량을 50%까지 감소시킨 후 마이크로파를 이용하여 마지막 단계로 원하는 수분함량까지 감소 시킨 결과 표 24에 나타냈듯이 수분함량 50%까지 열풍건조 후 마이크로파 건조시 품질이 향상 되었다.

표 17. 열풍건조 및 전자레인지 Power level 2에 따른 고추의 수분함량 및 색도의 변화

건조 시간 (min)	수분함량 (%)	색도 L	a	b
0	51.45	33.29	29.94	21.37
5	47.87	33.24	29.71	20.89
10	45.37	32.96	28.69	21.01
15	41.01	32.74	28.27	18.39
20	37.40	32.61	27.38	17.83
25	33.69	32.29	25.15	13.59
30	30.31	32.45	24.62	13.17
35	17.25	31.38	23.83	12.64
40	11.29	31.29	23.49	12.28

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 4 절 결론

일반전자레인지 각 조건(해동, 약가열 및 강가열)에 따른 마늘 및 양파의 건조실험은 마이크로파의 출력 및 시간이 증가할수록 수분함량은 감소하였으나 L값 또한 감소하여 품질의 열화를 나타내었다. 펄스 마이크로파의 강도에 따른 마늘, 양파 및 고추의 건조실험 결과 출력(power)이 감소할수록 수분함량은 감소하였고 건조시간은 증가하였으나 품질은 향상되었다. 펄스 마이크로파의 최적조건은 power level 2(140w)로 나타났다. 마이크로파 건조 후 고추의 부위별 수분함량은 차이를 나타내었으며 전자레인지 Power level 2에 따른 고추의 건조시간은 80분 정도가 소요되었다. 양파를 제외한 고추 및 마늘의 수분활성도는 감소하여 장기 저장이 가능한 것으로 나타났다. 본 연구 결과 마이크로파 가열 후에도 고추의 Capsanthin 함량이 많이 존재하였으며 마이크로파 가열 후 미생물이 나타나지 않아 살균효과도 나타내어 마이크로파 건조가 열풍건조에 비해 우수하였으며, 수분함량 50%까지 열풍건조 후 마이크로파 건조시 품질이 향상 되어 열풍 및 진공을 이용한 마이크로파 건조방법의 가능성을 제시하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

참고문헌

1) Bengtsson, N. E., and Risman, P. O. : Dielectric properties of foods at 3GHz as determined by a cavity perturbation technique. II. Measurements on food materials. J. Microwave Power 6(2), 107-123 (1971)

2) Bunch, W. L., Matthews, M. E., and Martin, E. H. : Fate of Staphylococcus aureus in beef-soy loaves used in hospital chill food services systems. J. Food Sci. 42, 565-566(1977)

3) Chen, S. C., Collins, J. L., McCarty, I. F., and Johnston, M. R. :Blanching white potatoes by microwave energy followed by boiling water. J. Food Sci. 36, 742-743 (1971)

4) Copson, D. A. : Microwave irradiation of fruit juice. U. S. patent 2,833,657 (1954a)

5) Copson, D. A. : Microwave irradiation of orange juice concentrate for enzyme inactivation. Food Technol. 8(9), 397-399 (1954b)

6) Dawson, L. E. and Sison, E. C. : Stability and acceptability of phosphate treated and pre-cooked chicken pieces reheated with microwave energy. J. Food Sci. 38, 161-164. (1987)

7) Decareau, R. V. : Microwave in food processing. Food Technol.Aust. 36(2), 81-86 (1984)

8) Hasted, J. B., Ritson, D. M., and Collie, C. H. : Dielectric properties of ionic solutions. Parts 1 and 2. J. Chem. Phys. 16, 1-21 (1948)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

9) Meisel, N. : Microwave drying of pasta products. Getereide, Mehl Brot 30, 187-189(1976)

10) Mudgett, R. E. Goldblith, S. A. Wang, D. I. C., and Westphal, W. B. : Prediction of dielectric properties in solid food of high moisture content at ultrahigh and microwave frequencies. J. Food Process. Preserv. 1. 119-151 (1977)

11) Mudgett, R. E. : Directions in microwave food processing. Proc. Symp. Electrotechnol. Ind. 1, 65-86. MITRO Corp., McLean, Virginia (1982)

12) Mudgett, R. E. (1985). Dielectric properties of foods. In "microwave in the food processing industry (Decareau, R. V. ed.)." pp 15-37. Aca-demic Press, Orlando (1985)

13) Page, R. M. : " The origin of Radar" Anchor Book, New York (1962)

14) Proctor, B. E., and Goldblith, S. A. : Radar energy for rapid cook-ing and blanching and its effect on vitamin content. Food Technol. 2(2), 95-104 (1984)

15) Poljoprivredni Fak, Zemun (1992). Loss of vitamin C during thermal processing of vegetables, Hrana-i-Ishrana 33(1/2), 9 (1992)

16) Quenzer, N. M. : The effect of microwave blanching on the nutritional and textural quality of freeze dried spinach, Dissertation- Abstracts-International 40(12), 5599 (1980)

17) Wyslouzil, W., and Kashyap, S. C. : Microwave sterilization of pea flour and protein concentrate. J. Microwave Power 11, 212-213 (1976)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

18) 김광옥, 김상숙, 성내경, 이영춘 "관능검사 방법의 이용." 신광출판사. 서울 (1993)

19) 김상옥 : 시금치 유통중의 조위 현상과 vatamin C의 함량, 한국영양식량학회지 14(1), 23-26 (1985)

20) 이태호 조리 냉동식품의 국내 현황. "1993년도 냉동식품연구회 조리냉동식품의 제품 개발 학술 세미나 자료집." p. 16. 냉동식품연구회, 서울 (1993)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 5 장　마이크로파를 이용한 멸치의 건조 특성

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 1 절 서 설

우리 나라에서 어획되는 멸치는 연간 약 15만톤 정도로 일시에 대량 어획되며 양질의 아미노산 및 n-3계열의 고도불포화지방산을 많이 함유하고 있다[1]. 멸치의 생화학적인 특성상 단백변성 및 지방산화가 빠르고 멸치의 지질성분은 마른 멸치의 장기저장중 산패 혹은 갈변 등을 일으켜 품질의 저하를 가져오기 때문에 어획량의 대부분 자건품으로 가공되어 사용되어지고 있다[2-5]. 그러나 멸치의 건조시 건조시설의 미비 및 기후의 영향을 많이 받기 때문에 폐기되거나 사료로 이용되어지등 많은 어려움을 낳고 있으며 기존의 건조 설비는 시설의 대형화, 건조시간의 장기화, 위생 및 제품의 질적 저하 등의 단점을 가지고 있다. 그러나 멸치에 관한 연구는 마른 멸치의 산패방지에 BHA처리[6], 제조과정중의 핵산관련물질의 변화[7,8], 마른 멸치의 분말화[9] 및 Tea bag포장[10], 멸치의 크기별[11] 및 저장방법[12]에 따른 품질변화등에 관한 보고가 있으며 멸치의 건조 특성에 대한 연구는 매우 미비한 형편이다. 본 연구에서는 멸치의 건조 과정에서 생화학적인 변화와 건조 시간의 단축으로 고품질의 마른 멸치를 생산하고 건조 시설에 들어가는 비용을 절감할 수 있는 마이크로파를 이용하여 열풍, 진공을 병행하는 새로운 건조 방법을 사용하여 멸치의 건조 특성을 검토하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험재료

멸치 시료는 여수만에서 어획한 원료 멸치를 선상에서 5%의 끓는 소금물에 처리한 후 -30℃로 급속동결한 후 -20℃에서 저장하여 사용하였으며 대조구는 백화점에서 시판되고 있는 마른 멸치(상품)를 구입하여 사용하였다.

2. 실험방법

가. 건조방법

멸치의 건조는 45℃에서 1시간 30분 열풍건조 후 마이크로파(MW), 마이크로파/열풍(MWH), 마이크로파 진공(MWV)의 건조방법을 이용하여 각각 이들에 5분 건조 1분 정지를 12회(MW5, MWH5, MWV10) 및 10분 건조 1분 정지를 6회(MW10, MWH10, MWV10) 반복하는 방법으로 처리하였다. 이때 마이크로파 건조기는 100 W의 출력과 2450 MHz 주파수의 자체 제작한 마이크로파 건조기를 이용하였다.

나. 수분 함량, pH, 산도 및 색도 측정

수분은 상압가열건조법으로 측정하였고 pH는 박 등[12]의 방법을 이용하여 멸치 시료량에 증류수를 10배 희석한 후 homogenizer를 이용하여 균질화시킨 후 Corning pH meter 245를 사용하여 측정하였으며 산도 측정[13]은 시료를 C-M추출법을 이용하여 유지를 추출한 후 evaporator(water bath온도 50℃유지)를 이용하여 농축시킨 다음 농축액 1g을 에탄올:에테르(1:1)로 20배 용해시킨 후 1% 페놀프탈레인 지시약을 첨가한 다음 0.1N KOH로 적정하여 적정량으로 계산하였다. 색도 측정은 시료를 머리, 꼬리, 내장을 분리한 후 분쇄하여 40 mesh 체를 통과한 분말을 Chroma meter(CR-200, Minolta, Japan)를 이용하여 L, a, b값을 측정하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

다. VBN(휘발성 염기질소) 함량

휘발성 염기질소는 Conway unit를 사용하는 미량확산법[13]을 사용하여 각 시료 5g를 3배의 물을 희석하여 homogenizer로 3분간 교반한 후 4% TCA를 첨가하여 homogenizer로 다시 5분간 교반한 후 3분간 방치하였다. 시료액을 3000rpm에서 원심분리한 후 상층액을 Conway unit을 사용하여 외실에는 K_2CO_3 1㎖와 시료액 1㎖을 넣고 내실에는 1/150N HCl 1㎖을 넣은 다음 40℃에서 90분간 방치한 후 1/70N $Ba(OH)_2$로 적정하였다.

라. 지방산 측정

멸치 시료의 지방산 조성은 Lepage G. 등[14]의 방법으로 분석하였다. 즉 시료 1g를 tafron cap test tube에 넣고 methanol:benzene(4:1) solvent를 2㎖을 넣은 다음 acetylchloride 200㎕을 넣고 반응하는 동안 새어나가지 않도록 밀봉한 다음 100℃ heating block에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응 후 상온에서 방치하여 냉각시킨 후 hexane 1㎖, 6% potassium carbonate 5㎖을 넣고 혼합하여 3000rpm에서 15분간 원심분리한 후 bexane층을 분리하여 Gas Chromatography를 이용하여 Table 1과 같은 조건으로 측정하였다.

마. 유리아미노산 측정

유리아미노산 함량은 Spackman 등[15]의 방법을 사용하였다. 즉 냉동 건조한 멸치 시료 3g에 증류수를 10배 희석한 것을 homogenizer로 5분간 교반한 후 5000rpm에서 30분간 원심분리하였다. 상층액을 분리하여 ethyl ether를 동량 첨가한 후 교반하여 TCA, 지방, 색소 등을 제거한 수층을 분리하여 감압농축하였다. 농축액을 0.2M Na-citrate 완충액을 가지고 25㎖로 정량한 후 0.2㎛ membrane filter로 여과하여 여과액 10㎕를 취하여 water workstation의 gauge 압력 50-60 mm Torr에서 건조하였다. 여기에 methanol:0.2N sodium acetate

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

triethylamine(2:2:1) 용액을 30㎕ 첨가한 후 재 건조하였다. 건조한 시료에 유도체 시약(methanol : water : triethyamine : phenylisothiocyanate (7:1:1:1))을 30㎕ 첨가한 후 상온에서 20분간 정치시킨 후 methanol 30㎕를 첨가한 후 water workstation의 gauge 압력 50-60 mm Torr에서 재 건조하였다. 건조물은 시료 희석제 200㎕에 용해한 후 10㎕를 취하여 HPLC로 분석하였다. 이때의 분석조건은 Table 2와 같다.

바. 조직감 측정

조직감 측정은 Texture Analyser(Model TX-XT2, Stable Micro System)를 사용하였으며 측정 조건은 measure type : measure force in compression, deformation ratio : 30%, plunger type : cylindrical type 6mm, sample size : 길이 4-5cm, 무게 2-3g, Speed : 0.5 mm/s 로 하였다.

사. 관능검사

멸치의 관능검사는 훈련된 패널요원 27명으로 실시하여 변색 정도, 멸치 특유의 향, 이취, 경도, 씹힘성, 멸치 특유의 맛, 전반적인 품질 등을 측정하였다. 측정 방법은 9점법을 사용하였고 검사 결과에 대한 통계 분석에는 SAS[16]를 이용한 분산분석법을 실시하여 유의적 차이가 인정되면 Student Newman Keuls Test에 의해 시료간의 최소유의차를 구하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Table 1. Conditions for GC analysis of fatty acids

Istrument	Hewlet Packard GC Model 5890
Column	BP20
Oven temp.	170℃ (hold time 5min), 2.5℃/min, 230℃
Carrier gas	Helium, 11 psi
Make up gas	Nitrogen (30mℓ/min)
Detector	Flame ionization detector
Injector temp.	240℃
detector temp.	250℃
Injection volume	0.5 μl

Table 2. Conditions for HPLC analysis of free amino acids

Instrument	Water Associate Model 244
Column	Pico-Tag
Column temp.	40 ℃
Eluent Sol.	Pico Tag Eluent A,B
Flow rate	1.0 ml/min
Chart speed	0.5 cm/min
Detector	UV(254 nm)
Injection volume	10 μl

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 3 절 결과 및 고찰

1. 수분함량, pH, 산도, 색도 및 휘발성 염기질소

수분함량은(Table 3) 각 마이크로파 건조방법 공히 시중에 판매하고 있는 제품(20%) 보다 낮은 값을 나타내었고 pH는(Table 3) 7.13 -7.16 범위의 값으로 큰 차이를 나타내지 않았다. 색도 변화는 지질의 산화와 갈변에 의해 상당히 영향을 받으며, 특히 수산가공품은 공기중의 산소에 의하여 산화변색이 일어나 그 속도는 조직이 다공질인 경우가 조밀한 경우보다 빠르다고 알려져 있으나[17] 본 실험에서는 색도(Table 4) 역시 각 마이크로파 건조방법 및 대조구의 차이는 발견하지 못했다. 문등[18]은 감압상태에서 마이크로파를 이용하여 비타민 C의 파괴정도를 비교하였을 때 기존의 방법과 큰 차이를 보이지는 않았으나 amylase의 불활성화하는 시간은 마이크로파 진공 가열이 감소하였다고 보고하였다. 산도는 15.60에서 18.60의 범위에서 마이크로파 건조방법에 따른 지방질의 산화가 없는 것으로 볼 수 있으며 대조구에 비하여 마이크로파 처리가 약간 높으나 건조방법에 따른 산도 변화는 큰 차이가 없었다. 이등[2]의 결과는 멸치시료가 작을수록 산도값이 낮아지는 경향을 보인다고 보고하였다. 휘발성 염기질소는(Table 3) 마이크로파 건조방법에 따라 큰 차이는 없고 대조구에 비하여 약간 높은 값을 나타내었다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Table 3. Moisture content, pH, Volatile basic nitrogen, Acid value of dried anchovies subjected to microwave drying

Sample	Moisture(%)	pH	Acid value	VBN(mg%)
Control	20.65	7.07	15.60	15.56
MW5	15.35	7.13	17.53	20.22
MW10	12.93	7.14	17.82	19.44
MWH5	20.11	7.15	15.17	18.44
MWH10	18.59	7.13	16.28	20.22
MWV5	16.43	7.15	18.60	16.33
MWV10	12.74	7.16	17.14	17.89

VBN: Volatile basic nitrogen

MW5: Microwave drying 5 min/1min holding - 12 times

MW10: Microwave drying 10 min/1min holding - 6 times

MWH5: Microwave and hot air drying 5 min/1min holding - 12 times

MWH10: Microwave and hot air drying 10 min/1min holding - 6 times

MWV5: Microwave vacuum drying 5 min/1min holding - 12 times

MWV10: Microwave vacuum drying 10 min/1min holding - 6 times

Table 4. Color values of dried anchovies subjected to microwave drying

Sample	L	a	b
Control	74.95	-0.86	11.1
MW5	70.75	-0.68	11.0
MW10	66.48	-0.63	9.7
MWH5	67.36	-1.07	9.76
MWH10	71.73	-0.47	11.49
MWV5	68.38	-1.14	11.79
MWV10	69.30	-1.23	10.81

MW5, MW10, MWH5, MWH10, MWV5, MWV10 : Refer to the comment in Table 3

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

2. 지방산 조성

지방산 조성을 측정한 결과(Table 5) 대조구의 경우 포화산이 38.34%, 모노엔산이 22.91%, 폴리엔산이 38.75%로 나타났으며 마이크로파 건조방법도 각각 비슷한 구성을 나타내었다. 또한 각 지방산 조성 비율도 각 건조방법에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 마이크로파를 이용하여 건조한 마른 멸치 주요 구성 지방산은 palmitic acid, docosahexaenoic acid, stearic acid, oleic acid, eicosapentaenoic acid등이었다. 각 건조방법 공히 palmitic acid와 docosahexaenoic acid의 함량이 많았으며 마른 멸치는 자숙 및 건조 등의 공정을 통하여 제조되었음에도 불구하고 20:5, 22:6과 같은 고도불포화지방산의 함량이 전반적으로 높았다. Shimma[19,20] 등도 건조 후의 지방산 조성이 원료어의 지방산 조성과 큰 차이가 없었다고 보고하였다. 오등[3]에 의하면 주요 구성 지방산은 palmitic acid, oleic acid, docosahexaenoic acid, plamitoleic acid, eicosapentaenoic acid의 함량이 많았다고 보고하여 본 결과와 비슷하였다. 마이크로파 건조 후 마른 멸치의 palmitic acid의 함량이 대조구에 비하여 현저히 감소하는 것으로 나타났다. Takiguchi의 방법[21]에 의해 고도불포화지방산의 산화안정성을[(20:5/22:6)(20:5+22:6)/16:0] 검토한 결과 대조구가 가장 높았으며 마이크로파/열풍 및 마이크로파 진공 건조가 마이크로파만 사용한 방법보다 높은 값을 나타내었다.

3. 유리아미노산

이등[1]의 보고에 의하면 멸치의 구성아미노산은 arginine, glutamic, histididine의 순으로 존재한다고 하였고 오등[3]은 glutamic acid, aspartic acid, leucine, lysine, alanine 등으로 보고하였다. 본 실험에서 멸치를 마이크로파 건조 방법에 따라 건조 후 유리아미노산을 측정한 결과는 Table 6에 나타내었다. 주요 유리아미노산은 각 마이크로파 건조 방법 공히 alanine, arginine,

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Table 5. Fatty acids composition of dried anchovies subjected to microwave drying

Fatty acids %	Control	MW5	MW10	MWH5
C14:0	7.125	6.079	6.542	5.539
C16:0	23.635	25.645	25.230	24.219
C16:1W9	9.065	5.140	5.534	4.840
C18:0	7.580	7.306	7.989	7.217
C18:1W9	7.125	7.647	7.853	7.080
C18:1W7	2.891	2.290	2.404	2.210
C18:2W6	1.072	1.650	1.716	1.680
C18:3W3	0.747	1.310	1.394	1.480
C18:4W3	0.979	1.430	1.439	1.730
C20:1W9	1.567	2.820	2.417	2.130
C20:4W6	1.877	1.783	1.667	1.945
C20:5W3	9.725	7.270	7.319	8.430
C22:1W1	2.266	3.940	3.437	2.690
C22:5W3	1.000	0.760	0.745	0.860
C22:6W3	23.346	24.930	24.314	27.950
TOTAL : 100%				
Saturated	38.34	39.03	39.76	36.98
Monoenes	22.91	21.84	21.65	18.92
Polyenes	38.75	39.13	38.59	44.10

MW5, MW10, MWH5, MWH10, MWV5, MWV10 : Refer to the comment in Table 3

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

(계속)

Fatty acids %	MWH10	MWV5	MWV10
C14:0	5.028	5.697	5.867
C16:0	22.660	24.446	26.003
C16:1W9	4.692	5.004	5.181
C18:0	7.156	7.615	7.603
C18:1W9	7.867	7.246	7.683
C18:1W7	2.164	2.342	2.287
C18:2W6	1.680	1.665	1.694
C18:3W3	1.443	1.435	1.529
C18:4W3	1.552	1.820	1.715
C20:1W9	3.145	1.048	1.353
C20:4W6	1.684	3.942	1.884
C20:5W3	7.839	8.163	8.428
C22:1W1	5.460	2.086	1.649
C22:5W3	0.833	0.859	0.859
C22:6W3	26.797	26.632	26.265
TOTAL : 100%			
Saturated	34.84	37.76	39.47
Monoenes	23.33	17.73	18.15
Polyenes	41.83	44.51	42.38

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

lysine, leucine등으로 나타났다. 이등[8]은 멸치의 크기에 관계없이 주요 유리아미노산은 histidine, lysine, proline이라고 보고하였으나 본 실험에서는 유리아미노산 함량이 가장 많은 것은 alanine 이었고 histidine 및 cystidine의 함량은 매우 적었다. 오등[3]은 유리아미노산이 histidine, alanine, leucine, isoleucine순으로 많다고 보고하였으며 Arakak와 Suyama는[22] 생멸치의 유리아미노산중 histidine, taurine, lysine등이 많다고 보고하였다. 일반적으로 수산물의 구성아미노산은 종류에 따라 다르지 않다고 알려져 있지만 몇 종류의 아미노산이 유리아미노산의 전부를 차지한다는 연구결과가 있다. 이등[23]은 건조개분에서 glycine과 alanine이 총유리아미노산의 77%를 차지한다고 하였고 하등[24]은 자리돔에서 taurine, lysine, glycine, alanine이 총유리아미노산의 80.5%를 차지한다고 보고하였다. 생멸치액젓의 경우도 alanine, glutamic acid등이 가장 많이 존재한다고 하였다. 오[25]의 보고에 의하면 유리아미노산의 총량은 12,802.5mg%. 자숙체의 12,349.5mg%로서 가열처리 정도가 클수록 총함량이 약간씩 감소하는 경향을 나타내었고 특히 alanine 과 glutamic acid 의 양적 감소가 현저히 나타났다고 보고하였다. 본 실험에서도 MW5, MWH5, MWV5가 같은 조건에서 10분 건조한 MW10, MWH10, MWV10보다 유리아미노산의 총량이 각각 감소하는 것으로 나타났다.

