

## 양파의 부위에 따른 pyruvic acid 함량

이은주 · 서전규<sup>†</sup>  
경북대학교 원예학과

### Pyruvic Acid Content according to Different Portions in Onion (*Allium cepa* L.)

Eun-Ju Lee and Jun-Kyu Suh<sup>†</sup>

Department of Horticultural Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

#### Abstract

By analysis of pyruvic acid and sugar levels in bulbs, leaf sheaths, and leaves, and with regard to phyllotaxis, it was shown that the lower portion of each plant component had the greatest pyruvic acid content, the upper portion less, and the middle portion the lowest. When bulb scales were examined, pyruvic acid content was lowest in the second bulb scale from the papery scale. Pyruvic acid level increased toward the inner portion of the bulb. Pyruvic acid levels in leaf sheaths and leaves were greater than those in the bulb during the early stages of bulb growth. However, at harvest, the pyruvic acid content of bulbs increased slightly, whereas those of leaf sheaths and leaves decreased markedly. Tissue sugar contents were similar at the beginning of bulb growth. However, bulb sugar content increased greatly as the bulb grew, and sugar contents of leaf sheaths and leaves decreased. With respect to phyllotaxis, outer older leaves had the lowest total sugar and pyruvic acid contents. Young leaves showed a tendency to have less pyruvic acid and sugar compared with mature leaves.

**Key words :** *Allium cepa* L., bulb scales, leaf sheath, phyllotaxis, pyruvic acid

#### 서 론

단 양파 육종에 있어 모구의 선발 및 채종은 단 양파의 지표로 이용하고 있는 pyruvic acid 함량을 분석하여 개체를 선발한 후 그 개체를 다시 모구로 심어 채종을 하여야 한다. 그러기 위해서는 성분 분석 후 양파 구의 성장점을 포함한 일부가 잔존하여야 하기 때문에 분석 시 개체의 일부만을 이용하여야 하는 문제가 있다. 기존의 보고에 의하면 동일한 양파 구에서 pyruvic acid 함량은 부위에 따라 다르며(1), 황 화합물도 인편 위치에 따라서 다르다(2). 양파의 향미성분 전구체 중에서 S-propenyl-L-cysteine이 가장 중요하며, 이 성분의 함량이 저장기간 중에도 내부인편과 상부 및 기부에서 증가한다는 보고가 있다(3). 그리고 양파의 단맛에 영향을 미치는 다른 한 요인인 비구조성 수용성 탄수화

물(nonstructural water soluble carbohydrates)은 구의 중요한 구성성분이며 전체 건물중의 41~88% 정도 차지한다(4-6). 축적된 수용성 탄수화물의 형태는 구 내에서도 위치에 따라 다르며, 인편위치에 따라 달라진다(7). 따라서 본 실험은 양파 시료의 상부, 중부, 하부 및 인편위치별로 세분화 하여 부위별 pyruvic acid 함량을 측정하였으며, 이를 토대로 구 전체를 대표할 수 있는 부위를 구명하여 분석 시 소요되는 시료의 양을 최소화 시키고자 노력하였다. 그리고 양파 잎에서 황 화합물의 이동은 생육기간동안 엽신에서 발달중인 인편조직으로 공급하기 위하여 재순환되므로(10,11) 양파 구에 비해 엽 조직에서 황 함량이 더 높다는 연구결과가 있다(12). 따라서 생육기간 경과에 따른 양파 식물체의 구, 엽초, 엽 및 엽서에 따른 부위별 pyruvic acid와 당 함량을 분석하여 그 변화 양상을 관찰하고자 하였다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : [jksu@knu.ac.kr](mailto:jksu@knu.ac.kr),  
Phone : 82-53-950-5723, Fax : 82-53-950-5723

## 재료 및 방법

### 재료

양파 구의 상부, 중부, 하부 및 인편 위치에 따른 pyruvic acid 함량을 분석하기 위하여 중생종 품종인 매직골드 (Syngenta, Korea)와 중만생종 품종인 슈퍼황(Dongbuhitek, Korea) 및 만생종 품종인 농우대고(Nongwoo, Korea)를 2006년 9월 2일에 파종, 2006년 10월 19일 정식하여 추파 재배한 후 2007년 6월 3일, 6월 5일, 6월 12일에 숙기별로 시기를 달리하여 각각 수확하여 자연저장 하였다. 그리고 저장 양파를 이용하여 시료의 채취부위를 상부, 중부 및 하부의 3등분한 것과 양파 구를 구성하는 인편의 위치별로 구분하여 pyruvic acid 함량을 측정하였다.

