

## 효소식품으로서 발아유색미의 마이크로파 진공건조

김석신 · 김상용\* · 노봉수\*\* · 장규섭\*\*\*

가톨릭대학교 식품영양학과, \*동양제과 기술연구소

\*\*서울여자대학교 식품미생물공학과, \*\*\*충남대학교 식품공학과

### Microwave Vacuum Drying of Germinated Colored Rice as an Enzymic Health Food

Suk Shin Kim, Sang Yong Kim\*, Bong Soo Noh\*\*  
and Kyu Seob Chang\*\*\*

Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea  
\*R&D Center, Tong Yang Confectionery Corp.

\*\*Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University

\*\*\*Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

#### Abstract

This work was to study the potential health food use of germinated colored rice after germinating and drying using microwave under vacuum. Colored rice was soaked in water at 15°C for 2 days and then germinated at 25°C for 3~4 days. The germinated colored rice was dried by different drying methods: microwave vacuum drying 1, microwave vacuum drying 2 (drying→crushing→drying), hot air drying, vacuum drying and freeze drying. Each drier except freeze drier was set to maintain the sample temperature at 60°C. During microwave vacuum drying 1 or 2, the sample reached 60°C much faster (within 5 min) and was dried much faster (2~3 hrs than the other drying methods. The initial drying rate of microwave vacuum drying was ten times faster than that of hot air drying. The microwave vacuum drying 2 retained the highest  $\alpha$ -amylase activity, followed by microwave vacuum drying 1, freeze drying, vacuum drying, and hot air drying.

Key words: colored rice, germination, microwave vacuum drying, health food

#### 서 론

최근 건강지향적 식품섭취에 대한 요구가 증가함에 따라 건강증진, 질병 예방 및 치유, 나아가 평균수명의 연장 등에 기여하는 건강기능성 식품에 대한 관심이 깊어지고 있다. 이에 따라 각국의 식품업체나 관련기관에서는 품질이 우수한 건강보조식품을 제조하기 위해 활발하게 연구개발을 진행하고 있다. 이러한 추세에 부응하여 국내의 건강보조식품 시장 규모도 매년 크게 성장하고 있다. 건강보조식품은 전통적 식경험을 바탕으로 한 급식보완품목으로부터 유용성분을 첨가한 복합품까지로 그 범주가 점차 넓어지고 있으며 곧 예방식도 출현하리라 예상된다<sup>(1)</sup>.

건강보조식품중 효소식품<sup>(2)</sup>은 곡물에 *Aspergillus* 속의 곰팡이를 번식시킨 후 건조·과립화한 것을 주재료로 하는 식품으로서 각종 효소류 특히  $\alpha$ -amylase 함량이 높은 영양성분 보충식품이다. 이  $\alpha$ -amylase는 곡물이 발아할 때도 다량 생성되기 때문에 곡물을 발아시키고 건조한 후 효소식품의 주재료나 보조재료로 첨가할 수 있다. 이 경우 효소식품 최종제품의 냄새나 맛 등을 개선할 수 있고 곡물 자체의 영양 성분이나 특수성분도 동시에 활용할 수 있는 잇점이 있다.

이런 용도로 활용가능한 여러가지 곡물중 유색미(有色米)와 같은 특수미<sup>(3)</sup>는 현미상태로 유통되므로 발아가 가능할 뿐만 아니라 여러 가지 건강기능성 물질도 많이 함유하고 있으므로 효소식품 원료로 연구해볼 가치가 충분히 있다. 유색미의 색소는 안토시아닌으로서 혈관의 노화를 방지하고 혈압강하나 자외선

Corresponding author: Suk Shin Kim, Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea, Buchon, Kyonggi-do 422-743, Korea

차단 효과도 있는 건강기능성 소재로 관심을 끌고 있다. 최근 유색미를 활용한 협알강하 의약품 연구, 컴팩트디스크나 레이저디스크의 표면 보호 소재 또는 자외선 차단 화장품 소재 연구, 유색떡이나 赤酒 등의 개발 연구 등이 진행되고 있다<sup>(9)</sup>. 그러나 유색미를 활용한 새로운 효소식품의 개발 연구는 아직 시도된 바 없다.

