

생표고의 저온 및 냉동저장시 선도유지의 최적화

이가순 · 이주찬 · 한규홍 · 황용수* · 송 진**

충남농촌진흥원, *충남대학교 원예학과, **농촌생활연구소

Optimum Conditions for Keeping the Fresh Quality of Shiitake(*Lentinus edodes*) by Low-temperature and Frozed Storage

Ka-soon Lee · Joo-chan Lee · Kyu-heung Han · Yong-soo Hwang* and Jin Song**

Chungnam Rural Development Administration, Taejon

*Department of Horticulture, Chungnam National University

**National Rural Living Science Institute, R.D.A.

Abstract

This experiment was focused on the improvement of postharvest management of fresh shiitake to increase the marketing duration. The respiration rate of fresh shiitake at 20°C was ranged from 395mg to 551mg CO₂/kg/hr depending on the cultural condition. The rapid precooling is considered as one of the most important postharvest management to remain shiitake quality.

The optimum temperature for precooling and storage was -3°C because the occurrence of physical damage on frozen tissue at below -5°C. Frozen storage at -3°C had benefits to minimize weight loss, browning induction at gill tissue and consumption of stored materials where as storage at 0°C appeared not to be adequate for the extension of marking duration. Frozen shiitake was successfully thawed when exposed to RH 40-50% at below 10°C.

Key words : precooling, frozen shiitake, storage, thawing condition.

서 론

버섯류는 진균의 일종으로 일반 식물조직과 달리

Corresponding author : Ka-Soon Lee, Chungnam Provincial Rural Development Administration, Sangtae-Dong 138-42, Yuseong-Gu, Taejon 305-313, Korea

대사작용이 활발하여 호흡열 발생량이 높기 때문에 수확 후 관리가 어려운 점에서 저장성이 매우 낮은 작물로 분류되고 있다. 수확한 버섯의 유통기간 확대를 위한 노력은 제한적으로 시도되었으나 아직 안정적인 기술개발이 이루어지지 않아 신선 버섯의 저장기간은 종류와 온도 조건에 따라 1일 내지 5일에 불

Table 1. Thawing condition of frozen shiitake*

Condition	Description of thawing condition	
1	Max. temp.:25°C, Min. temp.:9.2°C Max. RH(%):99, Min. RH(%):31 Thawing time 12 hrs	Temperature fluctuation allowed through periodic heating
2	Temperature increased from 0.5°C to 15°C for 12 hrs Max. RH(%):99, Min. RH(%):50	Dry ambient air allowed to thawing chamber
3	Constant temperature : 0°C Max. RH(%): 99, Min. RH(%):70 Thawing time : 12 hrs	Dry cold air allowed to thawing chamber
4	Constant temperature : 15°C Max. RH(%):99, Min. RH(%):90 Thawing time :12 hrs	Shiitake were thawed in closed chamber

* Thawing were conducted in 350L chamber

과한 것으로 알려져 있다. [1,2]

표고버섯의 경우 병재배시 단위 수확량이 다른 버섯보다 떨어진다는 점과 원목재배한 표고가 품질이 훨씬 좋다는 점에서 우리나라는 표고를 거의 다 원목재배에 의존하고 있으므로 수확기간이 한정적이고 수확 후 품질변화가 심하여 대부분의 농가는 수확 후 즉시 출하하거나 건표고로 가공하여 유통하고 있었으나 근래 저가의 중국산 건표고의 수입으로 경쟁력이 약화되고 있는 실정이다. 특히 신선표고는 수출 유망 품목으로 인식되어 농수산물 유통공사를 통한 대 일본 수출이 점증하고 있는데 관련기술이 안정적이지 못하여 수출농가의 소득증대에 어려운 점으로 인식되고 있다.[3]

표고 버섯은 단기간 저장에서도 수확 후 관리가 부적절할 경우 품질변화가 심하게 발생하여 형태적 변형, 색택의 변화, 반점형성 등의 원인으로 상품가치가 저하되는 경우가 흔히 발견되므로 최근 일부 농가에서는 기존의 냉장저장보다는 냉동에 의한 저장법을 시도하고 있으나 버섯의 대사과정에 대한 이해 부족과 저장고 관리미숙으로 안정적인 저장을 이루지 못하여 저장 중 품질이 저하되거나 완전히 상품가치를 상실하는 경우도 흔하다. 표고는 재배기간에 따라 저온성과 고온성으로 구분되어 있고 이들의 생리적 특성이 다를 것으로 예상되지만 수확 후 중

