

## 분쇄방법에 따른 고려홍삼분말의 품질특성

서창훈 · 이종원\*# · 도재호\* · 장규섭\*\*

한국인삼공사, \*KT&G중앙연구원, \*\*충남대학교 식품공학과  
(2002년 5월 10일 접수)

### Quality Characteristics of Korean Red Ginseng Powder on Pulverizing Methods

Chang-Hoon Seo, Jong-Won Lee\*#, Jae-Ho Do\*, and Kyu-Seob Chang\*\*

\*Korea Ginseng Corp., Korea Tobacco & Ginseng Central Research Institute,

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

(Received May 10, 2002)

**Abstract :** In this study, cell cracker method as a non-collision method was evaluated for the possibility in manufacturing red ginseng powder. In color value of red ginseng powder, the L values indicating brightness were 68.18 for hammer mill (group A) and 72.08 for cell cracker (group B). The a values (redness) and b values (yellowness) were 4.21, 26.56 for group A and 5.73, 28.36 for group B, respectively. As an extraction time increased, the absorbances at 420 nm of water extract of both groups were increased. In the loose bulk density, tapped bulk density and volume reduction ratio indication the of powder in group A were less than those in group B. In both groups, the angles of side of red ginseng powder were shown less value than the angles of side of the powder. These two angles in group A were less than those in group B. In sensory evaluation, the touchness between both groups was not observed significant difference. In the contrary, the color and flavor, main factors affecting the overall quality of red ginseng powder product of group B were shown superior to those of group A. The overall preference of group B was shown higher than that of group A.

**Key words :** Red ginseng, Pulverizing methods, Density, Color, Sensory evaluation

## 서 론

일반 식품의 분말에 대한 연구는 김 등<sup>1,3)</sup>의 모형 식품분말의 흡습특성 등 지난 20여 년 동안 국, 내외에서 활발하게 진행되었으나 분쇄가공 기술에 대한 연구는 박 등,<sup>4)</sup> 이 등,<sup>5)</sup> 김 등<sup>6)</sup>이 분쇄기 종류를 달리한 후 식품의 이화학적 특성을 조사 보고한 정도이다. 홍삼분말은 정선한 홍삼을 건조한 후 분쇄하여 제조되는데 홍삼의 조직이 단단하고 구성성분도 호화전분이 대부분으로 분쇄 적성이 좋지 않아 최근까지 홍삼 분쇄에는 hammer mill 분쇄기가 주로 사용되어 왔다. 그러나 분쇄과정에서 마찰열에 의한 구성성분의 파괴와 수분감소, texture 및 색상의 변화, 향기성분의 손실, 특히 mill이 마모될 때 혼입되는 쇳가루 등으로 품질 저하가 수반되고 있어

이러한 한계를 극복할 수 있는 새로운 가공기술의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

실제로 분쇄를 하는 공정에서는 보통 동력의 98% 이상이 분쇄장치의 운전과 분쇄조업에서 생기는 마찰열과 소음으로 소모되고 불과 2% 미만이 분쇄에 의한 분쇄물의 표면적 증가에 기여하므로 이때 발생하는 마찰열에 의하여 품온이 상승하게 되고 열에 불안정한 성분의 파괴가 일어날 수 있으며 열에 민감한 성분의 연화(softening) 또는 용해 현상이 일어날 수 있다.<sup>7,8)</sup> 따라서 분쇄기를 선정하는 경우에는 원료의 크기와 특성, 분쇄 후의 입자 크기, 입도 분포, 분쇄 온도 등과 같은 품질 요소와 소음, 분진, 제조원가 등과 같은 부가적인 요소 등도 함께 고려하여야 한다.

