

효소식품으로서 현미코오지의 마이크로파 진공건조

김석신 · 노회진* · 김상용*

가톨릭대학교 식품영양학과, *동양제과 기술연구소

Microwave Vacuum Drying of Brown Rice Koji as an Enzymic Health Food

Suk Shin Kim, Hoe Jin Roh and Sang Yong Kim*

Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea

*R&D Center, Tong Yang Confectionery Corp.

Abstract

This work was to study drying characteristics of the brown rice koji, an enzymic health food, using microwave under vacuum. Cooked brown rice was inoculated with *Aspergillus oryzae* and incubated at 32°C for 6 days. The brown rice koji was dried by different drying methods: microwave vacuum drying, hot air drying, vacuum drying and freeze drying. Each drier except freeze drier was set to maintain the sample temperature at 40°C. During microwave vacuum drying, the sample reached 40°C much faster (within 5~10 min) and was dried much faster (2 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 produced a dry sample of the highly retained enzymic activity, followed by freeze drying, vacuum drying, and hot air drying.

Key words: brown rice, koji, microwave vacuum drying, health food

서 론

최근 건강기능성 식품에 대한 관심과 요구가 증가함에 따라 세계각국에서는 품질이 우수한 건강보조식품 개발을 위해 앞다투어 연구를 진행하고 있다. 국내의 건강보조식품도 나날이 판매량이 늘고 있으며 그 종류도 점차 다양해지고 있다⁽¹⁾.

건강보조식품중 효소식품^(1,2)은 곡물에 *Aspergillus*속의 곰팡이를 번식시킨 후 건조·과립화한 것을 주재료로 하는 식품으로서 각종 효소류 특히 amylase 및 protease 함량이 높은 영양성분 보충식품이다. 여러가지 곡물중 현미는 코오지 제조에도 적합할 뿐만 아니라 여러 가지 영양물질도 많이 함유하고 있어 효소식품 원료로서 충분한 가치가 있다.

건강보조식품중 과립형은 건조공정을 거치는데 이때 일반적으로 동결건조나 열풍건조 또는 유동층 건조가 활용되고 있다. 동결건조는 다공질화 및 재수화

용이, 향미 및 영양소 보존 극대화 등의 장점으로 인해 널리 활용되고 있다⁽³⁾. 그러나 건조시간이 길고 에너지 소모나 소요경비, 동결손상 등의 문제때문에 사용에 제한이 따를 수 밖에 없다. 또한 열풍건조나 유동층 건조는 경비는 저렴하지만 건조 후반부의 과열현상에 의해 피건품의 품질이 떨어지는 불리한 점이 있다.

식품 건조시 마이크로파를 이용하면 식품중의 물분자 따위의 쌍극자 물질(dipole)이 마이크로파의 전기장 교류에 따라 회전운동을 하거나 이온성 물질이 직진운동을 하므로써 마이크로파 에너지가 순간적으로 열에너지로 변화되기 때문에 건조시간이 짧고 품질보존 효과가 큰 잇점이 있다^(4,5).

마이크로파 열풍건조⁽⁶⁾는 저렴한 공정이지만 건조제품의 품질이 열등하고, 마이크로파 동결건조^(7,8)는 동결부위의 직접 가열로 동결건조시간이 단축되지만 여전히 비싼 방법인데다가 고도의 진공하에서 마이크로파의 방전에 의해 식품이 그슬릴 수 있는 단점이 있어 실제 사용에 문제가 있다.

이에 비해 마이크로파 진공건조는 품질과 가격면에

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

서 유리한 것으로 알려져 있다. 마이크로파 진공건조한 찹쌀분말은 동결건조 제품보다 품질이 우수한 것으로 보고 되었고⁽⁷⁾, 동결건조보다 3~4배 정도 경제성이 높은 공정으로 알려졌다^(7,10). 마이크로파 진공건조는 오렌지쥬스 분말의 제조⁽⁷⁾, 버섯이나 아스파라거스의 건조, parboiled rice의 건조⁽¹¹⁾, 의약품의 과립화⁽¹²⁾ 등에 활용된 바 있다. 그러나 현미코오지를 주재료로 한 건강보조 효소식품 건조시 마이크로파 진공건조를 적용한 연구는 아직 시도된 바 없다.

