

## 산채의 건조 특성에 관한 연구

임종환 · 황금택

목포대학교 식품공학과

### Study on the Drying Characteristics of Wild Vegetables

Jong Whan Rhim and Keum Taek Hwang

Department of Food Engineering, Mokpo National University

#### Abstract

In order to determine the moisture content level for safe storage of wild vegetables, drying characteristics and water vapor sorption characteristics of four vegetables, i.e., zucchini slice, sweet potato stem, taro stem, and platycodon, were investigated. The drying curves of these vegetables were consisted of three characteristic stages which were the initial settling down period, the constant drying rate period, and the falling drying rate period. And the falling rate period of the vegetables showed 2 or 3 parts of falling rate. All of the falling rate curves of the vegetables showed upwardly convex shape which is known as a characteristic pattern for the drying of fibrous food materials. The critical moisture contents of the vegetables were 8.29~9.75, 10.40~15.08, 9.51~14.52, and 3.29~3.56 g H<sub>2</sub>O/g dry solids for zucchini slice, sweet potato stem, taro stem, and platycodon, respectively. Activation energy values of drying rate during falling rate period were 2.30, 2.11, 4.97, and 2.80 kcal/mol for zucchini slice, sweet potato stem, taro stem, and platycodon respectively. The BET monolayer moisture contents of the vegetables were 10.05~13.59, 9.49~12.69, 9.50~16.48, and 5.01~5.44 g H<sub>2</sub>O/g dry solids for zucchini slice, sweet potato stem, taro stem, and platycodon, respectively. And these values were found to be very compatible with the values of the critical moisture content. Consequently, it was found that the moisture of these vegetables should be removed below the BET monolayer moisture content or below the critical moisture content for the long term storage.

Key words: vegetable drying, drying characteristics, drying rate, critical moisture content, BET monolayer moisture content, moisture content for safe storage

## 서 론

산채는 한국인들이 즐겨먹는 비빔밥이나 나물무침 또는 국이나 찌개류에 필수적으로 사용되는 채소로서 일반적으로 열량원이나 단백질 원으로 이용되기보다는 독특한 맛과 향을 즐기는 기호식품으로 주로 이용되어 왔다. 산채들은 주로 신선한 상태로 소비되고 있는데, 이들은 다른 채소들과 마찬가지로 수분함량이 높고 생산시기가 한정되어 있으므로 저장성이 낮으며 가용시기도 제한될 수밖에 없다. 따라서 이들 제품의 선도를 다소 연장하기 위하여 냉장 유통하는 방법을 사용하기도 하는데, 이러한 냉장유통방법은 냉장유통에 따른 에너지 소모가 높아 그 가격이 신선한 채소에 비해 약 3~4배 정도 증가하게 된다. 따라서 값싸고 편리한 건조법이 흔히 사용되어 왔는데, 이는 채소를 건조시킨 후 저장하여 신선한 채소의 대용으로 사용하기 위한 것이며

경우에 따라서는 가공의 한 방법으로서 또는 제조공정상의 이유로 채소를 건조하기도 한다. 우리나라에서도 예로부터 무말랭이, бак고지, 호박고지, 고사리, 고비, 표고, 도라지 등과 같은 채소를 건조하여 저장하는 방법이 널리 사용되어 왔다. 최근에는 이들 산채류가 건강지향성 식품으로 인식되어 그 소비가 증가되면서 지역 특산품으로도 개발되고 있다. 그러나 이들 제품은 대부분 농가에서 천일건조법에 의해 생산되고 있으므로 품질상의 문제가 발생하기 쉽다. 특히 천일건조 중에 산화반응이나 광화학반응에 의해 풍미가 저하되거나 색깔이 퇴색되어 품질이 저하될 뿐만 아니라 천일건조방법에 의하면 균일한 제품을 얻기가 어렵고 건조가 불충분하여 저장 중에 곰팡이가 발생하거나 해충의 피해를 받아 비위생적인 제품이 되기 쉬운 것으로 알려져 있다. 이들 제품들은 주로 농가에서 단순가공방법에 의해 생산되고 있으므로 이들 제품에 대한 연구도 그리 많지 않은 형편이다. 건조채소나 산채에 대한 연구로는 채소류의 식이성섬유와 그 특성에 대한 연구<sup>(1-3)</sup>와 산채류에 함유되어 있는 독성에 대한 연구<sup>(4-7)</sup> 등의 성분조사에 대한 연구가 있으며, 채소의 건조가공기술 및 건조방법 개선에 대한 일련의