건강보조식품의 형태는 캡슐형, 정제형, 과립형으로 나눌 수 있는데 이 중 과립형은 건조공정을 필수적으로 거치게 된다<sup>(1)</sup>. 이때 건조방법으로는 주로 동결건조나 열풍건조 또는 유동층 건조가 활용되고 있다. 동결건조는 건조후의 원형유지, 다공질화 및 재수화가 용이하고 향미 보존과 영양소 손실을 최소화할 수 있기 때문에 많이 활용하고 있다<sup>(4)</sup>. 그러나 다른 기술에 비해 건조시간이 길고 에너지 소모가 크며 동결손상에 의한 품질손상도 있을 수 있는데다가 소요경비도 높기 때문에 실제적 이용상 많은 제한이 따를 수 밖에 없다. 또한 열풍건조나 유동층 건조는 동결건조에 비해 경비는 저렴하지만 식품내부로의 열전달의 어려움 때문에 건조 후반부의 과열현상에 의해 피건품의 품질이 크게 손상되는 불리한 점이 있다.

이에 비해 마이크로파를 이용하여 식품을 건조할 경우 식품중에 함유된 물분자나 그 밖의 쌍극자 물질(dipole)이 마이크로파의 전기장의 교류에 따라 회전하므로써 마이크로파 에너지가 순간적으로 열에너지로 변화되는 내부가열방식(internal heating)을 활용하므로 건조시간이 대폭적으로 짧아지고 품질손상을 최소화할 수 있는 잇점이 있다<sup>(5,9)</sup>.

마이크로파 건조는 마이크로파 열풍건조, 마이크로파 동결건조, 마이크로파 진공건조로 구분된다. 마이크로파 열풍건조<sup>(9)</sup>는 세가지 방법중 가장 저렴한 경제적 방법이지만 피건품의 품질은 가장 낮고, 마이크로파 동결건조<sup>(8,10)</sup>는 동결부위를 직접 가열함으로써 동결건조시간을 단축할 수는 있으나 여전히 비싼 방법인데다가 고도의 진공 때문에 방전이 일어나 식품이 그슬리는 경우도 있어 실용화가 어렵다.

이에 비해 마이크로파 진공건조는 방전이 잘 일어나지 않는 압력에서 작동하는데다가 품질과 가격면에서도 대단히 유리한 면이 있다. 마이크로파 진공건조로 생산된 과실쥬스분말은 동결건조 분말보다 품질이 우수한 것으로 보고 되었고<sup>(6)</sup>, 더우기 이 방법은 동결건조보다 3~4배 정도 저렴하기 때문에 경제성이 우수한 공정인 것으로 밝혀졌다<sup>(8,11)</sup>. 마이크로파 진공건조는 오렌지쥬스 분말의 제조<sup>(6)</sup>, 버섯이나 아스파라거스의 건조, parboiled rice의 건조<sup>(12)</sup>, 의약품의 과립화<sup>(13)</sup>

등에 활용된 것으로 보고되었다. 그러나 건강보조식품 특히 효소식품 제조에 마이크로파 진공건조를 적용한 보고는 거의 찾아보기 어려운 실정이다.

이에따라 품질이 우수하고 경제성이 있는 건강지향성 식품 개발 연구의 일환으로 본 연구에서는 발아유색미를 대상으로 마이크로파 진공건조를 적용하여 건조한 후 그 건조특성과 품질특성을 열풍건조, 진공건조, 또는 동결건조의 경우와 비교해 보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

실험에 사용한 쌀은 1996년산 유색미로서 농촌진흥청에서 분양받아 현미기로 왕겨를 제거한 후 사용하였다.

### 발아유색미 제조

발아유색미의 제조는 김과 이<sup>(14)</sup>의 방법에 따랐다. 유색미를 15°C의 물에 담그어 15°C의 항온기(Cold Lab Chamber KMC 1302-L, Vision Scientific Co., Ltd., Korea) 내에서 2일간 또는 수분함량이 45% 이상이 될 때까지 침지시켰다. 침지 후 25°C로 유지되는 항온기 내에서 어두운 상태로 4일간 발아시켰다.

