

수삼의 마이크로파 진공 건조 후 사포닌 조성 및 미세구조의 변화

금준석 · 박광장 · 이창호 · 김용환*

한국식품개발연구원, *경기대학교 식품생물공학과

Changes in Saponin Composition and Microstructure of Ginseng by Microwave Vacuum Drying

Jun-Seok Kum, Kwang-Jang Park, Chang-Ho Lee and Yong-Hwan Kim*

Korea Food Research Institute

*Department of Food Science and Biotechnology, Kyonggi University

Abstract

Changes in saponin composition and microstructure of ginseng by microwave vacuum drying were determined. Korean fresh ginsengs were subjected to four different processing : 3 min microwave vacuum drying and 2 min holding-24 hrs drying (MWVD1), 5 min microwave vacuum drying and 2.5 min holding-24 hrs drying (MWVD2), 3 min microwave vacuum drying and 2 min holding-12 hrs drying after hot air drying for 12 hrs drying at 45°C (HMWVD1), 5 min microwave vacuum drying and 2.5 min holding-12 hrs drying after hot air drying for 12 hrs at 45°C (HMWVD2). The water content was decreased until 16.82% without shrinkage and water activity was 0.54 after microwave vacuum drying. The lipid content was decreased after microwave vacuum drying (MVD). Glucose was increased after MVD while sucrose decreased. Ginsenoside-Rb1 and ginsenoside-Rc were decreased after MVD. Ginsenoside-Rg1 for MWVD2 and HMWVD2 was higher than that of MWVD1 AND HMWVD1. MWVD1 AND HMWVD1 dried ginsengs showed a more compact structure than the HMWVD2 and HMWVD2 ginsengs.

Key words: microwave vacuum, ginseng, saponin, microstructure

서 론

인삼의 약리 효과가 세계적으로 널리 알려지면서 인삼에 대한 수요가 증가하고 있으며 점차적으로 외국인에게도 건강식품으로 알려지면서 이에 대한 관심도 증가하는 추세에 있다. 인삼은 가공 방법에 따라서 여러 가지의 제품형태로 소비되고 있으며 인삼을 가공한 제품으로는 인삼차, 인삼 예그스, 벌꿀 인삼 절임, 인삼드링크, 홍삼, 백삼 등이 있다.

인삼은 가공 방법에 따라서 크게 세가지로 분류되는데 밭에서 수확한 후 가공하기 전의 상태를 수삼, 수삼을 찌지 아니하고 껍질을 제거하여 건조한 삼을 백삼, 수삼을 찌서 건조하여 제조한 것을 홍삼이라 한다⁽¹⁾. 수삼은 8월에서 10월 사이에 수확되어 단기간에 소비해야하는 문제점을 가지고 있고 또한 수삼은 신

선한 채소류처럼 저장 중에 호흡을 하여 내부에 저장된 영양분을 소모하면서 되어 이화학적인 변화가 발생하므로 수삼을 가공하는 새로운 방법의 개발이 시급하다. 따라서 수삼의 저장 기간을 연장시키기 위한 방법으로 CA저장과 MA 저장에 대한 연구가 전 등⁽²⁾에 의해서 보고되었으며, 수삼을 냉동보관 하였다가 가공용으로 사용하는 방법도 연구되었지만 해동과정에서 수삼의 연화로 가공용으로는 부적합한 것으로 보고되었다⁽³⁾. 장기 보관하기 위해서 건조하여 저장하는 방법 중 마이크로파 건조 방법이 개발되어 과일⁽⁴⁾이나 채소^(5,6)에 관한 연구가 수행되고 있지만 국내에서는 매우 미진한 실정이다. 또한 마이크로파 진공 건조 방법을 이용하는 방법^(7,8)이 개발되었는데 마이크로파 진공 건조는 기존의 마이크로파 건조 방법의 장점인 건조시간 감소, 작은 공간, 높은 수율 이외에도 건조 후 품질 특성이 높아지는 것으로 나타났다. 오렌지 주스 농축액 63° Brix를 마이크로파 진공 건조를 이용하여 40분 안에 수분함량 2%의 건조물을 생산한 보고⁽⁹⁾