그리고 생육기간 경과에 따른 양파 식물체의 구, 엽초, 엽 및 엽서에 따른 부위별 pyruvic acid와 당 함량을 분석하여 변화양상을 관찰하기 위하여 조생종 품종인 에이스 300(Nongwoo, Korea)을 2007년 9월 5일에 파종, 2007년 11월 5일에 정식하여 농우바이오 밀양연구소 비닐하우스에서 재배하였다. 수확은 80%가 도복되는 시점을 기준으로 하여 2008년 4월 23일에 실시하였다. 수확한 양파는 플라스틱 상자에 담아 비가림 시설이 되어 있는 일반 비닐하우스에서 자연저장 하였다.

### Pyruvic acid 정량

Pyruvic acid 함량은 Yoo 등(1995)의 분석방법을 변형한 방법을 이용하여 분석하였다(13). 본 실험에 사용된 DNPH (2,4-dinitrophenylhydrazine, Kanto Chemical, Tokyo, Japan)는 2 N 염산에 용해시켜 0.0125% 용액을 만들어 사용하였고, pyruvate 표준품으로는 sodium pyruvate(Junsei Chemical, Tokyo, Japan)를 사용하였다. 분석방법은 양파 생체시료를 5 mm 크기로 절단한 뒤 5분 동안 상온에 방치한 후 액체질소를 이용하여 효소의 활성을 고정시켜 마쇄하였고, 동일한 양의 마쇄시료에 일정 비율의 증류수를 첨가한 혼합액을 15분 동안 상온에 둔 후 4°C 15,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 그 상등액을 샘플시료로 이용하였다. Pyruvic acid 정량은 샘플시료 100 µL에 DNPH 4 mL을 넣어 37°C 항온수조에서 반응시키고, 10분 후에 반응을 종료시키기 위하여 1 N NaOH 8mL을 넣어준 후 spectrophotometer (UV-1201, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 485 nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 당 정량

당 함량 분석은 pyruvic acid 분석을 위한 시료액을 Sep-Pak cartridge와 0.45 µm syringe filter로 다시 여과하여 시료액으로 사용하였다. 당은 sucrose, glucose, fructose를 표준물질로 하여 Waters Sugar-Pak 1(6.5 × 30 mm) column이 장착된 HPLC(Waters 2695, Massachusetts, USA)를 사용

하여 분석하였다. 분석조건은 column temperature 85°C, flow rate 0.6 mL/min, injection volume 10 µL로 하였으며, mobile phase는 HPLC용 3차 증류수를 사용하였고, RI detector (Waters 2414, Massachusetts, USA)로 검출하였다.

## 결과 및 고찰

### 양파 구의 부위별 pyruvic acid 함량 차이

양파 구를 상부, 중부 및 하부로 3등분하여 pyruvic acid 함량을 측정된 결과, 3품종 모두 하부에서 가장 높았고, 다음이 상부였으며 중간부분의 함량이 가장 낮았다(Table 1). 이전의 보고에서도 상부에 비해 단축경을 포함하고 있는 하부의 pyruvic acid 함량이 더 높았다(1). 양파의 매운맛에 영향을 미치는 향미성분 전구체 중 몇몇 전구체들은 단축경을 통하여 발달중인 어린잎이나 인편으로 이동한다(12). 양파 구의 단축경에서 많은 양의 향미성분 전구체가 유의하게 검출되며 이것은 단축경이 인편들 간의 이동 통로임을 시사하고 있다(14). 본 실험에서 전체 구의 pyruvic acid 함량과 유사한 부분은 중생종 및 중만생종 품종의 경우에는 구의 상부였으나, 만생종 품종은 구의 하부가 오히려 근접하는 경향이었다.

Table 1. Pyruvic acid contents according to different portions in onion bulb

Portions	Maejigoldeu	Syupeo-hwang	Nong-u daego
total	4.99 ab <sup>1)</sup>	5.12 ab	6.67 a
top	5.19 a	4.90 bc	5.43 b
middle	4.25 b	4.00 c	5.23 b
bottom	5.73 a	5.96 a	7.36 a