이에따라 본 연구에서는 현미코오지를 제조한 후 이를 마이크로파 진공건조방법으로 건조한 후 그 건조특성과 품질특성을 열풍건조, 진공건조 또는 동결건조의 경우와 비교해 보았다.

재료 및 방법

재료

1996년산 일품벼를 농촌진흥청에서 분양받아 현미기로 왕겨를 제거한 후 현미코오지 제조에 사용하였다.

현미코오지 제조

15°C의 증류수에 3시간 불린 현미를 autoclave (Kookje Science)를 사용하여 121°C에서 20분간 찌고 방냉한 후 *Aspergillus oryzae* 종균을 접종하여 잘 섞은 후 32°C에서 6일간 배양하였다.

수분함량 측정

수분함량은 AACC method 44-15A⁽¹³⁾를 수정한 방법으로 측정하였다. 즉, 배양이 끝난 현미코오지를 105°C에서 3시간 건조하여 최종 수분함량을 구하였고, 여러 가지 건조방법으로 제조된 건조 시료는 105°C에서 3시간 재건조하여 수분함량을 측정하였다.

마이크로파 진공건조

본 연구팀에서 직접 제작한 마이크로파 진공건조기 (Microwave vacuum dryer, model MVD-1, 2450 MHz, 700 W, The Catholic Univ. of Korea)를 사용하여 현미코오지를 건조하였다(Fig. 1). 마이크로파 진공건조시 teflon dish 위에 25 g의 현미코오지를 5 mm의 두께로 가하고 on-off controller에 연결하여 품온을 40°C로 유지하며 10 mmHg의 압력조건에서 2시간동안 건조하였으며 건조중 10분마다 시료의 중량과 온도를 측정·기록하였다. 건조한 시료는 알미늄적층 방습포장재 (polyester 12 μ m/aluminum foil 9 μ m/nylon 15 μ m/

Fig. 1. Schematic diagram of microwave vacuum drier.

polypropylene 60 μ m)에 기밀포장하여 보관하며 실험에 사용하였다.

열풍건조, 진공건조 및 동결건조

열풍건조나 진공건조시 두께 5 mm, 중량 25 g의 현미코오지 시료내에 thermocouple probe를 꽂고 이를 on-off controller에 연결하여 품온을 40°C로 유지하며 2시간동안 건조하였다. 열풍건조시 강제순환식 열풍건조기(Yamato Constant Temperature Oven, model DN-61, Japan)를 사용하였고, 진공건조는 진공건조기(Fisher Isotemp Vacuum Oven, model 281, USA)내에서 행하였다. 동결건조시 시료를 -20°C의 냉동고에서 24시간 동결시킨 후 동결건조기(Labconco Freeze Drier 5, Labconco Corp., Kansas City, MO, USA)를 사용하여 압력 100 μ mHg, 응축기 온도 -50°C에서 10시간 이상 건조하였다. 열풍건조중 10분마다 시료의 중량과 온도를 측정·기록하였고 진공건조의 경우는 진공해제 작업의 시간소요로 인해 중량측정은 하지 않고 온도만 측정·기록하였으며 동결건조는 중량이나 온도 측정을 하지 않았다. 건조한 시료는 알미늄적층 방습포장재 (polyester 12 μ m/aluminum foil 9 μ m/nylon 15 μ m/polypropylene 60 μ m)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 활성 측정

각 방법으로 건조시킨 현미코오지의 α -amylase 활성은 AOAC Official Method 955.22⁽¹⁴⁾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 묶은 요오드 용액 5 mL씩 들어 있는 비색관에 가해 α -amylase color disk와 색을 비교하여 호화소요시간을 구한 후 다음 식에 의해 α -amylase 활성을 계산하였다.