요한 대사작용인 호흡 등에 관한 기초적인 연구가 부족하여 수확 후 관리방안을 개선하기 위한 기술개발이 지연되고 있다. 따라서 본 연구에서는 표고버섯의 수확 후 관리방안 개선을 위하여 저온 저장 및 냉동저장을 실시하여 선도유지의 최적조건을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

표고버섯은 고온성과 저온성을 구분하기 위하여 5월과 10월에 각각 부여, 공주의 재배농가로부터 수확 당일 구입하여 실험실로 수송한 다음 선별하여 당일에 갓이 부서지는 등의 상처가 발생하였거나 부적절한 것을 배제하고 실험에 사용하였다

저온, 냉동저장 및 해동조건

저장온도는 0~1, -3, -5, -10 및 -30°C의 조건에서 40일간 저장한 후 품질을 비교하였고 냉동표고는 생 표고로서의 품질을 살리기 위해 해동시의 관계습도 및 온도를 조사하였으며 해동시의 조건은 표 1과 같이 행하였다.

건물중 및 수분함량

표고의 건물중은 생체시료 50g을 취하여 80°C의 열풍건조기에서 1일간 건조시킨 후 무게를 달아 건물중 및 수분함량을 각각 구하였다.

호흡율 및 Ethylene 발생량

시료 20g을 슬라이스하여 50ml reaction vial에 넣고 밀봉을 한 후 20°C의 인큐베이터에서 60분간 반응 시킨 후 head space 내의 공기를 5ml 취하여 Hachenberg 등[4]의 방법에 따라 분석하였다.

자실체의 물리적인 성질

자실체의 경도는 texture analyzer를 이용하여 저장 전후 갓 부위별로 경도(hardness), 검성(gumminess), 및 씹힘성(chewiness)을 측정하여 저장에 따른 물리적 성질의 변화를 측정하였다. 측정조건은 speed 5mm/sec, sample height 12mm, contact area 20.26mm²로 하였다. 또한 일부 표본은 간이 탄성기(Handy hit, FHK, Japan)를 이용하여 갓 부위의 탄성을 비교하였다.

총당 및 전분함량

총당은 생체시료 5g을 80% ethanol을 가하여 마쇄한 후 끓는 수조상에서 3회 추출하여 당분석 시료로 하였고 정량은 phenol-sulfuric acid법[5]으로 분광분석기를 이용하여 420nm에서 측정하였다. 표준물질로는 포도당을 사용하여 검량선을 구하고 당함량을 환산하였다.

전분함량은 생체시료 5g을 취하여 20ml DMSO (90%)를 가하여 마쇄한 후 상온에서 3회 반복하여 추출하였다. 마쇄물은 원심분리하여 상정액을 취하여

모은 다음 상정액 3배의 ethanol(95%)를 가하여 전분을 침전시켰다. 침전물은 원심분리하여 상정액은 버리고 잔사를 모아 0.01N NaOH를 가하여 전분을 용해시킨 다음 anthrone법[5]으로 비색 정량하였다. 측정결과에 0.9를 곱하여 얻은 값을 전분함량[6]으로 표기하였다.

아미노산함량

아미노산분석을 위하여 수확 직후 또는 저장 후 버섯 갓조직을 채취하여 동결건조한 후 분말상 시료를 제조하였다. 분말시료 100mg을 취하여 0°C에 냉각시킨 다음 미리 제조한 oxidation mixture에 혼합하여 0°C에서 16시간 냉각시켰다. 그 후 시료 혼합액에 각각 Na₂SO₃ 0.84g, 6N HCl 50ml, phenol 50mg을 첨가하여 110°C에서 23시간 가수분해하였다. 가수분해시킨 용액에 7.5N NaOH를 가하여 pH2.2로 조절한 후 pore size 0.2 μm인 filter로 여과하여 아미노산분석기를 이용하였다.