Corresponding author: Jong Whan Rhim, Department of Food Engineering, Mokpo National University, Mokpo, Chonnam 534-729, Korea

연구<sup>(8-11)</sup>와 건조채소의 수분측정방법의 비교에 관한 연구<sup>(12)</sup> 및 근채류의 건조에 관한 연구결과<sup>(13)</sup>가 보고된 바 있다. 본 연구에서는 전남 구례의 특산품으로서 지리산 일대에서 생산되는 건조산채의 품질향상과 보존성 향상을 위한 연구사업의 일환으로 네 가지 산채에 대한 건조특성을 조사하였다.

재료 및 방법

시료

시료는 목포 근교에서 1993년 9월 중순부터 10월 중순에 걸쳐 수확한 신선한 호박, 고구마 줄기, 토란대, 도라지를 목포시내의 시장에서 구입하여 사용하였다.

호박은 깨끗이 씻은 후 약 0.3 cm 두께로 썰어 건조용 시료로 사용하였으며, 고구마 줄기는 외피를 벗긴 후 사용하였고 토란 대는 약 3 cm 길이로 잘라 외피를 제거한 후 굵기에 따라 2등분 또는 3등분하여 사용하였다. 도라지는 물에 불린 후 껍질을 벗겨 굵기에 따라 2등분 내지 4등분하고 너무 긴 것은 약 3 cm 정도로 잘라 건조용 시료로 사용하였다.

수분질량

각 시료의 수분함량은 상법<sup>(14)</sup>에 따라 측정하였다. 즉, 호박고지는 4등분, 고구마줄기, 토란대, 도라지는 약 3 cm

크기로 절단하여 일정량을 평취한 후 105°C drying oven (FOG-2, Jeio Tech.)에서 2시간 동안 방치하여 수분을 완전히 제거한 후 꺼내어 desiccator에서 30분간 방냉한 후 무게를 칭량하여 수분함량을 계산하였다.

건조속도

각 시료의 건조속도에 대한 건조온도의 영향을 조사하기 위하여 일정한 온도하에서 각 시료의 무게 변화를 시간별로 측정하였다. 시료의 무게는 infrared moisture determination balance(AD4712, A&D; Japan)를 사용하였다. 이를 위해 신선한 시료를 약 3 cm 크기로 균일하게 자른 후 종류에 따라 10~15g을 취하여 시료의 초기무게를 측정한 후 각 온도(50°C, 70°C, 90°C, 105°C)에서 5분 간격으로 무게의 변화를 기록하였다. 각 시료는 평형수분함량에 도달할 때 까지 건조하였다. 이와는 별도로 각 시료의 수분함량을 상법에 의하여 측정된 후 이를 이용하여 위에서 얻은 무게 변화 값으로부터 각 시점에서의 수분함량을 계산하여 건량기준으로 표시하였으며 각 건조실험은 2회 반복 실험하여 그 평균값을 사용하였다.

각 시점에서의 수분함량을 건조시간에 대해 도시하여 건조곡선을 얻었으며, 각 시점에서의 건조속도를 three point parabolic approximation method<sup>(15)</sup>에 의하여 결정하여 건조특성곡선을 작성하였다. 이들 건조특성곡선의 분석은 Saravacos와 Charm<sup>(16)</sup>의 방법을 따랐다.