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

Diastatic activity 측정

Diastatic activity 측정은 α -amylase와 β -amylase의 공동작용으로 생성되는 환원당의 양으로부터 효소의 당화력을 판단하기 위한 것으로서 AACC method 22-16⁽¹³⁾을 적용하여 구하였다. 분쇄한 시료 25 g에 500 mL의 증류수를 가해 20°C에서 2.5시간 추출한 후 여과하고 여액 2 mL를 100 mL 전분액에 가한 다음 30분 경과후 0.5 N NaOH 용액 10 mL를 가하고 그중 5 mL를 취하여 0.05 N ferricyanide 용액 10 mL와 섞은 다음 100°C 수조에서 20분 가열하고 초산용액 25 mL와 수용성전분-KI용액 1 mL를 섞은 후 0.05 N thiosulfate 용액으로 청색이 사라질 때까지 적정하였다. 별도로 현미코오지 추출액을 가하지 않은 전분액을 사용하여 공시험을 행하여 다음과 같이 diastatic activity를 계산하여 °L로 나타내었다.

$$\text{Diastatic activity (°L)} = (\text{공시험 적정 mL수} - \text{시료 적정 mL수}) \times 18$$

Protease activity 측정

시료의 protease 활성은 AACC method 22-62⁽¹³⁾를 약간 변형하여 측정하였다. 분쇄한 시료 20 g에 acetate buffer (pH 4.7) 100 mL를 가해 40°C에서 1시간 추출한 후 여과하고 여액 2 mL와 hemoglobin 용액 10 mL를 섞어 40°C에서 30분 가열한 후 TCA용액 10 mL를 가하고 1시간을 방치한 후 여과하였다. 별도로 hemoglobin 용액 10 mL에 TCA용액 10 mL를 먼저 가한 후 효소추출액 2 mL를 넣은 enzyme blank를 만들었으며 효소추출액 2 mL 대신 0.1 M acetate buffer 2 mL를 가한 substrate blank도 제조하였다. 파장 275

nm에서 substrate blank의 흡광도를 '0'으로 맞춘 후 시료의 흡광도 값에서 enzyme blank의 흡광도를 뺀 후 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{Protease 활성 (HUT/g)} = (\text{시료 흡광도} - \text{enzyme blank 흡광도}) \times 218$$

결과 및 고찰

건조과정중 시료의 온도 변화

현미코오지의 마이크로파 진공건조, 열풍건조 및 진공건조 중 품온의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 마이크로파 진공건조의 경우 건조 시작 5~10분에 40°C에 도달한 후 건조시간 내내 40±2°C를 유지하였다. 열풍건조의 경우는 건조시작 10분 경과후 40°C에 도달하였으며 그 후 건조시간 내내 40±1°C를 유지하였다. 그러나 진공건조의 경우는 건조시작후 40분이 경과해서야 40°C에 도달하였으며 그 후 건조시간 내내 40±1°C를 유지하였는데 이처럼 진공건조중 품온 상승이 느린 것은 열판을 경유하여 시료내부로 열이 전달되는 속도가 느리기 때문으로 보였다. 이러한 결과를 볼 때 마이크로파 진공건조의 경우 시료 내부에서의 열 발생속도가 수분증발속도를 능가할 정도로 빨라 단시간에 원하는 온도까지 품온을 올릴 수 있고 일정온도의 유지도 어렵지 않기 때문에 유리한 건조방법이라

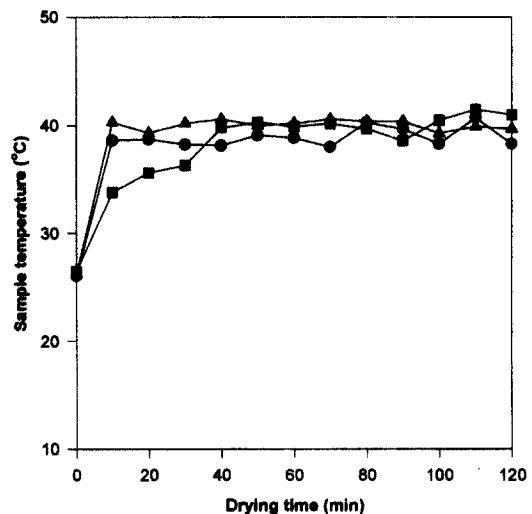


Fig. 2. Changes in temperature of brown rice koji during microwave vacuum drying, hot air drying and vacuum drying. ●—●: Microwave vacuum drying at 40°C, ▲—▲: Hot air drying at 40°C, ■—■: Vacuum drying at 40°C