Corresponding author: Jun-Seok Kum, Korea Food Research Institute, San 46-1 Baekhyun-dong, Bundang-gu, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

가 있으며 마이크로파 진공 건조가 분무건조나 동결 건조에 비하여 비타민 C의 파괴가 매우 적으며 휘발성 향기의 유실도 매우 적은 것으로 보고되었다⁹⁾. 즉 동결건조의 건조 시간의 증가나, 분무건조의 높은 온도는 건조 후 품질에 나쁜 영향을 미치는 것에 비하여 마이크로파 진공 건조는 건조 후 품질의 변화가 매우 적은 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 건조 시간의 단축 및 품질을 향상시킬 수 있는 마이크로파 진공 건조 방법을 이용하여 수삼을 건조시킨 후 내부의 조직감 및 사포닌의 조성 등 품질 특성을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 시료는 국내에서 재배된 일정한 크기의 5년근 수삼을 구입한 후 치미, 세삼 과정을 거친 후 사용하였다.

건조방법

수삼의 건조 방법은 자체 제작한 마이크로파 진공 건조기(Fig. 1)를 이용하여 출력 100 Watt, 주파수 2450 MHz, 진공도 500 mmHg에서 건조방법은 3분 건조-2분 정지(3분 power on, 2분 power off)를 반복하여 24시간 마이크로파 진공 건조하는 방법(MWVD1),

5분 건조-2.5분 24시간동안 마이크로파 진공 건조하는 방법(MWVD2), 열풍을 병행한 방법으로 열풍 건조기를 이용하여 45°C에서 12시간 예비 건조하여 수분 함량을 약 50% 정도로 건조 한 후 마이크로파 진공 건조기를 이용하여 위와 같은 작동 방법으로 각각 12시간 건조하는 방법(HMWVD1, HMWVD2)으로 건조하였다.

수분함량 및 식이섬유

수분함량은 105°C 상압가열건조법¹⁰⁾, 식이섬유는 효소적 방법(enzymatic method)¹¹⁾을 사용하여 가용성 식이섬유(soluble dietary fiber, SDF)와 불용성 식이섬유(insoluble dietary fiber, IDF)로 나누어서 함량을 측정하였다.

수분활성도 및 밀도

수분활성도는 시료를 사면이 2 mm의 두께로 절단한 후에 수분활성도 측정장치인 Thermoconstanter (Novasina, Swiss)를 이용하여 절단한 시료를 측정 용기 부피의 80% 수준으로 채운 다음 수분활성도가 일정하게 변화가 없는 상태를 수분활성도의 값으로 측정하였으며 밀도는 시료를 좁쌀이 담긴 메스실린더에 넣어 부피를 측정하여 밀도를 계산하였다.

총 사포닌(total saponin)

총 사포닌 함량의 측정은 각 시료를 80% 메탄올을 사용하여 시료량 30배의 용매를 가한 후 1시간 동안 환류 추출을 3회 반복하여 추출액을 만든 후 여과한 다음 여과액을 감압건조 및 동결건조한 후 바닐린-황산 비색법¹²⁾으로 정량하였다. 표준 검량선은 ginsenoside-Re를 이용하여 작성하였다.

사포닌 조성

사포닌의 조성은 80% 메탄올의 추출물을 총 사포닌 정량 방법과 같이 전처리한 후 membrane filter (0.2 μ m pore size)로 여과하여 HPLC (Jasco 980, Jasco Co., Japan)로 ginsenoside-Rb₁, Rc, Rd, Re, Rg₁을 분석하였다¹³⁾. 사용한 column은 Lichrosorb-NH₂ 4.6 mm I. D. \times 25 cm, 용매는 acetonitrile : water : n-butanol=80 : 20 : 10 (V/V), 용매의 이동속도는 1.0 mL/min, 검출기는 UV검출기(Jasco UV975, Jasco Co., Japan)를 사용하였다.