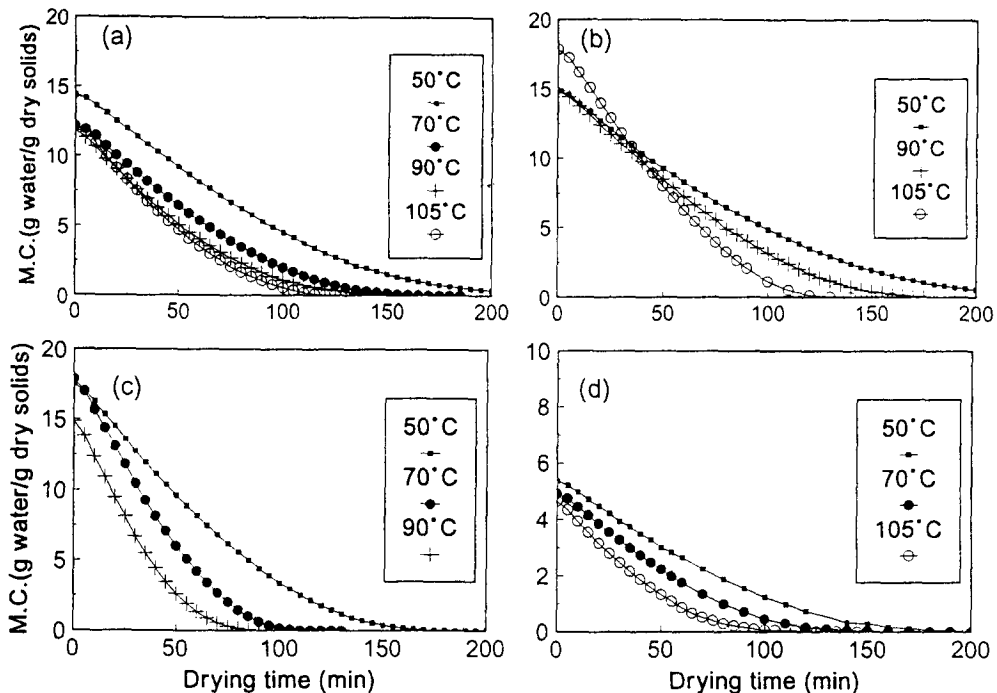


Fig. 1. Drying curves of vegetables at different drying temperatures: (a) zucchini slice; (b) sweet potato stem; (c) taro stem; (d) platycodon. (M.C.: moisture content)

**단분자층수분함량**

건조산채의 단분자층수분함량을 결정하기 위해 먼저 각 시료의 등온흡습곡선을 포화염용액법<sup>(18,19)</sup>을 사용하여 측정하였다. 이 때 사용한 염과 장치는 임<sup>(20)</sup>이 조미 건조 김의 등온흡습곡선을 작성할 때 사용한 것과 동일한 방법을 사용하였다.

건조산채의 등온흡습곡선을 3개의 각기 다른 온도(30, 40, 50°C)에서 측정하였는데 여기에 사용한 건조산채는 아무런 전 처리를 하지 않은 산채를 수분함량이 4% 내외가 되도록 50°C에서 열풍건조하여 사용하였다. 건조산채 약 2g을 미리 무게를 측정해 둔 알루미늄 시료접시에 넣어 수분활성도가 0.11~0.85 사이로 조정된 포화염용액을 포함하는 desiccator에 넣어 온도가 30, 40, 50°C로 조절된 정온기에 넣었다.

상법에 따라 평형수분함량을 결정하였으며, 평형수분함량을 수분활성도에 대해 도시하여 각 온도에서 등온흡습곡선을 작성하였다.

건조산채의 단분자층 수분함량은 BET(Brunauer-Emmett-Teller) 식<sup>(21)</sup>을 사용하여 결정하였다.