### 수분함량 측정

수분함량은 AACC method 44-15A<sup>(15)</sup>를 기준으로 삼아 약간 수정하여 측정하였다. 즉, 발아시킨 시료는 생화학적 변화를 중단시키기 위하여 일단 동결건조시켜 수분함량을 구한 다음 105°C에서 3시간 건조하여 최종 수분함량을 구하였고, 발아후 건조한 시료는 105°C에서 3시간 건조하여 수분함량을 측정하였다.

### 마이크로파 진공건조

본 실험에 사용한 마이크로파 진공건조기는 본 연구팀에서 직접 제작한 시제품(Microwave vacuum dryer, model MVD-1, The Catholic Univ. of Korea)이었다(Fig. 1 참조). 마이크로파 진공건조시 teflon dish 위에 일정량의 발아유색미를 취하고 품온을 60°C로 유지하며 10 mmHg의 압력조건에서 2-3시간 건조하였다. 건조중 10분마다 시료의 중량과 온도를 측정·기록하였다. 마이크로파 진공건조 1은 발아유색미를 3시간내내 건조한 것이고, 마이크로파 진공건조 2는 건조시간을 단축시키기 위하여 발아유색미를 1시간 건조한 후 마쇄하고 다시 1시간 건조한 것이다. 건조한 시료는 알미늄착색 방습포장재(polyester 12 μm/

Fig. 1. Schematic presentation of microwave vacuum drier.

aluminum foil 9 μm/nylon 15 μm/polypropylene 60 μm)에 기밀포장하여 보관하며 실험에 사용하였다.

열풍건조, 진공건조 및 동결건조

열풍건조나 진공건조시 발아유색미 시료내에 thermocouple probe를 꽂고 이를 on-off controller에 연결하여 품온을 60°C로 유지하며 4시간동안 건조하였다. 열풍건조는 강제순환식 열풍건조기(Yamato Constant Temperature Oven, model DN-61, Japan)내에서 행하였고, 진공건조는 진공건조기(Fisher Isotemp Vacuum Oven, model 281, USA)를 사용하였다. 동결건조시 시료를 -20°C의 냉동고에서 24시간 동결시킨 후 동결건조기(Labconco Freeze Drier 5, Labconco Corp., Kansas City, MO, USA)를 사용하여 압력 100 μmHg, 응축기 온도 -50°C에서 10시간 이상 건조하였다. 열풍건조중 10분마다 시료의 중량과 온도를 측정·기록하였고 진공건조의 경우는 진공해제작업의 시간소요로 인해 중량 측정은 하지 않고 온도만 측정·기록하였으며 동결건조는 중량이나 온도 측정을 하지 않았다. 건조한 시료는 알미늄적층 방습포장재(polyester 12 μm/aluminum foil 9 μm/nylon 15 μm/polypropylene 60 μm)에 기밀포장하여 보관하며 실험에 사용하였다.

건조특성 비교

건조중 얻은 시간 대 중량변화 데이터를 이용하여 건조방법별로 시료의 건조특성을 비교하였다. 이 때 시간 대 품온 변화, 시간 대 수분함량 변화, 시간 대 건조속도 변화, 수분함량 대 건조속도 변화로 구분하여 도시함으로써 각각의 건조특성과 건조효율을 용이하게 비교·판단하였다.

