

양파(*Allium cepa* L.) 수확후 관리기술 최근 연구 동향

조정은¹ · 배로나² · 이승구^{1,3*}

¹서울대학교 식물생산과학부, ²서울대학교 농생명과학공동기기원, ³서울대학교 농업생명과학연구원

Current Research Status of Postharvest Technology of Onion (*Allium cepa* L.)

Jungeun Cho¹, Ro Na Bae², and Seung Koo Lee^{1,3*}

¹Department of Plant Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

²National Instrument Center for Environmental Management, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

³Research Institute for Agriculture and Life Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

Abstract. Onion has been reported to contain various organosulfur compounds which have antibiotic and anticarcinogenic properties and flavonoid like quercetin which is a valuable natural source of antioxidants. Carbohydrates in onion constitute about 80% of dry matter, and the major non-structural carbohydrate of onion bulb is fructo-oligosaccharides, well known as fructan, followed by glucose, fructose, and sucrose. The sugar concentration is associated with dormancy and storage life of onion, occurring as decrease in glucose, fructose and fructan, particularly towards the end of storage. Forced air pre-drying for 15-20 days at room temperature is an essential procedure to reduce freezing injury and sprouting, then onion bulbs can be stored at 0°C for 6 months to control sprouting and decay. Bacterial soft rot caused by *Erwinia* and *Pseudomonas* is the main postharvest disease when the bulbs are infected with the bacteria and stored at room temperature. Browning in sliced onion is due to oxidation of phenolic compounds by polyphenol oxidase and it can be inhibited by citric acid treatment, packing with nitrogen gas, and polyethylene film.

Additional key words: fresh-cut, postharvest physiology, quality, storage, treatment

서 언

양파(*Allium cepa* L.)는 백합과에 속하는 작물로서 독특한 향미특성으로 오래전부터 우리 식생활에 중요한 조미재료로 사용되고 있다. 우리나라 채소 중 재배면적 기준으로 6번째로 많이 재배되는 주요 채소이다. 유황화합물(ACSOs, S-alk(en)yl cysteine sulfoxides), flavonoid, glutathione, 그리고 selenium과 같은 항산화 및 항암 관련 기능성 물질의 함량이 높아 동맥경화, 암과 같은 성인병 예방에 효과가 있다(Corzo-Martinez 등, 2007). 양파는 품종에 따라 맛, 형태, 색깔, 저장성 등이 다양한데, 조생종은 대체로 매운맛이 약하고 당 함량이 낮으며 수분함량이 높아 저장력이 떨어지는 반면, 중·만생종은 매운맛이 강하고 당 함량이 높으며 저장력이 강해 주로 장기저장용으로 재배된다. 조생종은 전남 무안, 해남, 고흥 등 남해안 지역에서 재배되며, 중·만생종

은 함안, 창녕, 의성 등 영남 내륙지방에서 재배되고 있다. 추파재배가 주종을 이루며 4-6월에 수확이 집중되므로 연중 공급을 위해 장기저장이 필수적인 작물이지만, 수확후 관리가 제대로 이루어 지지 않아 저장 중 부패 및 생리장해로 인한 손실이 매우 높다. 저장중 부패율을 낮추기 위해서 수확후 예건 공정이 필수적으로 요구되는 작물이다(Lim 등, 2002; Park 등, 2001; Wright와 Triggs, 2005). 본 논문에서는 양파의 수확후 관리기술을 향상시키기 위하여 양파의 수확후 생리, 품질, 수확후 처리기술, 저장기술, 장해, 그리고 신선편이 및 가공에 관한 최근 연구 현황을 검토하고자 한다.

수확후 생리

호흡량 및 에틸렌 발생량

양파의 호흡량은 20°C에서 8mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹ 정도이고

*Corresponding author: sklee@snu.ac.kr

※ Received 15 September 2009; Accepted 6 February 2010. 본 논문은 농림수산식품부 농림기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다 (2009-0304).