4. 조직감

멸치의 마이크로파 건조 후 탄성, 경도, 씹힘성, 껌성, 응집성을 기계적 측정방법에 의한 결과는 Table 7에 나타내었다. 대조구에 비교하여 마이크로파 건조방법이 각 측정항목에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며 마이크로파, 마이크로파/열풍, 마이크로파 진공 건조 방법에 따른 차이도 나타나지 않았다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

5. 관능검사

마이크로파를 이용하여 멸치를 건조한 후 관능검사 결과(Table 8) 겉 표면의 변색정도는 마이크로파 진공 방법이 가장 적은 것으로 나타났고 멸치 특유의 향도 마이크로파 진공 건조가 고유의 향을 가장 많이 간직하는 것으로 나타났다. 건조멸치의 이취는 마이크로파 진공 건조가 이취 발생이 적은 것으로 나타났고 그 중에서도 MWV5가 가장 작았다. 경도는 대조구가 가장 높았으며 씹힘성은 가장 낮았다. 멸치 특유의 맛은 멸치향을 가장 많이 함유하고 있는 마이크로파 진공 건조가 가장 높은 것으로 나타났으며 전반적인 품질에 대해서도 마이크로파 진공 건조 방법이 우수한 것으로 나타났다. 또한 각각의 마이크로파 건조 방법이 대조구에 비해 전반적인 품질 면에서 높은 것으로 나타나 마이크로파 건조 방법이 성분변화없이 품질이 우수하다는 결론을 얻었다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Table 6. Free amino acid contents of lipid in dried anchovies subjected to microwave drying (mg/100g)

Free amino acid	Control	MW5	MW10	MWH5
ASP	10.94	17.27	8.26	14.41
GLU	69.55	73.98	43.67	74.20
SER	30.60	28.61	10.25	26.76
GLY	62.03	71.87	44.95	66.10
HIS	8.41	9.72	6.33	8.66
ARG	71.45	115.24	69.20	86.55
THR	40.67	38.01	23.12	35.12
ALA	148.18	148.54	94.60	131.71
PRO	44.03	55.79	33.33	44.10
TYR	29.79	49.08	26.90	33.60
VAL	47.66	56.27	32.46	41.02
MET	20.71	35.85	25.05	28.48
CYS	8.55	8.75	9.54	9.88
ILE	28.24	33.61	19.40	23.15
LEU	61.10	79.08	46.12	53.05
PHE	39.58	60.50	39.01	45.16
LYS	58.92	90.44	52.18	86.57
Total	780.41	972.61	584.37	808.52

MW5, MW10, MWH5, MWH10, MWV5, MWV10 : Refer to the comment in Table 3

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

(계속)

Free amino acid	MWH10	MWV5	MWV10
ASP	13.48	13.90	7.83
GLU	58.55	74.49	43.16
SER	20.29	22.40	7.89
GLY	58.02	71.40	45.59
HIS	8.38	9.63	6.55
ARG	94.56	88.84	51.59
THR	32.61	35.77	20.34
ALA	119.74	137.70	89.39
PRO	44.13	49.03	30.84
TYR	37.56	34.08	18.87
VAL	43.65	45.29	24.59
MET	30.85	31.18	22.90
CYS	9.49	10.00	8.95
ILE	25.14	25.18	12.47
LEU	61.14	56.12	29.90
PHE	49.72	45.48	28.13
LYS	75.03	90.42	48.21
Total	782.34	840.91	497.20

MW5, MW10, MWH5, MWH10, MWV5, MWV10 : Refer to the comment in Table 3

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Table 7. Texture of dried anchovies subjected to microwave drying

Treatment	Springness	Hardness	Chewiness	Gumminess	Cohesiveness
Control	0.724	997.91	364.58	432.76	0.412
MW5	0.809	893.74	375.52	467.36	0.529
MW10	0.708	742.62	266.98	369.93	0.494
MWH5	0.714	921.68	376.75	526.24	0.408
MWH10	0.763	845.32	298.82	391.05	0.464
MWV5	0.727	832.12	265.89	360.10	0.432
MWV10	0.747	926.36	342.31	454.94	0.456

MW5, MW10, MWH5, MWH10, MWV5, MWV10 : Refer to the comment in Table 3

Table 8. Sensory evaluation scores of dried anchovies subjected to microwave drying

Treatment	Browness	Aroma	Off flavor	Firmness	Chewiness	Taste	Overall acceptabi-lity
Control	5.79^{a}	4.57^{b}	5.79^{a}	6.36^{a}	3.86^{b}	6.07^{c}	6.00^{c}
MW5	4.21^{ab}	5.57^{ab}	3.86^{bc}	3.36^{b}	4.79^{ab}	6.14^{ab}	6.93^{bc}
MW10	4.43^{ab}	5.50^{ab}	4.43^{ab}	5.14^{ab}	5.64^{a}	6.86^{ab}	6.07^{ab}
MWH5	4.79^{a}	5.07^{ab}	4.79^{a}	5.57^{a}	5.00^{ab}	6.36^{ab}	6.14^{ab}
MWH10	4.50^{ab}	5.43^{ab}	5.07^{a}	4.64^{ab}	3.57^{ab}	6.14^{ab}	6.14^{ab}
MWV5	2.93^{b}	5.57^{ab}	2.86^{c}	4.86^{ab}	5.00^{ab}	7.00^{a}	7.00^{a}
MWV10	3.01^{b}	6.36^{a}	3.86^{bc}	5.07^{ab}	6.64^{a}	7.14^{a}	7.29^{a}

^{a,b,c}Means with column with different letters are significantly different ($P<0.05$)

MW5, MW10, MWH5, MWH10, MWV5, MWV10 : Refer to the comment in Table 3

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 4 절 결론

멸치를 열풍건조 후 마이크로파(MW), 마이크로파/열풍(MWH), 마이크로파 진공(MWV)의 건조방법을 이용하여 각각 이들에 5분 건조 1분 정지를 12회 및 10분 건조 1분 정지를 6회 반복하는 방법으로 처리하여 품질 특성을 검토한 결과 수분함량, pH, 색도, 산도, 휘발성 염기질소는 마이크로파 건조방법에 따라 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 지방산 조성은 대조구의 경우 포화산이 38.34%, 모노엔산이 22.91%, 폴리엔산이 38.75%로 나타났으며 마이크로파 건조방법도 각각 비슷한 구성을 나타내었고 각 건조방법 공히 palmitic acid와 docosahexaenoic acid의 함량이 많았다. 마이크로파 건조 후 마른 멸치의 palmitic acid의 함량이 대조구에 비하여 현저히 감소하는 것으로 나타났다. 주요 유리아미노산은 각 마이크로파 건조 방법 공히 alanine, arginine, lysine, leucine등으로 나타났다. 조직감 측정은 대조구에 비교하여 마이크로파 건조 방법이 각 측정항목에 따라 큰 차이를 보이지 않았으며 관능검사 결과 마이크로파 진공 건조 방법이 가장 우수한 것으로 나타났다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

참고문헌

1) 이응호, 김진수. 안창범, 주동식, 이승원, 임치원, 박희열 : 멸치스낵제품의 품질비교 및 저장안정성. 한국수산학회지, 22, 49 (1989)

2) 이응호, 오광수, 이태현, 정영훈, 김세권, 박희열 : 시판 마른멸치의 종류에 따른 지방산 함량. 한국수산학회지, 19, 183 (1986)

3) 오광수, 노락현, 이응호, 박희열 : 멸치를 이용한 식품가공용 중간소재의 가공. 한국식품과학회지, 21, 498 (1989)

4) 이응호 : 수산가공학. 선진문화사, p.68 (1985)

5) 수산년감 : 한국수산회. 진명사, p424 (1990)

6) 이응호. 장희운, 진규업 : BHA 처리가 마른멸치의 산패방지에 미치는 효과에 대하여. 한국농화학회지, 6, 25 (1965)

7) 이응호, 박영호 : 식품산업의 가공 및 저장중의 핵산관련물질의 변화에 관한 연구. 1. 마른멸치 제조과정중의 핵산관련물질의 변화. 한국수산과학회지, 4, 31 (1971)

8) 이응호, 김세권, 전중균, 차용준, 정숙현 : 시판마른멸치의 정미성분. 한국수산학회지, 14, 194 (1981)

9) 이응호, 하재호, 차용준, 오광수, 권칠성 : 진주담치 및 마른멸치 분말수우프의 제조. 한국수산학회지, 17, 299 (1984)

10) 이호연, 정부길, 이정석, 김풍호, 김진수, 이응호 : Tea bag 포장한 멸치 복합 분말의 가공 및 그 추출물의 정미성분. 한국농화학회지, 36, 271 (1993)

11) 조길석, 김현구, 김영명, 강통삼 : 건멸치의 크기가 저장성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 20, 1 (1988)

12) 박희열, 오광수, 이응호 : 멸치를 이용한 식품가공용 중간소재의 동결저장안정성. 한국식품과학회지, 21, 536 (1989)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

13) 日本厚生省編: 食品衛生檢査指針. I 揮發性鹽基窒素 p.32 (1960)

14) Lepage G. and Roy, C.C., Direct transesterification of all classes of lipids in a one-step reaction. *J. Lipid Res.*, 27, 114 (1986)

15) Spackman, D.H. ,Stein, W.H. and Moore, S.:Automatic recording apparatas for use in the chromatography of amino acid. *Anal. chem.*, 30, 1190 (1958)

16) SAS Institute, Inc. SAS/STAT User's Guide, Version 6.03., Cary, NC(1988)

17) Chung, C. and Toyomizu, M. : Studies on the browing of dehydrated foods as a funtion of water activity. -1. Effect of A_w on browning in amino acid-lipid systems. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.* 42, 697 (1979)

18) 문은경, 한기영, 김석신, 김상용, 노봉수 : 마이크로파 진공가열방법이 효소의 불활성화에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 29, 284 (1997)

19) Shimma, Y. and Shimma, H. : Studies on lipid extracted from imported brown fish meal. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish,* 37, 203 (1971)

20) Shimma, H. and Shimma, Y. : Fatty acid composition of markectable products of dried fishes. *Bull. Tokai Reg. Fish Res. Lab.*, 70. 70 (1972)

21) Takiguchi, A. : Lipid oxidation and hydrolysis in dried anchovy products during drying and storage. *Bull Japan Soc. Sci. Fish,* 53, 1463 (1987)

22) Arakaki, J. and Suyama, M. : Amino acid composition of the protein of anchovy. 일본수산학회지, 32, 70 (1968)

23) 이응호 : 건조게불의 extract에 대한 연구. 부영대연보, 8, 59 (1968)

24) 하준항, 이응호 : 자리돔 엑스분의 유리아미노산. 한국수산학회지, 12, 241

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

(1979)

25) 오광수 : 멸치액젓의 레토르트 식품화에 관한 연구. 한국식품과학회지, 28, 1038 (1996)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 6 장　마이크로파를 이용한 버섯의 건조 특성

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 1 절 서 설

우리나라에서는 정부의 농가소득 향상을 위한 대책 일환으로 느타리버섯, 양송이버섯 및 표고버섯의 인공재배법이 농가에 널리 보급되면서 버섯이 식용으로 많이 이용되고 있으며 우리나라에서 재배되고 있는 버섯의 종류는 15종에 이르고 있다. 버섯류는 생물학적 담자균류 및 자낭균류에 속하는 미생물로서 균사의 생육시 분비되는 효소에 의해 목재의 주성분인 섬유소, 헤미셀룰로오스, 리그닌 및 기타 유기화합물을 분해하여 영양원으로 이용된다. 버섯류의 영양성분은 일반 과채류와 같이 단백질 및 지질의 함량이 낮은 반면 섬유질, 무기질 및 비타민류 등 특수영양소가 다량 함유되어 있다. 최근에는 버섯에는 암세포 억제작용 및 바이러스 억제작용 등 생리적으로 유효한 약리작용이 계속 밝혀지고 있다. 이와같이 버섯류는 건강식품으로 인식되어 감에 따라 그 수요가 계속 증가할 것으로 예측되나 국내에서는 출하조절기반이 미약하여 홍수출하에 따른 가격하락 및 품질저하가 문제되고 있으며 또한 버섯류의 가공이 통조림 또는 병조림등 단순가공에 머무르고 있어 소비가 한정되어 생산기반이 매우 취약한 실정이다. 표고버섯의 건조는 유통기간 연장 방법으로 옛부터 이용되어 왔으며 현재는 열풍건조기를 이용한 건조방법이 일반적이며 일본등지에서는 단계적으로 온도를 높혀 건조하고 있으나 열풍온도의 조건이 변화하면 외관의 수축이 심하게 발생되며 색상이 흑갈색으로 변화하여 품질이 나빠지게 된다. 또한 화고의 경우는 비교적 수분함량이 낮아 품질이 비교적 우수하나 동고의 경우는 형태가 심하게 수축되는 등 상등품의 수율이 높지 않아 원료에 따른 건조방법의 개발과 건조조건의 확립이 매우 시급한 실정이다. 본 연구에서는 농산물수입개방 시대에도 농가소득원 작물로서 버섯의 가격유지 및 생산확대에 기여하고자 표고버섯의 마이크로파 건조 공정의 방법을 개발하여 건조표고의 품질개선 연구를 수행하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험재료

표고버섯(동고)

2. 실험방법

가. 건조방법

1) 열풍(hot air)처리 후 microwave

2) microwave 와 열풍처리 후 microwave

3) 열풍(hot air)처리 후 microwave & hot air

4) microwave 와 열풍처리 후 microwave & hot air

5) microwave를 이용한 건조

가) 50℃,2시간 열풍 후 microwave & hot air

나) 50℃,3시간 열풍 후 microwave & hot air

다) 50℃,4시간 열풍 후 microwave & hot air

라) 60℃,2시간 열풍 후 microwave & hot air

마) 60℃,3시간 열풍 후 microwave & hot air

바) 60℃,2시간 열풍 후 microwave

사) 60℃,3시간 열풍 후 microwave

나. 수분 함량, 색도, 중량, 복원률 및 수분활성도 측정

수분은 상압가열건조법으로 측정하였고, 색도 측정은 시료를 갓과 대를 분리하여 Chroma meter(CR-200, Minolta, Japan)를 이용하여 L, a, b, hue, Chroma값을 측정하였다. 중량 측정은 시험용 전기 저울(FX3000, AND, Japan)을 이용하였으며 복원률은 건조된 시료 10개를 10℃의 증류수에 완전히 담근 후 침지시간에 따라

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

버섯을 꺼내어 메쉬위에서 외부의 물기를 제거한 후 무게를 측정하여 무게 변화가 1g미만의 시간까지의 시간을 측정하였다. 수분활성 측정은 25℃에서 수분활성도 측정기(Novasima, EEJA 3, Swiss)를 이용하여 측정하였다.

다. Polyphenol oxidase activity 측정

1) 전처리(aceton 건조 분말의 조제):aceton powder 법

가) 표고버섯 생시료 50g에 1g polyethylene glycol(PEG) #6,000과 冷 aceton(-20℃) 300ml를 가한다.

나) blending 시킨 후 감압여과한다.

다) 위 고형물에 PEG를 제거한 상기조작을 3번 반복한다.

2) buffer solution 조제

50mM sodium phosphate 완충액(pH 7.0 , 25℃) 제조

3) 기질 선택

10mM의 catechol(pyrocatechin)을 준비한다.

4) polyphenol oxidase activity 의 측정

가) 표고버섯의 aceton powder 1.5 g 에 50mM sodium phosphate 완충액(pH 7.0) 25ml를 가해 4℃에서 3시간 추출한 후 원심분리(10,000×g, 4℃, 15분)한다.

나) 원심분리한 상등액을 조효소액으로 취한다.

다) 조효소액 0.2ml 에 10mM catechol 이 함유된 50mM sodium phosphate 완충액 2.8ml를 가해 30℃에서 20분간 반응시킨다.

대조구는 효소액 대신에 50mM sodium phosphate 완충액을 첨가한다.

라) 420nm에서 흡광도를 측정한다.

이 때, 동일 온도에서 효소 1ml 가 1분 동안 0.001의 흡광도를 증가시키는 것을 효소 1 unit 로 나타내었다. 즉, 1 unit = absorbance

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

0.001/min/ml 로 표시하였다.

라. 유리 아미노산 측정

1) 전처리

가) 냉동건조한 표고버섯 5g에 증류수 50ml를 가하고 유발에서 마쇄한 후 30분간 원심분리(5,000×g , 4℃)하여 상층액에 25% trichloroacetic acid (TCA) 동량을 가한다.

나) 1시간 동안 냉장고에 넣어 둔 다음, 다시 30분 간 원심분리(5,000×g , 4℃) 한다.

다) 상층액에 ethyl ether 를 가하여 잘 흔들어서 TCA,지방,색소 등을 제거한 수층을 50℃에서 감압농축 시키고 0.2 M Na-citrate 완충액(pH 2.2)으로 총 50ml 되게 조정한 후 이를 0.2 μm membrane filter로 여과한다.

라) 여액 10 $\mu\ell$를 Waters workstation의 gauge 압력 50~60 mm Torr 에서 건조한다.

마) 건조물에 methanol : 0.2 N sodium acetate : triethylamine 를 2 : 2 : 1 로 섞은 용액을 30 $\mu\ell$ 첨가해 50 mm Torr 에서 재건조 한다.

바) 재 건조된 시료에 유도체 시약(methanol : water:triethylamine phenylisothiocyanate(PITC) = 7:1:1:1) 30 $\mu\ell$를 첨가하여 교반하고 상온에서 10~20 분간 정치시킨 후 감압건조하고 methanol 30μ를 첨가해 교반 후 재건조한다.

사) 건조물은 시료 희석제 (P/N 88119, Waters Co., Milford, USA) 200 $\mu\ell$에 용해한 후 10 $\mu\ell$를 취한다.

2) HPLC로 분석

표 1 에 나타낸 바와 같은 조건 하에서 HPLC 로 분석.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 1. Conditions for HPLC analysis of free amino acids

Column	Pico-Tag
Column temp.	40 ℃
Eluent Sol.	Pico Tag Eluent A,B
Flow rate	1.0 ml/min
Chart speed	0.5 cm/min
Detector	UV(254 nm)
Injection volume	10 μl

마. 니아신 측정

시료 5g을 취하여 30ml, 2N H_2SO_4를 가하고 균질화한 후 45분 동안 60℃로 가열 후 5N NaOH로 pH를 중성으로 맞춘다음 증류수로 50ml로 정용한다. 용액을 SEp-pack C_{18} Catridge에서 여과하고 H_{20}:MeOH(80:20)으로 elution시켜 두 용액을 합쳐 여과하여 HPLC로 표 1에서 eluent sol.을 5mM PICA reagent으로 대체하여 같은 조건으로 분석하였다.

바. 미세구조

건조된 시료는 절단하여 gold-polladium으로 코팅하여 주사전자현미경 (Scanning electron microscope)로 미세구조를 관찰하였다.

사. XRD 측정

시료의 결정성 영역을 조사하기 위하여 XRD(X-ray diffraction dector, Model, Rigaku D/Max-IIIA, Japan)을 이용하여 도형회절도를 측정하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 3 절 결과 및 고찰

1. 전처리에 따른 표고버섯의 중량 변화

전처리 및 마이크로파 건조방법에 따른 표고버섯의 중량 변화는 표2-13에 나타내었다. 표고버섯 건조 공정중 열풍에 의한 전처리는 각 마이크로파 건조 공정 후 품질의 향상을 나타내었으며 열풍 전처리를 하지 않은 건조 표고버섯과는 색도 및 외관에 있어서 많은 차이를 나타내었다. 전처리 후 각 마이크로파 건조 공정에 따른 중량 변화는 큰 차이를 나타내지 않았다.