식품분야에서 압력을 이용한 제조공정을 보면 1기압 정도의 증류장치, 물의 비등점을 높일 목적으로 사용하는 2기압 전후의 압력솥(autoclave)과 3~5기압 정도의 레토르트(retort), 50기압 정도의 압출성형기와 CO<sub>2</sub> cell cracker, 탄

#본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로  
(전화) 042-866-5322; (팩스) 042-861-1949  
(E-mail) jwlee@gtr.kgtri.re.kr

산가스의 액체를 얻기 위한 75기압 정도의 초임계유체 추출 장치 그리고 1,000기압 정도의 homogenizer 등이 있다.<sup>9)</sup>

CO<sub>2</sub> cell cracker<sup>10)</sup>는 독일 등 일부 선진국에서 뿌리, 열매, 양념 등의 분쇄에 적용하고 있는 비충격(非衝擊) 분쇄방식으로 압축된 이산화탄소를 이용하여 식품에 압력을 가한 후 확장(expansion)시킴으로서 제품을 분쇄하는 시스템이다. 이 시스템의 장점은 이산화탄소 같은 비활성(非活性) 기체를 사용함으로써 산소접촉이 적어 산화방지의 효과가 있고 상온에서 작업이 이루어지므로 마찰열이 발생하지 않아 수분감도의 방지, 향기 및 맛의 손실을 최소화 할 수 있으며 또한 밀폐식 구조로 되어있어 위생적인 작업이 가능하다. 특히 분쇄 도중 섯가루의 혼입 등을 근원적으로 막을 수 있어 곡물류 외에도 열과 산화에 민감한 건조야채류, 진공건조 장류(漿類)의 분쇄, 의약품개발 등 고부가가치제품에 적용할 수 있다.

본 연구는 분말제품의 품질에 큰 영향을 미치는 분쇄방법을 개선하여 고품질 홍삼분말 제품을 얻고자 수행하였다. 분쇄장치는 기존의 충격식 hammer mill 과 신기술인 비충격식 CO<sub>2</sub> cell cracker를 이용하였으며, 분쇄방법에 따른 분말제품의 색도, 밀도 및 관능적 특성 등을 조사하여 두 방법의 차이를 규명하여, CO<sub>2</sub> cell cracker의 실용화 가능성에 관한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용한 홍삼은 한국인삼공사에서 1999년도에 수매한 6년근 수삼을 한국인삼공사 홍삼제조규정에 준하여 홍삼으로 제조하고 부위차이에서 오는 시료 개체간의 차이를 줄이기 위하여 크기와 굵기가 비슷한 것을 선별하여 홍삼분말 분쇄용 시료로 사용하였다.

### 2. 홍삼분말의 제조

#### (1) Hammer mill을 이용한 시료제조

홍삼시료 250 kg을 조쇄(粗碎)한 후 Fig. 1과 같이 연속적으로 3단 배열된 hammer mill(Dae Ga Machine Co., Korea)을 이용하여 Table 1과 같은 조건으로 건식(乾式) 분쇄한 후 시료로 사용하였다. 수분함량 10.2%였으며, 조쇄는 hammer mill(1,750 RPM, 25 mesh screen)을 이용하였으며, 120 mesh 통과분이 90% 이상으로 하였다.

#### (2) CO<sub>2</sub> cell cracker를 이용한 시료제조

홍삼시료 250 kg을 조쇄(粗碎)한 후 Fig. 1의 CO<sub>2</sub> cell cracker(CC 300-60, Hydro, German; 이하 Cell cracker로 함)를 이용하여 Table 1과 같은 조건으로 건식(乾式) 분쇄한

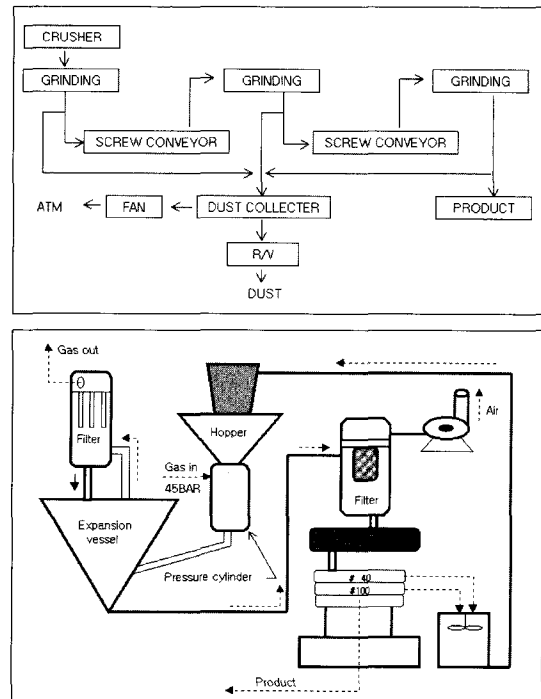


Fig. 1. Flow diagram of hammer mill (above) and cell cracker (below).