저장기간이 길어질수록 증가하며, 특히 휴면기간이 끝나 맹아엽이 신장하면 더욱 증가하여 호흡량 상승으로 휴면타파 여부를 확인할 수 있다. 에틸렌 발생량은 매우 적어서 20°C에서 0.002-0.005 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ 이하로 발생되며, 에틸렌에 대한 민감도도 매우 낮다(Bufler, 2009).

맹아신장

양파는 건물중의 80%를 fructan, glucose, fructose, sucrose 등의 당이 차지할 정도로 당 함량이 높으며, 당 대사는 구의 휴면과 발아에 깊이 연관되어 있다(Abayomi와 Terry, 2009). 상온에서 저장시 맹아신장으로 인해 당 분해 작용이 활발히 일어나 sucrose, glucose, 그리고 fructose 함량의 감소폭이 크다(Bufler, 2009; Yasin와 Bufler, 2007a). 휴면중 pyruvic acid의 함량은 꾸준히 증가하며, γ -glutamyl transpeptidase activity도 맹아신장 시작과 동시에 증가한다(Yasin와 Bufler, 2007b). 양파 저장시 ABA 함량은 꾸준히 줄어들며, ABA 함량이 50-120 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ DW수준에 이르게 되면 맹아신장이 시작된다(Chope 등, 2007b). 에틸렌은 맹아신장과 휴면타파를 억제하나 에틸렌이 제거되면 효과가 없어져 맹아가 신장하게 되며, 에틸렌 저해제인 1-methylcyclopropen(1-MCP)를 처리시 휴면이 일찍 타파하게 된다(Bufler, 2009).

유황화합물

유황화합물(ACSOs)은 양파의 독특한 향을 결정짓고, 영양학적으로 가치가 높은 화합물로서 S-methyl cysteine sulfoxide (MCSO), S-1-propenyl cysteine sulfoxide(1-PeCSO), S-propyl cysteine sulfoxide(PCSO) 등이 있다. 양파의 대표적인 향기 성분전구체는 1-PeCSO로 전체 향기성분전구체의 약 85%를 차지하며 그 외 MCSO가 14%, 그리고 극소량의 2-PECSO와 PCSO 등이 있다(Wang 등, 2007). 이러한 유황화합물은 토양으로부터 흡수한 cysteine과 glutathione으로부터 합성되며 γ -glutamyl transpeptidase라는 중간 단계를 거쳐 ACSOs로 합성된다. 질소질과 유황질 비료의 공급이 충분할수록 함량이 증가하게 되며, 질소질 비료의 양이 많으면 MCSO의 함량이 높아지고 유황질 비료의 양이 많으면 1-PeCSO의 함량이 높아진다(Coolong와 Randle, 2003, 2008; McCallum 등, 2005; Perner 등, 2008). 유황화합물은 양파 품질을 결정하는 주요 요인이기 때문에 ACSOs의 생합성 대사에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다.

품 질

성분

양파에 함유되어 있는 성분은 수분이 90% 정도로 가장

높고 다른 채소류에 비해 단백질 함량이 높으며, 지방을 적게 함유하고 있다. 또한 당 함량이 60-80% 정도로 높으며, fructan이라고 불리는 fructo-oligosaccharides가 양파의 주요 탄수화물이다(Abayomi와 Terry, 2009). 최근 신선편이 양파의 수요가 증가하면서 pyruvic acid 함량이 $< 5\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ FW 수준인 매운맛이 약하고 단맛이 강한 양파를 선호하는 추세이다(Abayomi와 Terry, 2009; Vagen와 Slimestad, 2008). 당은 식미 뿐만 아니라 선도 유지, 저장성에도 큰 영향을 미쳐서 당 함량이 높을수록 저장성이 좋다. 특히 glucose, fructose, sucrose와 같은 유리당보다 fructan 함량 및 건물중이 클수록 저장성이 좋으며, 건물중이 16% 이상일 경우 0°C에서 6개월간 저장이 가능하다(Jaime 등, 2001). 양파의 향기성분은 propyl allyldisulfide와 disulfide 등이 주를 이루는데 열을 가하면 단맛을 내는 propylmercaptan이 형성되어 단맛이 증가하게 된다. 양파의 대표 유기산은 glutamic acid($325\pm 133\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)이며, 그 외에도 citric acid($48.5\pm 24.1\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$)와 malic acid($43.6\pm 10.4\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$) 등이 보고되고 있다(Galdon 등, 2008). 건물중이 큰 양파일수록 세포벽과 middle lamella 부분이 두껍고 total uronic acid 함량이 높으며 저장중 polygalacturonase와 pectin methylesterase의 활성도가 낮아 경도가 높게 유지되고 저장성이 좋다(Coolong 등, 2008).