표 2. 전처리(열풍 50℃,3시간)후 microwave 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave	저장후
1	10.57	5.07	3.34	3.15
2	8.17	3.70	2.24	2.27
3	10.46	5.10	3.31	3.19

1 : microwave 7분 건조/1분 정지를 8회 반복

2 : microwave 10분 건조/1분 정지를 6회 반복

3 : microwave 12분 건조/1분 정지를 5회 반복

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 3. 전처리 (열풍 50℃,3시간)후 microwave & hot air 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave & hot air	저장후
1	10.66	5.12	2.85	2.79
2	9.72	4.51	2.34	2.48
3	11.94	6.14	3.34	3.05

표 4. 전처리 (열풍 50℃,3시간)후 microwave & 진공 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave & 진공	저장후
1	18.17	10.64	7.39	5.14
2	18.08	9.57	6.66	5.05
3	18.55	10.61	7.49	5.19

표 5. 전처리 (열풍 50℃,4시간)후 microwave 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave	저장후
1	13.24	5.57	3.56	3.12
2	12.19	4.96	3.04	2.45
3	14.10	6.11	4.02	3.17

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 6. 전처리 (열풍 50℃, 4시간)후 microwave & hot air 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave & hot air	저장후
1	17.17	7.42	4.88	4.35
2	15.31	6.52	3.73	3.45
3	16.20	7.26	4.45	3.77

표 7. 전처리 (열풍 50℃, 4시간)후 microwave & 진공 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave & 진공	저장후
1	18.76	9.01	6.05	5.14
2	14.62	6.58	3.89	4.26
3	17.08	8.02	5.12	4.56

표 8. 전처리 (열풍 60℃, 2시간)후 microwave건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave	저장후
1	10.62	5.58	3.46	3.07
2	12.21	6.40	4.30	2.81
3	13.24	7.21	4.78	2.79

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 9. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave & hot air 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave & hot air	저장후
1	13.99	7.46	4.76	3.48
2	16.31	8.70	5.64	4.58
3	15.50	8.49	5.38	3.16

표 10. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave & 진공 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave & 진공	저장후
1	14.31	8.04	5.30	4.32
2	13.48	7.48	4.32	3.89
3	15.27	8.82	5.81	4.74

표 11. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave	저장후
1	13.53	5.24	3.31	2.89
2	16.48	7.42	5.26	4.09
3	16.35	7.03	4.79	3.93

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 12. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave & hot air 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave & hot air	저장후
1	13.98	5.35	3.17	3.01
2	13.78	5.11	2.61	2.57
3	15.03	6.45	3.73	3.10

표 13. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave & 진공 건조 후의 중량변화(g)

Treatment	초기	열풍	microwave & 진공	저장후
1	16.99	7.75	5.22	4.44
2	15.98	6.97	4.20	3.20
3	15.87	7.54	4.53	3.76

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

2. 마이크로파 건조 방법에 따른 색도 변화

마이크로파 건조 후 각 방법에 따른 색도 변화를 갓과 대를 분리하여 측정한 결과 (표 14-37), 전반적으로 마이크로파 건조 방법에 따라 각 부분은 생 표고버섯과의 색도 차이가 크지 않으나 대의 경우는 L값이 감소하는 경향을 나타내었다. 마이크로파 건조 방법 중 마이크로파 진공 건조 방법이 다른 건조 방법에 비해 L값이 높은 값으로 나타내어 변색정도가 가장 작은 것으로 나타났다.

표 14. 전처리(열풍 50℃,3시간)후 microwave 건조 후 갓의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	46.18	6.03	14.77	15.96	67.69
<microwave6회>	42.90	6.37	14.11	15.49	65.74
<microwave5회>	44.38	6.30	14.61	15.91	66.77

표 15. 전처리(열풍 50℃,3시간)후 microwave 건조 후 대의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	46.13	8.02	18.29	20.05	66.3
<microwave6회>	51.04	8.04	20.92	22.48	68.8
<microwave5회>	47.82	7.57	19.24	20.75	68.8

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 16. 전처리 (열풍 50℃,3시간)후 microwave & hot air 건조 후 갓의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	43.87	6.15	13.79	15.10	66.04
<microwave6회>	44.12	5.90	13.51	14.75	66.32
<microwave5회>	44.80	5.43	13.16	14.24	67.68

표 17. 전처리 (열풍 50℃,3시간)후 microwave & hot air 건조 후 대의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	45.22	9.27	20.05	22.18	64.9
<microwave6회>	48.30	8.14	19.46	21.13	67.2
<microwave5회>	45.35	8.57	19.01	20.91	65.2

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 18. 전처리 (열풍 50℃,3시간)후 microwave & 진공 건조 후 갓의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	48.81	6.46	14.45	15.83	66.02
<microwave6회>	47.61	6.44	14.22	15.61	65.70
<microwave5회>	47.96	6.39	14.82	16.13	66.80

표 19. 전처리 (열풍 50℃,3시간)후 microwave & 진공 건조 후 대의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	56.75	7.74	18.58	20.14	67.45
<microwave6회>	62.17	7.13	18.70	20.02	69.27
<microwave5회>	60.54	7.41	19.02	20.42	68.83

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 20. 전처리 (열풍 50℃,4시간)후 microwave 건조 후 갓의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	45.73	7.45	15.75	17.42	64.68
<microwave6회>	45.96	6.26	13.47	14.86	64.98
<microwave5회>	45.77	6.11	13.61	14.93	65.88

표 21. 전처리 (열풍 50℃,4시간)후 microwave 건조 후 대의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	49.73	9.41	19.58	21.80	64.18
<microwave6회>	46.72	9.12	18.53	20.72	63.59
<microwave5회>	49.77	8.56	18.92	20.82	65.77

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 22. 전처리 (열풍 50℃,4시간)후 microwave & hot air 건조 후 갓의 색도변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	48.76	6.16	15.04	16.26	67.77
<microwave6회>	45.99	6.24	13.32	14.71	64.91
<microwave5회>	46.83	7.40	15.24	16.96	63.96

표 23. 전처리 (열풍 50℃,4시간)후 microwave & hot air 건조 후 대의 색도변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	52.62	8.56	21.00	22.81	67.64
<microwave6회>	46.68	9.07	18.43	20.56	63.86
<microwave5회>	59.51	7.67	21.89	23.25	70.78

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 24. 전처리 (열풍 50℃,4시간)후 microwave & 진공 건조 후 갓의 색도변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	46.46	6.54	14.11	15.55	65.21
<microwave6회>	46.97	6.32	13.91	15.28	65.49
<microwave5회>	48.35	5.90	14.42	15.59	67.75

표 25. 전처리 (열풍 50℃,4시간)후 microwave & 진공 건조 후 대의 색도변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	61.92	7.06	18.62	19.92	69.40
<microwave6회>	58.96	7.96	19.90	21.44	68.30
<microwave5회>	57.94	8.28	19.77	21.46	67.29

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 26. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave 건조 후 갓의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	43.67	5.83	13.59	14.81	66.29
<microwave6회>	45.96	5.99	14.41	15.62	67.34
<microwave5회>	41.39	6.55	13.05	14.60	63.38

표 27. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave 건조 후 대의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	46.77	8.59	19.44	21.31	65.96
<microwave6회>	50.15	7.89	19.63	21.24	67.86
<microwave5회>	44.04	9.62	19.26	21.58	63.26

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 28. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave & hot air 건조 후 갓의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	45.16	6.13	13.29	14.64	65.21
<microwave6회>	51.32	7.05	17.87	19.22	68.57
<microwave5회>	45.95	5.92	13.95	15.15	66.96

표 29. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave & hot air 건조 후 대의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	48.49	8.99	20.39	22.33	66.23
<microwave6회>	58.14	6.73	21.97	23.04	72.99
<microwave5회>	48.22	8.19	20.50	22.10	68.19

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 30. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave & 진공 건조 후 갓의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	51.41	6.54	16.78	18.03	68.70
<microwave6회>	47.98	6.94	16.50	17.90	67.27
<microwave5회>	51.65	6.93	17.77	19.09	68.68

표 31. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave & 진공 건조 후 대의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	60.61	8.29	21.63	23.17	69.09
<microwave6회>	62.06	7.85	21.34	22.74	69.89
<microwave5회>	64.80	7.57	21.57	22.88	70.92

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 32. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave 건조 후 갓의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	46.25	6.71	14.50	16.00	65.04
<microwave6회>	42.65	6.4	13.07	14.60	63.52
<microwave5회>	48.73	7.48	16.96	18.55	66.11

표 33. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave 건조 후 대의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	54.05	8.55	21.76	23.40	68.61
<microwave6회>	47.34	9.49	19.46	21.69	63.93
<microwave5회>	56.50	9.12	22.84	24.66	68.41

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 34. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave & hot air 건조 후 갓의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	47.77	6.78	14.94	16.44	65.40
<microwave6회>	50.73	6.86	16.08	17.49	66.71
<microwave5회>	48.48	6.05	14.06	15.31	66.71

표 35. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave & hot air 건조 후 대의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	56.51	7.49	20.57	21.95	70.02
<microwave6회>	55.78	7.21	19.68	21.06	69.74
<microwave5회>	45.92	9.09	18.34	20.59	62.62

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 36. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave & 진공 건조 후 갓의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	48.13	6.52	14.97	16.33	66.54
<microwave6회>	48.10	6.39	15.14	16.44	67.13
<microwave5회>	50.18	6.64	16.61	17.89	68.20

표 37. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave & 진공 건조 후 대의 색도 변화

Treatment	L	a	b	Chroma	Hue
<microwave8회>	59.68	7.37	19.40	20.80	69.23
<microwave6회>	62.06	7.68	20.72	22.10	69.78
<microwave5회>	62.14	7.67	20.82	22.21	69.94

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

3. 마이크로파 건조 방법에 따른 복원률 및 수분활성도

마이크로파 건조 후 각 방법에 따른 복원률 및 수분활성도를 측정한 결과 (표 38-49), 마이크로파 진공 방법이 다른 방법에 비해 복원 시간이 증가하였으며 각 방법 공히 마이크로파 7분 건조/ 1분 정지를 8회 반복한 방법이 다른 방법에 비해 복원 시간이 증가하였다. 수분활성도는 각 방법 공히 갓보다는 대가 높은 값을 나타내었으며 마이크로파 진공 방법이 다른 방법에 비해 높은 값을 나타내었다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 38. 전처리(열풍 50℃,3시간)후 microwave 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	3.03	0.66	0.67
	40분후	19.91		
	1시간후	20.95		
	1시간20분후	21.75		
<microwave6회>	초기	2.58	0.70	0.68
	40분후	12.54		
	1시간후	13.40		
<microwave5회>	초기	3.56	0.71	0.71
	40분후	18.60		
	1시간후	20.61		
	1시간20분후	21.65		
	1시간40분후	22.39		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 39. 전처리 (열풍 50℃,3시간)후 microwave & hot air 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	2.15	0.65	0.63
	40분후	15.45		
	1시간후	16.35		
<microwave6회>	초기	2.45	0.65	0.64
	40분후	13.42		
	1시간후	15.03		
	1시간20분후	16.00		
<microwave5회>	초기	2.95	0.69	0.71
	40분후	12.59		
	1시간후	13.82		
	1시간20분후	14.68		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 40. 전처리 (열풍 50℃,3시간)후 microwave & 진공 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	11.03	0.73	0.73
	40분후	33.12		
	1시간후	35.41		
	1시간20분후	36.72		
	1시간40분후	37.72		
	2시간후	38.73		
<microwave6회>	초기	4.09	0.78	0.72
	40분후	12.03		
	1시간후	14.10		
	1시간20분후	15.37		
	1시간40분후	16.26		
<microwave5회>	초기	8.00	0.74	0.74
	40분후	31.29		
	1시간후	34.72		
	1시간20분후	36.32		
	1시간40분후	37.19		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 41. 전처리 (열풍 50℃,4시간)후 microwave 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	2.83	0.56	0.55
	40분후	14.39		
	1시간후	15.70		
	1시간20분후	16.64		
<microwave6회>	초기	2.73	0.44	0.59
	40분후	18.24		
	1시간후	19.42		
	1시간20분후	20.20		
<microwave5회>	초기	2.83	0.51	0.57
	40분후	20.70		
	1시간후	22.43		
	1시간20분후	23.61		
	1시간40분후	24.54		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 42. 전처리 (열풍 50℃,4시간)후 microwave & hot air 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	4.18	0.64	0.66
	40분후	21.10		
	1시간후	23.28		
	1시간20분후	24.45		
	1시간40분후	25.33		
<microwave6회>	초기	3.52	0.66	0.64
	40분후	17.08		
	1시간후	18.00		
<microwave5회>	초기	3.51	0.64	0.67
	40분후	15.37		
	1시간후	16.92		
	1시간20분후	17.95		
	1시간40분후	18.79		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 43. 전처리 (열풍 50℃,4시간)후 microwave & 진공 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	5.01	0.71	0.79
	40분후	19.47		
	1시간후	21.83		
	1시간20분후	23.55		
	1시간40분후	24.57		
	2시간후	25.05		
<microwave6회>	초기	3.82	0.68	0.71
	40분후	14.09		
	1시간후	16.45		
	1시간20분후	18.17		
	1시간40분후	19.18		
	2시간후	20.14		
<microwave5회>	초기	4.43	0.63	0.64
	40분후	16.73		
	1시간후	20.14		
	1시간20분후	22.93		
	1시간40분후	23.34		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 44. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	2.99	0.68	0.69
	40분후	13.43		
	1시간후	14.58		
	1시간20분후	15.54		
<microwave6회>	초기	2.71	0.65	0.66
	40분후	12.69		
	1시간후	13.88		
	1시간20분후	14.73		
<microwave5회>	초기	2.58	0.50	0.55
	40분후	13.15		
	1시간후	14.55		
	1시간20분후	15.56		
	1시간40분후	16.48		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 45. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave & hot air 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	2.94	0.58	0.60
	40분후	11.74		
	1시간후	12.70		
	1시간20분후	13.39		
<microwave6회>	초기	3.78	0.73	0.82
	40분후	14.40		
	1시간후	15.90		
	1시간20분후	16.53		
<microwave5회>	초기	3.21	0.65	0.64
	40분후	13.63		
	1시간후	14.38		
	1시간20분후	15.10		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 46. 전처리 (열풍 60℃,2시간)후 microwave & 진공 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	6.92	0.72	0.70
	40분후	15.67		
	1시간후	17.21		
	1시간20분후	18.63		
	1시간40분후	19.72		
	2시간후	20.49		
<microwave6회>	초기	4.29	0.70	0.76
	40분후	11.53		
	1시간후	13.05		
	1시간20분후	14.49		
	1시간40분후	15.43		
<microwave5회>	초기	5.28	0.74	0.72
	40분후	10.95		
	1시간후	12.73		
	1시간20분후	14.31		
	1시간40분후	15.41		
	2시간후	16.44		
	2시간20분후	17.46		
	2시간40분후	18.07		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 47. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	3.04	0.63	0.64
	40분후	16.22		
	1시간후	17.48		
	1시간20분후	18.30		
<microwave6회>	초기	3.38	0.71	0.74
	40분후	15.90		
	1시간후	17.23		
	1시간20분후	18.21		
<microwave5회>	초기	4.07	0.67	0.67
	40분후	20.78		
	1시간후	22.06		
	1시간20분후	22.83		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 48. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave & hot air 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	2.29	0.74	0.78
	1시간후	14.82		
	1시간40분후	16.69		
	1시간50분후	16.82		
<microwave6회>	초기	2.44	0.49	0.50
	1시간후	14.48		
	1시간20분후	15.47		
<microwave5회>	초기	2.22	0.51	0.56
	40분후	14.64		
	1시간후	15.61		
	1시간20분후	16.38		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 49. 전처리 (열풍 60℃,3시간)후 microwave & 진공 건조 후의 복원률 및 수분활성도

Treatment	복원률		수분활성도(Aw)	
	Time	Weight(g)	갓	대
<microwave8회>	초기	5.01	0.64	0.65
	40분후	15.42		
	1시간후	17.52		
	1시간20분후	19.51		
	1시간40분후	21.10		
	2시간후	22.36		
	2시간20분후	23.39		
	2시간40분후	24.26		
<microwave6회>	초기	3.12	0.73	0.72
	40분후	7.60		
	1시간후	8.66		
	1시간20분후	9.63		
	1시간40분후	10.38		
<microwave5회>	초기	5.06	0.74	0.75
	40분후	10.16		
	1시간후	11.19		
	1시간20분후	12.28		
	1시간40분후	13.11		

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

4. 마이크로파 건조 방법에 따른 표고버섯의 효소활성도

마이크로파 건조 후 각 방법에 따른 효소활성도를 측정한 결과(표50) 각 방법 공히 효소의 활성이 현저히 감소함을 나타내었다.

표 50. 건조방법에 따른 효소활성도

건 조 방 법	A
1)열풍 50℃,3시간 후 microwave (7min/1min)-8회	30.25 unit
2)열풍 50℃,3시간 후 microwave (10min/1min)-6회	30.4
3)열풍 50℃,3시간 후 microwave (12min/1min)-5회	22.25
4)열풍 50℃,3시간 후 microwave & hot air (7min/1min)-8회	25.8
5)열풍 50℃,3시간 후 microwave & hot air (10min/1min)-6회	22.4
6)열풍 50℃,3시간 후 microwavr & hot air (12min/1min)-5회	21.85
7)열풍 50℃,4시간 후 microwave (7min/1min)-8회	29.2
8)열풍 50℃,4시간 후 microwave (10min/1min)-6회	29.3
9)열풍 50℃,4시간 후 microwave (12min/1min)-5회	21.75
10)열풍 50℃,4시간 후 microwave & hot air (7min/1min)-8회	27.25
11)열풍 50℃,4시간 후 microwave & hot air (10min/1min)-6회	19
12)열풍 50℃,4시간 후 microwavr & hot air (12min/1min)-5회	23.75
13)열풍 60℃,2시간 후 microwave (7min/1min)-8회	17.4
14)열풍 60℃,2시간 후 microwave (10min/1min)-6회	37.05
15)열풍 60℃,2시간 후 microwave (12min/1min)-5회	22.05
16)열풍 60℃,2시간 후 microwave & hot air (7min/1min)-8회	25.8
17)열풍 60℃,2시간 후 microeavr & hot air (10min/1min)-6회	25.3
18)열풍 60℃,2시간 후 microwave & hot air (12min/1min)-5회	20.3
19)열풍 60℃,3시간 후 microwave (7min/1min)-8회	19.45
20)열풍 60℃,3시간 후 microwave (10min/1min)-6회	23.8
21)열풍 60℃,3시간 후 microwave (12min/1min)-5회	16.85
22)열풍 60℃,3시간 후 microwave & hot air (7min/1min)-8회	19.25
23)열풍 60℃,3시간 후 microeavr & hot air (10min/1min)-6회	23.95
24)열풍 60℃,3시간 후 microwave & hot air (12min/1min)-5회	19.8

A : PPO activity (1unit=absorbance 0.001/min/ml)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

5. 마이크로파 건조 방법에 따른 유리 아미노산 조성

마이크로파 건조 후 각 방법에 따른 유리 아미노산 조성을 분석한 결과 (표 51), phenylalanine, glyanic acid, arginine등이 주요 아미노산으로 나타났으며 이러한 경향은 각 방법 공히 같은 경향을 나타내었다.

표 51. 건조방법에 따른 유리 아미노산 조성 (㎎%)

NAME	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ASP	32.53	54.47	33.63	88.41	63.04	40.21	28.30	42.97	25.63
GLU	25.39	58.49	60.35	138.11	107.20	43.57	48.54	56.46	60.11
SER	37.19	77.07	53.81	88.25	80.06	31.93	41.38	43.70	38.54
GLY	77.34	111.93	73.90	180.57	123.39	91.51	46.87	80.94	60.19
HIS	1.24	9.46	0.33	33.19	19.37	3.23	23.05	3.00	0.08
ARG	85.78	105.33	85.39	204.53	160.96	96.62	66.17	81.65	65.07
THR	21.40	37.48	30.22	42.00	42.64	20.11	21.35	25.01	27.73
ALA	35.05	57.47	50.36	55.52	58.13	28.57	35.21	31.99	32.99
PRO	12.19	28.93	23.36	27.46	29.19	12.88	17.72	16.51	21.69
TYR	10.31	20.52	16.67	33.98	22.54	15.98	10.88	17.57	15.46
VAL	21.38	42.69	34.38	49.28	48.70	19.43	23.65	24.87	31.41
MET	28.71	48.02	29.06	83.41	68.90	39.89	20.42	41.84	24.52
CYS	ND	0.28	ND	ND	0.63	ND	3.85	1.98	ND
ILE	12.70	28.32	21.59	27.35	32.41	8.19	16.99	17.11	20.05
LEU	14.82	49.61	38.01	45.74	51.70	10.37	25.23	25.28	34.04
PHE	73.10	87.85	75.25	111.161	91.35	76.29	73.23	79.33	68.93
LYS	15.89	37.89	26.93	80.84	57.79	21.79	19.23	26.81	28.80

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

(계속)

NAME	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ASP	30.51	53.80	40.03	33.67	34.86	43.76	41.00	14.32	26.02
GLU	65.84	80.69	89.86	74.93	87.52	98.58	21.79	26.77	38.11
SER	38.22	71.28	51.81	45.14	48.45	71.41	25.75	23.73	22.63
GLY	74.39	134.28	98.30	70.35	96.33	136.53	46.04	45.15	52.88
HIS	25.19	16.35	0.80	26.90	3.28	16.11	16.23	15.33	17.82
ARG	68.34	121.73	64.00	71.96	75.72	98.47	42.93	50.38	44.28
THR	22.58	41.95	27.03	25.40	27.26	46.03	16.57	15.65	15.30
ALA	30.08	51.16	42.46	40.33	45.54	62.01	22.05	35.75	27.34
PRO	16.51	30.42	20.03	21.63	22.23	32.53	11.63	10.55	13.34
TYR	12.59	22.96	18.20	15.69	15.23	18.34	8.02	4.72	12.01
VAL	23.05	46.97	27.57	28.01	28.33	45.28	17.72	19.08	14.06
MET	37.51	74.07	46.10	34.84	51.42	79.96	23.60	18.41	35.19
CYS	2.99	0.75	0.21	ND	4.82	1.43	0.08	ND	ND
ILE	14.93	31.38	17.26	19.87	18.79	33.94	9.16	11.26	8.44
LEU	21.89	52.47	29.52	31.92	30.86	56.19	14.07	19.66	11.90
PHE	75.33	94.20	83.07	78.31	80.89	88.40	74.38	69.22	68.49
LYS	26.33	55.38	27.40	31.94	34.10	50.78	8.98	10.98	16.17

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

(계속)

NAME	19	20	21	22	23	24
ASP	23.43	23.31	36.79	35.56	43.70	48.35
GLU	33.30	59.74	20.79	47.95	42.35	45.66
SER	30.11	21.36	15.95	33.91	30.51	23.82
GLY	60.77	52.65	26.91	65.70	67.60	63.65
HIS	20.28	17.93	8.84	18.26	20.50	24.03
ARG	56.70	29.95	27.87	54.08	57.58	50.97
THR	21.14	14.78	11.58	21.82	19.14	18.03
ALA	35.87	22.64	17.76	37.05	31.24	17.60
PRO	17.16	12.37	10.99	17.88	14.61	14.17
TYR	8.25	12.22	7.64	12.62	11.28	12.84
VAL	20.58	11.86	11.57	20.22	19.45	16.43
MET	29.85	31.32	16.38	45.50	42.72	47.13
CYS	ND	ND	0.88	ND	9.52	2.05
ILE	14.18	5.74	7.10	12.59	12.11	9.55
LEU	22.10	7.12	10.66	22.32	18.00	14.06
PHE	60.29	73.43	65.80	71.71	70.44	81.55
LYS	16.86	18.74	6.07	22.03	16.26	20.62

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

6. 마이크로파 건조 방법에 따른 니아신 함량

마이크로파 건조 후 각 방법에 따른 nicotinic acid 및 niacin amide의 함량을 측정한 결과 (표 52), 각 방법간의 뚜렷한 경향은 없으나 함량에는 많은 차이를 나타내었다.