유리당 함량

유리당의 함량 측정은 최 등¹⁴⁾의 방법에 따라서

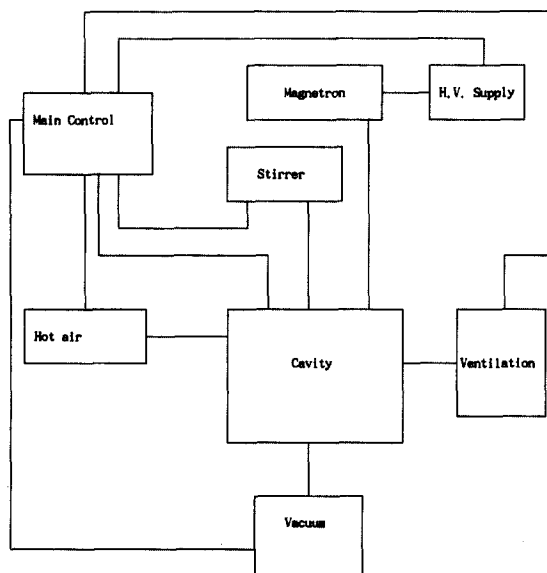


Fig. 1. Schematic diagram of the apparatus for microwave vacuum drier.

80% 메탄올 추출물로 전처리하여 HPLC (Waters 510, Waters Co., U.S.A.)를 이용하여 유리당 함량을 분석하였다. 컬럼은 carbohydrate analysis column을 사용하였고 용매는 acetonitrile : water=80 : 20, 용매의 이동속도는 1.0 mL/min, 검출기는 RI검출기(Waters 410, Waters Co., USA)를 사용하였다.

미세구조

건조된 수삼을 일정한 크기로 절단한 후 gold-polladium으로 코팅하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, S2380N, Hitachi, Japan)으로 미세구조를 관찰하였다.

결과 및 고찰

수분함량, 식이섬유 및 총 사포닌 함량

마이크로파 진공 건조 처리 조건에 따라서 건조한 수삼의 최종 수분함량은 Table 1과 같다. 수분함량은 각 건조조건에 따라 수삼의 초기수분함량인 74.92%에서 18.55~16.82%까지 건조되었으며 각 처리구에 따른 수분함량은 열풍처리하여 마이크로파 진공 처리한 HMWVD1과 HMWVD2가 마이크로파 진공 처리한 MWVD1과 MWVD2보다 낮은 수분함량을 나타내었다. 수분활성도는 식품의 저장에 중요한 요소이며 수분활성도값이 0.8에서 1.0의 경우 모든 미생물이 성장할 수 있으며 내건성 곰팡이의 경우도 0.65이상에서 성장한다고 알려져 있다⁽¹⁵⁾. 수삼을(수분활성도 0.92) 마이크로파 진공 건조하였을 때 수분량은 유통되고

있는 건조된 수삼보다는 각 처리구 모두 다소 높은 수분함량을 나타내고 있지만 수분활성도 측정 결과 0.54에서 0.57의 결과를 나타내어 일반적으로 건조된 수삼의 수분활성도가 0.62(수분함량 13%)보다는 낮은 값을 나타내고 있다. 이는 수분함량이 다소 높다고 하더라도 저장 기간동안 내건성 곰팡이에 의한 부패를 일으킬 수 있는 수분활성도값인 0.65보다 낮고 안정성이 보장되는 범위를 나타내어 건조 후 저장에는 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단되는 결과이다.

단백질함량은 마이크로파 진공 건조 후 14~15.04%로 건조하기전의 수삼의 단백질 함량 15.24%와 비교하여 큰 차이를 나타내지 않았다. 지방의 경우 수삼이 1.83%를 나타내었으나 건조 후에는 0.62~0.65%를 나타내어 감소하는 경향을 보였으며 각 처리구간에 따른 차이는 나타나지 않았다. 회분함량 역시 건조 후에는 4.03~4.16%로 건조 방법간의 차이는 보이지 않았다. 밀도를 측정된 결과 MWVD1과 HMWVD1이 MWVD2와 HMWVD2보다 높은 값을 나타내어 밀도는 건조 방법보다 작동시간에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다.