기능성 성분

양파는 glutathione S-transferase의 활성도가 매우 높아 유황화합물(ACSOs) 뿐만 아니라 flavonoids와 같은 기능성 물질의 함량이 매우 높은 작물이다(Rohman 등, 2009). Polyphenol, flavonoid, tannin, 그리고 ascorbic acid와 같은 화합물은 각종 질병의 치료 및 예방에 효과가 있기 때문에 건강 보조 식품으로서도 각광을 받고 있다(Gorinstein 등, 2009b). 유황화합물은 저장기간 동안 그 함량이 점차 증가하며(Kopsell 등, 1999), 알리네이즈에 의해 thiosulfinates와 polysulfides 등으로 분해되어 항산화 및 콜레스테롤 저하 효과 등 다양한 효능을 갖고 있다. 또한 양파를 썰었을 때 눈물이 나는 것은 ACSOs의 한 종류인 1-PeCSO가 LF synthase라는 효소와 반응하여 최류성의 lachrymatory factor가 생성되어 눈물샘을 자극하기 때문이다. Flavonoid는 크게 anthocyanin과 flavonol로 나뉘는데, anthocyanin은 적색 양파의 주요 색소이며 total flavonoid의 10%(39-240 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ FW)를 차지한다(Slimestad 등, 2007). 또한 적색 양파 껍질의 anthocyanin은 α -tocopherol보다 lipid peroxidation 저해에 효과적이다(Prakash 등, 2007). Flavonol은 황색 양파의 껍질의 주요 색소이며 25개 이상의 다른 종류의 flavonol이 양파에서 동정되었다(Slimestad 등, 2007). Quercetin은 flavonol의 한 종류로서 항산화능이 높

Table 1. Total phenolic and quercetin content in white, yellow, and red onions.

Compound		Total phenolic (mg·g ⁻¹)	Quercetin (mg·100 g ⁻¹)
White onion	Flesh	0.2 ± 0.0	12.5 ± 0.2
	Peel	4.4 ± 0.2	3.6 ± 0.1
Yellow onion	Flesh	0.3 ± 0.0	15.2 ± 0.7
	Peel	719.1 ± 37.4	755.3 ± 22.2
Red onion	Flesh	0.25 ± 0.0	5.70 ± 0.2
	Peel	806.21 ± 26.4	774.03 ± 29.5

은 기능성 물질이다(Wach 등, 2007). 주로 당과 결합하여 quercetin glucoside 형태로 많이 존재하며(Nemeth와 Piskula, 2007), quercetin-4'-glucoside와 quercetin-3,4'-diglucoside이 전체 flavonoid의 80%를 차지할 정도로 가장 대표적인 형태이다(Bonaccorsi 등, 2008; Grzelak 등, 2009; Perner 등, 2008; Roldan-Marin 등, 2009; Slimestad 등, 2007). 양파는 300mg·kg⁻¹의 quercetin을 함유하고 있어 브로컬리(100mg·kg⁻¹), 사과(50mg·kg⁻¹)보다 훨씬 높다. Table 1은 양파의 total phenolic과 quercetin 함량을 나타내며, 이들 성분은 백색 양파에 비해 황색과 적색양파에 많으며 과육보다는 껍질에 많이 함유되어 있다(Jeong 등, 2009). Flavonoid 함량은 구의 크기가 작을수록 높으며, 안쪽보다는 바깥쪽 인엽에서 높게 나타난다(Lee 등, 2008).

