

저장 중 감자 아스파라진 함량의 변화

진용익 · 조지홍 · 장동철 · 임주성 · 박영은 · 유홍섭 · 정진철 · 박경훈 · 정일민

Changes of asparagine content in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber during storage

Yong Ik Jin · Ji Hong Cho · Dong Chil Chang · Ju Sung Im · Young eun Park · Hong Sub Yu · Jin Cheol Jeong · Kyeong Hun Park · Il Min Chung

Received: 16 November 2012 / Accepted: 30 November 2012
© Korean Society for Plant Biotechnology

Abstract In order to research changes of asparagine content according to stage after harvest to storage, it was analysed asparagine content of potato tuber and potato sprout. The results of the asparagine content in potato cultivars after harvest ranked in cv. Superior, cv. Gahwang, cv. Atlantic and cv. Goun in descending order. The content of asparagine in potato was approximately 1300 mg/100g (D.W.) The changes the asparagine content according to storage condition and the difference of asparagine between tuber and sprout can be summarized as follows. In the asparagine content of potato cultivars, Little variation in the content was observed while potato tubers were stored at 4°C. However, after 3 months of storage at 10°C, the content increased by 9.7%, indicating that the content increases as the storage temperature and period increases. The content of asparagine also increased during sprouting of potato tubers. In the sprout, the proximal region contained 21% higher content of asparagines than the distal region, which suggests that the sprout develops with the increasing of the content of asparagines.

Keywords Potato, Asparagine, Sprout, Storage

서론

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 단위면적당 생산량이 높고 주식으로 이용되고 있으며 칼륨, 인 등의 무기질 함량이 높고 비타민 C와 식이섬유 등을 많이 함유하고 있어 훌륭한 작물로 평가받고 있다(Choi et al. 2008). 또한 감자에는 알콜해독에 효과가 있는 것으로 알려진 아스파라진(Asparagine)이 함유되어 있다. 아스파라진은 분자량 132.12에 달하는 비필수 아미노산의 한 종류이다. 단백질에서 발견되는 아미노산으로 알려져 있으며 극성을 떠나 전하가 없는 아미노산으로 분류되어 있다(Cho et al. 2007). 감자에 함유된 아스파라진의 함량은 800~3100 mg 수준으로 보고되었다(Shepherd et al. 2010). 국내에서 가장 많이 재배되고 있는 대서와 수미를 비롯한 감자품종의 아스파라진 함량은 건물 기준 100 g 당 1300 mg 내외의 수준을 보인다. 콩나물은 100 g당 4470~8110 mg 함유되어 있다고 보고된 바 있는데(Lee and Hwang 1996), 콩나물 보다는 적지만 다른 작물에 비하면 상당히 많은 양의 아스파라진을 함유하고 있다. 아스파라진이 식물체내에서 하는 핵심적인 역할은 식물체가 성장하는데 있어서 질소를 공급하는 기능을 하는 것이다. 식물체가 발아시에 단백질이 분해되면서 아스파라진이 생성되고 아스파라진은 transamination 및 deamination을 통해 질소공급원의 매개체로 이용된다고 알려져 있다(Gaufichon et al. 2010). 아스파라진은 유용한 기능을 갖고 있는 아미노산으로 영양학적 가치가 높은 물질이다. 감자에 함유된 아스파라진과 관련된 연구는 국내외로 활발히 진행되지 못하고 있다.

Y. I. Jin · J. H. Cho · D. C. Chang · J. S. Im · Y. E. Park · H. S. Yu · J. C. Jeong
농촌진흥청 국립식량과학원 고령지농업연구소
(Highland Agriculture Research Center, RDA, Pyeongchang 232-955, Korea)
e-mail: imcim@konkuk.ac.kr