α-amylase 활력 측정

각 방법으로 건조시킨 발아유색미의 α-amylase 활력은 AOAC Official Method 955.22<sup>(6)</sup>을 약간 변형하여 측정하였다. 분쇄한 시료 5 g에 0.5% NaCl 용액 100 mL를 가해 30°C에서 1시간 추출한 후 여과하고 여액 10 mL를 0.5% NaCl 용액으로 100 mL로 희석한 다음 희석액 10 mL와 limit dextrin 용액 20 mL를 혼합한 후 20°C의 수조에 넣고 시간별로 1 mL씩 취해 묽은 요오드 용액 5 mL씩 들어 있는 비색관에 가해 α-amylase color disk와 색을 비교하여 소요시간을 구한 후 다음 식에 의해 α-amylase 활력을 계산하였다.

$$\alpha\text{-amylase unit} = 24 / [\text{엿기름 양(g)} \times \text{호화시간(분)}]$$

결과 및 고찰

건조과정중 시료의 온도 변화

발아유색미의 마이크로파 진공건조 1 및 2, 열풍건조 및 진공건조 중 품온의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 마이크로파 진공건조 1 및 2의 경우 건조 시작 5분 이내에 60°C에 도달한 후 건조시간 내내 60±2°C를 유지하였다. 열풍건조의 경우는 건조시작 30분이 경과하여야 60°C에 도달하였으며 그 후 건조시간 내내 60±1°C를 유지하였다. 열풍건조 초기에 온

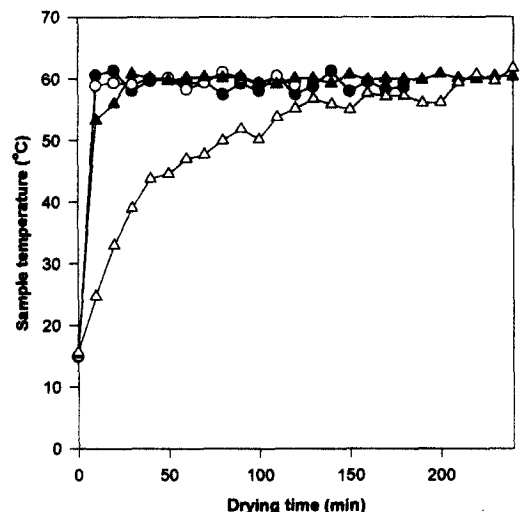


Fig. 2. Changes in temperature of germinated colored rice during microwave vacuum drying 1 and 2, hot air drying, and vacuum drying. ●-●: Microwave vacuum drying 1 at 60°C, ○-○: Microwave vacuum drying 2 at 60°C, ▲-▲: Hot air drying at 60°C, △-△: Vacuum drying at 60°C.

도가 상승하지 못하는 것은 초기의 증발속도가 열풍에 의한 시료내부로의 열전달속도보다 빨랐기 때문이라 생각되었다. 그러나 진공건조의 경우는 건조시작 후 3시간 30분이 경과해서야 60°C에 도달하였으며 그 후 건조시간 내내  $60 \pm 1^\circ\text{C}$ 를 유지하였는데 이처럼 진공건조중 품온 상승이 느린 것은 열판을 경유하여 시료내부로의 열전달이 느렸기 때문으로 보였다. 이러한 결과를 볼 때 마이크로파 진공건조의 경우 열전달속도가 수분증발속도를 능가할 정도로 빨라 단시간에 원하는 온도까지 품온을 올릴 수 있고 일정온도의 유지도 쉽기 때문에 가장 유리한 건조방법이라 판단하였다.

### 건조과정중 시료의 수분함량 변화

발아유색미의 마이크로파 진공건조 1 및 2, 그리고 열풍건조중 수분함량의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 쉽게 알 수 있듯이 마이크로파 진공건조 1의 경우 건조 시작 1시간만에 수분함량 0.18~0.20 kg water/kg solid까지 감소한 후 건조시간 경과 3시간 후 수분함량 0.08 kg water/kg solid까지 감소하였다. 마이크로파 진공건조 2의 경우 건조중 시료의 수분확산도나 증발속도 증가를 위해 1시간 건조 후 시료를 마쇄하여 표면적을 증가시킨 후 다시 1시간 건조하였다. 이 경우 총건조시간 2시간만에 시료의 수분함량이 0.07 kg water/kg solid까지 감소하였다. 이에 비해 열

풍건조의 경우 건조개시후 4시간만에 수분함량 0.17~0.18 kg water/kg solid까지 감소하였다. 열풍건조한 시료의 수분함량을 마이크로파 진공건조 시료만큼 감소시키려면 최소한 2시간은 더 건조시켜야 할 것으로 추정되며 일반적으로 건조 후반부에 과열로 인해 품질변화가 더 심하므로 이렇게 건조시간을 연장할 경우 본 실험에서 얻은 열풍건조시료보다 품질이 더 나빠질 것으로 예상되었다.