결과 및 고찰

수확 후 생리적인 변화

정상적인 형태를 지닌 버섯을 선별한 다음 수확시 버섯의 생장상태에 따라 두 군으로 구분하여 수분 함량, 건물중, 호흡 및 에틸렌발생량을 조사하였다. 즉 수확당시 자실체 표면에 균열이 있고 약간 마른 것과 균열없이 다습한 형상을 지닌 것으로 구분하여 편의상 전자를 견습표고, 후자를 다습표고로 구분하였다. 표 2에서와 같이 표고의 상태에 관계없이 호흡율은 대단히 높은 결과를 나타내었는데 견습한 상태의 표고의 호흡율이 다습한 상태의 표고에 비하여 호흡율이 높은 결과이었다. 견습한 상태의 표고의 수

Table 2. Physiological characteristics of shiitake at harvest

Class	Water content (%)	Dry content (%)	Respiration CO ₂ (mg/kg/hr)	Ethylene (μl/kg/hr)
Dry	73.1±1.8	26.9±1.8	454.3±22.4	ND
Wet	90.6±0.6	9.5±0.6	337.5±29.4	ND
Average	81.8	18.2	395.9	

Table 3. Changes of respiration, Q_{10} values and estimated vital heat evolution

Temperature (°C)	Respiration (CO ₂ mg/kg/hr)	Q_{10}	Vital heat production ^a (Kcal/ton/day)
0	120.4		7,368
10	204.1	1.77	12,490
20	551.4	2.79	33,746

* · Heat production/CO₂ 1L = 5.047Kcal

· CO₂(L) = CO₂(g) × Coefficient (vol/wt)(0°C:1.98, 10°C:1.90, 20°C:1.84)

분합량은 73.1%로 다습한 상태의 표고의 90.6%에 비하여 현저히 낮았으며 따라서 단위 생체중당의 건물 함량도 현저한 차이를 나타내었다. 호흡률을 비교한 결과 예상과는 달리 건습한 표고의 호흡률이 높게 나타났는데 이러한 결과는 건습표고의 경우 수분함량이 낮은 대신 단위 생체중이 건물중으로 21-26%로 더 많은 양의 생체가 포함됨에 따른 차이로 판단되었다.

예냉온도에 따른 표고의 호흡을 조사하기 위하여 수확한 표고를 즉시 0, 10, 및 20°C 조건에 1일 보관하여 버섯의 품온을 조절한 후 호흡률을 측정한 결과 표3과 같았다. 그 결과 온도의 하강에 따라 호흡률은 현저히 감소하는 것으로 조사되었는데 0°C의 호흡률은 120.4mg CO₂/kg/hr이었던 것에 비하여 20°C에서는 551.4 mg CO₂/kg/hr로 4.6배 높은 결과를 보여주었다. 이러한 결과를 가지고 Q_{10} 을 측정한 결과 0-10°C, 10-20°C 사이에서 각각 1.77, 2.79로 측정되어 온도변화에 따른 대사율의 변화가 매우 큰 것을 확인할 수 있었다.

이와 같이 품온에 따른 호흡열 발생의 차이가 현저하고 또한 전체적인 열량이 다른 작물에 비하여 매우 높기 때문에 과도한 열량을 신속히 제거하지 않을 경우 지나친 대사작용에 의하여 품질이 빠르게 저하될 것으로 예상되어 수확한 표고의 품온을 10°C로 조절한 다음 1°C의 저온실에 두고 품온의 변화를 살펴본 바 그림 1과 같았다. 저온실의 온도는 일정하게 유지되었던 반면 포장용기내의 온도는 비교적 빠르게 감소하였고 반면에 버섯 표피부와 내부조직의 온도하강 속도는 비교적 완만하게 감소하는 것으로 조사되었다. 본 연구는 비교적 적은 양의 표본을 상대로 조사한 결과이지만 표고내부조직의 온도

를 반으로 냉각시키는데 소요되는 시간은 1.5 시간 정도이고 품온을 1°C로 완전히 냉각시키는데는 6시간 정도가 걸리는 것으로 나타났지만 표고버섯을 대량의 용기로 이용할 경우라면 이보다 더 많은 시간이 요구되어짐을 알 수 있어 효율이 좋은 예냉방식을 이용한다면 수확 후 표고의 호흡을 최대한 억제할 수 있을 것으로 사료된다.

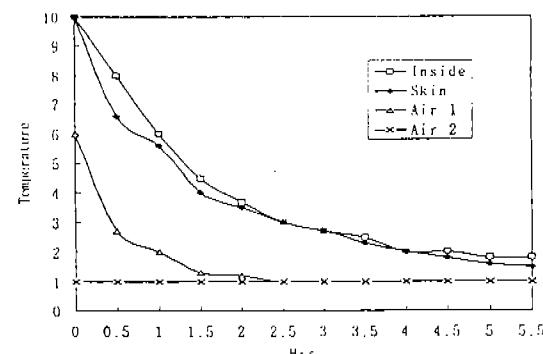


Fig. 1. Changes of shiitake tissue temperature at 0-1°C exposure.