Table 1. Operating conditions of milling methods

Milling methods	Operating conditions
Hammer mill	Grinder(1step) : 3,540RPM, 18mesh Grinder(2step) : 3,540RPM, 32mesh Grinder(3step) : 3,540RPM, 47mesh Throughput : 33kg/h Particle size : mean 18.23
Cell cracker	Pressure cylinder : 60 Pressure : 45BAR Holding time : 2min. Screen : 40mesh(top), 100mesh(bottom) Throughput : 37kg/h Particle size : mean 47.46

후 시료로 사용하였다. 수분함량 10.2% 였으며, 조쇄는 hammer mill(1,750 RPM, 25 mesh screen)을 이용하였으며, 120 mesh 통과분이 88% 이상으로 하였다.

## 2. 홍삼분말의 색도

### (1) 분말의 색도

홍삼분말의 색도 측정은 ASTM 방법<sup>11)</sup>에 따라 Chroma meter(Minolta, CR-200, Japan)를 사용하여 측정하였으며 표준광원으로는 D65으로 하였고, 측정된 값은 Hunter's color value로 나타내었으며 L값은 100(white)에서 0(black)까지, b는 +60(yellow)에서 -60(blue)까지, a는 +60(red)에서 -60

(green)까지, 전체 색차는  $\Delta E$ (overall difference)로 나타내었다. 이때 사용된 표준값은 L은 97.67, a는 -0.57, b는 2.70이었다.

## (2) 물추출물의 갈색도

홍삼분말 5 g에 증류수 100 mL를 가하여 85°C에서 0.5, 1, 3, 5시간 추출한 후 Whatman No. 42 여과지로 여과하고 4°C에서 8,000 rpm으로 20분간 원심분리한 다음 spectrophotometer를 이용하여 420 nm에서 갈색도를 측정하였다.

## 2. 홍삼분말의 밀도

### (1) 이완 겉보기밀도(Loose bulk density)

250 mL용 메스실린더에 시료를 넣은 후 측정된 무게를 용기의 체적으로 나눈 값으로 나타냈고,  $g/cm^3$ 로 표기하였다.<sup>12-14)</sup>

### (2) 충격 겉보기밀도(Tapped bulk density)

250 mL용 메스실린더에 시료를 넣은 후 5 cm높이에서 200회 자연낙하(두드림)시킨 후 측정된 무게를 용기의 체적으로 나눈 값으로 나타냈고,  $g/cm^3$ 로 표기하였다.<sup>13,14)</sup>

## 3. 쌓임각(Angle of repose) 및 미끄럼각(Angle of slide)

쌓임 각과 미끄럼 각은 Peleg<sup>12,15)</sup> 방법에 준하여 실시하였다. 즉, 깔대기형 용기(직경 68 mm, 높이 50 mm)에 홍삼분말 50 g을 넣고 용기밑 구멍(직경 12 mm)을 통하여 2 strokes/sec의 속도로 진동시켜 평면 위로 낙하시키면서 원추형으로 쌓이게 한 후 원주의 모선과 수평면과 이루는 각을 측정하였고, 미끄럼 각은 스테인레스 강판 위에 시료를 올려 놓고 이 판을 서서히 경사시켜 시료가 흘러내리기 시작하는 순간의 경사각으로 하였다.