수확후 처리기술

예건

예건 처리에 의해 저장손실을 줄일 수 있으며(무처리구 : 43.9% 손실, 예건 처리구 : 31.9% 손실) 중량 감소도 줄일 수 있다. 예건은 자연 예건과 열풍 예건으로 나뉜다. 자연예건은 수확후 양파구를 포장에서 2-3일간 널어서 말리는 것으로 수확후 필수적으로 행해야 하는 공정이다. 자연 예건 후 상온에서 15-20일간 차압송풍예건을 실시하여 양파 표면의 수분함량을 65% 정도로 건조시켜야 동해 및 멍아신장을 억제할 수 있다. 열풍건조 시 48℃에서 12시간 정도 또는 40-45℃에서 16시간 건조 후 저장하는 것이 부패 방지에 효과적이지만 48℃에서 24시간 이상 건조시 오히려 부패가 증가한다.

멍아신장 억제처리

멍아신장은 양파의 상품성을 저하시키는 요인 중 하나로서 멍아신장 억제를 위한 여러 처리가 시도되고 있다. Maleic hydrazide(MH)는 식물생장조절제로서 발근과 멍아신장을 억

제하나 유해 물질로서 양파에 있어서 잔류허용기준은 15ppm이다. MH는 보통 수확전 15일경에 처리하며 3000ppm을 엮면 살포시 잔류량은 0.4-0.7ppm정도이다. 방사선 조사는 멍아신장 억제 효과가 있을 뿐만 아니라 병원균의 발육을 억제하며, 당, ascorbic acid, 그리고 pyruvic acid와 같은 품질 관련 인자에는 영향을 미치지 않는다(Croci 등, 1995; Jaime 등, 2001). 방사선 조사는 양파의 경우 0.15kGy까지 조사를 허용하고 있으며 양파에 있어서 최적 조사량은 0.05-0.15kGy이다. 휴면기에 실시해야 효과적이므로 수확 후 4-6주 안에 실시한다. 1-MCP 또한 처리 후 4 또는 12℃에 저장시 멍아신장 억제에 효과적이다. 하지만 20℃에 저장시 오히려 멍아신장이 촉진되며, 건물중 함량이 높은 중만생종 양파보다 조생종 양파에 처리시 효과적이다(Bufler, 2009; Chope 등, 2007a). 1-MCP 처리시 sucrose, glucose, 그리고 fructose의 함량이 높게 유지되고, 건물중도 대조구에 비해 높게 유지되나, ABA 함량은 변화가 없다(Chope 등, 2007a).

저장기술

저장전 요인

양파의 저장성에는 여러 요인이 관여하나 토양조건, 시비, 품종, 수확기, 저장 중 온·습도 등이 주요 요인이다. 양파는 수분의 함량이 매우 높은 작물로서 장기 저장용은 인편을 단단하게 해야하므로 관수는 수확 20일 전까지 실시하고 그 이후는 건조상태를 유지해야 한다. 양파재배시 질소 질비로 처리를 통하여 수확량을 증대시킬 수 있으나, 질소 질비로 함량이 지나치게 높을 경우 저장시 부패율이 증가하므로 다량 시비는 피해야한다. 칼슘을 처리하였을 경우 양파의 경도가 증가하는 효과를 볼 수 있으나, 저장성이 향상되지는 않는다(Coolong와 Randle, 2008; Mogren 등, 2007).

상온저장

냉장이나 고온저장고를 이용하지 않고 상온의 간이저장 시설에서 저장하는 방법으로 휴면기인 2-3개월은 저장이 가능하나 그 이후는 멍아신장 및 부패로 인해 상품성이 떨어진다(Mogren 등, 2007). 줄기를 자른 양파는 그물망에 20kg 씩 담아 서늘한 곳에 쌓아 저장하고 줄기를 자르지 않은 양파는 4-6개의 양파 줄기를 엮어 바람이 잘 통하고 비를 맞지 않는 곳에 보관한다.