K. H. Park
농촌진흥청 국립농업과학원 유해생물팀
(Microbial Safety Team, National Academy of Agricultural Science, Suwon, 441-707, Korea)

I. M. Chung (✉)
건국대학교 응용생물학과
(Konkuk University Seoul 143-701 Korea)

훌륭한 작물로 평가받고 있는 감자의 이용성을 증대시키기 위하여 감자에 함유된 아스파라진의 함량과 함량변이 요인을 구명하면 이용성을 촉진할 수 있을 것으로 생각된다. 저장조건에 따라 감자 괴경내 아스파라진의 함량은 어떻게 변화하는지, 싹의 발달에 따른 아스파라진의 함량은 어떠한지 감자가 성장하고 발육하면서 아스파라진의 함량이 어떻게 변하고 그에 따른 요인구명에 대한 연구는 활발하지 못한 실정이다. 따라서 감자 괴경에는 아스파라진과 같은 단일 물질이 건물 기준 100 g 당 1300 mg 내외로 높게 함유되어 있어 이와 같은 유용성분이 함유된 감자의 이용성을 높이기 위하여 아스파라진의 함량과 그 변이의 원인 및 기작 등을 구명할 필요가 있다.

감자 품종에 따른 아스파라진의 함량은 어떻게 차이가 있는지 살펴보고 저장 중 저장조건에 따른 아스파라진의 변화양상을 분석하였다. 그리고 싹의 출현과 아스파라진 함량과는 어떤 관계가 있는지 현상을 구명하여 향후 아스파라진의 함량, 조절 및 이용성 촉진에 관한 연구가 진행되기 위한 기초자료로 활용하고자 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2010년 봄에 대서와 수미 품종과 육성 중인 계통을 강릉에 위치하고 있는 국립식량과학원 고령지농업 연구센터 시험포장에서 재배하였다. 가공용 감자로 육성 중인 계통은 생산력검정 본 시험에 재배한 8계통을 대상으로 하였다. 육성중인 계통은 같은 시기에 파종하여 90 일차에 수확한 감자를 이용하였다. 수확은 파종 후 100일에 실시하였으며, 수확한 후 15일간 20°C, 85% 조건에서 큐어링(Curing) 한 후 저장을 하였다. 저장 온도는 4,8,10°C로 하였으며 습도는 85% 내외로 조절하였다. 저장기간은 1개월, 3개월간 실시하였다.

감자싹의 아스파라진의 분석을 위한 시료는 10°C에서 6개월간 저장한 대서와 수미 품종을 대상으로 하였다 (Fig. 5). 싹의 수직상의 위치별 아스파라진 함량 분포를 분석하기 위하여 괴경과 맞닿은 부분을 Bottom, 중간부분을 Middle, 상부를 Top으로 구분하였는데, 각 부분의 구간이 같도록 나누어서 시료를 샘플링 하였다.

아스파라진의 분석은 아미노산 자동분석기(L-8900, Hitachi, Japan)를 이용하였다. 시료의 전처리는 동결건조 후 시료 0.5 g을 칭량하여 3% TCA(trichloroacetic acid) 10 ml를 주입하고 vortex mixer(Genie 2, Scientific industries, Inc, USA)로 교반 후 상온에서 1시간 shaking하였다. 15,000 rpm, 15분간 조건으로 원심분리한 후 상등액을 취하여 0.45 µm Millipore 여과 후에 시료당 20 µL씩 분석기에 주입하였다. 아미노산 자동분석기에 사용된 이동상용액과 발색용액인 Ninhydrin solution은 Mitsubishi(Japan)제품을

이용하였다. 컬럼은 Ion exchange column #2622SC PF를 이용하였다. 컬럼과 Reactor의 온도는 각각 50°C, 135°C로 하여 분석을 수행하였다.

재배를 위한 시험포장의 처리는 난괴법 3반복으로 하였으며, 분석을 위한 실험은 3반복으로 수행하였다. 통계 처리는 SAS 9.2 프로그램(SAS Institute Inc, Cary, NC, USA)을 이용하여 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 통하여 평균값들에 대한 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

감자 품종 및 계통의 아스파라진 함량

파종후 100일에 수확한 감자의 아스파라진 함량을 Figure 1에 나타내었다. 국내에서 많이 재배되는 수미 품종을 비롯하여 가공용에 적합한 품종인 대서, 가황, 고운 품종은 평균 아스파라진 함량은 건물 기준 100 g 당 1348 mg 정도인 것을 알 수 있다.