## 4. 관능적 특성

### (1) 홍삼분말 품질특성에 대한 기호도

관능검사를 하기 위한 패널요원 선정은 홍삼분말에 대한 제품지식을 가지고 있는 한국인삼연초연구원 연구원 중에서 훈련된 15명의 검사요원에게 홍삼분말 시료를 제공하여 느낄 수 있는 품질특성에 대해 연상되는 표현용어들을 서술하도록 하였다. 그 결과 중복되는 용어와 비슷한 표현을 정리하고 품질특성을 대표적으로 표현 할 수 있는 용어인 향기(flavor), 색도(color), 촉감(toughness), 부피(volume) 및 전체적인 선호도(palatability)로 선정하였다. 1차로 15명의 관능검사 요원에게 시료를 제시한 후 관능특성 점수의 평균과 가까운 9명을 최종적으로 선정하여 9점 기호척도법으로 하였으며 평가표를 관능검사요원들에게 제시한 후 평가하도록 하였다.

홍삼분말 60 g을 정확히 칭량하여 한국인삼공사 홍삼분말

의 포장용기인 60 g들이 병에 넣고 뚜껑을 닫은 후 관능검사를 할 때마다 열어서 검사시료로 사용하였다. 관능검사는 각 검사요원을 블록으로 하여 각각 2개 시료를 2회 반복 평가하도록 하여 평균값으로 나타내었으며 시료의 제시 순서는 완전히 임의 배치하여 제시하였다.

### (2) 통계처리

관능검사 요원들의 관능검사 결과는 SAS program을 이용하여 통계처리를 실시하였다. 관능검사결과의 유의성 검증은 분산분석(ANOVA)을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 홍삼분말의 색도

#### (1) 분말 색도

분쇄방법에 따른 홍삼분말의 색도에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 2와 같다. Hammer mill과 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말의 색도를 비교해보면 색의 밝기를 나타내는 L값은 각각 72.08과 68.18로 hammer mill로 분쇄한 홍삼분말이 높게 나타났으나 a(적색도)와 b(황색도)값은 각각 4.21과 5.73, 26.56과 28.36으로 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말이 높게 나타났다. 이는 hammer mill로 분쇄한 분말의 입자가 상대적으로 작기 때문인 것으로 생각되어지며, 홍삼분말의 입자는 색도와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 금 등<sup>6,16)</sup>의 쌀가루의 색도는 쌀가루의 입자가 미세하여 짐에 따라 색의 밝기를 나타내는 L값은 증가하고 a와, b값은 감소한다는 실험결과와, 이 등<sup>5)</sup>의 제분기 종류별로 만들어진 보리 가루의 색도는 입자가 작은 보리 가루일수록 색상이 밝게 나타난다는 실험결과와 유사하였다.

#### (2) 물추출물의 색도

분쇄방법이 홍삼분말의 물 추출물의 색상변화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 추출시간별로 시료를 조제한 다음 420 nm에서 흡광도를 조사한 결과는 Fig. 2과 같다. 시간이 경과함에 따라 두 가지 시료 모두 흡광도가 증가하였으며 전반적으로 hammer mill로 분쇄한 홍삼분말이 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말보다 흡광도가 높게 나타났다. 이런 결과들은

Table 2. Hunter color values of red ginseng powder (Unit : %)

Hunter color values	Milling methods	
	Hammer mill	Cell cracker
L	72.08	68.18
a	4.21	5.73
b	26.56	28.36
E	35.31	39.61

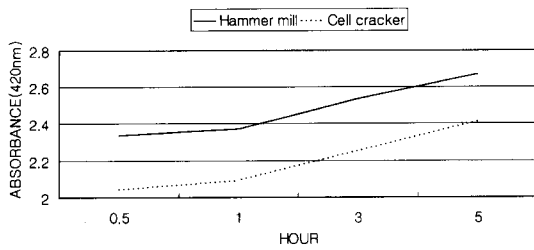


Fig. 2. Changes on absorbance of water extracting time of red ginseng powder.