Skin ; epidermal tissue, Inside ; inner tissue, Air 1 ; inside of the package, Air 2 ; cold room atmosphere.

저장조건에 따른 표고버섯의 저장 전후의 품질변화

수확한 표고를 각각 0, -3, -5, -15, 및 -30°C에 처리한 후 외관을 조사한 바 -5°C의 경우 전체적인 냉각능력에 따른 품온 및 호흡열 제거가 서서히 진행됨에 따라 냉동과정에서 생체중감소가 관찰되었고 완전한 냉동에 소요되는 시간이 3일 정도이었고 -15, -30°C에서는 1일에 완전히 냉동되어 품질의 변화가 발생하지 않았으며 냉동기간 중의 생체중 감소도

5-6%정도로 양호하였다. 그러나, 냉동한 표고를 표 1과 같이 해동을 시도하였을 때 -5°C 이하의 온도조건에서 냉동시킨 표고는 저장온도에 관계없이 모두 해동 후 그림 2에 나타난 바와 같이 표고의 외관은 매우 열악하여 상품가치를 상실하였다. 반면에 0°C 에 저장한 표고의 경우 저장 10일 후에는 것 이면 주름 조직이 다소 변색된 느낌을 주었으며 -3°C 처리의 경우 RH 40-50%, 온도 10°C 이하인 해동조건 2에서 가장 표고의 해동상태가 양호하여 이러한 증상이 전혀 관찰되지 않았다.



Fig.2. Appearance of frozen shiitake after thawing.

No difference between frozen temperature was found below -5°C .

Up : damaged shiitake after thawing
Down(left) : 0-1°C storage, down(right) : -3°C storage after thawing

저장 전후의 감모율 및 건물량

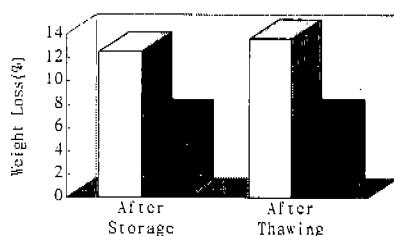
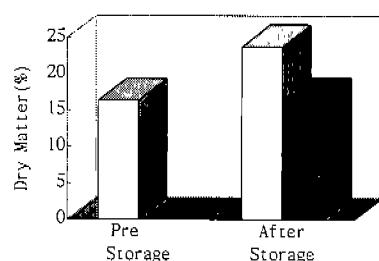


Fig. 3. Comparision of weight loss and dry matter content of fresh shiitake prestorage, after storage and thawing at different temperature.

Frozen shiitake(-3°C) was thawed at 10°C , RH 40-50%.

자실체의 물리적인 성질

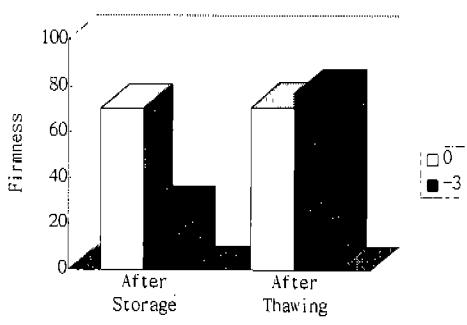


Fig. 4. Comparison of softness of fresh shiitake after storage and thawing.

Thawing condition was same as condition 2 in Table 1.

저장 직후와 해동 후의 자실체의 Firmness은 그림 4에서와 같이 -3°C 에서 저장했을 때는 자실체가 동결

되어 있는 상태이므로 탄성이 매우 적어 단단한 상태이었고 0°C에 저장한 버섯은 매우 부드러운 상태이었다. -3°C에 저장한 표고의 해동 후 탄성은 결빙된 수분자가 증산됨에 따라 조직의 결빙상태가 완전히 풀려서 저장전과 거의 비슷한 조직감을 보여 주었다.

