

乾燥菜蔬의 水分測定方法 比較

Comparisons of Measurement Methods of the Moisture Content of Dried Vegetables

권 칠 성*, 이 동 선*

C. S. Kwon, D. S. Lee

Summary

Measurement methods of moisture content were compared with 7 dried vegetables (red pepper, onion, green onion, garlic, ginger, carrot and radish). The moisture contents of dried vegetables having different moisture contents were determined by atmospheric oven drying, infrared balance, vacuum oven and Karl Fisher methods.

Vacuum oven and Karl Fisher methods gave the relatively agreed results and considered to give the accurate moisture content. Atmospheric oven drying and infrared balance methods resulted in higher moisture content than methods mentioned above, because of the thermal decomposition of solid. Calibration of the moisture data of atmospheric oven drying method into the vacuum oven data was undertaken. The thermodecomposable solid fraction was high in onion, radish, green onion and carrot, and was in the range of 8.0-11.7% of the total solid in these products.

1. 서 론

건조식품에 있어서 수분함량은 저장 안전성 측면에서 가장 중요한 품질요소이며 건조공정에서 건조수율에 크게 영향을 미치므로 건조제품의 정확한 수분함량의 측정과 관리는 대단히 중요하다. 식품의 수분함량은 측정방법에 따라 차이가 있기 때문에 여러가지 수분 측정방법이 제시되고 특정 목적마다 표준방법이 정하여져 있는 경우가 많다. 건조채소에 있어서 수분함량은 진공건조법이나 Karl Fisher 방법에 의하여 측정하는 것이 일반적인 원칙으로 되어 있으나¹⁾ 보편적으로 국내 건조공장에서는 상압건조법이나, 적외선 측정법이 사용되고 있다. 또한,

많은 연구자들도 건조채소의 수분함량을 105℃ 상압건조법에 의한 측정치로 보고하고 있다^{2,3,4)} 국내 식품규격에서도 건조채소의 수분 측정방법에 대한 명확한 명시가 없는 형편이었다⁵⁾ 따라서, 많이 사용되는 수분 측정방법간의 상호관계를 밝히는 것은 현장의 공정관리나 측정방법간의 보정을 위해 절대적으로 필요한 일이다.

본 연구에서는 건조채소의 수분측정에 현재 이용되는 몇가지 방법을 대표적인 건조채소에 대해서 비교 검토하였다.

2. 재료 및 방법

*경남대학교 공과대학 식품공학과

가. 재료

본 실험에 사용된 시료는 삼양농수산(주)에서 제공한 것으로 일반적인 열풍건조방법에 의하여 건조된 제품이었다. 채소류 품목으로는 건조채소로서 많이 이용되는 대표적인 것으로 엽채류로서 고추, 양파, 파, 근채류로서 마늘, 생강, 당근, 무우를 택하였다. 양파는 재배, 수확의 면에서는 근채류이지만, 건조에서의 조직특성이 엽채류에 가까우므로 엽채류에 포함시켜서 분석하였다.¹⁰⁾ 건조채소는 분쇄기에서 40 mesh로 마쇄한 다음, 각 품목당 5개 범위의 수분함량으로 조절하였다. 고추는 개량종 고추로서 꼭지만 탄 채 씨를 포함하여 분쇄한 고추가루를 시료로 하였다. 수분함량의 조절을 위해서는 40℃ 항온기에서 건조하거나, 물을 소량씩 분무 칩가하면서 균일하게 섞은 다음, 5℃ 냉장고에서 24시간 방치하여 수분이 전체적으로 평형에 도달되게 하여 알미늄적층 Plastic Pouch에 넣고 밀봉하여 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였다.

나. 수분 측정방법

비교된 측정방법으로는 상압건조법, 적외선 수분 측정법, 진공건조법, Karl Fisher 법을 사용하였다. 각 측정치는 2반복 실험으로 결정하였고 오차가 큰 경우 3반복으로 재실험하였다.