표 52. 건조방법에 따른 니아신 함량

	Nicotinic acid(mg/100g)	Niacin amide(mg/100g)
1	76.80	11.19
2	74.11	9.61
3	24.76	7.89
4	20.02	13.48
5	60.42	17.12
6	55.39	26.79
7	26.17	14.97
8	52.54	20.50
9	72.99	10.32
10	70.26	12.43
11	48.96	41.03
12	46.92	17.10
13	64.47	43.90
14	45.66	9.22
15	79.93	16.64
16	49.43	30.86
17	28.69	31.47
18	29.64	23.40
19	41.90	25.87
20	24.17	16.21
21	23.72	15.90
22	30.01	22.66
23	28.14	6.33
24	21.11	7.12

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

7. 마이크로파 건조 방법에 따른 미세구조 관찰

마이크로파 건조 후 각 방법에 따른 미세구조를 관찰 한 결과 각 방법 공히 수축현상 없이 내부가 건조되었음을 보여주었다.

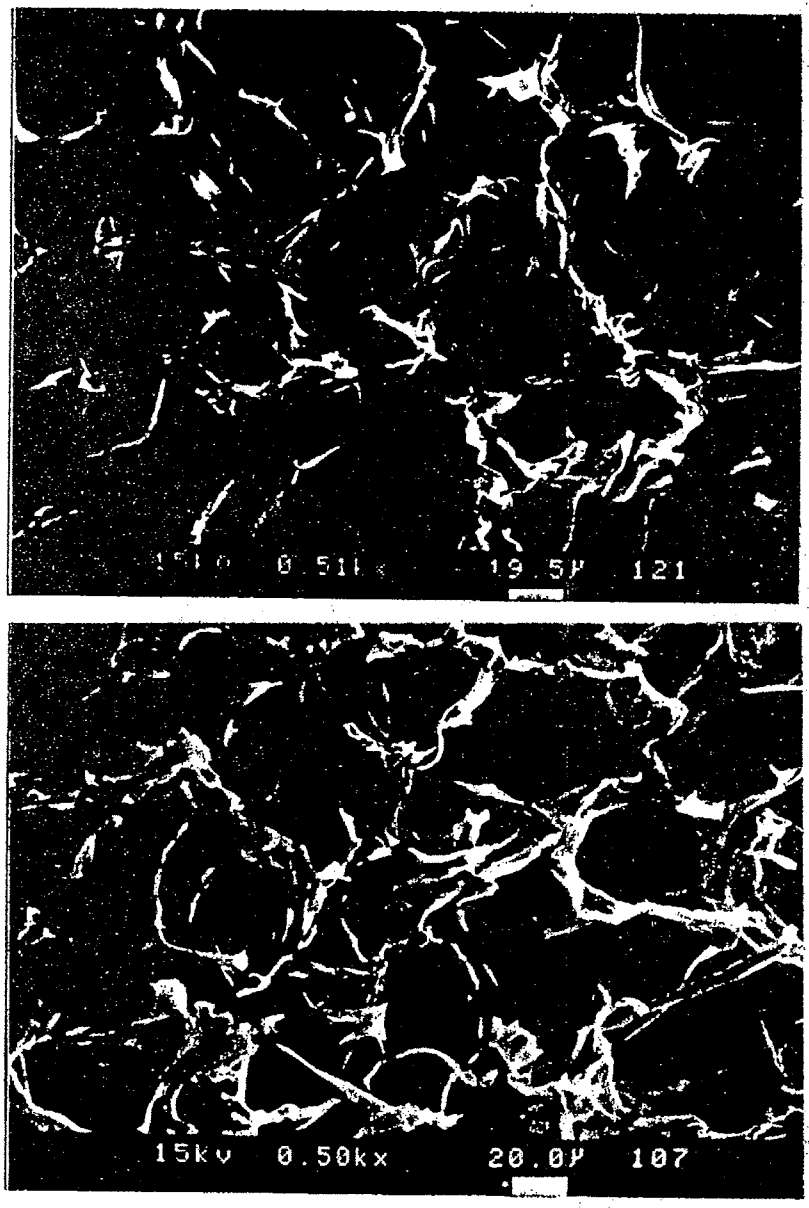
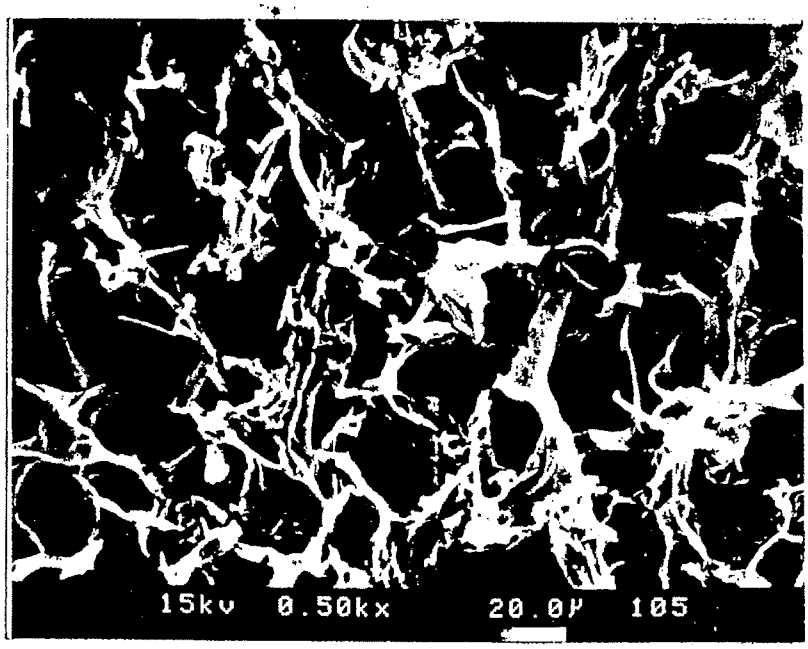


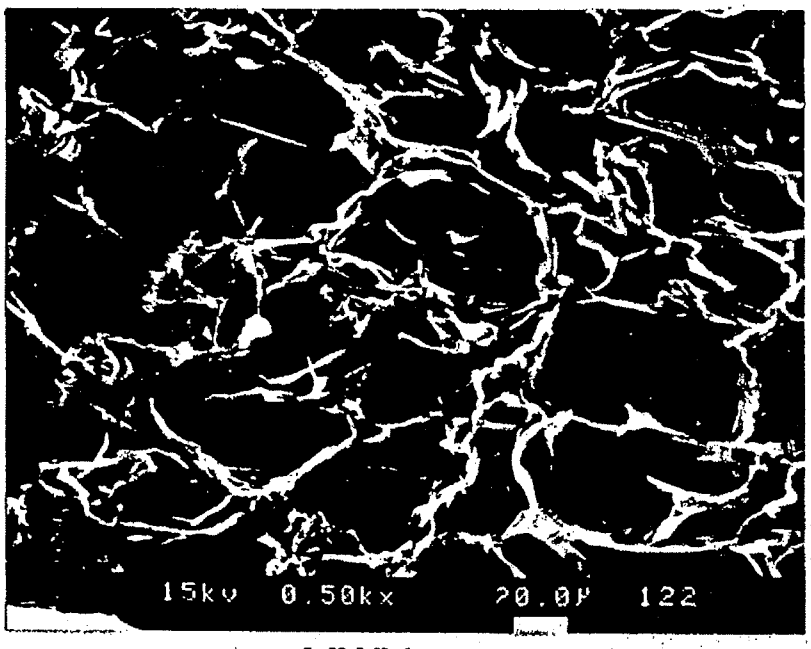
그림 1. 건조방법에 따른 표고버섯의 미세구조

MWH : 열풍 50℃에서 3시간 후 마이크로파 진공 건조

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부



MW



MWV

그림 2. 건조방법에 따른 표고버섯의 미세구조

MW : 열풍 50℃에서 3시간 후 마이크로파 건조

MWV : 열풍 50℃에서 3시간 후 마이크로파/열풍 건조

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

8. 마이크로파 건조 방법에 따른 XRD분석

마이크로파 건조 후 각 방법에 따른 XRD분석 결과 각 피크가 생표고버섯의 피크와 큰 차이를 나타내지 않아 건조공정동안 큰 호화현상이 일어나지 않았음을 보여주었다.

제 4 절 결론

마이크로파를 이용한 표고버섯의 건조 후 품질 특성(수분함량, 색도, 효소활성도, 유리아미노산, 수분활성도, 복원률, 미세구조, 니아신 함량, 관능검사)은 마이크로파 건조 후 표고버섯의 수분함량이 13% 이하로 감소하였으나(수분활성도 0.7이하) 버섯의 상태는 수축현상 없이 매우 양호한 상태를 보였으며, 색도 역시 생체 표고버섯의 L, a, b값과 큰 차이를 나타내지 않았다. 미세구조 관찰 결과 조직의 수축현상은 크지 않았으며 유리아미노산 및 니아신 함량도 큰 변화를 나타내지 않았다. 관능검사 결과 마이크로파와 진공을 병행한 건조방법이 전반적인 기호도에서 가장 높은 기호도를 나타내었다. 본 연구 결과 마이크로파 진공 건조 방법이 표고버섯의 건조에 가장 우수하였으며 산업화 진행시 진공도가 중요한 변수가 되는 것으로 나타났다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

참고문헌

1) Kabir, Y., Yamaguchi, M. and Kimura, S. : Effect of Shiitake and Maitake mushrooms on blood pressure and plasma lipids of spontaneously hypertensive rats, J. Nutr. Sci. Vitaminol. 31, 341 (1987)

2) 차동열, 유창현, 김광포 : 최신 버섯재배기술. 농진회 농진총서 11, 7 (1991)

3) Chang, S.T. and Miles, P.G. : Mushroom Science. In edible mushrooms and their cultivation. CRC Press, Inc. (1989)

4) Wood, D.A. and Smith, J.F. : The cultivation of mushrooms. Mushroom J. 188 (1988)

5) Yokokawa, H. and Mitsuhashi, T. : The sterol composition of mushrooms. Phytochem. 20,1349 (1981)

6) Breene, W. M. : Nutrional and medicinal value of specialty mushrooms. J. Food Prot. 53, 883 (1990)

7) 안병학, 신현경 : 버섯류의 유통기간 연장 및 적정 가공 방법에 관한 연구. 과학기술처특정연구사업보고서. (1991)

8) Nichols, R. and Hammond, J.B.W. : Postharvest physiology of mushrooms. Mushroom J., 7, 319 (1973)

9) McCord, J.D. and Kilara, A. : Control of enzymatic browning in processed mushroom. J. Food Sci., 48, 1479 (1983)

10) Long, T.J. and Alben, J.O. : Preliminary studies of mushroom trosinase. Mushroom Sci., 7, 69 (1969)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 7 장　마이크로파를 이용한 수삼의 건조 특성

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 1 절 서 설

인삼은 경작특성이 매우 특이하여 상품성을 갖는 제품을 생산할 때까지 최소한 4년 이상이 소요되는 오랜 경작기간을 들 수 있다. 따라서 이 기간 동안 기상 조건 및 병충해에 의한 피해를 최소한으로 줄여야 정상적인 수확을 기대할 수 있다. 인삼의 생육에는 연 평균 기온이 9-13℃가 적당하고 하절기에도 20-25℃의 온도가 유지되어야 한다. 또한 강수량은 연간 200-700㎜ 정도인 곳이 적합하는 등 인삼의 생육은 자연조건에 매우 민감하여 안정된 생산 기반을 갖는 것이 매우 어려운 형편이다. 인삼의 총 경작면적은 1990년까지 지속적으로 증가해 오다가 1990년 이후부터는 계속 감소 추세에 있으며 과거 남한 지역에서 인삼생산 지역으로 금산을 비롯한 충남지역과 풍기를 비롯한 경남지역이 많은 생산지역을 확보하고 있었으나 연작이 어려운 인삼의 재배특성으로 인해 인접지역인 전북, 충북지역으로 이동하고 있다. 수삼을 건조하여 백삼을 제조하는데 백삼의 종류는 크게 본삼류, 미삼류, 잡삼류로 분류된다. 본삼류에는 직삼, 곡삼등 있으며 미삼류에는 백대미, 백중미등이 포함되며 잡삼류는 생건삼, 춘미삼, 파삼 등이 있다. 직삼은 체형이 직립 형태인 백삼을 표피를 제거하고 건조한 것으로 5년근 이상의 수삼을 원료로하려 제조한다. 백삼의 제조는 1987년 이후부터 허가제가 완화되어 농가에서도 별도의 제조 장치없이 건조되고 있어 시설의 낙후성 뿐만아니라 식품이나 의약품 원료로 이용될 때 위생적인 측면에서 건조 시설의 개발 및 현대화가 시급한 실정이다. 백삼을 건조실에서 연탄등을 이용하여 건조하거나 열풍기를 이용하여 건조하였을 경우 백삼 내부의 기공이 생기거나 색깔이 변색되고 수축현상이 일어나 상품가치가 매우 떨어지게 된다. 또한 백삼의 생산이 집중되는 9월부터 11월까지 농번기와 중복되기 때문에 높은 인건비로 인하여 기계화가 절실하다. 따라서 본 연구에서는 수삼 건조시 품질을 향상시키고 건조비용을 줄일수 있는 마이크로파 건조 공정을 이용하여 수삼 건조 후 특성을 파악하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 2 절 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 수삼은 서울 경동시장에서 구입하여 4℃ 냉장고에 보관하면서 시료로 사용하였다.

2. 실험방법

가. 건조방법

수삼의 건조는 45℃에서 1시간 30분 열풍건조 후 마이크로파, 마이크로파 진공의 건조방법을 이용하여 각각 이들에 5분 건조 2분 정지를 102회 및 3분 건조 2분 정지를 180회 반복하는 방법과 열풍 전처리 없이 5분 건조 2분 정지 102회 및 3분 건조 2분 정지를 180회의 방법으로 마이크로파 및 마이크로파 진공을 이용하여 건조하였다. 이때 마이크로파 건조기는 100 Watt의 출력과 2450 MHz 주파수의 자체 제작한 마이크로파 건조기를 이용하였다.

나. 유전 특성

인삼의 유전 특성은 Open-ended probe법으로 30MHz - 3GHz 범위에서 load/air/short방법을 이용하여 장비 보정을 한 network analyzer(Hewlett packard, HP8753C), S-parameter test set(Hewlett packard, HP85046A), Dielectric probe kit(Hewlett packard, HP85070A)를 이용하여 측정하였다. 측정결과는 text file로 수신하여 통계처리 하였다.

다. 중량 및 일반성분 측정

중량은 시험용 전기저울 (FX 3000, AND, Japan)을 이용하여 측정하였고 수분은 상압가열건조법, 조지방함량은 soxhlet법, 조단백질 함량은 semimicro kjeldahl

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

법, 조회분은 직접회화법으로 측정하였다.

라. 수분활성도

Novasina(Model TH-2,Swiss) 수분활성 측정기를 이용하여 25℃에서의 수분활성도를 측정하였다.

마. 밀도 측정

건조된 수삼의 밀도 측정은 에탄올이 단긴 메스실린더에 넣어 부피를 측정하여 밀도를 계산하였다.

바. 사포닌 함량 측정

인삼성분 분석법에 따른 사포닌 분획을 추출하고 바닐린-황산 용액으로 발색시켜 분광광도법으로 총사포닌을 정량하였다. 표준 검량선은 ginsenoside-Re를 이용하여 작성하였다.

사. 유리당 측정

시료 10g을 취하여 80℃ 수욕상에서 환류냉각 시키면서 75% ethanol 150 ml로 2회, 100ml로 2회 반복하여 추출하엿다. 추출액을 모두 합하여 여과한 후 여액을 감압 농축시킨 후 이온교환수지(mixed bed exchanger NB-1, Sigma)를 통과시켰다. 증류수를 이용하여 membrane filter(0.2um)로 여과하여 여액을 HPLC를 이용하여 분석하였다.

아. 사포닌 조성 측정

사포닌 조성은 전처리된 사포닌 추출액을 Membrane filter(0.2um)로 여과하여 HPLC로 측정하였으며 측정조건은 칼럼:Lichrosorb-NH_2, 용매는

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

acetonitrile:warwe:n-butanol = 80:20:10(v/v), 이동속도는 1.0ml/min, 검출기는 RI 검출기를 사용하였다.

자. XRD 측정

시료의 결정성 영역을 조사하기 위하여 XRD(X-ray diffraction dector, Model, Rigaku D/Max-IIIA, Japan)을 이용하여 도형회절도를 측정하였다.

차. EDS 측정

시료의 유효성분 분석을 위하여 EDS(Hitachi 230-N, Japan)를 이용하여 측정하였다.

카. 생물활성 특성

암세포 증식 억제 활성의 검색(In vitro)에는 서울 의대에서 수집한 위암, 대장암, 간암 세포주를 이용하였다. Microplate의 well당 분주되는 세포의 수는 세포성장에 대한 예비실험을 통하여 결정하였고 well당 RPMI 1640배지 180ul에 1 x 10^4 씩 분주한 다음 PBS 및 DMSO에 용해시킨 각 농도의 시료추출물을 20ul씩 첨가하여 48시간 동안 CO_2 incubator에서 37℃, 5% CO_2 존재하에서 4일 배양한 후 시료추출물에 의한 세포 증식 억제 활성을 측정하기 위하여 MTT assay를 실시하였다.

타. 식이섬유 측정

Total dietary fiber(TDF)는 탈지시킨 시료 1g에 phosphate buffer(pH 6.0) 50ml와 heat stable α-amylase 0.1ml를 넣고 95℃에서 15분간 가열하고 실온으로 식힌 뒤 용액의 pH를 7.5로 맞추어 protease를 가하여 60℃에서 30분간 가열한다. 다시 실온으로 식혀 용액의 pH를 4.0으로 한 후 amyloglucosidase를 가하여

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

60℃에서 30분간 가열한다. 다시 실온으로 식힌 후 95% 에탄올을 가하여 하룻밤 동안 방치한 다음 미리 cellite를 깔아 항량을 구해둔 crucible에 여과하여 105℃ 오븐에서 하룻밤 동안 건조시킨 뒤 잔사의 항량을 측정하고 각각 회분량가 단백질 함량을 구하여 TDF를 구하였다.

파. 미세구조

건조된 시료는 절단하여 gold-polladium으로 코팅하여 주사전자현미경(Scanning electron microscope)로 미세구조를 관찰하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 3 절 결과 및 고찰

1. 수분함량 및 온도변화에 따른 수삼의 유전 특성

수분함량에 따른 유전 상수값을 측정한 결과 수분함량이 증가함에 따라 유전상수값은 증가하였고 유전손실값도 17.0에서 19.1로 증가하였다. 온도변화에 따른 유전상수값은 40℃에서 53.4로 가장 높은 값을 나타내었고 유전 손실율은 60℃에서 23.0으로 가장 높은 값을 나타내었다.