Shepherd et al.(2010)에 의하면 감자 품종 및 계통별로 적게는 800 mg에서 많게는 3100 mg(건물중 100 g 기준)함유되어 있고 평균 1520 mg 수준인 것으로 보고되어 있으며, 국내에서도 아스파라진 함량이 높은 품종을 육성할 필요성이 충분히 있다고 생각된다. 그러나 분석된 8 계통에 대한 아스파라진의 함량은 높은 함량을 가진 계통이 없는 것으로 나타났다(Fig. 2). 분석된 계통의 아스파라진 함량은 평균 874 mg 정도로 낮게 나타났는데, 이는 유전적인 요인과 생리적인 요인으로 인한 결과라 생각된다. 육성 중인 계통이기 때문에 형질이 고정되어 있지 않으며 또한 수확시기가 대서, 수미 품종보다 10일 정도 빨랐는데, 보고에 의하면 식물체가 노화하면서 단백질이 아스파라진으로 분해되어 증가한다고 한다(Brierley et al.

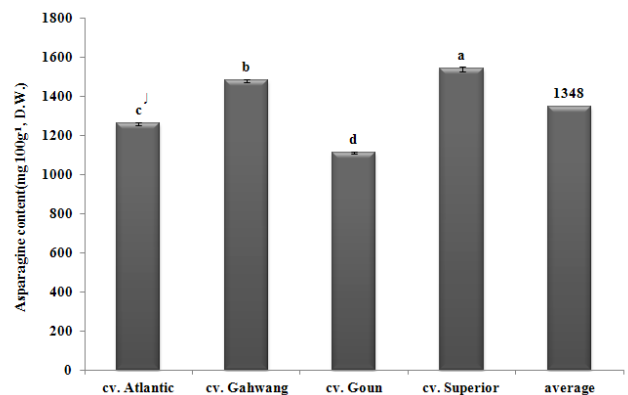


Fig. 1 Asparagine content in potato varieties

J: Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.
Bar means standard error (n=3)

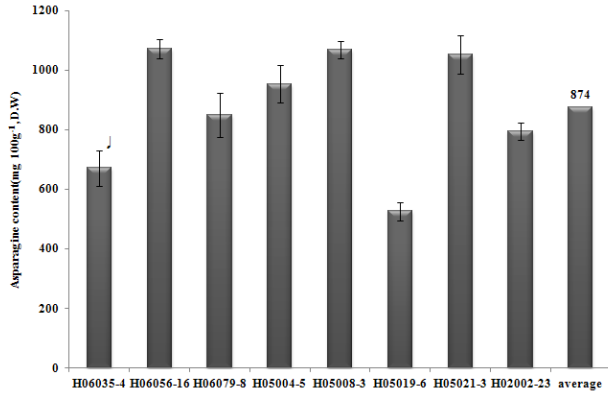


Fig. 2 Asparagine content in potato breeding lines

↓: Bar means standard error (n=3)

1996). 본 시험에서는 성숙일이 빨랐기 때문에 아스파라진 함량이 상대적으로 적게 나타난 것이라 생각된다.

저장 중 저장조건에 따른 감자의 아스파라진 함량 변화

수확 후 15일 동안 큐어링을 진행한 후 저장고에 입고하여 1개월간 저장했을 때 아스파라진 함량의 변이를 살펴 보면(Table 1), 4°C 저장조건에서 약 100 mg 증가하였고 8°C와 10°C 저장 조건에서는 감소하는 경향이 나타났지만, 3개월간 저장했을 때 4°C를 제외한 다른 조건에서는 아스파라진의 함량이 증가하는 것을 알 수 있었다. Brierley et al.(1996)에 의하면 감자 중 많은 양이 함유되어 있는 아스파라진의 함량 변이는 저장기간이 길어지고 온도가 높아질수록 acid proteinase의 활성이 높아져 아스파라진의 함량도 증가한다. 그런데 proteinase의 활성이 민감하게 반응하기 때문에 그에 따른 아스파라진을 포함한 자유 아미노산의 함량은 증감을 반복하는 것으로 보고되었다(Brierley et al. 1996). 따라서 저장기간이 증가함에 따라 proteinase의 활성도 증가하는 경향을 보이며이에 따라 아스파라진의 함량은 증가하는 경향을 나타내는 것으로 생각된다. 또 아스파라진의 함량은 맹아와도 관련이 있어. 식물체가 발아하거나 싹이 나면서 아스파라진의 함량이 증가한다(Gaufichon et al. 2010)고 하였는데 본 시험에서는 4°C에 저장된 감자 괴경의 아스파라진 함량은