### 건조과정중 시료의 건조속도 변화

건조중 유색미의 건조속도의 변화를 건조시간에 대해서는 Fig. 4에, 수분함량에 대해서는 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 열풍건조의 경우는 건조개시 1시간까지 수분이동속도와 열이동속도가 같은 항률건조를 보이다가 그 이후 감률건조가 시작되었다. 이에 비해 마이크로파 진공건조 1 및 2의 경우는 처음부터 건조속도가 계속 감소하는 감률건조를 보였는데 건조 전반부의 건조속도는 0.055 kg water/kg solid/min으로서 열풍건조의 경우인 0.0057 kg water/kg solid/min보다 약 10배 빠른 것으로 나타났다. 또한 Fig. 5에서 알 수 있듯이 열풍건조시 항률건조가 끝나고 감률건조가 시작되는 임계수분함량은 0.76 kg water/kg solid부근이었으며 열풍건조와 마이크로파 진공건조의 건조속도가 거의 같아지는 수분함량은 0.1 kg water/kg solid 이하인 것으로 나타났다.

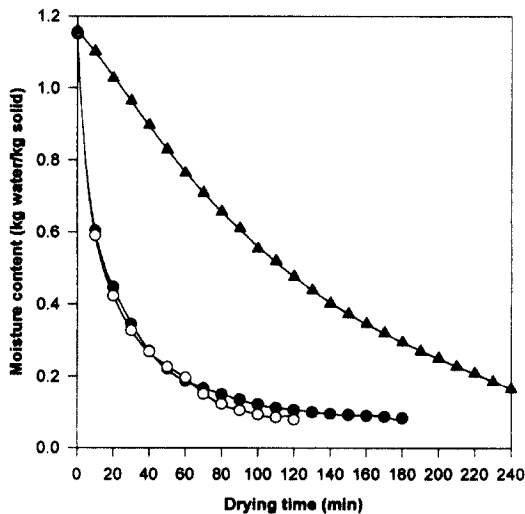


Fig. 3. Changes in moisture content (dry basis) of germinated colored rice during microwave vacuum drying 1, 2 and hot air drying. ●—●: Microwave vacuum drying 1 at 60°C, ○—○: Microwave vacuum drying 2 at 60°C, ▲—▲: Hot air drying at 60°C

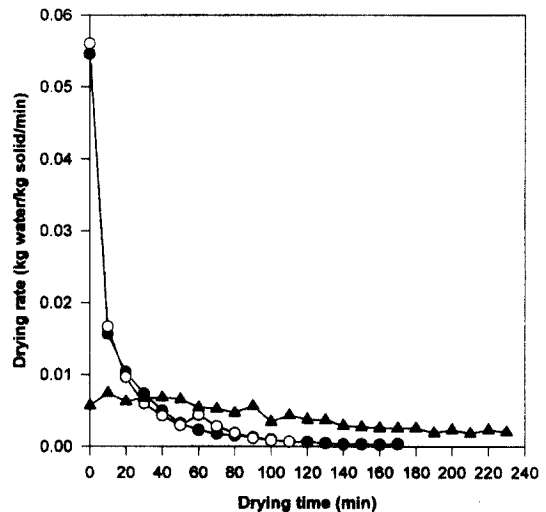


Fig. 4. Changes in drying rate of germinated colored rice during microwave vacuum drying 1, 2 and hot air drying. ●—●: Microwave vacuum drying 1 at 60°C, ○—○: Microwave vacuum drying 2 at 60°C, ▲—▲: Hot air drying at 60°C