Table 4. Differences of physical properties after storage of shiitake

Storage	Hardness (kgf)	Gumminess (kgf)	Chewiness (kgf.mm)
None	2.06±0.12 ¹⁾	0.83±0.04	0.55±0.09
1°C	2.23±0.10	0.83±0.02	0.62±0.11
-3°C	2.59±0.17	0.96±0.06	0.77±0.10

1) Means±SD

수확 직후와 저장조건별에 따라 저장한 후 해동하였을 때 버섯의 갓부위에 있어서 물리적인 성질은 표 4와 같이 나타났다. Hardness와 Chewiness의 경우에는 수확직후에 비하여 저장후 약간 증가하는 경향을 보여주었고 Gumminess는 1°C에 저장한 경우는 수확직후와 별 차이를 주지 않았으나 -3°C 저장시는 겉성이 증가하였음을 보여주었다.

저장 전후의 호흡률

저장전과 후의 표고의 호흡률은 그림 5와 같이 저장전에 비하여 0°C 저장 후에는 거의 변화가 없는 수준이었지만 -3°C 저장의 경우 저장전보다 오히려 높은 결과를 보여주었는데 해동에 따라 조직의 호흡율이 거의 저장전 수준으로 회복된 것으로 판단되어 -3°C 동결조건에서는 동결에 의한 조직의 물리적 손상이 거의 없거나 있을 경우에도 미약할 것으로 추정되었다.

저장 전후의 전분, 총당 및 아미노산함량의 변화

전분함량을 조사한 결과 그림 6에서와 같이 전분함량은 생체중에서 차지하는 비율이 1% 이내로 측정되었다. 즉 저장전의 전분함량이 생체중 1g당 9.85mg이었으나 0°C 저장 후에는 8.99mg로 감소되었으

며 -3°C에 저장한 조직의 전분함량은 저장전과 거의 같은 수준인 9.29mg로 측정되어 -3°C에서는 이러한 성분의 변화가 거의 발생하지 않은 것으로 판단된다.

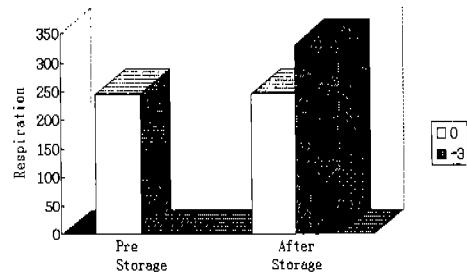


Fig. 5. Comparision of respiration rate of fresh shiitake at prestorage and after storage.

총당함량은 저장전에 비하여 0°C 저장후에 단위 생체중당 82%가 증가한 것으로 측정되었고 반면에 -3°C는 저장전과 거의 유사한 수준으로 나타났다. 이러한 결과는 0°C 조건에서도 호흡률이 높았던 사실을 (표 3) 고려할 때 저장중 호흡기질의 소모가 지속적으로 발생하였고 이에 따라 전분등 저장산물의 소모가 심하게 발생하여 호흡기질로 전환하기 쉬운 단당류가 체내에 축적된 결과로 판단된다. 또한 증산에 따른 감량이 13.6%에 달한 점으로 미루어 볼 때 단위생체중당 더욱 많은 시료가 분석대상에 포함되었으므로 총당 증가가 더욱 커졌을 가능성도 있다고 사료된다.

수확직후 및 저장후의 표고의 갓부위에 대한 아미노산 분석결과는 표 5와 같이 대부분의 아미노산이 저장과정중에 약간의 증산작용으로 인해 저장전보다 증가함을 보여 주었다.

방향족 아미노산인 tyrosine과 phenylalanine 그리고 histidine은 약 50% 감소를 보여 주었고 비극성 아미노산인 glycine, alanine, leusine 및 isoleusine 등은 상당량 증가함을 보여 주었다.

식용버섯의 아미노산조성은 같은 버섯일지라도 균종, 부위, 재배조건, 생육단계, 수확시기, 수확후의 취급방법 및 저장에 따라 변화한다[7]고 한 바도 있으

며 저장에 따른 아미노산 조성의 변화에 관한 연구 결과들을 살펴보면 南出동[8,9,10]은 저온저장의 경우에는 증가한다고 보고하였다.

이들 보고와 본 연구결과를 비교해 보면 다소 차이는 있으나 식용버섯류의 아미노산은 여러 조건하에 있어서 복잡한 생화학적 반응에 의하여 양적, 질적변화가 발생하는 것에 기인하는 것으로 사료된다.

을 비교 분석하였다.

표고버섯의 호흡율은 버섯의 생육상태에 따라 차이는 있었지만 20°C에서 395~551mg CO₂/Kg/hr로 높은 수준이어서 수확 후 버섯의 신속한 예냉처리가 요구되었다.