<sup>1)</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

양파 구의 pyruvic acid 함량에 있어 인편별로는 내부인편에 비해 외부인편에서 더 높고(1), 향미성분 전구체의 함량은 가장 바깥쪽 2개의 인편보다 구의 상부나 기부 중심이나 내부인편에서 더 높다(3). 그러나 본 실험에서는 3품종 모두 외피로부터 2번째 인편에서 가장 낮았으며 3번째 인편부터는 구의 내부로 갈수록 pyruvic acid 함량이 증가하였다. 그리고 구의 pyruvic acid 함량과 유사한 인편은 중생종 및 중만생종 품종은 외부로부터 3~4번째, 만생종 품종은 4~5번째 인편이었다(Table 2). 황화합물 대사에 관한 이전의 보고에서, 오래된 인편은 구 안쪽으로 새로 생성된 인편에 비해 S-alk(en)yl-L-cysteine sulphoxides (ACSOs)의 농도가 낮고, 이들은 엽신에서 내부 인편으로 재순환한다고 가정하였다(15).

**Table 2. Pyruvic acid contents according to different bulb scales in onion**

Portions	Maejikgoldeu	Syupeo-hwang	Nong-u daego
total	4.35 ab <sup>1)</sup>	5.31 cde	5.66 abcd
1	3.99 ab	6.30 abcd	6.38 ab
2	3.53 b	4.44 e	4.86 d
3	4.14 ab	4.98 de	5.10 cd
4	4.70 ab	5.73 bcde	5.32 bcd
5	5.21 a	6.43 abc	5.97 abcd
6	5.44 a	6.77 ab	6.26 abc
7(inner)	5.36 a	7.35 a	6.60 a

<sup>1)</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

**양파 식물체의 부위별 pyruvic acid와 당 함량 차이**

양파 식물체의 구, 엽초, 엽 및 엽서별 pyruvic acid와 당 함량의 차이를 비교해 보기 위하여 시료로 이용된 'Ace 300' 품종의 시기별 생육특성은 Table 3과 같다. 초장과 구중은 3월 26일 이후 유의한 차이가 없었으나, 이 후 구비대가 급격히 진행되면서 구비대지수와 구형지수는 유의한 차이를 나타내었다. 건물률은 4월 10일까지 증가하다가 수확기 구비대가 급격히 이루어지면서 감소하였다.

**Table 3. Seasonal changes in growth of onion plant**

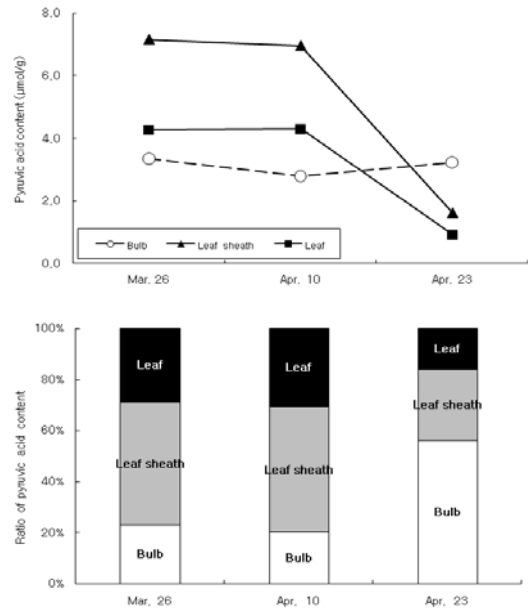
Date	Plant height (cm)	Bulb fresh wt. (g)	Bulbing index <sup>1)</sup>	Bulb shape index <sup>2)</sup>	Dry matter ratio (%)
March 26	50.8 b <sup>3)</sup>	28.2 b	4.10 c	1.7 c	8.4 ab
April 10	63.7 a	98.0 a	8.63 b	1.2 b	8.6 a
April 23	60.6 a	111.7 a	14.60 a	1.1 a	7.9 b

<sup>1)</sup>Bulb/neck diameter.

<sup>2)</sup>Bulb height/diameter.

<sup>3)</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

항미성분 전구체와 pyruvic acid 함량 간에는 정의 상관관계가 성립하고 특히, 줄기에서 그 함량이 가장 높다고 밝혀져 있다(2). 본 실험에서도 생육기간 경과에 따른 구, 엽초부 및 엽의 pyruvic acid 함량은 구비대 초기에는 구에 비해 엽과 엽초부의 pyruvic acid 함량이 더 높았으며, 특히 엽초부의 pyruvic acid 함량은 7.2  $\mu\text{mol/g}$  정도로 월등히 높았다 (Fig. 1). 구비대가 진행되면서 구 비대 초기에는 구의 pyruvic acid 함량은 조금 감소하였고, 엽과 엽초부는 큰 변화가 없었다. 그러나 이 후 구비대가 급격히 진행되는 수확기에 이르러서는 구의 pyruvic acid 함량은 3.2  $\mu\text{mol/g}$  정도로 다소 증가하였지만 엽과 엽초부는 큰 폭으로 감소하였으며, 특히 엽의 pyruvic acid 함량은 0.9  $\mu\text{mol/g}$  정도로 가장 낮았다. 생육중인 엽과 구 사이의 황 경쟁에 의해 구비대가 진행될수록 엽신에서의 황 함량이 감소한다(16).