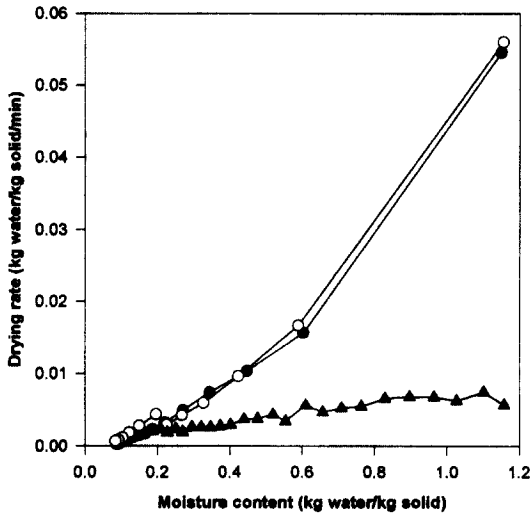


Fig. 5. Changes in drying rate of germinated colored rice with respect to its moisture content (dry basis) during microwave vacuum drying 1, 2 and hot air drying. ●—●: Microwave vacuum drying 1 at 60°C, ○—○: Microwave vacuum drying 2 at 60°C, ▲—▲: Hot air drying at 60°C

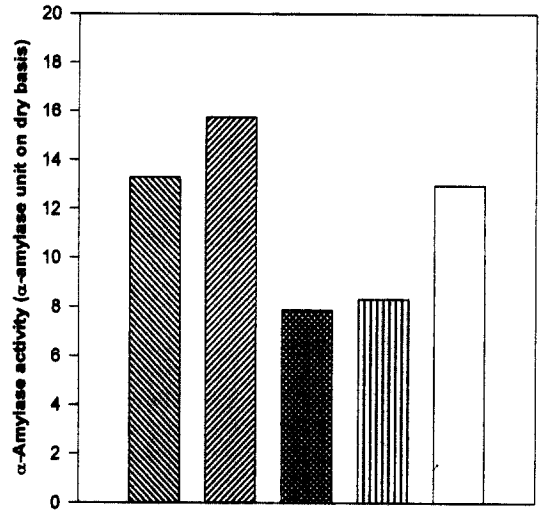


Fig. 6. Comparisons of α-amylase activity of germinated colored rice after drying by microwave vacuum drying 1 and 2, hot air drying, vacuum drying and freeze drying. ●—●: Microwave vacuum drying 1 at 60°C, ○—○: Microwave vacuum drying 2 at 60°C, ▲—▲: Hot air drying at 60°C.

건조시료의 α-amylase 함량 비교

각 건조시료의 α-amylase 역가를 Fig. 6에 비교하여 나타내었다. 마이크로파 진공건조 1보다 2의 건조시료에 α-amylase가 더 많이 잔존하는 것으로 나타났는데 이는 마이크로파 진공건조 1은 3시간 건조하였고 마이크로파 진공건조 2는 2시간 건조하였기 때문에 고온에의 노출시간이 그만큼 단축되었기 때문으로 생각되었다. 또 마이크로파 진공건조 1 및 2의 건조시료는 모두 동결건조한 시료보다 더 높은 α-amylase 역가를 보였는데 이러한 예상밖의 결과는 동결건조시 동결에 의한 손상과 장시간 건조에 따른 효소실활때문으로 추측하였다. 진공건조 시료는 동결건조 시료보다 효소 역가가 떨어졌고 열풍건조 시료는 진공건조 시료보다 효소역가가 더 낮았다. 이런 현상은 모두 온도와 시간의 함수로서 온도가 낮거나 건조시간이 짧아야 품질의 변화가 적을 것으로 보였다. 이 결과로부터 마이크로파 진공건조의 경우 효소식품의 건조에 가장 적합한 방법인 것을 입증할 수 있었다.