표 1. 수분함량 변화에 따른 수삼의 유전 특성

수분함량(%)	유전상수값	유전손실값	침투깊이(㎝)
50	24.2	17.0	1.82
55	29.5	17.3	1.87
60	35.3	17.6	1.92
65	41.8	17.8	1.97
70	47.3	18.1	2.01
75	49.1	18.5	2.08
80	51.5	19.1	2.14

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 2. 온도변화에 따른 수삼의 유전특성

온도(℃)	유전상수값	유전손실값	침투깊이(cm)
20	47.6	17.2	2.24
40	53.4	20.1	2.07
60	48.4	23.0	1.91
80	49.3	15.4	2.94

2. 마이크로파 건조방법에 따른 수삼의 중량 변화

전체적으로 보아 시간이 증가함에 따라 중량이 감소하였으나 급격한 중량 감소는 나타 나지 않았다

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 3. 마이크로파 가열(1회 - 5분 가열 /1분 정지) 후 수삼의 중량 변화(g)

초기	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
42.29	41.49	40.84	39.58	38.28	37.29	36.05	34.87	33.84	32.58	31.26
11회	12회	13회	14회	15회	16회	17회	18회	19회	20회	21회
30.04	29.34	28.44	27.46	26.49	25.72	24.53	23.41	22.44	21.23	20.24
22회	23회	24회	25회	26회	27회	28회	29회	30회	31회	32회
19.50	18.40	17.32	16.53	15.60	15.18	14.97	14.74	14.39	13.99	13.81
33회	34회	35회	36회	37회	38회	39회	40회	41회	42회	43회
13.70	13.56	13.40	13.22	13.07	13.03	12.97	12.85	12.76	12.65	12.43

* 각 중량은 10회 반복하여 평균값임

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 4. 수삼의 마이크로파 가열(1회 - 5분 가열 /2분 정지를 6회) 후 중량 변화(g)

초기	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
31.63	28.76	26.56	24.89	22.34	19.72	18.47	16.66	15.19	14.19	12.48
11회	12회	13회	14회	15회	16회	17회	18회	19회	20회	21회
12.40	11.84	11.62	11.25	11.07	10.82	10.32	9.49	9.30	-	-

* 각 중량은 10회 반복하여 평균값임

표 5. 박피한 수삼의 마이크로파 가열(1회 - 5분 가열 /2분 정지를 6회) 후 중량 변화(g)

초기	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
38.86	35.55	32.69	30.19	26.51	23.08	21.42	19.62	18.05	16.98	15.85
11회	12회	13회	14회	15회	16회	17회	18회	19회	20회	21회
15.15	13.68	13.30	12.80	11.98	11.02	10.45	9.21	9.10	-	-

* 각 중량은 10회 반복하여 평균값임

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 6. 수삼의 마이크로파 가열(1회 - 3분 가열 /1분 정지를 10회) 후 중량 변화(g)

초기	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
41.01	39.19	36.69	32.83	29.51	26.82	25.40	23.33	21.20	19.25	16.88
11회	12회	13회	14회	15회	16회	17회	18회	19회	20회	21회
15.73	15.35	15.03	14.29	14.03	13.91	13.72	13.67	13.25	13.12	13.01

* 각 중량은 10회 반복하여 평균값임

표 7. 박피한 수삼의 마이크로파 가열(1회 - 3분 가열 /1분 정지를 10회) 후 중량 변화(g)

초기	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
35.65	32.41	29.09	26.72	25.08	23.08	19.08	18.47	16.76	15.51	14.73
11회	12회	13회	14회	15회	16회	17회	18회	19회	20회	21회
13.24	12.14	10.92	10.74	10.56	10.12	10.07	10.04	9.96	9.63	9.61

* 각 중량은 10회 반복하여 평균값임

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 8. 수삼의 마이크로파 가열(1회 - 3분 가열 /2분 정지를 10회) 후 중량 변화(g)

초기	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
39.93	37.28	34.24	31.93	29.33	26.23	24.23	22.18	20.09	18.37	16.94
11회	12회	13회	14회	15회	16회	17회	18회	19회	20회	21회
15.78	14.61	14.03	12.73	12.04	11.41	11.03	10.60	10.24	9.87	9.23

* 각 중량은 10회 반복하여 평균값임

표 9. 수삼의 마이크로파 가열(1회 - 5분 가열 /2.5분 정지를 10회) 후 중량 변화(g)

초기	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	9회	10회
37.28	35.47	33.63	31.00	29.11	27.62	26.33	25.25	24.06	22.92	20.46
11회	12회	13회	14회	15회	16회	17회	18회	19회	20회	21회
18.80	14.80	13.61	12.93	12.18	11.58	11.08	10.65	10.05	9.45	9.01

* 각 중량은 10회 반복하여 평균값임

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

3. 마이크로파 건조 방법에 따른 수삼의 수분활성도, 밀도 및 사포닌 함량

마이크로파를 이용하여 수삼을 건조한 후 품질특성을 측정한 결과 품질의 큰 변화없이 건조되었고 각 건조 방법에서는 마이크로파와 마이크로파/진공 방법에 큰 차이가 있었다.

표 10. 수삼건조 후 일반성분 (%)

건조방법	수분함량	수분활성도	단백질	회분	지방
A	14.33	66	15.01	4.07	0.67
B	19.00	71	13.73	4.08	0.69
C	15.65	65	15.16	4.15	0.60
D	15.90	67	13.67	4.42	0.68

A : 3분/2분 가열

B : 5분/2.5분

C : 열풍 후 3분/2분 가열

D : 열풍 후 5분/2.5분 가열

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 11. 마이크로파를 이용한 수삼 건조 후 품질 특성

처 리 조 건	A	B	C	D	E	F	G	H
수분함량(%)	14.04	14.06	13.33	12.58	18.55	18.44	20.10	16.82
수분활성도	0.57	0.54	0.57	0.54	0.43	0.36	0.48	0.42
밀 도	0.74	0.67	0.70	0.70	0.63	0.50	0.60	0.58
사 포 닌 함량(mg/g)	11.07	17.56	9.99	12.78	23.03	18.57	16.13	20.81

A : 마이크로파 3분/2분 24시간

B : 마이크로파 5분/2분 30초 24시간

C : 마이크로파 3분/2분 12시간 (수분함량 50%로 예비 건조시킴)

D : 마이크로파 5분/2분 30초 12시간 (수분함량 50%로 예비 건조시킴)

E : 마이크로파/진공 3분/2분 24시간

F : 마이크로파/진공 5분/2분 30초 24시간

G : 마이크로파/진공 3분/2분 12시간 (수분함량 50%로 예비 건조시킴)

H : 마이크로파/진공 5분/2분 30초 12시간 (수분함량 50%로 예비 건조시킴)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

4. 마이크로파 건조 방법에 따른 수삼의 유리당 함량 및 사포닌 조성

표 12. 마이크로파 건조후 유리당 함량(㎎/g)

처 리 조 건	A	B	C	D	E	F	G	H
Fructose	0.34	0.36	0.46	0.36	1.52	0.54	0.86	1.09
Glucose	0.36	0.48	0.52	0.32	1.36	0.52	0.70	0.72
Sucrose	12.77	13.33	13.56	14.12	7.39	1.85	1.73	3.81
Maltose	0.64	1.39	0.69	0.54	0.68	0.70	0.78	0.69

표 13. 마이크로파 건조 후 사포닌 조성(㎎/g)

처 리 조 건	A	B	C	D	E	F	G	H
Rb_1	0.70	0.67	0.09	0.34	0.11	0.12	0.12	0.50
Rc	0.17	0.07	0.08	0.05	0.12	0.10	0.07	0.06
Rd	0.12	0.12	0.10	0.10	0.16	0.12	0.20	0.15
Re	0.02	0.05	0.08	0.07	0.04	미량	0.01	0.04
Rg_1	0.16	0.16	0.08	0.17	0.07	0.15	0.07	0.17

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

5. 마이크로파 건조 방법에 따른 XRD 및 EDS 분석

마이크로파 건조 후 XRD 분석 결과 각 마이크로파 건조 방법 공히 4개의 피크를 나타냈고 피크의 크기는 각 건조 방법에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한 EDS 분석 결과 각 방법 공히 주요 원소의 변화는 없었고 C_4 원소이하의 분자량은 분석이 불가능하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

6. 마이크로파 건조 방법에 따른 생물활성 및 식이섬유

표 14. MCF7 (인삼 80% MeOH추출물 50mg/ml 80% MeOH + 10μl)

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	64.1	21.3	71.6	80.4	61.2	75.1	48.4	147.2

1 : 마이크로파 3분/2분 24시간
2 : 마이크로파 5분/2분 30초 24시간
3 : 마이크로파 3분/2분 12시간 (수분함량 50%로 예비 건조시킴)
4 : 마이크로파 5분/2분 30초 12시간 (수분함량 50%로 예비 건조시킴)
5 : 마이크로파/진공 3분/2분 24시간
6 : 마이크로파/진공 5분/2분 30초 24시간
7 : 마이크로파/진공 3분/2분 12시간 (수분함량 50%로 예비 건조시킴)
8 : 마이크로파/진공 5분/2분 30초 12시간 (수분함량 50%로 예비 건조시킴)

표 15. MCF7 (인삼 DW추출물 50mg/ml DW + 10μl)

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	100.9	117.5	104.5	119.3	87.0	116.9	146.4	163.3

표 16. WiDr (인삼 80% MeOH추출물 50mg/ml 80% MeOH + 10μl) : MTT法

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	86.7	21.5	93.9	95.2	19.1	38.3	53.7	90.6

표 17. WiDr (인삼 80% MeOH추출물 50mg/ml 80% MeOH + 10μl) : Brdu法

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	94.6	12.1	102.5	86.6	12.9	108.8	10.9	78.4

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 18. WiDr (인삼 DW추출물 50mg/ml DW + 10μl : MTT法

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	106.1	104.1	103.5	104.6	103.0	104.7	123.4	127.4

표 19. WiDr (인삼 DW추출물 50mg/ml DW + 10μl : Brdu法

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	105.7	108.9	93.4	98.8	105.4	103.2	121.8	118.9

표 20. WiDr (인삼 DW추출물 5mg/ml DW + 10μl) : MTT法

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	91.7	96.9	97.6	103.2	88.4	101.1	94.1	138.6

표 21. WiDr (인삼 DW추출물 5mg/ml DW + 10μl) : Brdu法

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	90.9	89.8	99.9	102.4	112.7	110.4	120.6	126.0

표 22. SNU-1(인삼 80% MeOH추출물 50mg/ml 80% MeOH + 10μl)

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	95.7	36.6	104.0	98.6	43.8	54.7	71.4	117.4

표 23. SNU-1(인삼 DW추출물 50mg/ml DW + 10μl)

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	107.7	98.3	90.1	114.3	104.4	92.8	81.5	109.6

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 24. Hep G2 (인삼 80% MeOH추출물 50mg/ml 80% MeOH + 10μl)

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	74.8	63.2	80.5	83.4	45.9	9.3	82.4	95.9

표 25. Hep G2 (인삼 DW추출물 50mg/ml DW + 10μl)

	Con	1	2	3	4	5	6	7	8
%	100	78.7	91.6	82.3	97.1	91.5	88.3	88.0	188.2

표 26. 식이섬유 함량

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
I.D.F	14.4	15.0	14.6	18.8	15.0	17.0	17.2	24.2	17.4
S.D.F	4.6	2.0	3.2	2.4	3.0	5.8	4.6	4.6	5.4

0 : Raw material

I.D.F. : Insoluble dietary fiber

S.D.F. :Soluble dietary fiber

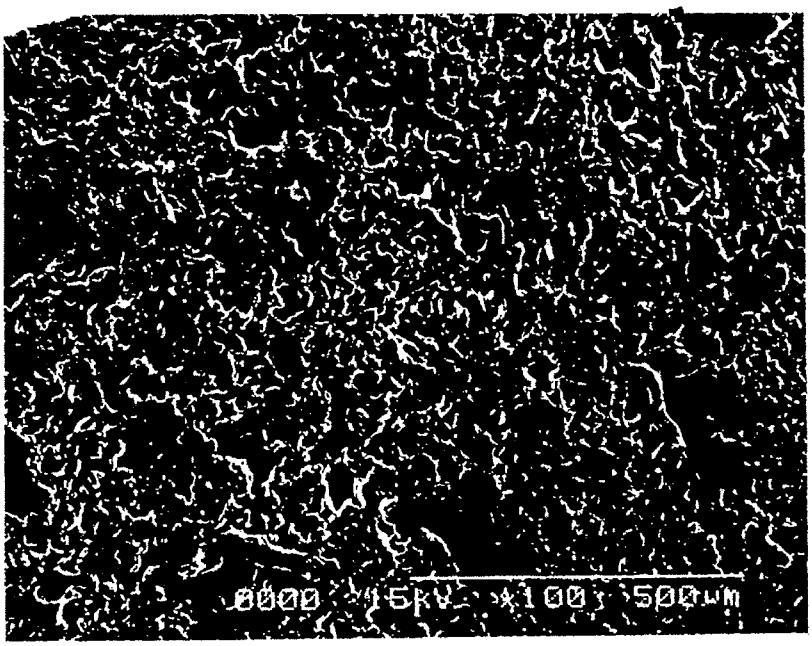
자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

표 27. 건조시간과 수분 함량에 따른 수분활성도
(처리 조건 : 3 분 / 2 분 24시간)

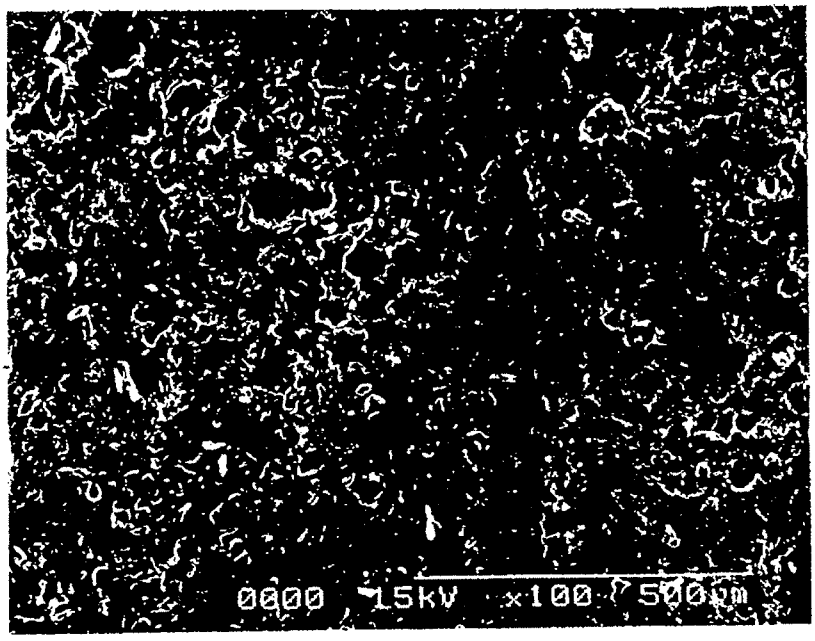
시간	온도(℃)	수분활성도	수분함량(%)
0	20	0.997	69.3
2	40	0.985	67.6
4	43	0.976	66.0
6	43	0.972	64.6
8	43	0.967	62.3
10	43	0.939	52.1
12	43	0.936	47.7
14	47	0.930	46.3
16	47	0.887	42.6
18	47	0.873	34.0
20	47	0.863	32.0
22	47	0.777	28.2
24	47	0.764	23.8
26	50	0.741	19.4
28	50	0.627	14.5
30	50	0.520	10.6