저온저장

양파는 수확후 품종에 따라 30-60일 정도의 휴면기간을 갖기 때문에 수확후 바로 멍아신장에 의한 품질변화는 없

만 장기저장을 위해서는 충분한 예건 후 저온에서 저장해야 한다. 생리적 휴면기가 지나면 맹아엽이 신장하게 되는데, 구가 얼지 않을 정도의 저온에서 저장하면 호흡이 현저하게 줄어 맹아신장을 억제하고, 부패균의 번식을 억제함으로써 저장기간이 연장된다(Chope 등, 2007a). 저장시설의 온도는 0°C 전후, 상대습도는 70-80%가 적당하며, 충분히 예건시킨 후 저장하는 것이 효과적이다. 양파는 수분함량이 높기 때문에 -1°C 이하의 온도에서는 동해를 입을 수 있다. 장기 저장을 위해서는 양파의 생리적 휴면 기간인 7월말-8월초 사이에 입고시켜야 맹아신장을 억제할 수 있다. 저장기간이 길어질수록 당함량은 감소하며, glucose와 fructose의 함량이 줄어들어 단당류에 대한 이당류의 비율이 증가하기 시작하면 저장 한계점에 이른 것이다(Chope 등, 2007a).

하우스 저장

하우스 저장은 호흡소모에 따른 품질저하가 있지만, 외피의 건조와 경화가 빠르게 진행되어 병원균의 번식이 억제되기 때문에 부패 방지에 효과적이다. 또한 고온으로 맹아신장이 둔화되어 저장 기간을 연장시킬 수 있다. 하우스 저장 시에는 하우스 지면에 비닐을 깔아서 습기가 올라오지 못하게 하고, 환경 설정은 35°C의 고온에 50%의 상대 습도로 설정한다.

장 해

생리장해

양파의 생리장해는 동해, 투명 인편, 인경 녹변, 암모니아 장해 등이 있다. 양파의 어는점은 -1~-2°C로서 영하의 온도에 양파를 저장했을 때 동해가 나타나며, 과육에 수침 현상이 일어나고 상온으로 이동하면 미생물 성장에 의해 부패가 빨리 일어난다. 투명 인편은 증상이 동해와 비슷하며, 예건을 통해 방지할 수 있다. 아직 투명 인편 현상에 대한 정확한 원인은 밝혀지지 않고 재배기간동안 수분 스트레스를 받았을 경우 투명인편현상이 나타난다고 보고된 바 있다(Shock 등, 2007). 예건 후에 장기간 빛에 노출되면 인경이 녹색으로 변하고, 장기간 저장시 발생하는 암모니아에 의해 검은 반점이 생기기도 한다.

병리장해

양파의 수확시기는 대부분 장마기와 겹쳐 적기에 수확하기 어렵고, 수확한 양파는 건조가 제대로 이루어 지지 않아 저장 중 부패 피해가 매우 심각하다. 양파 저장중 발생하는 병은 대부분 재배 기간 중에 감염되어 저장중 발병조건에 이르르면 발병하게 된다. 양파의 부패에 관여하는 대표적인

병원을 살펴보면, 곰팡이는 잿빛곰팡이병(*Botrytis* spp.), 마름썩음병(*Fusarium* spp.), 검은곰팡이병(*Aspergillus* spp.), 푸른곰팡이병(*Penicillium* spp.) 등이 있으며, 세균은 무름병(*Erwinia* spp.) 및 썩음병(*Pseudomonas* spp.) 등이 주종이다. 무름병에 걸리면 처음에는 작은 수침상 병반이 생기고, 이 병반이 빠른 속도로 커져 무르게 된다. 무름병을 일으키는 *Erwinia* 세균은 생육적온이 30-35°C로 저온 저장고에서 세균에 의해 부패하는 경우는 많지 않으나 일부 저온에서도 활동하는 병원균이 있다(Yi와 Park, 1999).