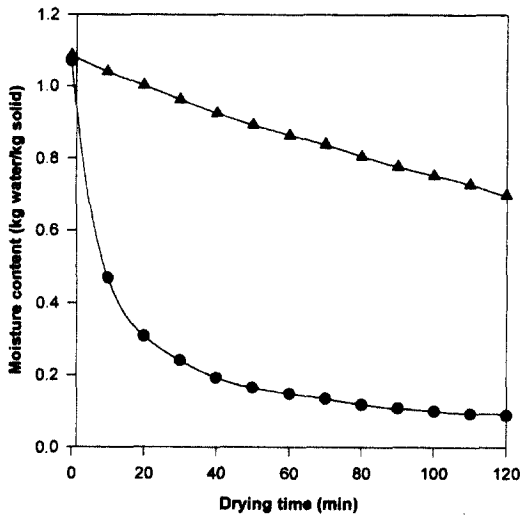


Fig. 3. Changes in moisture content (dry basis) of brown rice koji during microwave vacuum drying and hot air drying. ●—●: Microwave vacuum drying at 40°C, ▲—▲: Hot air drying at 40°C

고 판단되었다.

건조과정중 시료의 수분함량 변화

현미코오지의 마이크로파 진공건조 그리고 열풍건조 중 수분함량의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 쉽게 알 수 있듯이 마이크로파 진공건조의 경우 건조 시작 1시간만에 수분함량 0.15 kg water/kg solid 까지 감소한 후 총건조시간 2시간 경과후 수분함량 0.08 kg water/kg solid까지 감소하였다. 열풍건조의 경우 건조개시 2시간이 경과되어도 수분함량 0.70 kg water/kg solid 수준을 나타내어 40°C처럼 낮은 온도에서의 건조는 기존의 열풍건조로는 거의 불가능하다고 판단되었다. 또한 열풍건조 시료의 수분함량을 마이크로파 진공건조 시료만큼 감소시키려면 최소한 4~6시간은 더 건조시켜야 할 것으로 추정되었다. 일반적으로 건조 후반부에 과열로 인해 품질변화가 더 심하므로 이렇게 건조시간을 연장할 경우 본 실험에서 얻은 열풍건조시료보다 품질이 훨씬 더 나빠질 것으로 예상되었다.

건조과정중 시료의 건조속도 변화

건조중 현미코오지의 건조속도의 변화를 건조시간에 대해서는 Fig. 4에, 수분함량에 대해서는 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 4에서 알 수 있듯이 열풍건조의 경우는 건조개시 40분까지 수분 이동속도와 열 이동속도가 같은 항률건조를 보이다가 그 이후 감률건조가 시작

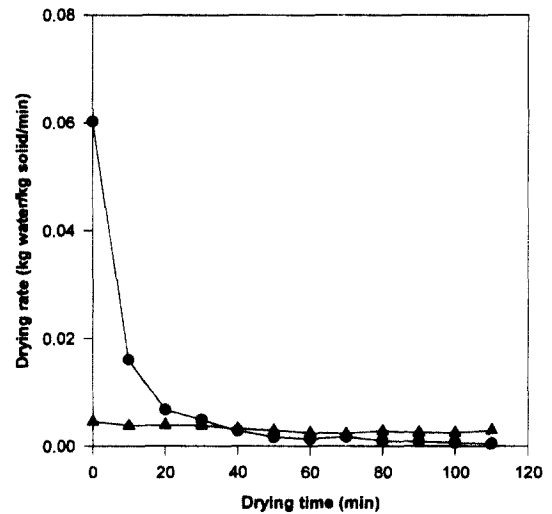


Fig. 4. Changes in drying rate of brown rice koji during microwave vacuum drying and hot air drying. ●—●: Microwave vacuum drying at 40°C, ▲—▲: Hot air drying at 40°C