**결과 및 고찰**

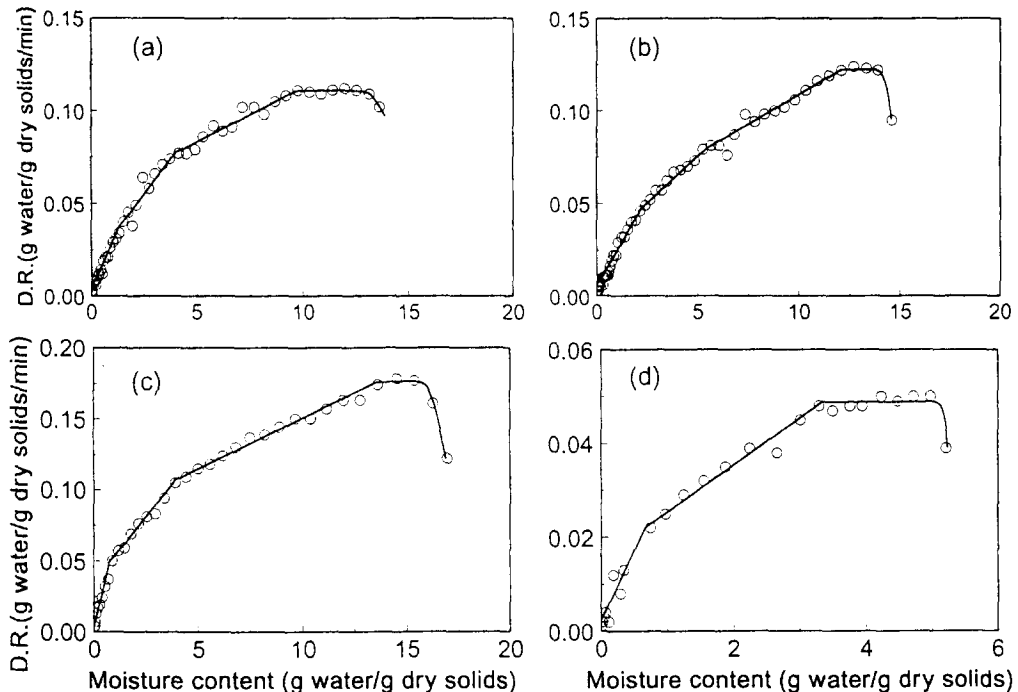
**건조 특성**

각 온도에서 호박고지, 고구마 줄기, 토란대 및 도라

지의 경시 적인 함수량의 변화를 측정하여 Fig. 1에 나타낸 바와 같은 건조 곡선을 얻었다. 이들 곡선에서 초기의 수분 함량에 다소 차이가 있는 것은 사용한 시료의 구입시기에 따라 수분함량이 다소 다르기 때문이다. 건조의 종말 점으로 사용한 평형에 도달하는 시간은 채소의 종류와 건조온도에 따라 달랐는데, 호박고지는 260~140분, 고구마줄기는 250~140분, 토란대는 170~150분, 도라지는 220~140분만에 평형점에 도달하였다. 권과 이<sup>(12)</sup>는 채소의 수분함량을 측정시 진공건조법과 Karl Fischer법이 비교적 일치된 결과를 보이는 우수한 방법임을 지적한 바 있으나 본 연구에서와 같이 연속적으로 감소하는 수분의 함량을 경시 적으로 측정하는데는 적외선 가열방법도 편리하게 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

각 채소들의 건조곡선은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 초기에 짧은 평형조절기간을 보인 후 두단계의 건조기간 즉, 향률건조기간과 감률건조기간을 나타냈다.

이러한 건조속도와 건조시간과의 관계를 보다 잘 이해하고 이들 건조 데이터로부터 이들 산채의 건조 특성 값들을 구하기 위하여 각 건조곡선으로부터 건조특성곡선을 얻었다. Fig. 2에는 편의상 50°C에서 측정한 결과만을 표시했다. 이들 산채의 건조특성곡선은 건조의 각 단계를 뚜렷하게 보여주는데, 초기에 평형조절기간에 의한 영향을 보인 후 향률건조기와 감률건조기로 나누어지며 감률건조기는 다시 산채의 종류에 따라 2~3단



**Fig. 2. Drying rates of vegetables as a function of moisture content at 50°C: (a) zucchini slice; (b) sweet potato stem; (c) taro stem; (d) platycodon. (D.R.: drying rate)**

제의 감률건조기로 구분되었다. 즉, 수분함량이 높은 호박고지, 고구마 줄기 및 토란 대는 3단계의 감률건조기를 나타냈으며, 수분함량이 낮은 도라지는 2단계의 감률건조기를 나타내었다. 일반적으로 전반부의 감률건조는 물체의 표면이 건조되어 건조속도가 떨어지므로써 나타나는 것이고 후반부의 감률건조는 고체내부에서의 확산속도가 상대습도나 열풍과 같은 외부 요인의 영향을 받지 않으므로 나타나는 것으로 알려져 있다. 감률건조곡선의 형태는 건조온도, 습도 및 풍속 등과 같은 외기의 건조조건이 일정하다라도 피건조물의 성질에 따라 달라지는 것으로 피건조물의 건조특성을 잘 나타낸다.

이들 산채의 건조특성곡선에서 공통적으로 관찰된 바와 같이 감률건조곡선이 위로 볼록한 형태를 보이는 것은 다량의 수분을 함유한 섬유질 상으로 구성된 식품에서 흔히 관찰되는 것으로 조 등<sup>(13)</sup>의 결과와 일치한다. 섬유질상의 식품의 감률건조곡선이 이와 같이 위로 볼록한 형태를 나타내는 것은 이들 식품에서 내부 수분의 이동이 확산현상 보다는 모세관현상에 의해 일어나기 때문이다.