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

7. 마이크로파 건조 방법에 따른 미세구조 관찰

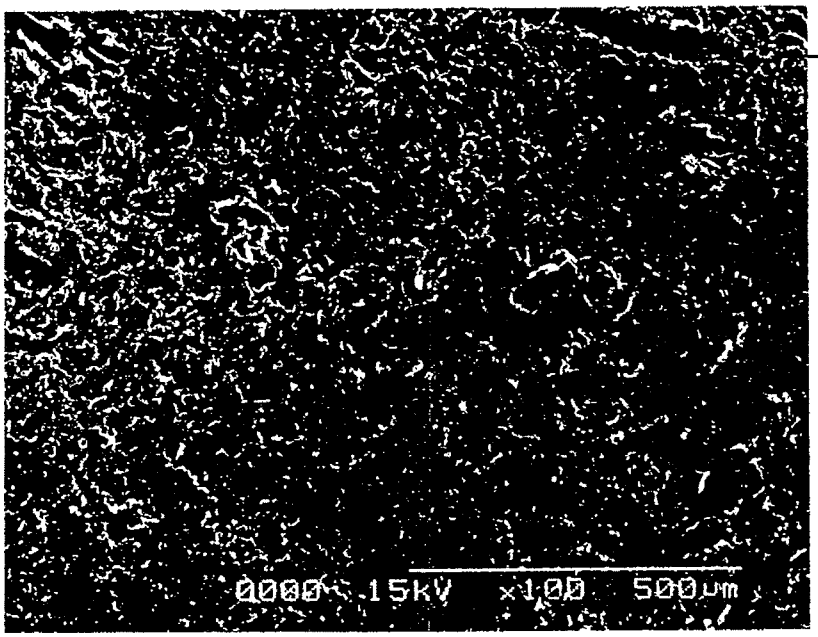


1

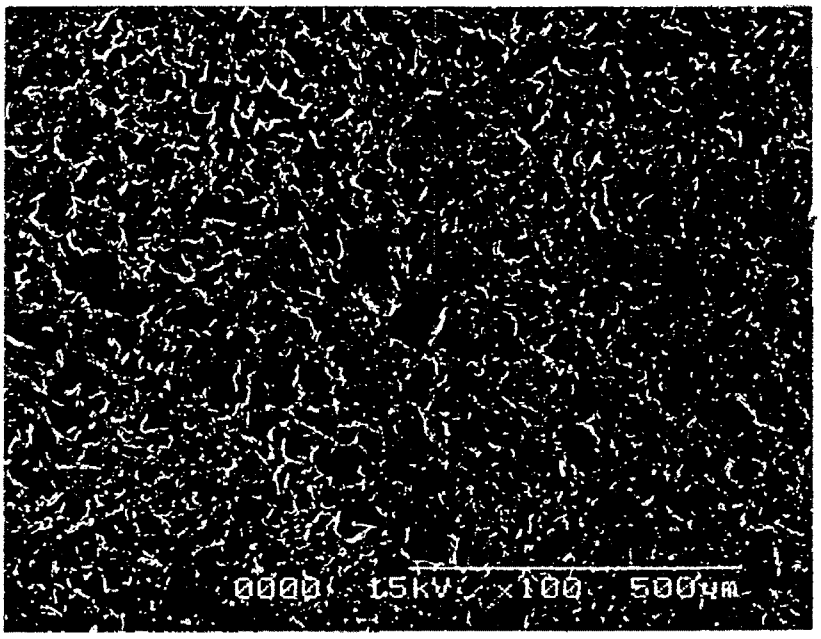


2

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

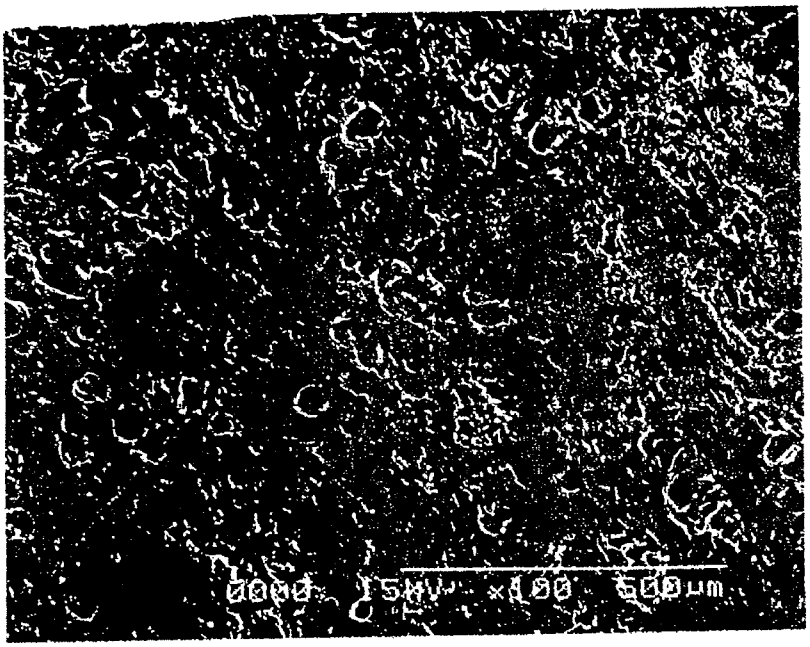


3

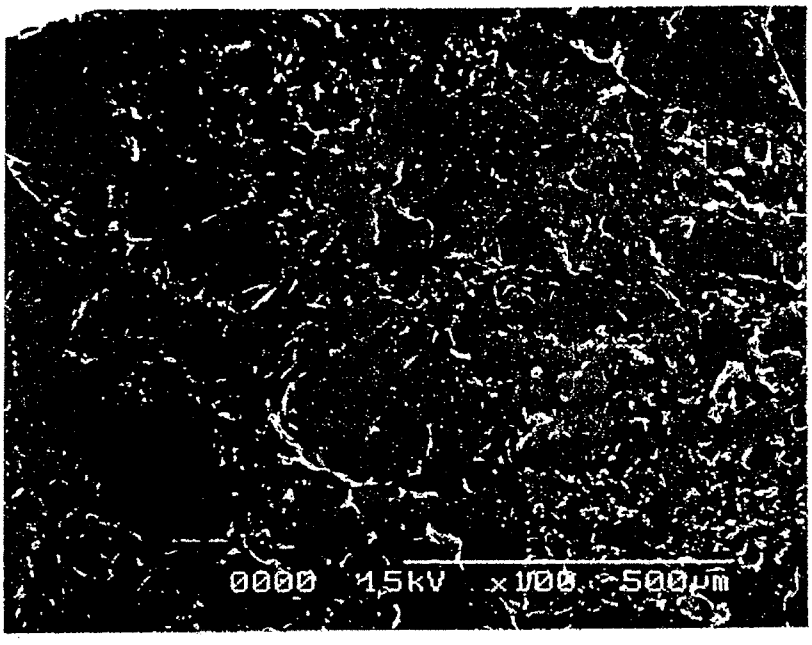


4

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

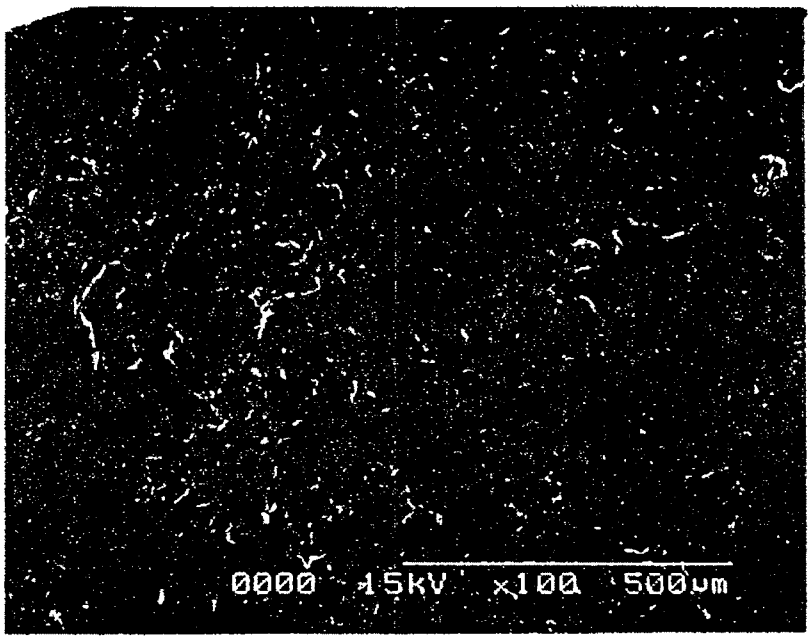


5

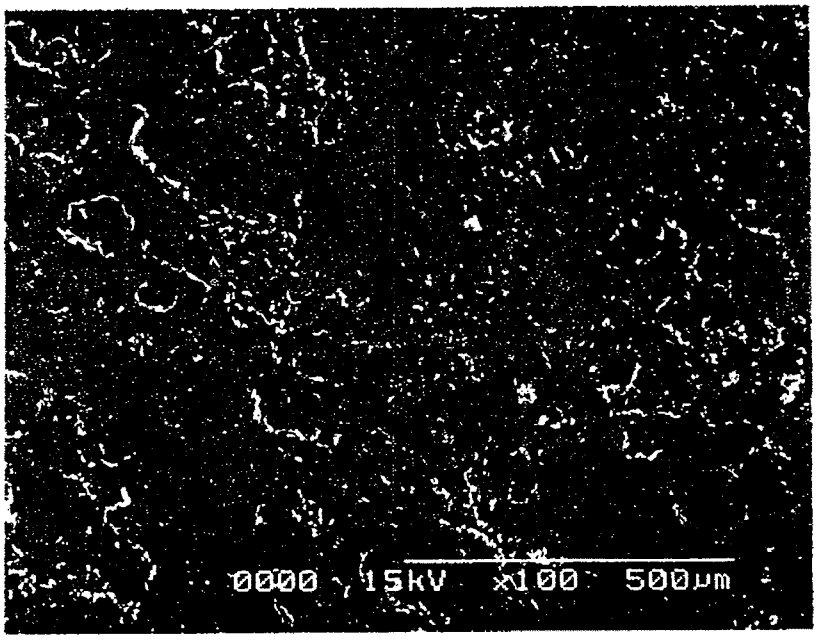


6

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부



7



8

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

제 4 절 결론

마이크로파를 이용하여 건조한 수삼의 수분 함량, 건조 시간에 따른 수분 활성도의 변화, 유전특성, 유리당의 함량, ginsenoside의 함량 등의 성분 변화를 알아보았다. 마이크로파의 처리 조건은 예비 실험을 통하여 Ef=2.94, If=8.32, EBm=4.46, Ib=0.025에서 3분간 작동 2분 정지를 1회로 하여 24시간 288회 동안 건조하였다. 마이크로파로 건조를 하였을 경우 수삼의 수분함량이 73%에서 14%로 까지 건조가 일어났으며 이때의 Aw는 0.57을 나타내었다. 건조가 일어나면서 시간에 따른 수분 활성도의 변화는 완만하게 감소함을 나타내었다. 수삼의 유전 특성에서 유전 상수값은 수분 함량이 증가함에 따라서 증가함을 보여 주었고 수분 함량이 50-80%로 증가함에 따라 유전 상수값도 24.2에서 51.5로 증가하였으며 유전 손실 값은 17.0에서 19.1로 증가하였다. 온도에 변화에 따른 유전 상수 값은 40℃에서 53.4로 높은 값을 나타내었고 유전 손실율은 60℃에서 23.0으로 높은 값을 나타내었다. 건조 후 유리당의 함량은 Fructose=0.34mg/g, Glucose=0.36mg/g, Sucrose=12.77mg/g, Maltose=0.64mg/g 였다. Ginsenoside 함량은 Rb1=0.70mg/g, Rc=0.17mg/g, Rd=0.12mg/g, Re=0.02mg/g, Rg1=0.16mg/g 였다. 수삼을 마이크로파를 이용하여 건조하였을 경우 항산화 및 항암효과가 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구 결과 마이크로파를 이용하여 수삼의 품질을 향상 시키며, 수삼의 건조시 마이크로파 최대출력의 최적화를 확립하여 산업화에 이용될 전망이다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

참고문헌

1) 서종혁, 성진근, 김완배, 이동필, 오내원, 황의식 : 인삼산업의 중장기 발전 방향. 한국농촌경제연구원 연구보고서 (1992)

2) 한국인삼경작조합연합회 : 한국인삼사. (1980)

3) 이광승등 : 인삼 연구보고서. 한국인삼연초연구소 (1988)

4) 이종화, 박훈, 이정명 : 고려인삼의 부우 l간 화학성분 분포 및 상호관련. 한국농화학회지, 22, 45 (1980)

5) 남기열, 손석용, 배효원 : 인삼의 임간재배가 생육 및 품질에 미치는 영향. 고려인삼학회지, 4 15 (1980)

6) 한덕용 : 인삼의 효능과 성분에 대한 연구의 최근 경향. 고려인삼학회지, 14, 74 (1990)

7) Ohlsson, T. and Risman, P.O. : Temperature distribution of microwave heating spheres and cylinders. J. Microwave Power 13, 303 (1978)

8) 한병훈, 박명환, 신상철 : 인삼제제의 효능에 관한 연구. 생약학회지, 15, 98 (1984)

9) 한병훈, 한용남, 박명환, 서대연,. 허봉희 : 인삼의 황산화활성과 성인병 예방 효과. 고려인삼학회지, 16, 169 (1992)

10) 황우익, 손정원 : 한국 및 중국 홍삼의 암세포 증식 억제효과 비교 연구. 고려인삼학회지, 17, 196 (1993)

11) 김만욱, 최강주, 조영현 : 인삼사포닌의 정량법 연구. 고려인삼연구소 (1978)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

위탁연구과제명

제 8 장 마이크로파 건조 후 가래떡의 신소재 개발

위탁연구책임자: 임지순 (건양대학교)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

서설

1. 연구개발 목적 및 필요성

본 연구는 최근 식생활의 서구화 경향이 가속화 됨에 따라 우리의 전통 식생활 문화의 활성화를 위하여 전통 식품에 대한 제품의 개발이 시급한 시점에서 가래떡의 산업화에 기본인 건조공정의 개선을 통한 신소재 개발에 연구의 목적을 두었다. 건조 공정에는 건조 속도가 매우 중요하게 작용한다. 건조 속도는 부여된 건조 조건에 비례하는데 건조 속도를 증진시키기 위하여 많은 열량과 급격한 온도 증가를 요구하게 된다. 또한 열 전달이 내부까지 얼마만큼 또한 어떤 속도로 전달되느냐가 문제가 되며 이는 전도율과 많은 관계가 있다. 그러므로 기존의 건조 공정에서 제품 표면의 온도가 증가하게 되면 열에 의한 손상을 자연히 피할 수 없게 된다. 즉 열 전도율이 낮은 식품들은 건조 공정이 매우 긴 시간을 요구하고 질적인 면에서 많은 문제점이 제기되었다. 즉 기존의 방법은 가열된 벨트나 트레이에 실려 오랜 시간 동안 건조하는 방법이었으나 마이크로파를 이용함으로써 짧은 시간 내에 간편하게 건조 할 수 있는 것이다. 따라서 본 연구에서는 국내 떡류 생산의 대부분을 차지하고 있는 떡국용 가래떡의 품질을 향상시켜 소비자의 기호에 부응할 수 있게 하고자 마이크로파를 이용하여 단시간 내에 가열할 수 있는 방법을 개발하고 건조 후의 특성을 검토하였다.

2. 연구의 배경

0 건조공정 시간의 감소와 건조시설의 축소로 인한 운영비 절감과 제품의 품질개선으로 경쟁력 강화

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

0 마이크로파의 건조방법에 대한 연구가 매우 미흡한 실정임

0 가공제품의 건조공정 개선으로 인한 제품의 고급화가 시급

3. 연구내용 및 범위

0 마이크로파를 이용한 가래떡의 건조방법 개발

-건조전/후 수분함량 측정, 건조 후 품질특성 조사

-마이크로파 건조방법의 최적화

-열풍 및 마이크로파를 병행하여 건조 후 마이크로파 건조시 열풍의 효과를 조사

-진공 및 마이크로파를 병행하여 건조 후 마이크로파 건조시 진공의 효과를 조사

0 마이크로파 건조 후의 가래떡의 특성변화

-마이크로파 가열 후 가래떡의 물리화학적 특성변화 및 미세구조를 조사하여 마이크로파 가열효과 및 가래떡의 물성조사

-마이크로파 및 열풍, 진공을 병행한 건조방법을 검토한 후 이화학적 특성 및 실제 관능검사를 병행하여 제품의 고급화를 유도

0 품질특성 조사 후 품질지표를 설정

0 연구결과 분석 후 완료된 핵심개발설비의 문제점 도출시 보완

4. 기대효과

0 건조방법의 신기술로 건조공정시간 단축

0 전자파가열시 제품의 특성에 대한 기초연구 확립

0 건조 및 가공산업에 적용하여 상품의 다양화 및 고급화 유도

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

0 제품의 고급화로 부가가치 증대

5. 활용방안

0 제품의 생산비절감, 품질향상 및 소비확대를 위해 현재 건조제품 생산회사에 기술교류

0 연구사업 성과를 기업과 공유함으로써 기업의 연구개발 의욕을 유도함

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

재료 및 방법

실험재료 및 제조방법

본 실험에 사용한 가래떡의 제조공정은 다음과 같다.

원료쌀-->세척-->수침-->탈수-->분쇄-->증숙-->성형-->냉각-->절단-->
계량-->전처리-->포장-->저장

성형된 가래떡은 전처리로 4시간 혹은 24시간 실온에서 방치시킨 후 진공 소포장하여 각각 냉동(-20℃이하), 냉장(4℃), 상온(25℃) 저장하면서 실험에 사용하였다. 건조방법은 마이크로파처리(MW), 마이크로파와 열풍의 병행처리(MW&열풍), 마이크로파와 진공의 병행처리(MW&진공)로 제품을 건조하였으며 실험계획에 의한 시료의 처리는 Figure 1과 같이 하였다.

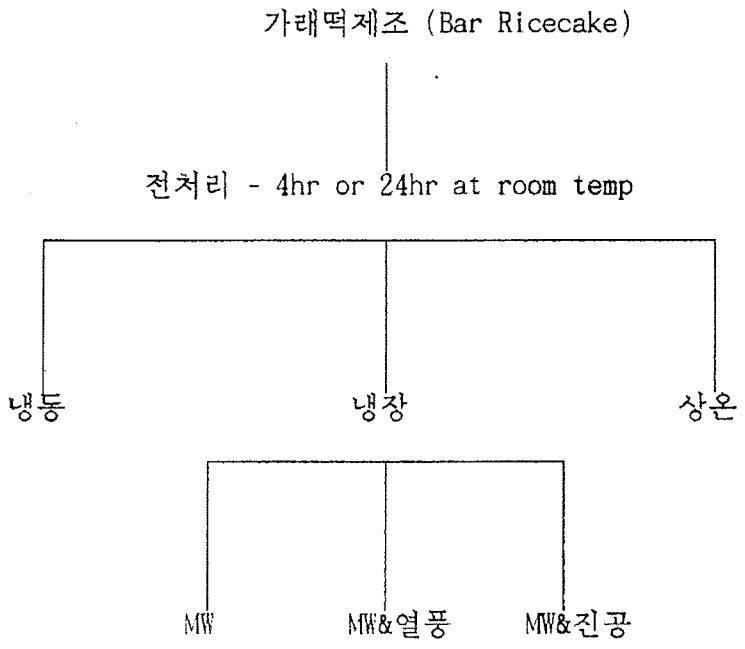
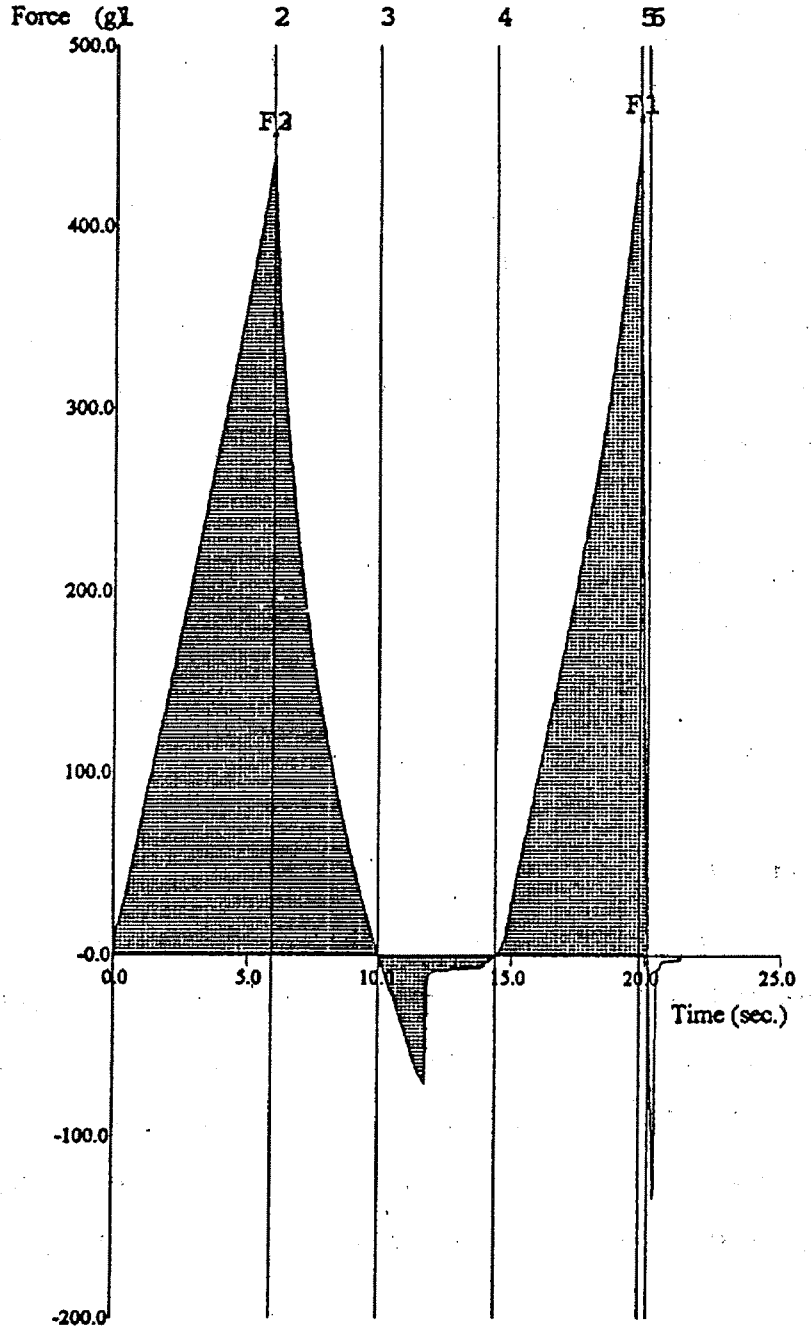


Figure 1. 가래떡 건조 실험계획에 의한 시료의 처리

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Figure 2. Typical texture profile analysis curve of ricecake prepared with various drying methods



자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

가래떡의 수분함량

가래떡의 수분함량 측정은 AOAC 방법으로 105℃ dry oven에서 12시간 건조하여 수분을 완전히 제거한 후 무게를 측정하여 수분함량을 계산하였다.

가래떡의 조리 특성

가래떡의 조리 특성 시험은 조리 후 흰떡의 수분흡수율, 고형물 용출량 및 떡국 국물의 혼탁도 등을 측정하였다. 수분흡수율은 흰떡 100g을 5배 중량의 끓는 물에서 30초 동안 가열한 후 체로 걸러내어 떡표면의 물기를 제거한 후에 무게를 측정하였으며, 이 때 떡을 끓인 물 50ml를 알루미늄 용기에 담아 105℃ dry oven에서 12시간 건조하여 수분을 완전히 제거한 후 무게를 측정하여 고형물 용출량을 측정하였다. 떡국 국물의 혼탁도는 떡 끓인 물에 대한 580nm에서의 광투과도를 측정하여 결정하였다.

가래떡의 색도 측정

가래떡의 처리간 색도측정은 색차계(Minolta CR0200, Japan)를 사용하여 명도를 L값, 적색도를 a값, 황색도를 b값으로 측정하였다. 처리별로 제조한 시료의 표면색깔을 3회 반복 측정하여 평균치로 나타내었다.

가래떡의 텍스쳐 측정

건조된 가래떡의 텍스쳐 특성은 가래떡을 끓는 물에서 30초 동안 조리한 후 체로 걸러내어 떡표면의 물기를 제거한 후에 조직감 측정기(TA Model XT2, Stable Micro Systems Ltd., England)를 사용하여 two-cycle compression test로 측정하였다. 이때 측정조건은 probe: 10mm, graph type: force vs time, force threshold: 20g, distance threshold: 0.50mm, test speed: 5.0mm/s, strain: 50%이었다. 가래떡의 typical texture profile analysis (TPA) curve는 Figure 2

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

와 같다. 이 때 측정항목으로는 경도와 떡의 조직감에 있어서 바람직한 요소의 지표가 되는 쫄깃쫄깃한 성질과 바람직하지 않은 응집성을 선정하였고, 그밖의 껌성, 부착성을 측정하였다.

건조된 가래떡의 미세구조 관찰

처리별 가래떡의 미세구조의 변화를 알아보기 위하여 gold-polladium 으로 코팅(coating)하여 주사전자현미경(Scanning electron microscope, Topcon Sx-30E, Japan)에서 면밀하게 미세구조를 관찰한 후 100배와 800배로 확대하여 전압 15KV에서 각각 해당 부위를 촬영하였다.

가래떡의 관능검사

가래떡에 대한 관능적 품질평가는 색상, 경도, 쫀득성, 씹힘감촉, 전반적 기호성을 특성항목으로 하여 9점척도법으로 측정하였으며 점수가 높을수록 특성이 강해지는 것을 나타내도록 하였다. 관능검사는 가래떡을 선호하는 건양대학교 식품공학과 학생 9명을 선정하여 실험의 취지를 인식시킨 후 실시하였으며, 시료의 준비는 처리된 가래떡 중량비 5배로 물을 가하여 30초간 가열한 후에 제공하였다. 실험결과는 SAS program을 이용하여 GLM과 최소유의차분석으로 유의성을 검정하였다. 본 실험에 사용한 관능검사 용지는 Figure 3과 같은 것을 사용하였다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Figure 3. Sensory evaluation of ricecake

Sample_____

Date_____

Name_____

DIRECTION: Please rinse your mouth with water before starting the test. Several samples will be served to you. Then evaluate ricecake according to attribute using the intensity scales. Indicate the intensity of each attribute by circling an appropriate number.

색상 Bad Good
(Color ----1----2----3----4----5----6----7----8----9----
appearance)

경도 Low Extreme
(Texture) ----1----2----3----4----5----6----7----8----9----

쫀득성 Low Extreme
(Gummy) ----1----2----3----4----5----6----7----8----9----

씹힘감촉 Bad Good
(Mouth feel) ----1----2----3----4----5----6----7----8----9----

기호성 Bad Good
(Overall ----1----2----3----4----5----6----7----8----9----
acceptability)

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

결과 및 고찰

가래떡의 수분함량

시중에 유통되고 있는 가래떡 시제품의 수분함량조사 결과는 Table 1과 같다. 정농원 제품이 수분함유량이 가장 높은 45.5%였으며 제품간 5%까지 차이가 있었으며 평균 42.8%의 수분함량으로 유통되고 있었다. 이 데이터를 마이크로파를 이용한 건조실험의 설계에 활용하였다.

Table 1. 가래떡 시제품의 수분함량조사

제품명	유진식품	풀무원	정농원	원식품	상원떡
수분함량	40.8%	44.1%	45.5%	43.0%	40.6%

본 실험에 사용한 가래떡의 전처리 조건에 따른 마이크로파 건조전후 수분함량 변화를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 숙성시간은 가래떡의 건조전 후 수분함량에 크게 영향을 미쳤으며($p<0.001$), 예상대로 24시간 숙성한 것이 4시간보다 건조전 후 수분함량이 낮게 나타났다. 저장온도에 따라서는 시료간 차이가 나타나지 않았지만, 건조방법에 따라서는 유의차($p<0.05$)가 나타났다. 마이크로파에 열풍을 병행한 처리와 마이크로파에 진공을 병행한 처리간에는 수분함량 차이가 없었으며, 마이크로파 단독으로 처리한 시료의 수분함량이 가장 높은 값을 보였다. 이는 가래떡의 건조방법이 단위 시간당 수분 증발속도에 크게 영향을 준 것으로 사료된다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

가래떡의 조리특성

건조한 가래떡의 조리특성을 알아보기 위하여 조리후의 가래떡의 고형물 용출량, 중량변화, 떡국 국물의 혼탁도 등을 측정한 결과는 Table 3과 같다. 조리조건은 떡과 물의 비율을 1:5로 하였으며 30초간 가열한 후 측정하였다. 숙성시간은 가래떡의 수분흡수율에 크게 영향을 미쳤으며($p<0.01$), 24시간 숙성처리가 4시간 처리보다 수분흡수율이 높게 나타났다. 고형분 용출량은 숙성시간에 따라 고도의 유의차를 보였지만($p<0.001$), 국물의 혼탁도는 숙성시간에 따른 차이가 나타나지 않았다. 저장온도에 따라서는 냉장저장시 수분흡수율과 고형분용출량이 가장 높았으며 냉동저장과 상온저장간에는 유의차가 나타나지 않았다. 그러나 광투과도로 측정한 국물의 혼탁도는 냉동저장 가래떡이 53%로 가장 높았으며, 냉장저장 48.6%, 상온저장 47.9% 순으로 나타났다. 건조방법에 따라 고형분 용출량 및 국물의 혼탁도는 통계적 유의성이 나타났으나($p<0.001$), 수분흡수율에서는 유의차가 나타나지 않았다. 마이크로파 처리한 시료가 고형분 용출량 및 국물의 혼탁도에서 가장 낮은 값을 보였으며, 마이크로파에 열풍을 병행한 처리와 마이크로파에 진공을 병행한 처리간에는 차이가 없었다. 이는 가래떡의 건조방법에 따른 다공질 구조의 변화에 따라 발생한 것으로 사료된다.