Table 5. Differences of amino acid after storage of shiitake

Amino acid	Storage	
	Before(%, D.B.)	After(%, D.B.)
Aspartic acid	0.893	0.920
Threonine	0.542	0.588
Serine	0.415	0.453
Glutamic acid	0.536	0.586
Glycine	0.290	0.377
Alanine	0.344	0.506
Valine	0.365	0.376
Cysteine	0.344	0.405
Isoleusine	0.329	0.440
Leusine	0.489	0.618
Tyrosine	0.238	0.150
Phenylalanine	0.593	0.254
Tryptophan	ND	ND
Lysine	1.394	1.495
Histidine	0.722	0.310
Arginine	5.229	5.602

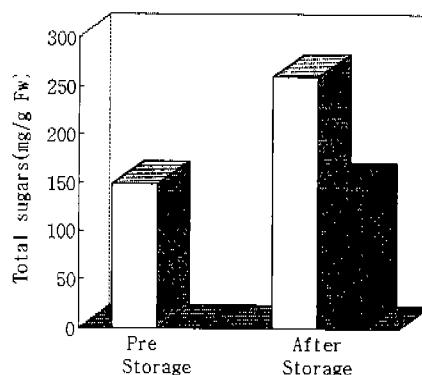
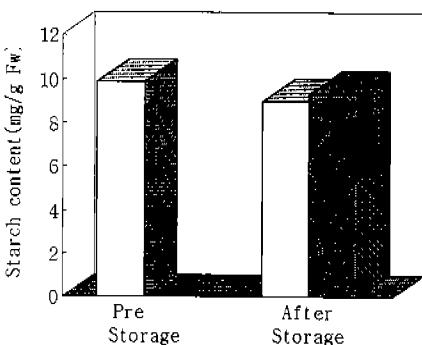


Fig. 6. Comparison of starch and total sugars content of shiitake at prestorage and post storage.

요 약

생표고버섯의 저온저장 방법을 이용하여 선도유지 기간을 연장함으로서 수확후 적절한 관리방안 모색과 활용도를 증대시키고자 저온온도 0~1, -3, -5, -10 및 -30°C의 조건하에서 40일간 저장한 후 품질

저장온도 조건을 조사한 결과 -3°C이하로 품온이 저하될 때에는 결빙에 의한 피해를 입어 해동시 조직의 붕괴가 발생하였고 0~1°C에서는 저장 1개월까지의 단기간 동안 저장은 큰 문제가 발생하지 않았으나 저장 40일 후 부터는 증산에 따른 감량, 갓 이면 주름조직의 갈반 형성 및 저장산물의 소모로 인하여 품질저하가 심한 경향이었다.

냉동저장한 표고의 해동시 환경조건으로는 관계습도를 40~50%로 유지하는 것이 해동 후 품질에 유리하였으며 해동시 15°C 이상의 고온은 주름 부위의 갈반을 발생시키므로 10°C 이하의 저온 해동이 가장 양호하였다. 또한 -3°C에 저장할 경우 표고버섯의 호흡작용을 억제시키므로 전분 및 총당의 변화를 최대한 방지할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. Lister, P. D., P. D. Hildebrand, L. S. Berard, and S. W. Porritt. 1988. Commercial storage of fruits and vegetables. Agri. Canada Pub. 1532E.
 2. Harrdeburg, R. E., A. E. Watada and C. Y. Wang. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. Agri. Handbook No. 66 USDA
 3. 농수산물유통공사, 1994, '94 군별특화품목의 수출상 품화개발사업계획
 4. Hachenberg, H and Schmit, A. P. 1979 Gas chromatographic head space analysis. Heyden & Son Ltd. London. 9:19.
 5. Hodge, J. E. and G. T. Hofreter. 1962 Determination of reducing sugars and carbohydrate. p. 380- 393 (In) Mrthods in carbohydrate chemistry Ed. Whistler R. L. (Vol. 1) Academic Press.
 6. Sargent, J. G. 1982. Determination of amylose: amylopectin ratio of starches. Starch 34: 89-92.
 7. 南出降久, 鶴田誠, 緒方邦安, 1980. 日食工誌, 27:498.
 8. 古川久彦. 1992. きのこ學. 公立出版株式會社
 9. 南出降久, 恒生俊夫, 緒方邦安 1980. 日食工誌, 27, 281..
 10. 南出降久, 岩田降ら, 1985. 日食工誌, 32 : 413.
-
- (1997년 7월 6일 접수)