Fig. 3 Sprouting phase of cv.Atlantic which was stored at 10°C for 3 month

8°C,10°C에 저장된 감자보다 아스파라진 함량이 낮았다. 이는 저온에서는 휴면타파가 잘 이루어지 않아 맹아의 진행이 상대적으로 억제됐기 때문으로 생각된다. 휴면 기간에 가장 큰 영향을 주는 것은 유전적인 요인이 가장 크고(Tagawa and Okazawa 1955) 같은 품종내에서도 괴경의 성숙정도에 따라 휴면기간이 달라지게 된다(Rappaport and Wolf 1969). 그리고 휴면타파는 온도가 높을수록 촉진된다고 한다(Kim et al. 2002). 따라서 10°C에 저장된 감자에서 휴면이 일찍 타파되어 맹아가 진행되었다(Fig. 3). 따라서 10°C에 저장된 감자는 맹아가 진행되면서 아스파라진의 함량이 증가된 것으로 생각된다.

감자 싹의 위치별 아스파라진의 분포

6개월간 10°C에 저장된 감자에서 발생한 싹의 아스파라진 함량을 Figure 4에 나타내었다.

해바라기를 대상으로 연구한 논문에 의하면 해바라기가 발아하면서 아스파라진의 함량이 증가한다(Maria et al. 2005.). Figure 1과 Figure 4를 통해 괴경보다 맹아가 시작되어 싹에 함유된 아스파라진의 함량이 높음을 알 수 있다. 그리고 식물체에서 아스파라진은 발아하면서 가수분해된 후 transamidation과 deamidation을 통해 다른 물질로 전이된다고 하였다(Konrad et al. 1988.). 그렇기 때문에 감자에서도 이러한 메커니즘을 원활히 수행하기 위하여

Table 1 Changes of asparagine content in cv. Atlantic according to storage condition (mg 100g⁻¹, D.W.)

	Storage temperature (°C)	Before storage	Storage for 1 month	Storage for 3 month	Increasing rate (%) at 3 month
cv. Atlantic	4°C	1264.2 ± 7.78 [↓]	1382.4 ± 154.77	1261.6 ± 0.01	-0.2
	8°C	1264.2 ± 7.78	1229.6 ± 5.57	1350.4 ± 0.01	6.8
	10°C	1264.2 ± 7.78	967.3 ± 55.85	1387.7 ± 6.75	9.8

↓: Mean ± Standard error (n=3)

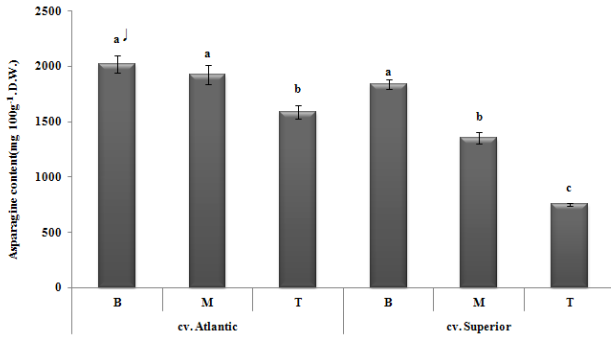


Fig. 4 Asparagine content in potato sprout according to vertical part

J: Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Bar means standard error (n=3)



Fig. 5 Sprout phase of cv. Superior which was stored at 10°C for 6 month

싹의 아스파라진 함량이 증가되는 것으로 생각된다.

Figure 4를 통하여 싹이 발달하면서 수직분포별 아스파라진의 함량이 어떻게 변화되는지 알 수 있다. 대서 품종에서 괴경과 맞닿은 싹의 아래부분(B)의 아스파라진 함량은 2% 수준이었다. 중간 부분(M)은 1.9% 수준이고 싹상부(T)의 아스파라진 함량은 1.58% 수준으로 싹의 상부가 가장 적은 아스파라진 함량을 보였다. 수미 품종의 경우에도 아래 부분의 아스파라진 함량이 높았고 상부의 아스파라진 함량이 적었다. 이는 식물체에 다른 물질로 전이하기 위한 질소공급원으로 작용하는 아스파라진이 생성됨과 동시에 싹이 발달하면서 증가하기 때문에 이미 싹의 형성이 많이 진행된 아래부분은 아스파라진의 함량이 높고 진행 중인 상부의 싹에는 아스파라진의 함량이 증가해가는 과정으로 생각된다.