식이섬유 함량에 있어서는 불용성 식이섬유가 가용성 식이섬유보다 각 처리구 공히 많이 내포하고 있었으며 가용성 식이섬유는 MWVD1 처리구가 가장 높은 값을 나타내었으며 불용성 식이섬유는 HMWVD1 처리구가 가장 높은 값을 나타내었다. 가용성 식이섬유는 MWVD1과 HMWVD2에서 약간 증가하였을 뿐 큰 변화를 나타내지 않아 마이크로파 진공 건조하는 동안 낮은 온도에서 건조되었음을 보여주었다.

Table 1. Approximate compositions of dried ginsengs on various microwave vacuum treatments

	Control	MWVD1	MWVD2	HMWVD1	HMWVD2
Moisture content (%)	74.92	18.55 ^a	18.44 ^a	17.10 ^b	16.82 ^b
Protein (%)	15.24	15.03 ^a	14.00 ^c	14.56 ^b	15.04 ^a
Lipid (%)	1.83	0.65 ^a	0.64 ^{ab}	0.62 ^b	0.63 ^b
Ash (%)	5.53	4.03 ^a	4.16 ^a	4.12 ^a	4.09 ^a
Water activity	0.92	0.57 ^a	0.54 ^a	0.57 ^a	0.54 ^a
Density	0.74	0.63 ^a	0.50 ^b	0.60 ^a	0.58 ^a
Total saponin (mg/g)	23.02	23.03 ^a	18.57 ^c	16.13 ^d	20.81 ^b
IDF (%)	15.11	17.09 ^b	17.28 ^b	20.20 ^a	17.48 ^b
SDF (%)	2.98	5.82 ^a	4.67 ^b	4.65 ^b	5.41 ^a

MWVD1: 3 min microwave vacuum drying/2 min holding - 24 hr operation.

MWVD2: 5 min microwave vacuum drying/2.5 min holding - 24 hr operation.

HMWVD1: 3 min microwave vacuum drying/2 min holding - 12 hr operation after hot air drying for 12 hr.

HMWVD2: 5 min microwave vacuum drying/2.5 min holding - 12 hr operation after hot air drying for 12 hr.

Control: Fresh ginseng.

IDF: Insoluble dietary fiber.

SDF: Soluble dietary fiber.

abcd: Means in a line by the same letter are not significantly different (P<0.05).

Drouzas 등⁽⁶⁾도 마이크로파 진공 건조 방법을 이용하여 바나나를 건조하였을 때 낮은 온도의 영향으로 품질 변화 없이 건조되었다고 보고하였다.

총사포닌의 함량은 각 처리구간에 큰 차이를 나타내지 않았으며 대조구와도 큰 차이를 나타내지 않아 마이크로파 진공 처리 후 총사포닌의 함량에는 큰 변화를 나타내지 않았다. 총 사포닌의 함량은 원료 수삼을 마이크로파 진공 처리하였을 경우 건조 과정에서 유실되는 사포닌 함량은 매우 적은 것으로 나타났으나 각 처리구간에서는 MWVD1 처리구가 가장 높은 값을 나타내었다.