Table 3. Flow properties of red ginseng powder by tapping compression (Unit : g/cm<sup>3</sup>)

Parameters	Milling methods	
	Hammer mill	Cell cracker
Loose bulk density	0.60	0.63
Tapped bulk density	0.79	0.84
Compaction(%)	24.00	24.80

서 등<sup>17)</sup>이 보고한 Table 6의 결과와 같이 hammer mill로 분쇄한 홍삼분말이 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말 보다 상대적으로 표면적이 커 추출효율이 증가되었기 때문으로 생각된다.

## 2. 홍삼분말의 밀도

분쇄방법이 홍삼분말의 입자가 모여서 이루는 겉보기밀도에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다. Hammer mill과 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말의 이완겉보기 밀도를 비교해보면 각각 0.60 g/cm<sup>3</sup>와 0.63 g/cm<sup>3</sup>이며, 충격겉보기밀도는 0.79 g/cm<sup>3</sup>와 0.84 g/cm<sup>3</sup>, 체적감소율은 24%와 24.8%로 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말이 모두 높게 나타났다.

겉보기밀도는 분말을 저장, 기계식 수송을 계획하는 경우 필수적으로 고려하여야 하는 인자로 겉보기밀도를 결정하는 요인으로는 원료물질의 물리화학적 성질(성분조성, 수분함량 등), 개별입자의 크기, 모양과 개별입자의 표면특성 등이 있으며 특히 표면특성은 분말의 표면활성도에 영향을 미치는 중요한 인자라고 한다.<sup>13)</sup> 충격 겉보기밀도의 경우 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말이 hammer mill로 분쇄한 홍삼분말 보다 높게 나타났는데 이는 상대적으로 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말이 유동성이 좋아 다짐이 용이하게 진행된 것으로 생각되며, 수분함량, 입자크기, 입자분포 등의 영향은 미미했던 것으로 생각된다.

한편 다짐성(compactness)이 큰 분말일수록 외부로부터 충격이나 기계적인 힘을 받았을 때 압축이 잘되어 유동성이 어렵다고 한다.<sup>8)</sup> 따라서 cell cracker로 분쇄한 홍삼분

Table 4. Flow properties of red ginseng powder

Parameters	Milling methods	
	Hammer mill	Cell cracker
Angle of repose(deg.)	72.1	56.8
Angle of slide(deg.)	65.3	36.3

말은 유통과정 등 기계적인 진동에 의해서 쉽게 압축되어 유통장애를 일으킬 수 있음을 시사해주며 분말의 취급 및 가공공정 설계 시에는 이러한 점을 고려하여야 할 것으로 생각된다.

Pleg<sup>12)</sup> 보고에 의하면 대부분의 식품분말에서는 겉보기 밀도가 0.3~0.8 g/cm<sup>3</sup>였고, 식품분말의 공극율은 40~80%나 되며 외부로부터 충격이나 압력을 받으면 분말입자가 쉽게 다져지기 때문에 입자공극이 줄어들고, 따라서 겉보기 밀도가 증가되어 유동성은 떨어진다고 하였다.

## 3. 쌓임각(Angle of repose) 및 미끄럼각(Angle of slide)

분쇄방법이 홍삼분말의 유동성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 쌓임각과 미끄럼각을 측정된 결과는 Table 4와 같다. Hammer mill과 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말의 쌓임각은 각각 72.1°와 56.8°이며, 미끄럼각은 65.3°와 36.3°로 같은 조건에서 쌓임각 보다 낮으며 모두 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말이 낮게 나타나 hammer mill로 분쇄한 홍삼분말 보다 유동성이 좋은 것으로 조사되었다. 이것은 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말이 평균입도가 크고, 미세입자가 적어 부착성이 낮았기 때문으로 생각된다.

분체의 유동성은 미세입자의 부착성과 분말의 성분, 조성, 입자형태, 입도, 입도분포 등 입자의 고유한 성질과 주위환경에 의하여 결정되며 일반적으로 미세입자의 부착성이 작을수록, 평균 입도가 클수록, 수분함량이 적을수록 향상된다고 한다.<sup>8)</sup> 또한 식품분말의 쌓임각은 분말의 가공, 저장 및 운반설계를 함에 있어서 주요한 요인으로서 Peleg<sup>12)</sup>보고에 따르면 3°까지는 자유유동성, 35~45°까지는 중간유동성, 55° 이상이면 비유동성 분말이라고 하였다. 따라서 홍삼분말은 비유동성 분말에 속하였다.