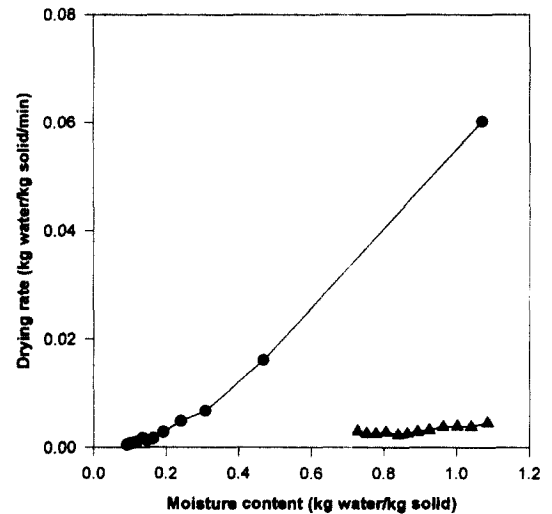


Fig. 5. Changes in drying rate of brown rice koji with respect to its moisture content (dry basis) during microwave vacuum drying and hot air drying. ●—●: Microwave vacuum drying at 40°C, ▲—▲: Hot air drying

되었다. 이에 비해 마이크로파 진공건조의 경우는 처음부터 건조속도가 계속 감소하는 감률건조를 보였는데 건조 전반부의 건조속도는 0.06 kg water/kg solid/min으로서 열풍건조의 경우인 0.0045 kg water/kg solid/min보다 약 10배 이상 빠른 것으로 나타났다. 또한 Fig. 5에서 알 수 있듯이 열풍건조의 임계수분함량은 0.89 kg water/kg solid부근이었다.

Fig. 6. Comparisons of α -amylase activity of brown rice koji after drying by microwave vacuum drying, hot air drying, vacuum drying and freeze drying. ■: Microwave vacuum drying at 40°C, ■: Hot air drying at 40°C, ▨: Vacuum drying at 40°C, □: Freeze drying

건조시료의 α -amylase 활력 비교

각 건조시료의 α -amylase 역가를 Fig. 6에 비교하여 나타내었다. 마이크로파 진공건조한 건조시료는 동결건조한 시료보다 더 높은 α -amylase 역가를 보였는데 동결건조 시료가 역가가 더 낮은 이유는 동결건조시 동결에 의한 손상과 장시간 건조에 따른 효소실활때문으로 추측되었다. 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 결과를 종합해 볼 때 마이크로파 진공건조의 경우 현미코오지 효소식품의 건조에 적합하다는 것을 확인할 수 있었다.

건조시료의 diastatic activity 비교

각 건조시료의 diastatic activity를 Fig. 7에 도시하였다. 건조방법에 따른 diastatic activity의 변화는 앞의 α -amylase의 경우와 유사한 경향을 보여주었다. 마이크로파 진공건조한 시료는 동결건조한 시료보다 diastatic activity가 더 높았는데 주된 이유는 동결건조시 동결에 의한 손상과 장시간 건조때문이라 추정되었다. 진공건조 시료는 동결건조 시료보다 diastatic activity가 낮았고 열풍건조 시료 역시 진공건조 시료보다 diastatic activity가 낮았다. 이런 경향은 현미코오지 효소식품의 건조에 마이크로파 진공건조가 유용하게 쓰일 수 있다는 것을 간접적으로 보여주는 것이라 할 수 있다.