사포닌의 조성 변화

사포닌은 온도에 매우 민감하며 특히 수용액 상태에서는 열에 매우 불안정한 것으로 알려져 있다⁽⁷⁾. 따라서 수삼을 마이크로파 진공 처리하여 건조한 경우 처리방법에 따라 사포닌 조성에 변화를 가져올 수 있으며 이에 따른 약리작용에도 매우 큰 영향을 나타낼 수 있다. 각 처리 조건에 따른 ginsenoside의 함량은 Table 2와 같다. 흥분작용을 나타내는 것으로 알려진 Ginsenoside-Rb₁은 대조구에 비해 감소하는 경향을 보였으나 각 처리구간의 차이는 나타나지 않았다. Ginsenoside-Rc 역시 대조구에 비해 감소하는 경향을 나타내었으며 감소의 폭은 45°C에서 예비 건조하여 마이크로파 진공 건조한 경우가 예비 건조 없이 마이크로파 진공 건조한 처리구들보다 더 크게 나타났다. Ginsenoside-Rd는 대조구에 비하여 큰 차이를 나타내지 않았으나 HMWVD1의 경우만 증가하는 것으로 나타났다. Ginsenoside-Re 또한 대조구에 비하여 감소하였

으며 최 등⁽⁷⁾의 경우도 가열처리 함으로서 감소한다고 보고하여 본 실험과 일치하였다. 중추신경 억제 작용을 나타내는 ginsenoside-Rg₁의 함량은 MWVD2와 HMWVD2 처리구의 경우 대조구에 비하여 큰 감소를 나타내지 않았으나 MWVD1과 HMWVD1 처리구는 감소폭이 큰 것으로 나타났다. 따라서 수삼의 마이크로파 진공 건조는 건조방법보다 작동시간에 따라 사포닌의 함량에 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 박 등⁽⁸⁾은 인삼차에 대한 사포닌 조성 측정 결과, 온도에 따른 조성비는 거의 변화지 않으나 함량에는 다소 변화가 있었다고 보고하였으나 본 실험에서는 건조방법에 따라 조성비의 변화가 있는 것으로 나타났다.

유리당 조성

각 건조 처리 조건에 따른 유리당의 조성은 Table 3과 같다. 유리당의 조성은 대조구에 비하여 각 처리구 공히 마이크로파 진공 건조 후 포도당(glucose) 비율이 높아진 반면 자당(sucrose)의 비율은 낮아짐을 나타내었다. 각 처리구 간의 자당의 조성을 비교하여 보면 MWVD1과 MWVD2의 처리구에서는 자당의 함량이 25.48%와 19.78%로 높은 비율을 나타내었고 HMWVD1과 HMWVD2에서는 각각 15.99%와 13.73%의 낮은 비율을 나타내었다. 과당(fructose)과 맥아당(maltose)은 대조구에 비하여 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 자당의 경우는 이 등⁽⁹⁾의 결과와 같이 비교적 높은 함량을 나타내었으나 맥아당은 다소 낮은 경향을 나타내었으며 포도당은 이 등의 열수가열처리보다 매우 높은 조성을 나타내었다. 이 등⁽⁹⁾이 실험한 백삼제품의 가공 방법에 따른 유리당의 결과를 보면

Table 2. Ginsenoside compositions of dried ginsengs on various microwave vacuum treatments (dry basis, mg/g)

Ginsenoside	Control	MWVD1	MWVD2	HMWVD1	HMWVD2
Rb ₁	0.65	0.11	0.12	0.12	0.12
Rc	0.22	0.12	0.10	0.07	0.06
Rd	0.17	0.16	0.12	0.20	0.15
Re	0.07	0.04	trace	0.01	0.04
Rg ₁	0.17	0.07	0.15	0.07	0.17

MWVD1, MWVD2, HMWVD1, HMWVD2: Refer to the comment in Table 1.

Table 3. Free sugar contents of dried ginsengs on various microwave vacuum treatments (%)

	Control	MWVD1	MWVD2	HMWVD1	HMWVD2
Fructose	2.41	5.32	7.54	6.11	5.22
Glucose	2.55	64.49	70.40	76.74	74.70
Sucrose	90.50	25.48	19.80	15.99	13.73
Maltose	4.54	4.71	2.26	1.16	6.35

MWVD1, MWVD2, HMWVD1, HMWVD2: Refer to the comment in Table 1.