요 약

품질이 우수하고 경제성이 있는 건강지향성 식품 개발 연구의 일환으로 유색미를 발아시킨 후 마이크로파 진공건조를 적용하여 건조하고 그 건조특성과

품질특성을 열풍건조, 진공건조, 또는 동결건조의 경우와 비교해 보았다. 마이크로파 진공건조 1 및 2의 경우 열전달속도가 빨라 건조개시후 5분 이내에 60°C에 도달한 후 건조시간 내내 60±2°C를 유지하였으나 열풍건조의 경우는 건조개시 30분 경과 후, 진공건조의 경우는 3시간 30분 경과 후에야 60°C에 도달하였다. 마이크로파 진공건조 1의 경우 건조 3시간 후 수분함량 0.08 kg water/kg solid까지 감소하였으나, 마이크로파 진공건조 2의 경우 총건조시간 2시간만에 수분함량 0.07 kg water/kg solid까지 감소하였다. 열풍건조의 경우 건조시간 4시간만에 수분함량 0.17~0.18 kg water/kg solid까지 감소하였으나 최소한 2시간은 더 건조시켜야 할 것으로 예상되었다. 마이크로파 진공건조 1 및 2의 경우는 건조 초기 건조속도는 0.055 kg water/kg solid/min이었으며 처음부터 건조속도가 계속 감소하는 감률건조를 보였다. 열풍건조의 경우는 건조 초기 건조속도가 0.0057 kg water/kg solid/min으로서 마이크로파 진공건조 1 및 2의 경우의 1/10 수준이었으며 건조개시 60분까지 항률건조를 보이다가 임계수분함량 0.76 kg water/kg solid 부근부터 감률건조가 시작되었다. 건조시료의 α-amylase 함량은 마이크로파 진공건조 2, 마이크로파 진공건조 1, 동결건조, 진공건조 및 열풍건조의 순서를 보여 마이크로파 진공건조의 품질보존효과를 잘 보여 주었다.

## 감사의 글

본 연구는 1996년도 보건복지부 보건의료기술연구 개발사업에 의해 수행된 연구결과의 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

## 문헌

1. Park, M.Y.: *Health Supplemets Foods*. Life & Wisdom, Seoul (1995)
2. Ministry of Health and Welfare, Korea : *Food Manual*. Seoul (1995)
3. Korea Rice Technical Working Group: *Symposium Series No. 1*, pp.1-10 (1996)
4. Lee, Y.C.: Freeze drying of foods. *Food Science*, **14**(4), 34-40 (1981)
5. Mudgtte, R.E.: Microwave properties and heating characteristics of foods. *Food Technol.* **40**(6), 84-89 (1986)
6. IFT : Microwave food processing. *Food Technol.* **43**(1), 117 (1989)
7. Giese, J.: Advances in microwave food processing. *Food Technol.* **46**(9), 118-122 (1992)
8. Decareau, R.V.: *Microwaves in the Food Processing Industry*. Academic Press, New York, N.Y., USA (1985)
9. Shiffmann, R.F.: Microwave and dielectric drying. In *Handbook of Industrial Drying*, Mujumdar, A.S.(ed.), Marcel Dekker, Inc., pp.327-356, New York, N.Y., USA (1987)
10. Copson, D.A.: *Microwave Heating in Freeze Drying, Electronic Ovens, and Other Applications*. AVI Publishing Co., Inc., West Port, Connecticut, USA (1962)
11. Meisel, N.: Microwave vacuum drying by Gigavec-process for continuous manufacture of instantly soluble fruit powders. *Microwave Energy Appl. Newsletter* **12**(6), 3-9 (1979)
12. Velupillai, L., Verma, L.P. and Wadsworth, J.I.: Quality aspects of microwave vacuum dried parboiled rice. *Trans. ASAE* **32**(5), 1759-1762(1989)
13. Mullin J.: Microwave processing. In *New Method of Food Preservation*, Gould, G.W.(ed.), Blackie Academic and Professional, London, UK (1995)
14. Kim, S.S. and Lee, W.J.: Characteristics of germinated rice as a potential raw material for sikhe production. *J. Food Sci. Technol.*, **29**, 101-106 (1997)
15. American Association of Cereal Chemists, Inc.: *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist*. 8th ed., St. Paul, Minnesota, USA (1983)
16. AOAC International: *Official Methods of Analysis of AOAC Intenational*. 16th ed., Aelington, Virginia, USA (1995)

---

(1998년 3월 18일 접수)