**Fig. 1. Seasonal changes in pyruvic acid contents according to different portions in onion plant.**

생육기간 경과에 따른 구, 엽초부 및 엽의 총당 함량은 Fig. 2와 같다. 구비대 초기에는 구와 엽의 총당 함량은 31.0 mg/g 정도로 거의 유사하였고, 앞의 pyruvic acid와 마찬가지로 엽초부의 총당 함량이 가장 높았다. 그러나 구비대가 활발히 진행되면서 탄수화물은 잎에서 합성되어 구로 전이되어(17) 구의 총당 함량은 52.0 mg/g 정도로 큰 폭으로 증가하였고, 엽과 엽초부는 생육기간이 경과할수록 감소하기 시작하여 수확기에 이르러 급격히 감소하였다. 채소는 생육기간 중 잎에서 생성된 동화 산물이 체관을 통해 sucrose, glucose, fructose 뿐만 아니라 raffinose와 stachyose 형태로 과실에 활발히 전류되나 양파의 주요 유리당으로는 sucrose, glucose, fructose이며 대부분을 차지하였다(18). Sucrose 함량은 구와 엽초에서는 구비대가 진행되면서 증가하였다가 수확기 다시 감소하였으나, 엽에서는 구가 비대할수록 감소하였다. Glucose와 fructose는 구가 비대할수록 구의 함량은 증가하였으나, 엽과 엽초부의 glucose와 fructose 함량은 오히려 감소하였다. 양파 구의 비대는 fructan에서 fructose로 가수분해 되면서 생기는 삼투조절의 급격한 증가에 의해 구가 비대 된다고 한다(7). 구가 수분을 흡수하게 되면 ACSOs와 같은 용질의 농도가 감소하게 되며, 이것은 가용성 당과 함께 매운맛에 영향을 미치는 요인이다.

구비대 초기(엽수 5매, 구중 28.2 g, 구비대지수 4.1, 구형지수 1.7)에 엽서별 pyruvic acid와 총당 함량은 Fig. 3과 같다. 개별 탄수화물과 pyruvic acid 간의 유의성은 없다고 하였으나(19), 본 실험에서는 가장 초기에 생긴 바깥쪽 노엽의 pyruvic acid와 총당 함량이 가장 낮았으며 어린잎으로 갈수록 pyruvic acid와 총당 함량이 높아지는 경향이였다.

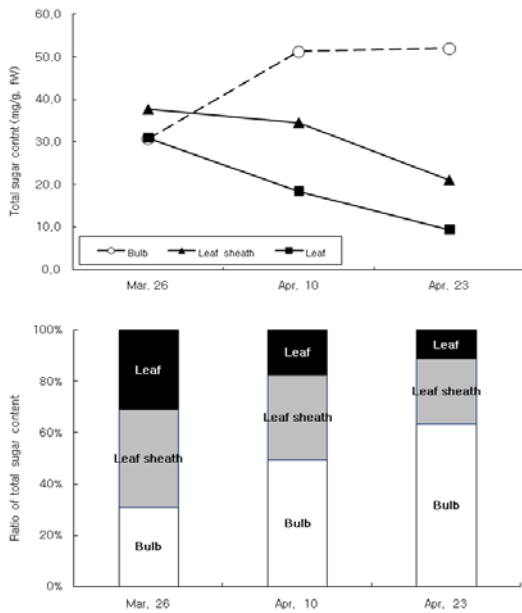


Fig. 2. Seasonal changes in total sugar contents according to different portions in onion plant.

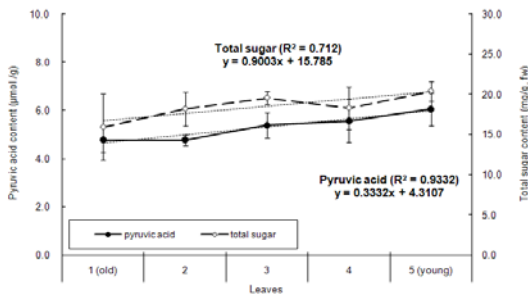


Fig. 3. Pyruvic acid and total sugar contents according to different portions in onion leaves.