1) 상압건조법 : 상법에 의하여 2g 내외의 시료를 칭량병에 넣고 105℃ 건조 오븐에서 항량에 도달할 때까지 건조하였다.¹¹⁾ 건조과정중, 1시간씩 건조하여 가면서 수습점 세제자리카지의 무게 변화가 없을 때를 항량에 도달한 것으로 보았다. 이때 전체 건조시간은 약 6시간이 소요되었다.

2) 적외선 수분측정법 : Infrared moisture Balance(Ohaus 601opc)에 5g의 시료를 놓고 적외선 가열하여 무게감소가 없을 때까지 건조하여 측정하였다. 항량에 도달하는 시간은 약 30분 정도로 가열온도는 80℃ 부근이 되도록 실험조건을 조정하였다.

3) 진공건조법 : Makower 등의 방법에¹⁰⁾ 준하여 실시하였다. 즉 2g 내외의 시료를 칭량병에 담아 엽채류의 경우는 60℃에서 40시간, 근채류의 경우는 70℃에서 40시간 동안 2.5inch Hg의 진공하에서 건조하여 증발된 수분량을 측정하여 수분함량을 결정하였다.

4) Karl Fisher 법 : 633-Karl Fisher Autome-

ter (Metrohm, swiss)를 사용하여 100mg내의 시료를 취하여 metbanol 20ml로 5분간 교반, 추출후 Karl Fisher 시약으로 적정하여 수분함량을 결정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 측정방법에 따른 수분함량

건조 엽채류의 측정방법에 따른 수분함량의 차이를 보면 Table 1과 같다. 또, Table 2에서는 건조 근채류의 측정방법에 따른 수분함량을 나타내고 있다. 엽채류나 근채류에 있어서 모두 상압건조법이 가장 높은 값을 보이고 적외선 수분 측정법이 대체적으로 이와 비슷한 결과를 보여주나 전체적으로 좀 낮게 나타나고 있다. 특히 건조 마늘의 경우 높은 수분함량 범위에서 적외선 수분측정법에 의한 수분함량이 아주 낮게 나타나고 있는데, 마늘은 수분이 높을 때 Caking 현상이 심하여 짧은 시간에 평형에 도달하는 적외선 수분측정법에서 측정치가 낮게 나타나는 것으로 생각된다.

진공건조법과 Karl Fisher 법에서는 앞의 두 방법에 비해 상당히 낮은 값을 보이고 이 두 방법간의 측정치는 비교적 비슷하고 일치된 경향을 보여 주고 있다. Karl Fisher 법은 수분을 적정에 의해서 과학적으로 정량하여 소량의 수분까지도 정확하게 측정함으로써 보편적으로 비교를 위한 수분측정의 표준방법으로 인정되고 있다. 이 두 방법간의 일치하는 McComb 등의 결과와 같고,¹²⁾ 이 두 방법은 건조 채소의 수분함량을 상당히 정확하게 측정하는 것으로 생각된다. 이런 이유등으로 건조 채소의 수분 측정방법으로 진공건조법과 Karl Fisher 법이 보편적인 공인방법으로 인정되고 있다. 그리고 근채류와 엽채류간에 뚜렷한 경향 차이는 보여주지 않고 있다.

상압건조법과 적외선 수분 측정법이 높은 수분함량을 나타내게 됨은 항량에 도달하는 과정에서 높은 건조온도 때문에 시료가 타는 현상에 기인하였다. 따라서 증발수분 이외의 시료의 부분적인 열분해 현상이 항량에 도달하기까지의 중량감소를 증가시키는 요인이 되고 있다. 실제 건조과정중 이 두 방법에서는 엄밀한 의미에서 항량에 도달되지 않고 건조가 진행됨에 따라 열분해 현상으로 계속적인 증

Table 1. Moisture contents of leafy vegetables measured by several methods

Item	Moisture content (%)			
	Atmospheric oven drying	Infrared balance	Vacuum oven	Karl fisher
Red pepper	3.37	2.0	0.12	1.05
	11.18	10.0	7.38	8.76
	15.42	15.0	12.14	12.56
	21.24	19.5	17.71	18.33
	27.73	27.5	23.70	24.16
Onion	15.15	10.5	3.77	4.09
	18.11	18.0	6.51	8.50
	20.94	19.0	10.47	14.09
	27.15	21.5	17.21	19.11
	33.49	26.0	23.95	25.64
Green onion	11.23	8.0	2.00	3.57
	18.10	14.0	8.15	9.04
	21.70	18.0	11.52	13.73
	28.25	24.0	17.56	19.47
	33.01	26.5	22.46	24.84