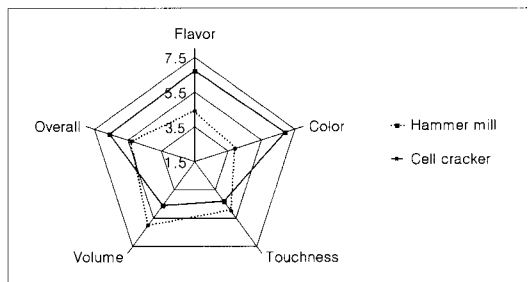
## 4. 관능적 특성

Hammer mill과 cell cracker를 이용한 홍삼 분말에 대하여 한국인삼연초연구원에서 선발한 직원 15명을 대상으로 두 시료의 관능검사를 실시하고 그 결과에 대하여 SAS를 이용한 분산분석(analysis of variance: ANOVA)한 결과는 Table 5, Fig. 3과 같다.

**Table 5.** ANOVA results of red ginseng powder

Milling methods	Characteristics				
	Flavor***	Color****	Touchness*	Volume**	Overall**
Hammer mill	4.4a	3.9a	5.0a	6.0a	5.3a
Cell cracker	6.7b	6.9d	4.3a	4.6b	6.6b
LSD	1.178	1.111	1.540	0.942	0.799

\*\*\*\*Pr<0.0001, \*\*\*Pr<0.001, \*\*Pr<0.005, \*Pr<0.5  
LSD : least significant difference.



**Fig. 3.** Sensory evaluation of red ginseng powder quality profile by pulverizing methods.

분산분석 결과 촉감은 차이가 없었으며 향기, 색도 및 부피, 전체적인 선호도에 있어서는 유의 적인 차이가 있었다. 향기는 분석결과 두 시료간에 유의차가 있는 것으로 나타났는데 이는 hammer mill로 분쇄한 홍삼분말의 경우 분쇄과정 중에 발생하는 마찰열에 의하여 향기성분의 손실이 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말 보다 상대적으로 크기 때문인 것으로 추정되며, 색도에 있어서는 두 시료간에 유의 차가 있었다. 이는 Table 2의 결과와 같이 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말이 lightness는 낮고 redness와 yellowness는 높아 홍삼 특유의 붉은 빛을 띠게 하기 때문에 선호도면에서 좋게 평가되는 것으로 생각된다. 촉감은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 두 시료 간에 입자크기와 표면구조에 차이를 보이고 있지만 패널들에게서는 크게 차이를 느끼지 못한 것으로 나타났으며 probability level은 0.372로 낮게 나타났다. 이는 두 시료 모두 분쇄 크기가 때문에 촉감에 있어 많은 차이를 느끼지 못하는 것으로 생각된다. 부피는 Table 3에서와 같이 겉보기밀도와 다짐성에서 차이가 있는 것처럼 패널들에게서도 이런 차이를 확인 할 수 있었다.

전체적으로 SAS의 의한 분산 분석 결과 촉감 있어서는 두 시료간에 유의차가 없는 것으로 나타났지만, 홍삼분말 제품의 품질특성에 큰 영향을 미치는 색도 및 향기는 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말이 좋게 평가되었으며, 전체적인 선호도에 있어서는 좋게 나타나 cell cracker에 의한 분쇄가 좋은 분쇄방법이 될 수 있음을 시사해준다.