적 요

수확 후 저장하면서 감자에 함유된 아스파라진 함량의 변화를 연구하기 위하여 수확 후, 저장 중, 감자싹의 아스파라진 함량을 분석하였다. 수확 후 감자 품종별 아스파라진 함량은 수미 가황 대서 고운 품종의 순으로 높았다. 감자 품종에 함유된 아스파라진 함량은 건물중 기준 평균 1300 mg/100g이었다. 저장 조건에 따른 아스파라진 변화를 분석하고 괴경과 싹을 구분하여 아스파라진 함량을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다. 아스파라진의 함량은 4°C에 저장할 경우에는 저장기간에 관계없이 큰 변화가 없는 경향이였지만, 10°C에서는 3개월간 저장하였을 때 9.7% 증가하여 저장온도가 높고 저장기간이 길어질수록 아스파라진의 함량은 증가하는 경향을 보였다. 감자싹의 위치별 아스파라진의 함량은 괴경과 맞닿은 아래부분의 싹이 상부의 싹에 비하여 21% 높았다. 휴면이 타파되고 맹아가 출현하여 싹이 발달하는 과정에서 아스파라진의 함량은 증가하는 것으로 생각된다.

인용문헌

Brierley ER, Bonner PLR, Cobb AH (1996) Factors influencing the free amino acid content of potato (*Solanum tuberosum* L) tubers during prolonged storage. *J Sci Food Agric* 70:515-25

Cho SH, Kwon OS, Kwon, HB, Kim, SY, Kim, WS, Kim, CK, Park SS, Bae JH, Lee CJ, Chang SH, Jeong HS, Choi JW (2007) *Concepts in Biochemistry*, pp 64-71, third ed. Worldscience, Korea

Choi Hee-Don, Lee Hae-Chang, Kim Sung-Soo, Kim Yun-Sook, Lim Hak-Tae, Ryu Gi-Hyung (2008) Nutrient Components and Physicochemical Properties of New Domestic Potato Cultivars. *KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.* 40(4):382-388

Gaufichon Laure, Michèle Reisdorf-Cren, Steven J. Rothstein, Fabien Chardon and Akira Suzuki (2010) Biological functions of asparagine synthetase in plants. *Plant Science* 179:141-151

Kim Jae-Sung, Lee Hae-Youn, Baek Myung-Hwa, Kim Jae-Ho, Kim Sung-Yeul (2002) Effects of low dose γ radiation on the dormancy, growth and physiological activity of seed potato (*Solanum tuberosum* L.). *J Kor Soc Hort Sci* 43(5):596-602

Konrad A. Sieciechowicz, Kenneth W. Joy1, Robert J. Ireland (1988) The metabolism of asparagine in plants. *Phytochemistry* 27(3):663-671

Lee Jun Chan and Hwang Young Hyun (1996) Variation of asparagine and aspartic acid contents in beassprout soybeans. *Korean J Crop Sci* 41(5):592-599

Maria begona herrera-rodriguez, Jose Maria Maldonado, Rafael Perez-Vincente (2005) Role of asparagine and asparagine synthetase genes in sunflower germination and natural senescence. *Journal of plant physiology* 163(10):1061-1070

Rappaport. L. and N. Wolf (1969) The problem of dormancy in

- potato tubers and related structures. *Symp Soc Exp Biol* 23:219-240
- Shepherd LVT, Bradshaw JE, Dale MFB, McNicol JW, Pont SDA, Mottram DS, Davies HV (2010) Variation in acrylamide producing potential in potato: Segregation of the trait in a breeding population. *Food chemistry* 123:568-573
- Tagawa T and Okazawa Y (1955) Physiological and morphological studies on potato plants. Part 18. On the influence of nature and age of seed tubers on some physiological behavior at the time of sprouting of the tubers. *Crop Sci Soc Jpn* 23:249-250