Fig. 7. Comparisons of diastatic activity of brown rice koji after drying by microwave vacuum drying, hot air drying, vacuum drying and freeze drying. ■: Microwave vacuum drying at 40°C, ■: Hot air drying at 40°C, ▨: Vacuum drying at 40°C, □: Freeze drying

Fig. 8. Comparisons of protease activity of brown rice koji after drying by microwave vacuum drying, hot air drying, vacuum drying and freeze drying. ■: Microwave vacuum drying at 40°C, ■: Hot air drying at 40°C, ▨: Vacuum drying at 40°C, □: Freeze drying

건조시료의 protease 역가 비교

각 건조시료의 protease 역가 정도를 Fig. 8에서 비교하였다. 건조방법에 따른 protease 역가의 변화는 동결건조 시료와 마이크로파 진공건조 시료의 역가가 거의 비슷한 점만 빼면 앞의 α -amylase 및 diastatic activity의 경우와 유사하였다. 따라서 마이크로파 진공건조를 사용하여 현미코오지 효소식품을 건조하면 최소한 동결건조제품과 같은 수준의 품질을 지닌 제품을 제조할 수 있다는 것을 알았다.

요 약

효소식품인 현미코오지를 제조한 후 마이크로파 진공건조를 적용하여 건조하고 그 건조특성과 효소활성을 열풍건조, 진공건조, 또는 동결건조의 경우와 비교해 보았다. 마이크로파 진공건조의 경우 열전달속도가 빨라 건조 시작후 5~10분만에 40°C에 도달한 후 건조시간 내내 40±2°C를 유지하였다. 열풍건조의 경우는 건조시작 10분 경과 후, 진공건조의 경우는 40분 경과 후 40°C에 도달하였다. 마이크로파 진공건조의 경우 건조 2시간 후 수분함량 0.08 kg water/kg solid까지 감소하였으나, 열풍건조의 경우 건조 시작후 2시간이 경과했는데도 겨우 수분함량 0.70 kg water/kg solid까지만 감소하였다. 마이크로파 진공건조의 경우는 초기 건조속도는 0.06 kg water/kg solid/min이었으며 처음부터 건조속도가 계속 감소하는 감률건조를 보였다. 열풍건조의 경우는 건조 초기 건조속도가 0.0045 kg water/kg solid/min으로서 마이크로파 진공건조의 1/10 이하였으며 건조개시 40분까지 항률건조를 보이다가 임계수분함량 0.89 kg water/kg solid 부근부터 감률건조가 시작되었다. 건조시료의 α -amylase 활성, diastatic activity 및 protease 활성은 마이크로파 진공건조, 동결건조, 진공건조 및 열풍건조의 순서를 보여 마이크로파 진공건조의 품질보존효과를 알 수 있었다.

감사의 글

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

문 헌

1. Park, M.Y.: *Health Supplemets Foods*. Life & Wisdom, Seoul (1995)
2. Ministry of Health and Welfare, Korea : *Food Manual*. Seoul (1995)
3. Lee, Y.C.: Freeze drying of foods. *Food Science*, **14**(4), 34-40 (1981)
4. Mudgtte, R.E.: Microwave properties and heating characteristics of foods. *Food Technol.* **40**(6), 84-89 (1986)
5. IFT : Microwave food processsing. *Food Technol.* **43**(1), 117 (1989)
6. Giese, J.: Advances in microwave food processing. *Food Technol.* **46**(9), 118-122 (1992)
7. Decareau, R.V.: *Microwaves in the Food Processing Industry*. Academic Press, New York, N.Y., USA (1985)
8. 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)
9. Copson, D.A.: *Microwave Heating in Freeze Drying, Electronic Ovens, and Other Applications*. AVI Publishing Co., Inc., West Port, Connecticut, USA (1962)
10. 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)
11. Velupillai, L., Verma, L.P. and Wadsworth, J.I.: Quality ascepts of microwave vacuum dried parboiled rice. *Trans. ASAE* **32**(5), 1759-1762 (1989)
12. Mullin J.: Microwave processing. In *New Method of Food Preservation*, Gould, G.W.(ed.), Blackie Academic and Prefessional, London, UK (1995)
13. American Association of Cereal Chemists, Inc.: *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist*. 8th ed., St. Paul, Minnesota, USA (1983)
14. AOAC International: *Official Methods of Analysis of AOAC Intenational*. 16th ed., Aelington, Virginia, USA (1995)

(1998년 3월 18일 접수)