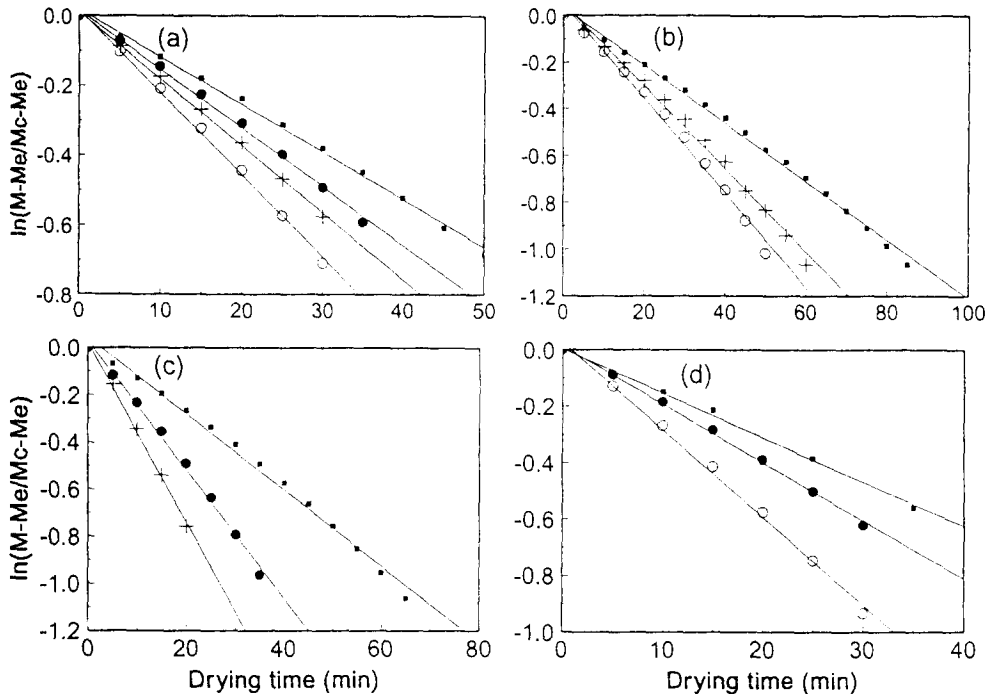
임계수분함량값은 건조온도에 따라 다소 달랐으나 Table 1에 보인 바와 같이 호박고지가 8.29~9.75, 고구마 줄기가 10.40~15.08, 토란대가 9.51~14.52, 도라지가 3.29~3.56g H<sub>2</sub>O/g dry solids로 나타났다. 이 값들은 조 등<sup>(13)</sup>이 무에서 9.46~8.24, 고구마에서 2.31~1.45g H<sub>2</sub>O/g dry solids를 얻은 결과와 비교적 잘 일치한다.

각 산채의 건조 데이터로부터 건조속도상수(k)를 구하기 위하여 Saravacos와 Charm<sup>(16)</sup>이 제안한 바와 같이  $\ln \frac{(M-Me)}{(Mc-Me)}$ 의 값이 0.6 이하 일 때의 값을 시간에 대해 도시하여 Fig. 3에 보인 바와 같은 직선을 얻었다. 이들 직선의 기울기로부터 이들 산채의 각 온도에서 건조속도상수(k)를 구할 수 있는데 이들 건조속도상수는 건조 온도에 영향을 받음을 알 수 있다. 따라서 건조속도상수 k는 피건조물의 절대온도의 함수로 표시되는데<sup>(22,23)</sup>, Henderson과 Pabis<sup>(24)</sup>는 이들 관계가 Arrhenius 식으로 적절하게 표시됨을 밝힌 바 있다.

건조속도상수의 온도 의존성은 Fig. 4에 보인 바와 같이 Arrhenius 식으로 표시할 수 있는데, 이 직선의 기울기로부터 각 산채의 감률건조기간에서의 건조 속도의

**Table 1. Critical moisture contents of vegetables dried at different temperature** (unit; g H<sub>2</sub>O/g dry solids)

Vegetables	Drying temperature			
	50°C	70°C	90°C	105°C
Zucchini slice	9.75	8.78	9.05	8.29
Sweet potato stem	12.12	—	10.40	15.08
Taro stem	14.52	11.83	9.51	—
Platycodon	3.29	3.56	—	3.54



**Fig. 3. Drying rate constants of vegetables during falling rate period:** (a) zucchini slice; (b) sweet potato stem; (c) taro stem; (d) platycodon. Legends are the same as in Fig. 1.