량감소가 일어나고 있었다. 따라서 이 두 방법에 의한 수분함량 측정은 측정조건에 따라 어느 정도 달라질 수 있는 것으로 생각된다. 그리고, 이로 인한 수분함량의 측정오차는 품목에 따라 크게 차이를 보이고 있어서 이에 대한 검토가 요구된다.

진공건조법과 Karl Fisher 법이 비교적 비슷한 수분함량과 일치된 경향을 보이면서도 Karl Fisher 방법에 의한 수분함량이 약간 높게 나타나고 있는데, 이는 McComb 등의 경향과 같고⁸⁾ Karl Fisher 방법에서는 진공건조법에 의해 증발 건조되지 않는 일부 결합수까지 측정됨에 의한 것으로 생각된다.⁹⁾

나. 상압건조법에 의한 측정수분값의 보정

본 실험에서 검토된 4가지 수분 측정방법 중에서 앞에서 언급된 바와 같이 105°C 상압건조법이 여러 이유등으로 일반적으로 가장 많이 사용되나, 식품 성분의 열분해로 인해서 실제 수분함량보다 높은 결과를 나타내게 된다. 적외선 수분 측정방법은 단시간에 간편하게 측정될 수 있는 장점이 있으나, 고온이 이용되는 관계로 향량도달시에 식품성분의

열분해 현상이 생기게 되고, 측정 수분치는 여러 실험조건에 따라 달라지게 된다. 따라서 건조채소류와 같이 고온에서 열분해가 일어나는 식품은 진공건조법이나 Karl Fisher 법에 의하여 수분함량이 측정되는 것이 바람직하다. 그러나 Karl Fisher 방법은 측정장치의 가격이 비싸고 비싼 시약을 필요로 하는 제약이 따르며, 비교적 측정이 간편한 진공건조법은 일반적으로 이용될 수 있는 것으로 생각되나, 측정시간이 긴 것이 단점이다.

이렇게 볼 때 기존의 많은 측정치와 현장등에서 많이 쓰이는 105°C 상압건조법에 의한 수분측정치를 진공건조법에 의한 실제 수분함량으로 보정할 필요가 있으며 본 연구에서는 이들 방법간의 수분측정치의 상호관계를 검토하였다. 상압건조법과 진공건조법에 의한 수분 측정치의 관계는 Fig. 1, Fig. 2에 나타내었다. 이 두 방법에 의한 측정치간에는 직선적인 회귀관계가 있음을 보이고 있다.

본 분석에서 105°C 상압건조법에 의한 높은 수분 측정치는 열분해되는 식품의 고형성분에 의하고

Table 2. Moisture contents of root vegetables measured by several methods

Item	Moisture content (%)			
	Atmopheric oven drying	Infrared balance	Vacuum oven	Karl fisher
Garlic	2.90	3.0	0.60	1.46
	9.70	7.0	6.80	7.99
	16.24	13.2	10.51	11.24
	22.73	15.0	15.97	16.48
	27.31	18.5	20.95	19.68
Ginger	4.08	3.5	0.12	1.83
	10.01	7.5	5.77	5.91
	14.18	12.0	9.60	10.64
	19.44	18.0	15.58	17.22
	25.51	24.0	22.32	23.92
Carrot	9.49	7.0	0.37	1.83
	16.93	11.5	6.58	8.31
	23.43	15.5	10.00	10.27
	28.70	21.0	16.49	18.18
	36.06	28.0	25.25	25.59
Radish	14.91	7.0	4.73	5.19
	18.16	11.5	7.76	8.16
	21.32	16.5	14.74	15.80
	26.08	23.5	18.22	18.98
	32.08	29.0	24.44	25.61