가공되지 않은 수삼일수록 자당의 함량이 높게 나타나는데 마이크로파로 진공 건조한 경우가 45°C 예비 건조한 경우보다 자당의 비율이 높게 나타났다. 이는 마이크로파 진공 건조방법이 품질 변화가 가장 적으면서 건조되었음을 나타내었다. 손 등⁽²⁰⁾의 경우에도 건조하기 전에는 자당의 함량이 가장 높은 비율을 차지하는 것으로 보고하였다. 또한 홍삼에서는 열처리 과정에서 람노오스(rhamnose)가 생성되어 검출되었으나 본 실험에서는 검출되지 않았다.

미세구조 관찰

마이크로파 진공 건조 방법을 이용하여 수삼을 건조한 후 미세구조를 관찰한 결과는 Fig. 2와 같다. 각 건조조건에 따라서 MWVD1과 HMWVD1 처리구가 MWVD2와 HMWVD2 처리구보다 치밀한 구조를 나타내고 있으며 그림에 나타내지는 않았지만 높은 배율에서 관찰한 결과내부에 존재하는 전분입자의 모양도 원형형태의 안정한 모양을 하고 있는 것으로 나타났다. 또한 수분이 감소하면서 세포의 모양이 다른 건조 조건보다 균일한 모양을 나타내었다. MWVD1과 MWVD2 처리구를 비교하여 보면 MWVD2 처리구가 더 치밀한 구조를 보여주었다. 이는 마이크로파의 작동 시간에 따라서 내부에 존재하는 수분이 외부로 확산되는 것보다 내부 수분이 빠르게 팽창함으로써 형성되는 것으로 생각되며, 이로 인하여 표면의 수분이 감소하면서 표면의 구조가 치밀해져 수삼 내부의 수분이 조직 안에서 팽창하여 공간이 형성되는 것으로 사료된다. 따라서 건조방법보다는 작동 시간에 따라서 조직의 구조

가 변화되는 것으로 나타났다. Kiranosoudis 등⁽²¹⁾에 따르면 마이크로파 진공 건조에서 건조 속도는 진공도보다도 마이크로파 출력에 의하여 더 큰 영향을 받는다고 보고하여 본 실험과 일치된 결과를 보여주었다.

요 약

마이크로파 진공 건조 방법을 달리하여(3분 건조-2분 정지를 반복하여 24시간 건조하는 방법: MWVD1, 5분 건조-2.5분 정지를 반복하여 24시간 건조하는 방법: MWVD2, 열풍 건조기를 이용하여 45°C에서 12시간 예비 건조 후 마이크로파 건조기를 이용하여 3분 건조-2분 정지를 반복하여 12시간 건조하는 방법: HMWVD1, 5분 건조-2.5분 정지를 반복하여 12시간 건조하는 방법: HMWVD2) 인삼을 건조한 후 품질특성을 검토하였다. 마이크로파 진공 건조 후 수축현상 없이 수분활성도 0.54, 수분함량 16.82%까지 건조되었다. 건조 후 일반성분의 차이는 조단백질, 회분은 차이가 없었으나 조지방의 함량은 감소되었다. 유리당 조성에서 포도당(glucose)은 증가한 반면 자당(sucrose)은 감소하였다. Ginsenoside-Rb₁ 및 Rc는 건조 후 감소하였으며 Ginsenoside-Rg₁의 함량은 MWVD2와 HMWVD2 처리구에서 각각 0.15, 0.17로 MWVD1과 HMWVD1 처리구보다는 높은 함량을 나타내었다. 미세구조 관찰에서 MWVD1 처리구가 건조 후 가장 치밀한 내부 구조를 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 농림기술개발연구과제(현장애로기술개발)로 수행한 결과의 일부로 이에 감사를 드립니다.