가래떡의 색도

건조방법별로 제조한 가래떡의 색도를 측정한 결과는 Table 4와 같다. 밝은 정도를 나타내는 L(lightness) 값은 저장온도에 따라 유의차가 있었으며($p<0.001$), 냉장저장한 시료가 가장 밝은 색도를 나타냈고 냉동저장 시료와 상온저장 시료간에는 유의차가 없었다. 숙성시간이나 건조방법에 따른 밝기의 차이는 없었다. 붉은 색도를 나타내는 a(redness) 값은 숙성시간, 저장온도 및 건조방법 모두 유의한 차이가($p<0.001$) 크게 나타났다. 숙성시간이 길수록 높은 값을 나타내었고, 역시 냉장저장한 가래떡이 가장 높은 값을 나타내었다. 또한 건조방법에 있어서

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

마이크로파와 열풍을 병행한 건조방법이 가래떡의 적색도 값을 가장 낮게했다. 노란색도를 나타내는 b(yellowness) 값은 24시간 숙성, 냉장저장 또는 마이크로파 건조한 시료가 가장 높은 값을 나타내었다. 실제 관능검사에 있어서도 각 처리별로 제조된 가래떡간의 색상에 유의적 차이가 인정되었다. 일반적으로 가래떡의 바람직한 색깔은 흰빛을 띄면서 연한 회색을 내는 가래떡이 가장 좋다고 하는데, 다양한 건조방법으로 인한 가래떡 색택의 변화는 소비자 기호도의 관점에서 고려해야 할 중요한 과제라 생각된다. 한편 모든 처리에 있어서 반복간에는 유의성 차이가($p>0.05$) 없었다.

가래떡의 조직

마이크로파를 이용하여 건조한 가래떡의 조리후 조직변화를 알아보기 위해 텍스쳐 측정기를 사용하여 경도, 부착성, 탄력성, 응집성, 껌성, 씹힘성 등을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 건조후 조리된 가래떡의 경도는 숙성시간, 저장온도, 건조방법에 따라 차이를 보였으며, 숙성시간이 긴 것이 단단하였고 냉장이나 냉동저장이 상온에 방치한 것보다 경도가 높았다. 마이크로파에 진공을 병행처리한 시료가 마이크로파 및 마이크로파에 열풍을 병행처리한 시료보다 각각 평균 2.17배 1.41배 더 단단하였다. 부착성은 냉동저장한 가래떡이 가장 강한 것으로 나타났으며($p<0.05$), 마이크로파로 건조한 가래떡의 부착성이 비교적 약한 것으로 나타났다. 한편 탄력성은 어떠한 처리조건에서도 유의한 차이를($p>0.05$) 보이지 않았다. 가래떡의 응집성은 숙성시간에 따라 크게 차이가 나타났으나 다른 처리조건에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 한편 껌성과 씹힘성은 각 처리간 모두 통계적 유의성이 나타났다. 숙성시간이 긴 것과 냉장저장한 것이 각각 가장 높은 값을 보였으며, 건조방법에서는 마이크로파에 열풍을 병행처리한 시료, 마이크로파에 진공을 병행처리한 시료, 마이크로파처리 시료의 순으로 높게 나타났다. 모든 처리에 있어서 반복간에는 유의성 차이가($p>0.05$) 없었다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

가래떡의 미세구조 관찰

건조방법에 따른 가래떡의 조직특성을 알아보기 위하여 전자현미경으로 가래떡의 미세구조를 관찰한 결과는 Figure 4-7과 같다. 숙성시간에 따라 미세구조에 차이가 확실하였으며, 24시간 숙성한 것이 4시간보다 표면이 거칠고 부분적으로 갈라져 있는 것이 관찰되었다. 이 결과는 조직감 측정기를 이용한 기기측정 결과와도 일치하였다. 저장온도에 따라서는 큰 차이가 나타나지 않았지만 냉장저장이 표면에 돌출이 나타나고 비교적 매끄럽지 못함을 보여주었다. 한편 건조방법에 따라 표면구조가 크게 다르게 나타났다. 마이크로파 처리는 표면구조가 부드럽지 못하고 조직이 매끄럽지도 못함을 보여주었으며, 마이크로파에 열풍을 병행한 처리도 조직이 고르지 못함을 보여주었다. 마이크로파에 진공을 병행한 처리가 표면이 매우 부드럽고 구멍이 균일하게 분포된 다공성 구조로 되어 있었다. 이는 건조된 가래떡의 복원시 조리 특성과 조직특성이 미세구조의 차이에 기인할 수 있다는 사실을 보여주는 결과라 할 수 있다. 800배로 확대하여 본 미세구조가 이들 결과를 구체적으로 뒷받침하고 있다. 마이크로파에 진공을 병행한 처리가 가래떡 구멍내부의 부드러운 돌출구조를 보여주었고 홀 주변이 매끄러웠다. 마이크로파 처리나 혹은 마이크로파에 열풍을 병행한 처리는 전반적으로 홀 사이즈가 작으면서 균일하지 못하고 홀 내부가 밋밋하거나 표면이 거칠게되어 있음을 보여준다. 미세구조의 견지에서 볼 때 진공 및 마이크로파를 병행한 건조 방법이 가장 우수함을 나타내었다.

가래떡의 관능검사

관능검사를 통해 건조 가래떡간에 보이는 차이를 알아보기 위해 LSD검정을 행한 결과를 Figure 8-10에 제시하였다. 숙성시간은 가래떡의 관능적 특성에 가장 크게 영향을 미쳤으며, 24시간 숙성처리한 것이 4시간 처리보다 강한 경도를 나타냈다. 이 결과는 조직감 측정기를 이용한 기기측정 결과와 일치하였다. 색상,

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

쫀득성, 씹힘성, 전반적인 기호도는 각각 숙성시간에 따라 유의한 차이를 보였으며, 이들 관능적 특성치들은 24시간 숙성시 보다 4시간 숙성시 높은 점수를 받았다. 저장온도에 따라서는 냉동저장이 색상과 씹힘성에서 가장 어두운 색상과 낮은 씹힘감촉을 보여주었으며, 냉장저장과 상온저장간에는 차이가 나타나지 않았다. 그외의 경도, 쫀득성, 기호도에서는 저장온도에 따른 유의성은($p>0.05$) 나타나지 않았다. 건조방법에 따라 씹힘성을 제외한 모든 관능특성치에서 통계적 유의성이 나타났다. 색상에 있어서는 마이크로파 처리가, 경도에 있어서는 마이크로파에 열풍을 병행한 처리가, 쫀득성과 전반적 기호도에 있어서는 마이크로파에 진공을 병행한 처리가 가장 높은 점수를 받았다. 이 결과를 토대로 색상, 쫀득성, 씹힘성 및 전반적 기호도 등 종합적인 견지에서 볼 때 진공 및 마이크로파를 병행한 건조 방법이 가장 우수함을 나타내었다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

결론

본 연구에서는 떡국용 가래떡의 품질특성 시험의 일환으로 다양한 건조방법별로 가래떡을 제조하여 조직특성 및 이화학적 특성을 측정한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

숙성시간은 가래떡의 수분함량, 수분흡수율과 고형분 용출량에 크게 영향을 미쳤지만, 국물의 혼탁도는 이에 따른 차이가 나타나지 않았다. 저장온도에 따라서는 냉장저장시 수분흡수율과 고형분용출량이 가장 높았으며 냉동저장과 상온저장간에는 유의차가 나타나지 않았다. 마이크로파 처리한 시료가 고형분 용출량 및 국물의 혼탁도에서 가장 낮은 값을 보였으며 수분함량은 가장 높았다. 냉장저장한 시료가 가장 밝은 색도를 나타냈고 냉동저장 시료와 상온저장 시료간에는 유의차가 없었다. 숙성시간이나 건조방법에 따른 밝기의 차이는 없었다. 건조후 조리된 가래떡의 조직감은 숙성시간, 저장온도, 건조방법에 따라 차이를 보였으며, 숙성시간이 긴 것이 조직이 단단하였고 냉장이나 냉동저장이 상온에 방치한 것보다 경도가 높았다. 마이크로파에 진공을 병행처리한 시료가 마이크로파 및 마이크로파에 열풍을 병행처리한 시료보다 경도가 높았다. 숙성시간은 가래떡의 관능적 특성에 크게 영향을 미쳤지만, 저장온도에 따라서는 경도, 쫀득성, 기호도에서 유의성이 나타나지 않았다. 건조방법에 따라서는 씹힘성을 제외한 모든 특성치에서 유의한 차이가 나타났다. 미세구조의 견지에서 볼 때 마이크로파 및 진공을 병행한 건조 방법이 표면이 매끄럽고 구멍이 균일하게 다공성으로 분포되어 있는 구조를 보여주었다. 물성학적 특성 및 관능적 기호도 등 종합적인 견지에서 볼 때 진공 및 마이크로파를 병행한 건조 방법이 가장 우수함을 나타내었다.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

여 백

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

참고문헌

1. Copson, D. A. (1954a). Microwave irradiation of fruit juice. U. S. patent 2,833,657.
2. Copson, D. A. (1954b). Microwave irradiation of orange juice concentrate for enzyme inactivation. Food Technol. 8(9), 397-399.
3. Decareau, R. V. (1984). Microwave in food processing. Food Technol. Aust. 36(2), 81-86.
4. Hasted, J. B., Ritson, D. M., and Collie, C. H. (1948). Dielectric properties of ionic solutions. Parts 1 and 2. J. Chem. Phys. 16, 1-21.
5. Meisel, N. (1976). Microwave drying of pasta products. Getereide, Mehl Brot 30, 187-189.
6. Mudgett, R. E. Goldblith, S. A. Wang, D. I. C., and Westphal, W. B. (1977). Prediction of dielectric properties in solid food of high moisture content at ultrahigh and microwave frequencies. J. Food Process. Preserv. 1. 119-151.
7. Mudgett, R. E. (1982). Directions in microwave food processing. Proc. Symp. Electrotechnol. Ind. 1, 65-86. MITRO Corp., McLean, Virginia.
8. Mudgett, R. E. (1985). Dielectric properties of foods. In "microwave in the food processing industry (Decareau, R. V. ed.)." pp 15-37. Academic Press, Orlando.
9. Poljoprivredni Fak, Zemun (1992). Loss of vitamin C during thermal

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

processing of vegetables, Hrana-i-Ishrana 33(1/2), 9.

10. Wyslouzil, W., and Kashyap, S. C. (1976). Microwave sterilization of pea flour and protein concentrate. J. Microwave Power 11, 212-213.

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Table 2. Comparison of water content of ricecake prepared with various drying methods

Source of variation	water content of ricecake (%H_2O)	
	After Pretreatment	After Drying
Aging Time		
4 hr	46.94a	41.33a
24 hr	41.99b	36.13b
LSD	0.2973	1.4629
F values	1133.1***	51.66***
Storage Temperature		
-20°C	44.27b	38.46a
4°C	44.67a	38.61a
25°C	44.46ab	39.12a
LSD	0.3641	1.7917
F values	2.51	0.30
Drying Type		
MW	44.25b	40.21a
MW/Heating	44.43ab	37.58b
MW/Vacuum	44.72a	38.40b
LSD	0.3641	1.7917
F values	3.48*	4.63*
Replication		
1	44.57a	39.12ab
2	44.49a	37.42b
3	44.33a	39.66a
LSD	0.3641	1.7917
F values	0.93	3.50*

abc: Mean scores in column within variable followed by the same letter are not significantly different at the $p<0.05$ level using Least Significant Difference test

*, **, ***: Significantly different at $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ in ANOVA test

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Table 3. Comparison of cooking properities of ricecake prepared with various drying methods

Source of variation	Cooking properities of ricecake		
	WHC	Turbidity	Extracted Solid
Aging Time			
4 hr	5.847b	49.74a	0.149b
24 hr	6.654a	49.99a	0.178a
LSD	0.4482	3.2375	0.0076
F values	14.05**	0.03	63.09***
Storage Temperature			
-20°C	6.095b	53.09a	0.157b
4°C	7.020a	48.58b	0.180a
25°C	5.637b	47.94b	0.155b
LSD	0.549	3.965	0.0093
F values	14.25***	4.33*	19.69***
Drying Type			
MW	6.040a	44.67b	0.135b
MW/Heating	6.493a	52.98a	0.181a
MW/Vacuum	6.218a	51.96a	0.176a
LSD	0.549	3.965	0.0093
F values	1.50	11.29***	63.72***
Replication			
1	5.853b	49.58a	0.160b
2	6.648a	50.15a	0.168a
LSD	0.4482	3.2375	0.0076
F values	13.59**	0.13	4.57*

abc: Mean scores in column within variable followed by the same letter are not significantly different at the $p<0.05$ level using Least Significant Difference test

*, **, ***: Significantly different at $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ in ANOVA test

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Table 4. Comparison of color properities of ricecake prepared with various drying methods

Source of variation	After Pretreatment			After Drying		
	L	a	b	L	a	b
Aging Time						
4hr	72.69a	-1.597b	6.503a	70.46a	-1.757b	6.914b
24hr	72.32a	-1.524a	6.375a	71.11a	-1.542a	7.740a
LSD	0.699	0.055	0.216	0.850	0.064	0.240
Fvalues	1.12	7.10*	1.44	2.37	46.08***	48.70***
Storage Temperature						
-20°C	72.58ab	-1.632b	5.809b	69.61b	-1.758b	7.005b
4°C	72.98a	-1.369a	6.754a	72.14a	-1.408a	7.713a
25°C	71.97b	-1.680b	6.754a	70.60b	-1.782b	7.262b
LSD	0.857	0.068	0.265	1.041	0.079	0.293
Fvalues	2.86	50.16***	34.77***	12.28***	58.15***	12.25***
Drying Type						
MW	73.35a	-1.516a	8.193a	70.52a	-1.538a	8.753a
MW/Heating	72.13b	-1.592b	5.635b	71.30a	-1.751c	6.589b
MW/Vacuum	72.04b	-1.573ab	5.489b	70.52a	-1.659b	6.638b
LSD	0.857	0.068	0.265	1.041	0.079	0.293
Fvalues	5.92**	2.79	270.35***	1.53	15.24***	145.34***
Replication						
1	72.68a	-1.544a	6.392a	71.19a	-1.615a	7.230a
2	72.17a	-1.572a	6.484a	70.93a	-1.657a	7.382a
3	72.67a	-1.565a	6.442a	70.23a	-1.676a	7.369a
LSD	0.857	0.068	0.265	1.041	0.079	0.293
F values	0.95	0.36	0.25	1.85	1.28	0.67

abc: Mean scores in column within variable followed by the same letter are not significantly different at the $p<0.05$ level using Least Significant Difference test

*, **, ***: Significantly different at $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ in ANOVA test

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

Table 5. Comparison of textural properities of ricecake prepared with various drying methods

Source of variation	Textural properties of ricecake[1)]					
	Hard	Adhes	Spring (g)	Cohes	Gum	Chew
Aging Time						
4hr	456.12b	-143.0a	0.928a	0.604a	273.65b	253.00b
24hr	1301.6a	-123.5a	0.913a	0.562b	741.56a	676.76a
LSD	136.83	48.781	0.031	0.0245	66.925	61.685
F values	165.14***	0.70	0.96	12.69*	211.40***	204.10***
Storage Temperature						
-20°C	877.4ab	-92.21a	0.926a	0.580a	494.68b	455.27b
4°C	990.74a	-168.9b	0.923a	0.584a	592.41a	547.25a
25°C	768.48b	-138.6ab	0.913a	0.584a	435.73b	392.12b
LSD	167.58	59.745	0.0388	0.03	81.967	75.548
F values	3.80*	3.61*	0.26	0.04	8.06**	9.22**
Drying Type						
MW	560.01c	-187.4b	0.9208a	0.5966a	331.07c	301.05c
MW/Heating	862.68b	-94.20a	0.9111a	0.5721a	717.54a	656.93a
MW/Vacuum	1213.9a	-118.1a	0.9300a	0.5797a	474.21b	436.65b
LSD	167.58	59.745	0.0388	0.03	81.967	75.548
F values	32.99***	5.68*	0.51	1.51	49.15***	48.89***
Replication						
1	903.74[a]	-143.5a	0.918a	0.588a	512.60a	463.62a
2	854.01a	-123.0a	0.924a	0.578a	502.61a	466.14a
LSD	136.83	48.781	0.031	0.0245	66.925	61.685
F values	0.57	0.76	0.16	0.73	0.10	0.01

[abc]: Mean scores in column within variable followed by the same letter are not significantly different at the $p<0.05$ level using Least Significant Difference test

*, **, ***: Significantly different at $p<0.05$, $p<0.01$, $p<0.001$ in ANOVA test

1): Hard; Hardness, Adhes; Adhesiveness, Spring; Springiness, Cohes; Cohesiveness, Gum; Gumminess, Chew; Chewiness