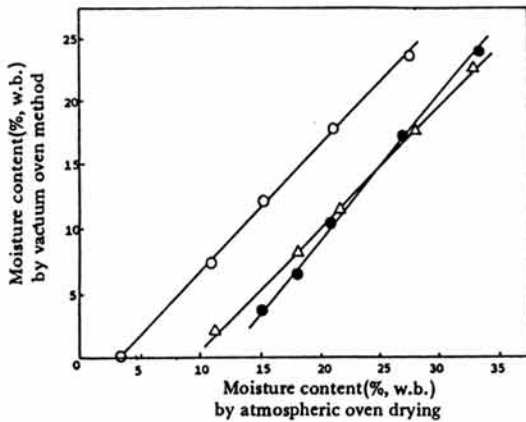


Fig. 1. Relationship between the moisture contents determined by atmospheric oven drying and those by vacuum oven method for leafy vegetables. -○- ; red pepper, -●- ; onion, -△- ; green onion.

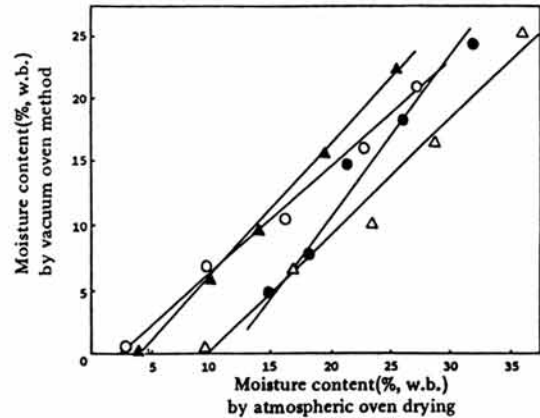


Fig. 2. Relationship between the moisture contents determined by atmospheric oven drying and those by vacuum oven method for root vegetables. -○- ; garlic, -▲- ; ginger, -△- ; carrot, -●- ; radish

이는 특정 품목에 있어서 고형물 기준으로 일정하게 존재하는 것으로 가정하였다. 즉, 100g 전체 시료 중에 m_0 g의 수분이 존재하고, 고형물 100g 당 열분해 가능한 고형분은 c g으로 존재한다면, 100g 전체 시료 중에는 $(100-m_0)$ cg의 열분해 가능한 고형분이 존재하게 된다. 수분측정에서 실제 수분함량 m_0 는 진공건조법에 의해 측정된 값이 되고 상압건조법에 의한 수분측정에서는 열분해되는 고형물도 무게 감소를 일으키게 되어 측정 수분함량은 다음 (1)식으로 나타내게 된다.

$$m_1 = m_0 + (100 - m_0)c/100 \dots\dots\dots (1)$$

여기서 m_0 : 진공건조법에 의한 수분측정치 (% w.b.)

c : 열분해 가능한 고형분(g고형분/100g 고형분)

m_1 : 상압건조법에 의한 수분 측정치 (% w.b.)

(1)식을 정리하면

$$m_0 = 100m_1 / (100 - c) - 100c / (100 - c) \dots\dots\dots (2)$$

(2)식에 의하여 105°C 상압건조법에 의한 수분 측정치는 진공건조법에 의한 수분함량으로 보정될 수 있으며 c 값은 특정시료에 대비실험함으로써 결정될 수 있을 것이다. 본 분석에서는 (2)식을 다음 (3)식의 1차회귀식으로 단순화시켜 정리하고 (3)식의 a , b 값을 최소자승법으로 각 품목에 대하여 구하였다. 이 결과는 Table 3에 나타내었다.

$$m_0 = am_1 - b \dots\dots\dots (3)$$

(2)식과 (3)식의 비교에 의하면 c 값에 의하여 a , b 값 모두가 결정되고 a 값은 1보다 커야 하지만 몇 품목에서는 a 값이 1.0보다 적게 나타나는데, 이는 고수분시료를 진공건조법에 의하여 측정할 때 일부 시료가 수분으로 인해 심하게 영겨서 낮은 건조온도로 인해 내부수분이동이 부족하고 이로 인해 약간 낮은 수분함량을 보인 것과 실험오차등에 의한 결과가 회귀분석에 영향을 미친 것으로 분석된다. 이런 점등을 고려하여 고수분 영역 data의 영향이 적은 b 값으로부터 c 값을 구한 결과 Table 3에 함께 나타내었다. 건조 채소에 있어서 양파, 무우, 당근, 파동이 상압건조법에 의한 수분측정시 열분해 성분이 8.0~11.7%로 많으므로, 이에 의한 수분 측정시 오차가 클 수 있음을 보여주고 있다. 이러한 열분해 성분량의 품목간의 차이에 대해서는 채소류 고형분의 구성에 대한 보다 깊은 연구와 검토가 필요한 것으로 생각된다.