문 헌

1. Lee, K.S., Do, J.H., Jang, J.K., Noh, K.B., Lee, S.K., Han, J.S. and Lim, S.B.: Development of processing technique for red ginseng products (in Korean). Report of Korean Ginseng & Tobacco Research Institute. p.249 (1990)
2. Jeon, B.S., Sung, H.S., Yang, J.W., Park, C.K., and Chang, K.S.: Effect of Control atmosphere and modified atmosphere storage on the apparent quality and saponin component of fresh and red ginseng (in Korean). *Korean J. Ginseng Sci.*, **19**, 62-72 (1995)
3. Lee, Y.H., Kim, K.H., Shin, H.K., Baek, J.K. and Lee, C.: Study of shelf-life extension gor ginseng. KIST (1975)
4. Huxsoll, C.C. and Morgan, A.L., Jr.: Microwave dehydration of potatoes and apples. *Food Technol.*, **22**, 47-52 (1968)

Fig. 2. Scanning electron micrographs of dried ginsengs with various microwave treatments (bar indicates 50 μ m). a: MWVD1, b: MWVD2, c: HMWVD1, d: HMWVD2.

5. Geddes, J.P.: Seek new uses for microwave. *Food Eng.* **39**, 63-65 (1967)
6. Beke, J., Mujumdar, A.S. and Giroux, M.: Some fundamental attributes of corn and potato drying in microwave fields. *Drying Technology*, **15**, 539-554 (1997)
7. Attigate, Y.: Microwave vacuum drying: First industry application. *Food Eng.*, **50**, 78-79 (1978)
8. Yongsawatdigul, J. and Gunasekaran, S.: Microwave-vacuum drying of cranberries. II. quality evaluation. *J. of Food Processing and Preservation*, **20**, 145-156 (1996)
9. Meisel, N.: Microwave-vacuum drying by gigavec-process for continuous manufacture of instantly soluble fruit powders. *Microwave Energy Appl. Newsl.*, **12**, 3-6 (1979)
10. A.O.A.C.: *Official Method Of Analysis.*, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.174 (1990)
11. Lee, S.C., Prosky, L. and Deveries, J.W.: Determination of total, soluble and insoluble dietary fiber in food-enzymatic gravimetric method, MES-TRIS buffer; collaborative study. *J. of AOAC international*, **75**, 395 (1992)
12. Korean Ginseng & Tobacco Research Institute: *Analysis method of ginseng composition*. Cheil Il Co., Dae Jeon, p.59 (1991)
13. Korean Ginseng & Tobacco Research Institute: *Analysis method of ginseng composition*. Cheil Il Co., Dae Jeon, p.65 (1991)
14. Choi, J.H., Kim, W.J., Hong, S.K., Oh, S.K. and Oura, H.: Isolation of ginsenoide-Rh₁ and Rh₂ by high performance liquid chromatography. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **13**, 57-66 (1981)
15. Kim, D.H.: *Food Chemistry*. Tamgudang. Seoul. p.337 (1995)
16. Drouzas, A.E. and Schubert, H.: Microwave application in vacuum drying of fruits. *J. of Food Eng.*, **28**, 203-209 (1996)
17. Choi, J.H., Kim, D.H., Sung, H.S., Kim, W.J. and Oh, S.K.: Kinetic studies on the thermal degradation of ginsenosides in ginseng extract (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **14**, 197-202 (1982)
18. Park, K.D., Choi, J.H., Kim, O.C. and Park, T.K.: The effect of drying temperature and time on ginseng tea quality (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 922-927 (1996)
19. Lee, B.Y., Kim, E.J., Park, D.J., Hong, S.I., Chun, H.S.: Composition of saponin and white ginsengs with processing condition (in Korean) *Korean J. of Food Sci. Technol.*, **28**, 22-927 (1996)
20. Sohn, K.M., Sung, T.S., Cho, Y.J., Lee, K.S. and Choi, C.: Lipids and free sugar composition in ginseng classified by years (in Korean). *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, **31**, 169-176 (1988)
21. Kiranoudis, C.T., Tsami, E. and Maroulis, Z.B.: Microwave vacuum drying kinetics of some fruits. *Drying Technol.*, **15**, 2421-2440 (1997)

(1998년 12월 9일 접수)