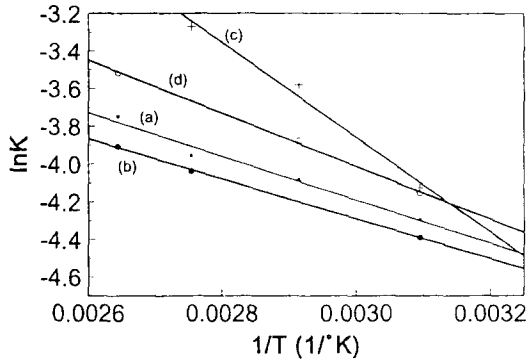


Fig. 4. Effect of temperature on the drying rate constant of vegetables during falling rate period: (a) zucchini slice; (b) sweet potato stem; (c) taro stem; (d) platycodon.

Table 2. Activation energy of falling rate drying of vegetables

Vegetables	Activation energy (kcal/mol)	Frequency factor (min <sup>-1</sup> )
Zucchini slice	2.30	0.486
Sweet potato stem	2.11	0.332
Taro stem	4.97	40.524
Platycodon	2.80	1.236

활성화 에너지 값을 구하여 Table 2에 표시하였다. 이들 활성화 에너지 값들은 정 등<sup>(25)</sup>이 사과와 감에 대한 활성화 에너지값 6.6 kcal/g mole에 비해 다소 낮은 값을 나타냈다. 이러한 이유는 이들 산채들이 다량의 수분을 함유하는 얇은 섬유질로 구성되어 건조표면으로 수분이동에 대한 저항이 적기 때문이라고 생각된다.

단분자층 수분함량

건조산채의 흡습특성을 등온흡습곡선을 통하여 조사하였는데, 이들 산채들은 사용한 포화염용액의 종류와 온도에 따라 평형에 도달하는 시간에 차이가 있었으나 대체적으로 10일 후에는 평형에 도달하였다. 각 시료가 평형에 도달한 후의 수분함량 즉, 평형수분함량을 수분활성도값에 대해 도시하여 등온흡습곡선을 얻었는데 Fig. 5에는 편의상 30°C에서 측정된 결과만을 표시하였다. 이들 등온흡습곡선은 수분활성도가 0.65정도까지는 수분함량이 완만한 경사를 이루며 직선적으로 증가하다가 그 이후로는 급격히 증가하는 경향을 나타냈다.

일반적으로 건조제품은 수분함량이 낮을수록 그 저장성이 높아지는데, Brunauer-Emmet-Teller의 흡착이론에 의하면 식품의 저장성은 단분자층수분함량을 가질 때 가장 이상적임이 알려져 있다. Burke와 Decareau<sup>(26)</sup>는 동결건조 채소의 수분함량이 단분자층수분함량에 가까운

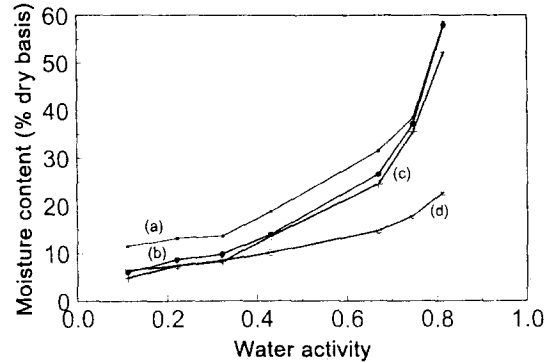


Fig. 5. Moisture sorption isotherms for dried vegetables at 30°C: (a) zucchini slice; (b) sweet potato stem; (c) taro stem; (d) platycodon.

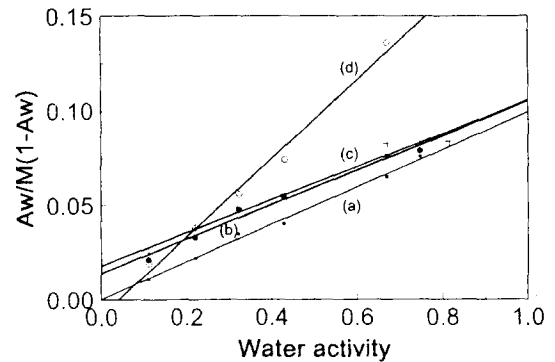


Fig. 6. BET isotherms for dried vegetables at 30°C: (a) zucchini slice; (b) sweet potato stem; (c) taro stem; (d) platycodon.