(Fig. 3). 이는 식물에서 황의 재순환은 오래된 잎에서 어린 잎으로 전달되어 재분비 되기(12) 때문인 것으로 판단된다. 그리고 새로 나온 잎에서 ACSOs가 함유되어 있고 이 ACSOs는 인편이 발달함에 따라 점진적으로 감소하며, 이들은 잎에서 내부 인편으로 재순환한다고 알려져 있다(11). Pyruvic acid 함량과 향미성분 전구체 함량 간에는 정의 상관관계( $y = -2.76 + 1.12x$ ,  $r^2 = 0.861$ )가 있다(3). 그리고 식물에서 황의 흡수는 주로  $SO_4^{2-}$  형태로 이루어지며, sulfate는 주로 증산작용에 의해 상부로 이동되며 대부분의 식물에서 하향 이동 되지는 않는다고 한다(20). 유리당 중에서는 sucrose 함량이 가장 낮았으며, sucrose 함량은 노엽에서 가장 높았고 어린잎일수록 낮아지는 경향이였다. 그러나 glucose와 sucrose 함량은 pyruvic acid와 총당 함량과 마찬가지로 어린잎으로 갈수록 높아지는 경향이였다(Fig. 4). 이전의 보고에서는 sucrose는 중심에 있는 가장 어린잎에서 가장 높은 농도로 발견되고, 반면에 환원당은 가장 바깥

인편인 노엽에 가장 많이 있다고 하였는데(21), 본 실험에서는 이와는 상반된 결과가 나타났다.

Table 4. Seasonal changes in sugar contents according to different portions in onion plant

Portions	Date	Sugars (mg/g, fw)		
		sucrose	glucose	fructose
Bulb	March 26	2.9 cd <sup>1)</sup>	14.1 cde	13.8 bc
	April 10	6.0 a	22.9 ab	22.4 a
	April 23	4.8 b	24.3 a	23.0 a
Leaf sheath	March 26	1.7 de	18.0 bc	18.0 ab
	April 10	2.8 cd	15.7 cd	16.1 b
	April 23	1.8 de	9.0 ef	10.2 cd
Leaf	March 26	4.0 bc	11.7 def	15.3 bc
	April 10	1.0 e	6.7 fg	10.6 c
	April 23	0.9 e	3.1 g	5.4 d

<sup>1)</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at  $P < 0.05$ .

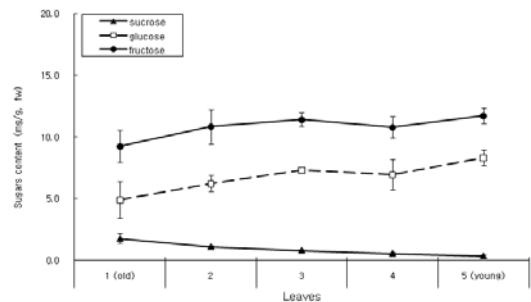


Fig. 4. Individual sugar contents according to different portions in onion leaves.

## 요 약

양파 구의 부위 및 크기에 따른 pyruvic acid 함량과 양파 식물체의 구, 엽초, 엽 및 엽서에 따른 부위별 pyruvic acid와 당 함량을 분석하여 변화양상을 관찰하였다. 그 결과 양파 구의 하부에서 pyruvic acid 함량이 가장 높았고, 다음이 상부였으며 중간부분의 함량이 가장 낮았다. 인편에 따라서는 외피로부터 2번째 인편에서 가장 낮았으며 3번째 인편부터는 구의 내부로 갈수록 pyruvic acid 함량이 증가하였다. 생육기간 경과에 따른 구, 엽초부 및 엽의 pyruvic acid 함량은 구비대 초기에는 구에 비해 엽과 엽초부의 pyruvic acid 함량이 더 높았으나 수확기에 이르러서는 구의 pyruvic acid 함량은 다소 증가하였지만 엽과 엽초부는 큰 폭으로 감소하였다. 총당 함량은 구비대 초기에는 큰 차이가 없었으나 구가 비대되면서 구의 총당 함량은 큰 폭으로 증가하

였고, 엽과 엽초부는 감소하였다. 그리고 엽서에 따라서는 바깥쪽의 오래된 잎에서 pyruvic acid와 총당 함량이 가장 낮았으며 내부의 어린잎으로 갈수록 높아지는 경향이였다.