## 요 약

홍삼 분쇄의 신 가공 기술로서 비충격(非衝擊) 분쇄방식인 cell cracker의 공장 적용 가능성을 제시하고 홍삼분말의 품질고급화에 기초자료로 활용하고자 기존의 hammer mill(충격 분쇄방식)과 cell cracker에 의한 분쇄방식으로 홍삼분말을 제조한 후 색도, 밀도 및 관능적 특성을 비교 조사한 결과를 요약하면 홍삼분말의 색도는 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말의 경우 색의 밝기를 나타내는 L값은 68.18로 hammer mill로 분쇄한 홍삼분말 72.08 보다 낮았으나 a(적색도)와 b(황색도)값은 각각 4.21과 5.73, 26.56과 28.36으로 높게 나타났다. 물 추출물의 색도는 시간이 경과함에 따라 두 가지 시료 모두 흡광도가 증가하였으며 전반적으로 hammer mill로 분쇄한 홍삼분말이 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말 보다 흡광도가 높게 나타났다.

밀도는 분말의 유동성 특성을 나타내는 이완겉보기밀도, 충격겉보기밀도, 체적감소율은 hammer mill로 분쇄한 홍삼분말 보다 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말이 모두 높게 나타났다. 미끄럼각은 쌓임각 보다 낮았으며 이 두 가지 모두 hammer mill로 분쇄한 홍삼분말 보다 cell cracker로 분쇄한 홍삼분말이 낮게 나타났다. 관능검사결과 촉감에 있어서는 두 시료간에 유의 차가 없는 것으로 나타났지만, 홍삼분말 제품의 품질특성에 큰 영향을 미치는 색도는 cell cracker가 좋게 평가되었으며, 전체적인 선호도에 있어서는 좋게 나타났다.

이상의 연구결과를 종합해볼 때 홍삼분말의 품질 특성에 미치는 요소로서 분쇄방법이 중요한 인자로 작용하고 있음을 알 수 있었으며 홍삼분말의 제조에는 분쇄기 선정이 무엇보다 중요하며 특히 색깔 등 관능적 품질이 강조되는 홍삼분말 제품을 제조할 경우는 기존 충격식 분쇄보다 비충격식 분쇄시스템을 적용하는 것이 품질향상 효과가 클 것으로 생각된다.

## 인용문헌

1. Kim, D. W., Chang, K. S., Lee, U. H. and Kim, S. S. : *Korean J. Food Sci. and technol.* **28**, 1146-1150 (1996).

2. Park, D. J., Ku, K. H. and Kim, S. H. : *Korean J. Food Sci. and technol.* **28**, 497-505 (1996).
3. Ko, J. W., Lee, W. Y., Lee, J. H., Ha, Y. S. and Choi, Y. H. : *Korean J. Food Sci. and technol.* **31**, 128-137 (1999).
4. Park, Y. K., Seong, H. M., Nam, Y. J. and Shin, D. H. : *Korean J. Food Sci. and technol.* **20**, 504-510 (1988).
5. Lee, Y. T., Seog, H. M., Cho, M. K. and Kim, S. S. : *Korean J. Food Sci. and technol.* **28**, 1078-1083 (1996).
6. Kum, J. S., Lee, S. H., Lee, H. Y., Kim, K. H. and Kim, Y. I. : *Korean J. Food Sci. and technol.* **25**, 546-551 (1993).
7. 송재철, 박현정 : 최신식품가공학, 유림문화사 105-120 (1997).
8. 강석호 : 분체공학, 회중당 (1995).
9. 손태화, 성종환, 강우원, 문광덕 : 식품가공학, 형설출판사, 31-41 (1997).
10. Hydro (german) : The documentation of Cell cracking plant 60/300 (1995).
11. ASTM committee : D-1925-70, D-1729-607, America Society for Testing & Materials, Phildelphia D-1925-70, D-1729-607 (1975).
12. Pleg, M. : Physical characteristics of food powders. 292-323 (1982).
13. 송재철, 박현정 : 식품물성학, 울산대학교 출판부, 63-79, 216-237 (1995).
14. Howard, M. : Food texture. 3-93 (1991).
15. Baker, G. W. : *J. Food Sci.* **45**, 1370-1375 (1986).
16. Kum, J. S., Lee, H. Y. : *Korean J. Food Sci. and technol.* **31**, 1542-1548 (1999).
17. 서창훈 : 분쇄방법에 따른 홍삼분말의 품질특성, 충남대학교 석사논문 (2001).