4. 요약 및 결론

7품목의 건조 채소류에 대해서 측정방법을 달리 하여 수분함량을 측정하고 이들의 관계를 비교 검토하였다. 건조 채소로는 고추, 양파, 파, 마늘, 생강, 당근, 무우로서 적당한 범위의 수분함량으로 조절된 뒤, 상압건조법, 적외선 수분측정법, 진공건조

Table 3. Coefficients of the regression equations relating moisture data measured by atmospheric oven drying to those by vacuum method

Item	Equation (3)			Thermodecomposable solid fraction (c in eq. (2), g/100g solid)
	a	b	R^{2*}	
Red pepper	0.98	3.20	0.999	3.10
Onion	1.11	13.19	0.999	11.65
Green onion	0.94	8.69	0.999	8.00
Garlic	0.80	1.70	0.992	1.67
Ginger	1.04	4.52	0.998	4.32
Carrot	0.92	9.29	0.977	8.50
Radish	1.16	12.14	0.974	10.83

* Coefficients of determination

법, Karl Fisher 법에 의하여 수분이 측정되었다.

진공건조법과 Karl Fisher법이 비교적 일치된 측정결과를 보이고 정확한 수분함량을 나타내었다. 상압건조법과 적외선 수분 측정방법은 건조중 고형분의 열분해 현상으로 실제 수분함량보다 높은 결과를 보였다. 일반적으로 편이성, 시간등의 이유에서 현장에서 가장 많이 사용되는 상압건조법에 의한 수분 측정치를 진공건조법에 의한 실제 수분함량으로 보정할 수 있는 1차회귀식을 구하고 열분해로 인한 오차요인을 분석하였다. 상압건조법에 의한 수분측정시 열분해에 의한 오차는 양파, 무우, 당근, 파에서 큰 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 김동연, 이종욱, 1980. 건조고추 저장중의 변색에 관한 연구. 한국식품과학회지. 12(1): 53~58.
2. 김현구, 박무현, 신동화, 민병용. 1984. 저장상 대습도와 온도에 따른 통고추의 변색 및 흡습 특성. 한국식품과학회지. 16(4): 437~442.
3. 보건사회부. 1986. 식품등의 규격 및 기준. 한국식품공업협회. pp. 59~61.
4. 신동화, 이동선, 신휴년, 박노현, 구영조. 1983. 야채류 적정건조 및 장기저장 적정조건 구명시험. 비축농산물 저장 시험보고서. 농어촌개발공사 식품연구소. pp. 153~223.
5. 이만정. 1984. 식품분석. 동명사. pp. 32~36.
6. 장규섭, 김재욱. 1976. 유연포장재를 이용한 고추포장에 관한 연구 한국농화학회지. 19(3): 145~154.
7. Karmas, E. 1980. Techniques for measurement of moisture content of foods. Food Technology. 34(4): 52-59.
8. Makower, B., S. Chastain, and E. Nielsen. 1946. Moisture determination in dehydrated vegetables. Vacuum oven method. Industrial and Engineering Chemistry. 38(7): 725-731.
9. McComb, E.A. and H.M. Wright. 1954. Application of formade as a extraction solvent with Karl Fisher reagent for the determination of moisture in some food products. Food Technology. 8(2): 73-75.
10. Van Arsdel W.B. 1963. Food dehydration. Vol. 1 AVI p. 174.
11. Williams, S. 1984. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 14th ed. The Association of Official Analytical Chemists. pp. 613-614.
(原稿接受 1987年 12月 20日,
質問期間 1987年 4月 30日)