### 참고문헌

1. Randle, W.M., Kopsell, D.E. and Kopsell, D.A. (2000) Considerations for implementing pungency field testing and its practical implications. National Onion(and other Allium) Research Conference in Sacramento, CA.
2. Freeman, G.G. (1975) Distribution of flavour components in onion, leek and garlic. J. Sci. Food Agri., 26, 471-481
3. Bacon, J.R., Moates, G.K., Ng, A., Rhodes, M.J.C., Smith, A.C. and Waldron, K.W. (1999) Quantitative analysis of flavour precursors and pyruvate levels in different tissue and cultivars of onion(*Allium cepa*). Food Chem., 64, 257-261
4. Bajaj, K.L., Kaur, G., Singh, J. and Gill, S.P.S. (1980) Chemical evaluation of some important varieties of onion(*Allium cepa* L.). Qualitas Plant. Plant Foods Human Nutr., 30, 117-122
5. Darbyshire, B. and Henry, R.J. (1979) The association of fructans with high percentage dry weight in onion cultivars suitable for dehydrating. J. Sci. Food Agri., 30, 1035-1038
6. Suzuki, M. and Cutcliffe, J.A. (1989) Fructans in onion bulbs in relation to storage life. Can. J. Plant Sci., 69, 1327-1333
7. Darbyshire, B. and Henry, R.J. (1978) Changes in the carbohydrate content of onion bulbs stored for various times at different temperature. J. Hort. Sci., 53, 195-201
8. Yoo, K.S., Pike, L.M., Crosby, K., Jones, R. and Leskovar, D. (2006) Differences in onion pungency due to cultivars, growth environment, and bulb size. Scientia Horticulture, 110, 144-149
9. McCollum, G.D. (1968) Heritability and genetic correlation of soluble solids, bulb size and shape in white Sweet Spanish onion. Can. J. Genet. Cytol., 10, 508-514
10. Platenius, H. (1935) A method for estimating the volatile sulfur content and pungency of onions. J. Agric. Res., 51, 847-853
11. Lancaster, J.E., McCallion, B.J. and Shaw, M.L. (1984) The levels of S-alk(en)yl-L-cystein sulphoxides during the growth of onion. J. Sci. Food Agri., 35, 415-420
12. Lancaster, J.E., McCallion, B.J. and Shaw, M.L. (1986) The dynamics of the flavour precursors, the S-alk(en)yl-L-cystein sulphoxides, during leaf blade and scale development in the onion(*Allium cepa* L.). Physiol. Plant, 66, 293-297
13. Yoo, K.S., Pike, L.M. and Hamilton, B.K. (1995) A simplified pyruvic acid analysis suitable for onion breeding programs. HortScience, 30, 1306
14. Jones, M.G., Hughes, J., Tregova, A., Milne, J., Tomsett, A.B. and Collin, H.A. (2004) Biosynthesis of the flavour precursors of onion and garlic. J. Exp. Botany, 55, 1903-1918
15. Lancaster, J.E., McCallion, B.J. and Shaw, M.L. (1984) The levels of S-alk(en)yl-L-cystein sulphoxides during the growth of onion. J. Sci. Food Agri., 35, 415-420
16. Randle, W.M., Bussard, M.L. and Warnock, D.F. (1993) Ontogeny and sulfur fertility affect leaf sulfur in short-day onion. J. Am. Soc. Hort. Sci., 118, 762-765
17. Nagai, M. (1967) Growth of onions in a summer crop. II: Fresh weight and dry matter content of the leaves as indicators for measuring growth and maturity. J. Japn. Soc. Hort. Sci., 36, 299-305
18. Kang, N.S., Kim, J.H. and Kim, J.K. (2007) Modification of quality characteristics of onion powder by hot-air, vacuum and freeze drying methods. Korea J. Food Preserv., 14, 61-66
19. Randle, W.M. and Bussard, M.L. (1993) Pungency and sugars of short-day onions as affected by sulfur nutrition. J. Am. Soc. Hort. Sci., 118, 766-770
20. Mengel, K. and Kirby, E.A. (1982) Principles of plant nutrition. 3rd ed. Intl. Potash Inst. Bern, Switzerland. p.369-386
21. Nilsson, T. (1980) The influence of the time of harvest on the chemical composition of onions. Swedish J. Agr. Res., 10, 77-88

(접수 2008년 10월 6일, 채택 2009년 1월 2일)