수분함량을 가질 때 저장성이 가장 좋았음을 밝힌 바 있다. 단분자층 수분함량을 구하기 위하여 BET 식에 따라 도시한 결과 Fig. 6과 같은 직선을 얻을 수 있었다. 이들 직선으로부터 계산한 각 산채의 단분자층 수분함량은 Table 3에 표시한 바와 같다. 이들 단분자층 수분함량 값들은 건조실험에서 구한 임계수분함량값(Table 1)보다 다소 높기는 하나 비교적 잘 일치하고 있다. 여기에서 임계수분함량값과 단분자층 수분함량값이 다소 차이가 나는 것은 건조실험과 등온흡습곡선 작성시 사용한 온도가 다르다는 점과 건조시에는 탈착현상이 적용되고 등온흡습곡선 작성 시에는 흡습현상이 적용되어 이들 사이의 hysteresis 현상에도 기인하는 것으로 생각된다. 따라서 동일 온도에서 건조실험과 등온탈착실험을 통하여 이들 사이의 관계를 규명할 필요가 있을 것으로 사료된다.

이와 같이 건조실험에서 구한 임계수분 함량 값과 등온흡습곡선에서 구한 단분자층 수분함량값이 유사한 값을 갖는다는 사실은 이들 채소를 안전하게 장기간

**Table 3. BET monolayer moisture content of vegetables at different temperatures (unit: g H<sub>2</sub>O/g dry solids)**

Vegetables	30℃	40℃	50℃
Zucchini slice	10.05	13.59	12.53
Sweet potato stem	9.49	12.69	12.62
Taro stem	9.50	12.93	16.48
Platycodon	5.01	5.28	5.44

저장하기 위해서는 수분함량을 단분자층 수분함량 이하로 또는 임계수분함량 이하로 건조시킬 필요가 있음을 의미한다. 이는 채소의 안전한 저장을 위해서는 모든 자유수를 제거해야 함을 의미한다. 이외에도 채소를 건조할 때에는 건조채소의 용도와 품질을 고려해야 하는데, 일반적으로 건조채소는 그대로 먹는 경우도 있으나 일단 수분을 흡수시켜 원상태로 되돌아가게 한 다음 먹는 것이 보통이므로 건조제품이 물을 흡수하였을 때 쉽게 원상태로 복원될 수 있도록 건조시키는 것이 좋다. 일반적으로 식품은 건조에 의해 저장성이 향상되고 건조과정에서 일어나는 성분변화에 의해 풍미나 색깔, 조직 등이 향상되는 경우도 있으나 대체적으로는 건조하는 동안에 풍미의 저하, 색깔의 퇴조, 영양성분의 손실 및 조직과 형태의 손상 등 품질이 저하되기 쉬운 문제가 있으므로 이를 고려하여 제품에 열 손상을 주지 않는 적합한 온도 범위에서 가능한 단시간에 수분을 제거해야 한다.

**요 약**

건조산채의 안전저장 수분함량을 결정하기 위하여 네 가지 채소 즉, 호박고지, 고구마줄기, 토란대, 및 도라지의 건조특성과 등온흡습특성을 조사하였다. 이들 채소의 건조곡선은 초기의 평형조절기간과 항률건조기 및 감률건조기간의 3단계로 뚜렷하게 구분이 되었으며, 감률건조기는 종류에 따라 다시 2~3단계로 구분되었다. 감률건조곡선은 섬유질상 식품의 건조 특징인 위로 볼록한 형태를 보였으며, 임계수분함량은 호박고지가 8.29~9.75, 고구마줄기가 10.40~15.08, 토란대가 9.51~14.52, 도라지가 3.29~3.56g H<sub>2</sub>O/g dry solids였다. 감률건조기간 중의 건조속도에 대한 활성화에너지값은 호박고지가 2.30, 고구마줄기가 2.11, 토란대가 4.97, 도라지가 2.80 kcal/mol이었다. 각 채소의 단분자층 수분함량값은 건조시의 임계수분함량값과 유사하였는데, 호박고지가 10.05~13.59, 고구마줄기가 9.49~12.69, 토란대가 9.50~16.48, 도라지가 5.01~5.44g H<sub>2</sub>O/g dry solids였다. 결과적으로 이들 채소를 안전하게 저장하기 위해서는 수분함량을 단분자층 수분함량 이하로 또는 임계수분함량 이하로 건조시킬 필요가 있음을 알 수 있다.