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

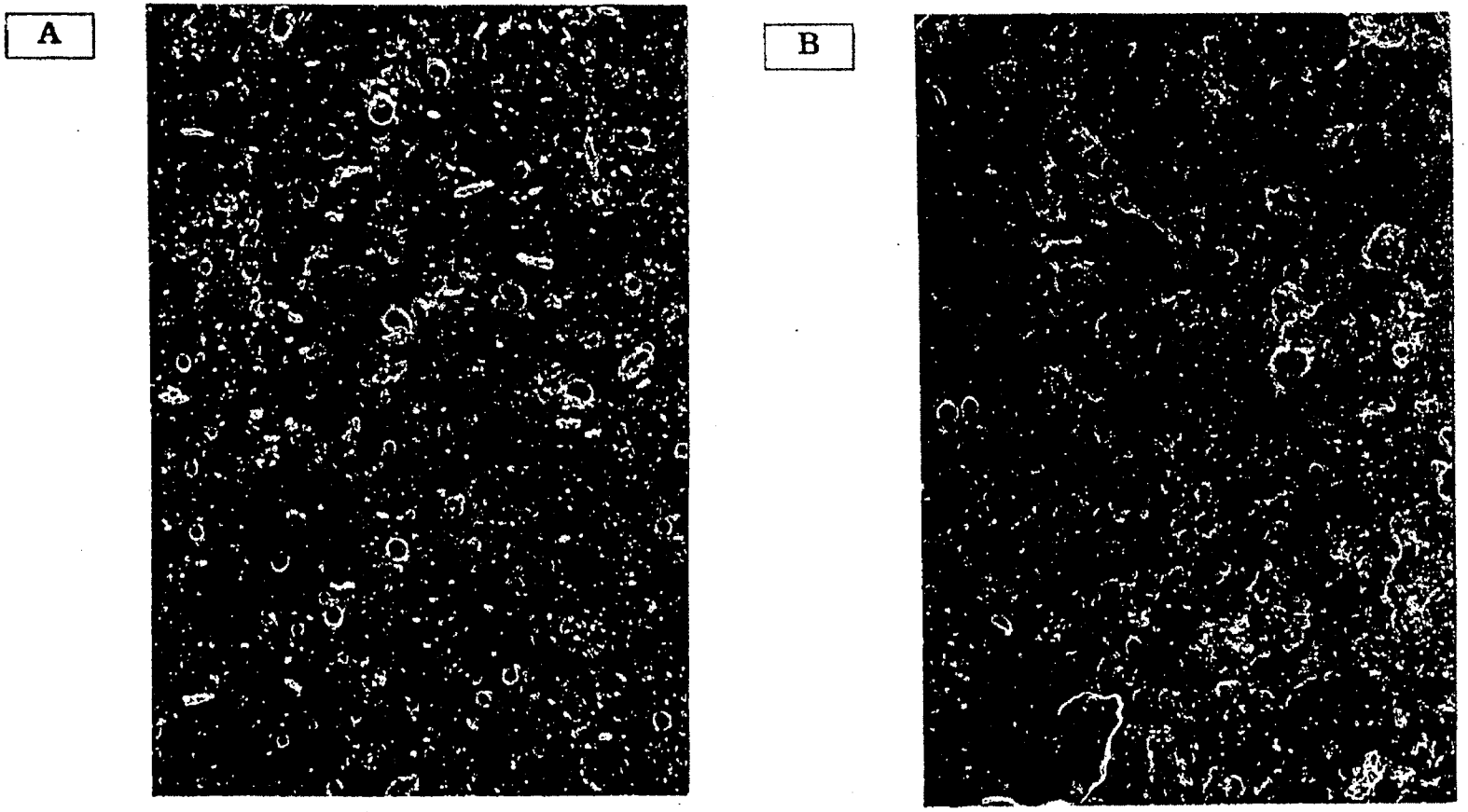


Figure 4. SEM에 의한 가래떡의 미세구조

A: 4시간 숙성
B: 24시간 숙성

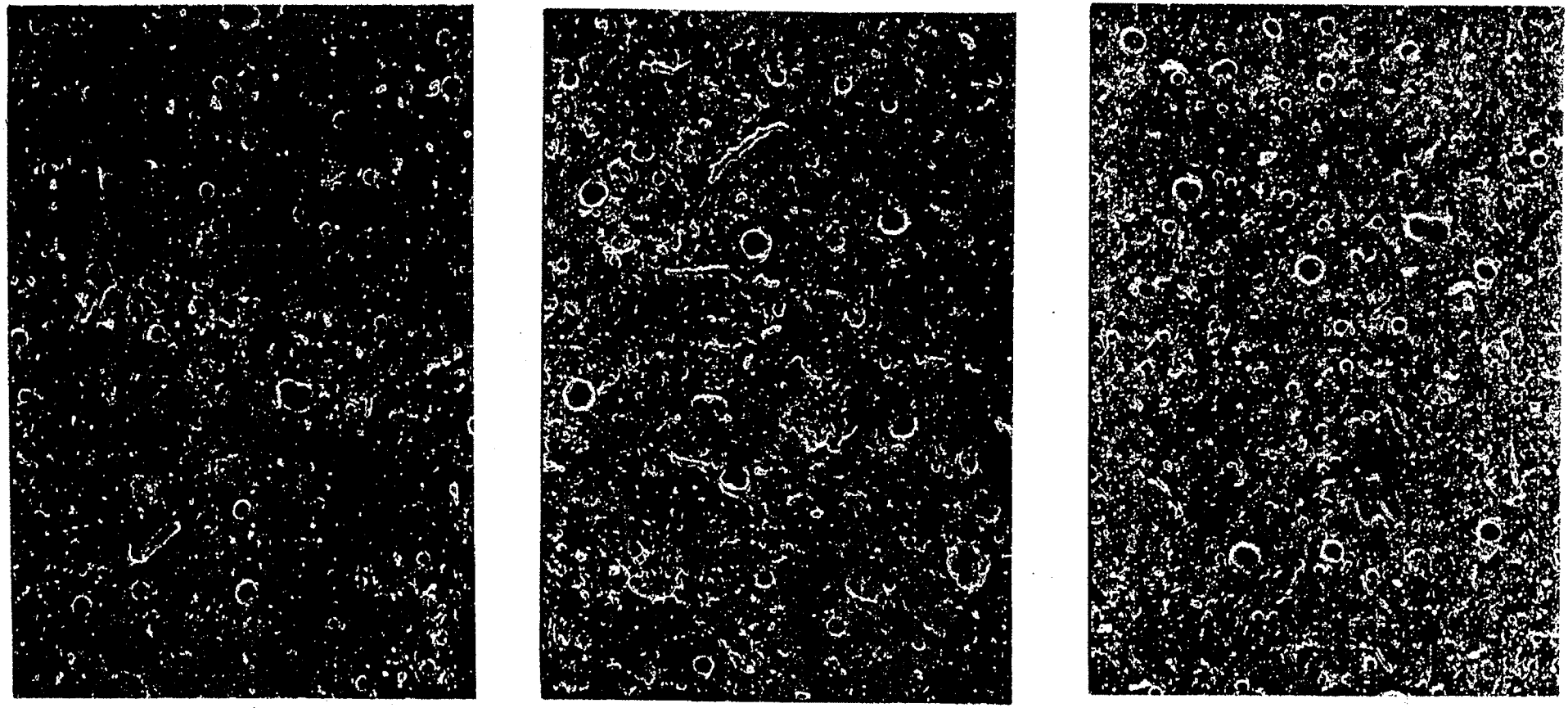


Figure 5. SEM에 의한 가래떡의 미세구조

A: 냉동(-20℃) 처리
B: 냉장(4℃) 처리
C: 상온(25℃) 처리

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

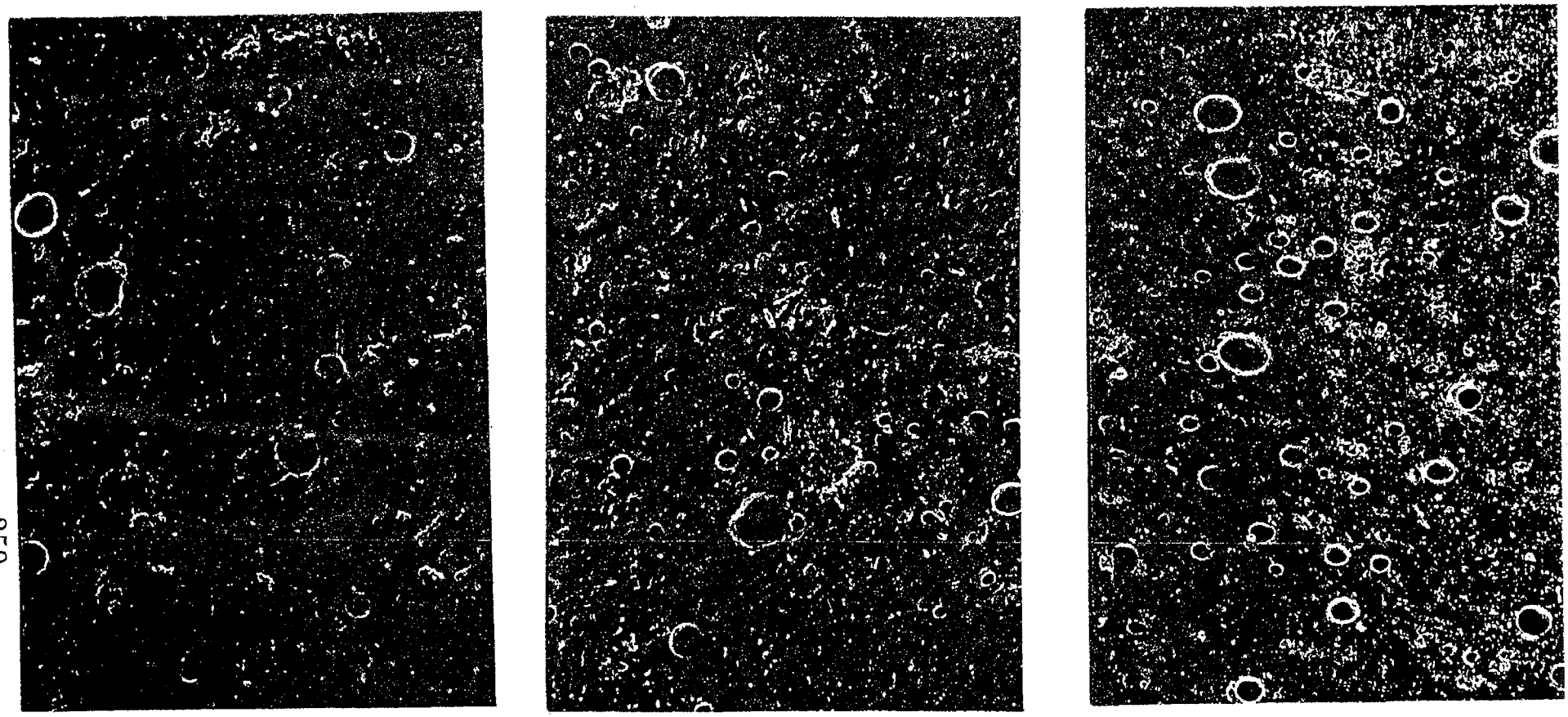


Figure 6. SEM에 의한 가래떡의 미세구조

A: 마이크로파처리
B: 마이크로파와 열풍병행처리
C: 마이크로파와 진공병행처리

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

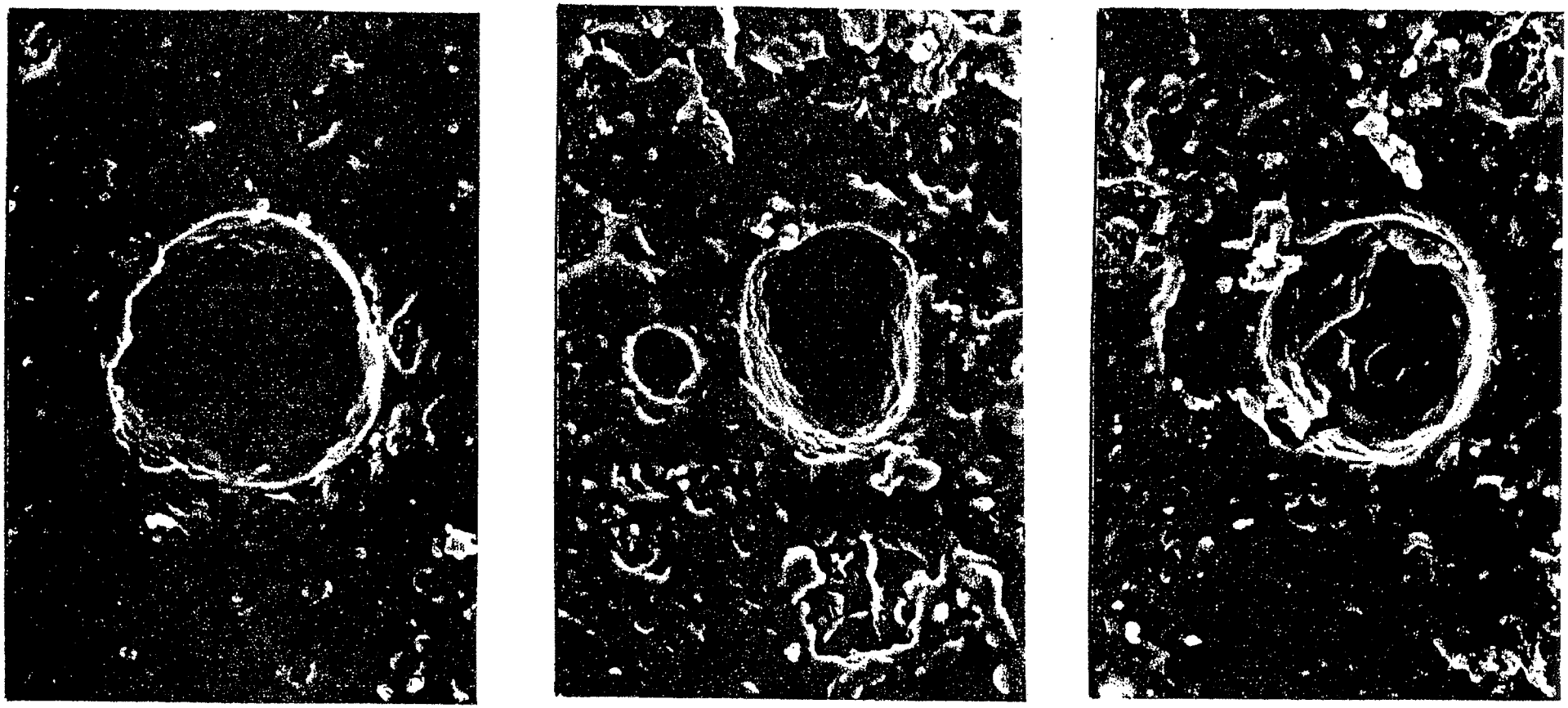


Figure 7. SEM에 의한 가래떡의 미세구조

A: 마이크로파처리
B: 마이크로파와 열풍병행처리
C: 마이크로파와 진공병행처리

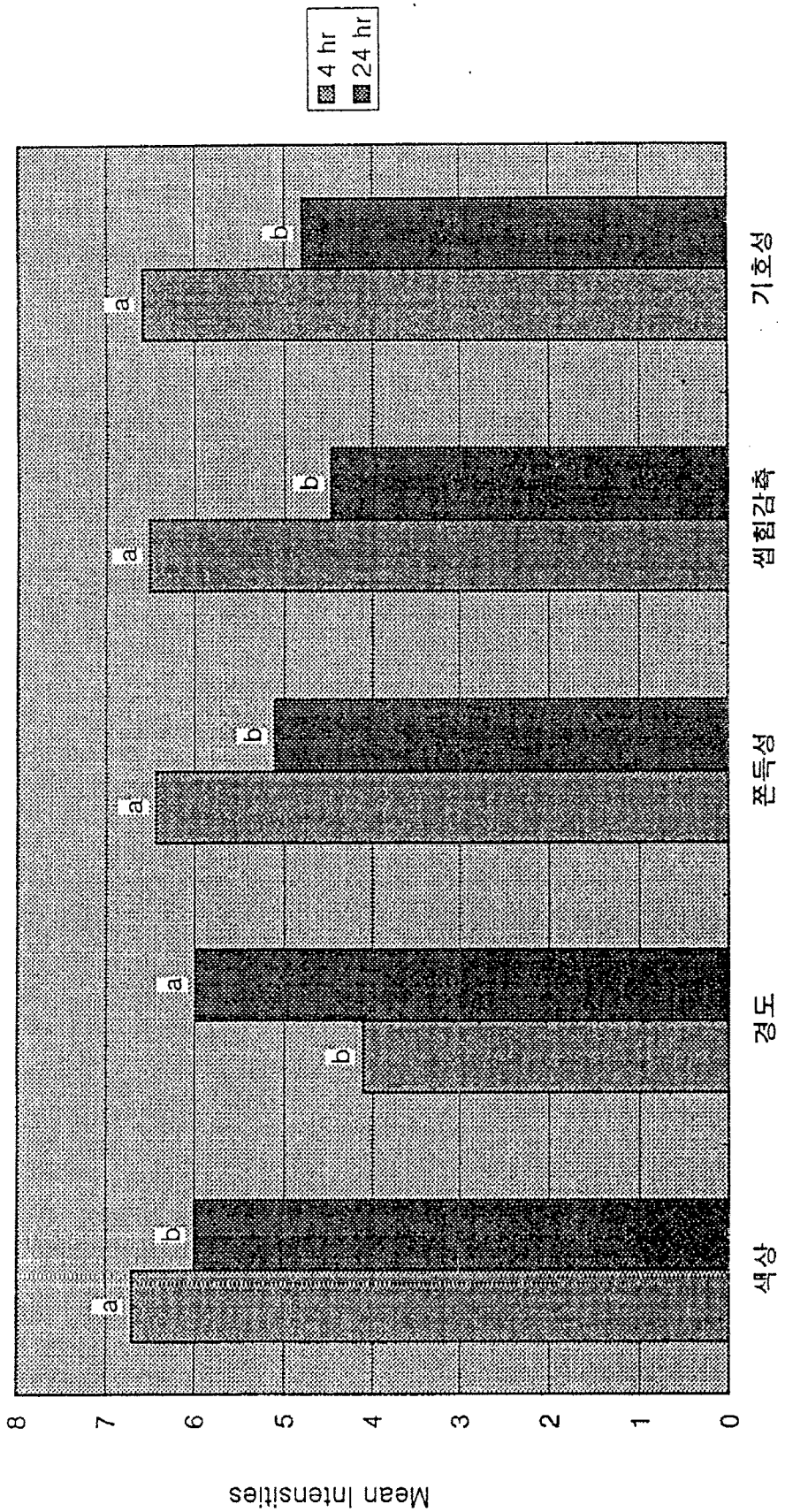


Figure 8. 건조 가래떡의 전처리 숙성시간에 따른 관능특성

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

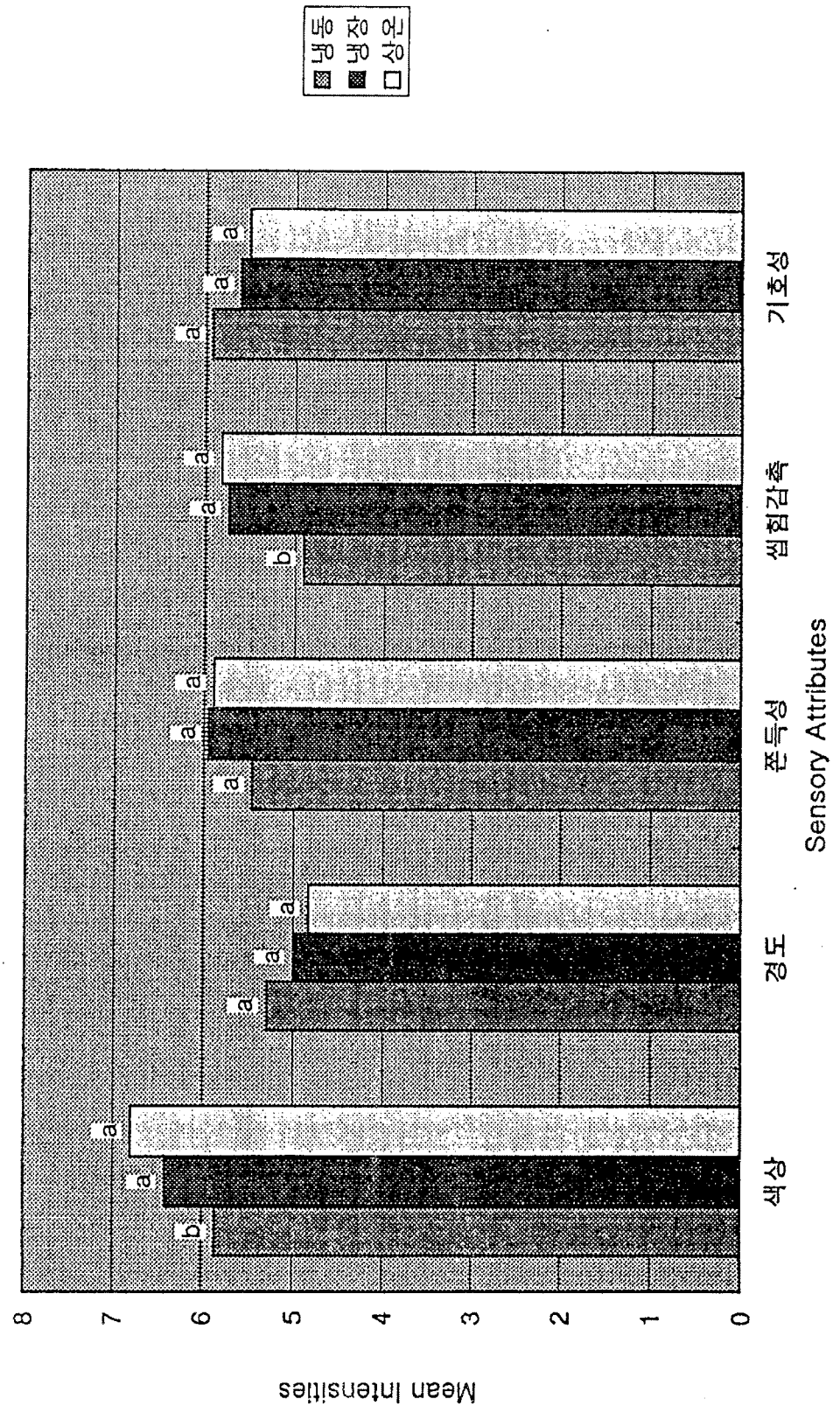


Figure 9. 진조 가래떡의 전처리 저장온도에 따른 관능특성

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

자료출처 : 마이크로파를이용한농산물제품건조공정의개발연구.최종연구보고서/농림부

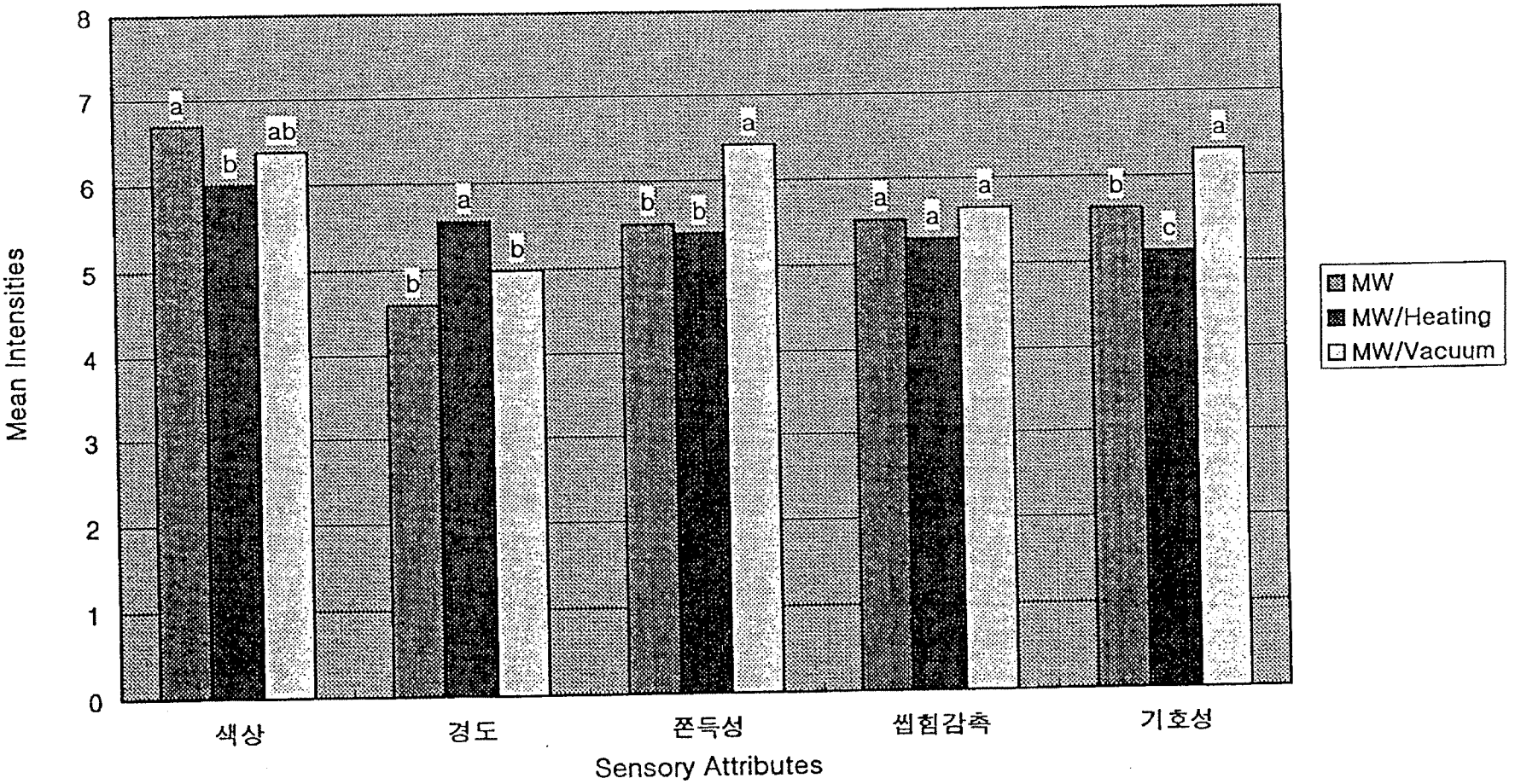


Figure 10. 가래떡의 건조방법에 따른 관능특성