**감사의 말씀**

본 연구는 1993년도 전라남도청의 농어업 기술개발 연구사업비에 의하여 수행된 연구결과와 일부이며, 연구비를 지원하여 준 전라남도청에 깊은 감사를 드립니다.

**문 헌**

1. 강태순, 윤형식: 채소류의 식이성 섬유소의 함량과 물리적 특성. 한국영양식량학회지, 16, 49 (1987)
2. 서효정, 윤형식: 채소류의 식이성 섬유소의 함량과 이화학적 특성. 한국영양식량학회지, 18, 403 (1989)
3. 박원기, 김선희: 채소류의 식이성 섬유 함량 및 물리적 특성. 한국영양식량학회지, 20, 167 (1991)
4. 윤재영, 이서래: 고사리의 thiamin 분해에 미치는 반응 조건의 영향. 한국식품과학회지, 20, 600 (1988)
5. 윤재영, 송미란, 이서래: 고사리의 thiamin 분해 능에 미치는 조리조건의 영향. 한국식품과학회지, 20, 801 (1988)
6. 윤재영, 송미란, 이서래: 산채류의 thiamin 분해능 비교. 한국식품과학회지, 20, 808 (1988)
7. 서화중, 이명렬: 한국산 고사리의 독성조사에 관한 연구. 한국영양식량학회지, 18, 255 (1989)
8. 조광동, 박남규, 송정춘, 장규섭: 채소류 건조 가공 기술개발. 농진청 농업기술연구소 시험연구보고서(화학부편), 440 (1987)
9. 박남규, 송정춘, 조광동, 윤인화, 장규섭: 채소류 건조 가공시험. 농진청 농업기술연구소 시험연구보고서, 587 (1988)
10. 박남규, 송정춘, 조광동, 윤인화: 채소류 건조방법 개선 연구. 농진청 농업기술연구소 시험연구보고서(농이 균이편), 31(4), 18 (1989)
11. 박남규, 송정춘, 조광동, 윤인화: 다목적 농산물 건조 저장시설을 이용한 채소류 건조시험. 농진청 농업기술연구소 시험연구보고서, 429 (1990)
12. 권철성, 이동선: 건조채소의 수분측정방법 비교. 한국농업기계학회지, 12, 39 (1987)
13. 조덕제, 허종화, 김희연: 근채류의 건조 및 수축특성에 영향을 미치는 인자. 한국식품과학회지, 21, 203 (1989)
14. AOAC: Official Method of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1990)
15. Rhim, J.W., Nunes, R.V., Jones, V.A. and Swartzel, K. R.: Determination of kinetic parameters using linearly increasing temperature. *J. Food Sci.* 54, 446 (1989)
16. Saravacos, G.D. and Charm, S.E.: A study of the mechanism of fruit and vegetable dehydration. *Food Technol.* 16, 78 (1962)
17. Sabbah, M.A., Keener, H.M. and Meyer, G.E.: Simulation of solar grain drying using the logarithmic model. Paper number 77-3012. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, U.S.A.
18. Rockland, L.B.: Saturated salt solutions for static control of relative humidity between 5℃ and 40℃. *Anal. Chem.* 32, 1375 (1960)
19. Labuza, T.P., Kaanane, A. and Chen, J.Y.: Effect of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. *J. Food Sci.* 50, 385 (1985)
20. 임종환: 조미건조 김의 흡습특성에 관한 연구. 한국영양식량학회지, 22, 476 (1993)

21. Brunauer, S., Emmet, P.H., and Teller, E.: Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.* **60**, 309 (1938)
  22. Becker, H.A. and Sallans, H.R.: A study of internal moisture movement in the drying of wheat kernal. *Cereal Chem.*, **32**, 212 (1956)
  23. Ross, I.J. and White, G.M.: Thin layer drying characteristics of white corn. *Trans. of ASAE*, **15**, 175 (1972)
  24. Hederson, S.M. and Pabis, S.: Grain drying theory. I. Temperature effect on drying coefficient. *J. Agicul. Eng. Res.* **6**, 169 (1961)
  25. 정신교, 최용희, 손태화, 최종욱 : 사과의 건조조건에 따른 건조특성. *한국식품과학회지*, **18**, 61 (1986)
  26. Burke, R.F. and Decareau, R.V.: Recent advances in the freeze-drying of food products. *Adv. Food Res.* **13**, 1 (1964)
- 

(1995년 1월 19일 접수)