병리장해 방지

양파에 발생되는 여러가지 병은 종자를 통해 전염되므로 종자소독을 철저히 해야 한다. 종자에서 검출되는 대부분의 병원균은 토양 속에서 증식하면서 수확후 포장에서 예건시킬 때 감염되어 저장중 부패를 일으킨다. 질소질 비료의 과다시용은 토양에 연작장해를 일으킬 뿐만 아니라 양파자체의 저항성을 저하시켜 병원균의 침입을 용이하게 한다. 양파의 저장병을 일으키는 병원균의 대부분은 상처 부위를 통해 침입하는데 예건과 같은 저장전 처리과정의 미비에 의해 상처부위가 제대로 치유되지 않아 부패가 일어나게 된다. 또한 수확시 좋은 날씨를 택하고 상처는 저장부패의 원인이 되므로 상처가 나지 않게 주의하며, 출하 전까지 저온저장고에서 저장한다. 잿빛곰팡이병은 양파구가 물러 썩으면서 전체적으로 표면이 잿빛의 곰팡이로 뒤덮이게 되는데, 방제 방법은 윤작을 해서 토질을 개선시켜 주고 다습하지 않은 곳에 보관해야 한다. 마름썩음병은 양파의 종구가 갈색으로 변해 말라 썩게 되며, 표면에 흰색의 곰팡이가 생기고 줄기는 도관이 암흑색이나 암갈색을 띠며 심한 경우 시들어 말라 죽는 병으로, 무병지에서 종자를 채종하고 파종시에는 종자소독을 실시한 후 파종해야 한다. 고온조건에서 발병하여 큰 피해를 주는 검은곰팡이병은 가능한 20°C 이하의 다습하지 않은 곳에서 저장함으로써 발병을 줄인다. 양파의 줄기 제거는 검은곰팡이균, 잿빛곰팡이균과 같은 병원균의 침입을 용이하게 하므로 가능한 한 줄기를 길게 남기고 절단하는 것이 좋다. 고농도의 CO₂나 저농도의 O₂처리시 호흡률을 낮추고 양파의 부패를 줄일 수 있으며 O₂ 2%, CO₂ 10% 환경이 최적조건이다.

신선편이 및 가공

가공 유형

양파의 가공유형은 주스, 튀김, 건조(스낵류, 파우더) 및 신선편이절편 등으로 분류되며, 최근 들어 양파김치, 양파피클,

Table 2. Losses of onion flavonoids subjected to cooking.

Cooking type	Loss of flavonoid (%)
Frying	33
Sautéing	21
Boiling	14-20
Steaming	14
Microwaving	4
Baking	0

양파식초, 양파즙액 등 가공 식품에 관한 연구가 활발해지고 있다. 가공시 기능성 성분의 손실이 일어나게 되는데, 90초간 bleaching 실시를 통하여 polyphenols 손실을 줄일 수 있으며 (Gorinstein 등, 2009a), 조리방법에 따른 flavonoid 감소는 Table 2와 같다(Gorinstein 등, 2008; Lee 등, 2008). 양파주스는 양파즙액에 과당, 벌꿀, cyclodextrin 및 구연산을 첨가하여 맛을 향상시킨 제품으로서 전남 무안 지방의 특산품이다. 양파김치는 시원하고 달콤한 맛을 지니고 있으며 일반김치보다 숙성이 빨리 되어 상품화가 많이 이루어 지고 있다. 양파를 구울 때 열에 의해 quercetin glycoside의 분해가 일어나 aglycone quercetin이 생성된다(Rohn 등, 2007). 최근에는 다양한 기능성 물질을 함유하고 있는 양파부산물에 관한 연구가 많이 이루어지고 있다(Roldan 등, 2008).

가공 품질

양파 가공에 있어서 주된 문제점은 가공후 상품의 변색(갈변), 미생물 번식으로 인한 식품 안전성의 저하 및 가공 식품의 짧은 유통 기한 등이 있다. 갈변 현상의 방지책으로는 구연산 등의 첨가물을 이용하는 방법, 질소 충전과 다양한 필름을 이용한 포장법 등이 개발되었다. 식품 안전성과 관련한 문제로는 원재료 및 가공 과정에서 오염되는 여러 병원균에 관한 연구가 이루어 지고 있다. 신선편이 식품의 안전을 위한 처리로는 오존수 세척, 염소수 세척, UV조사 등이 있으며, 오존과 UV를 복합 처리시 단독 처리에 비해 효과적이다 (Selma 등, 2008). 가공식품의 또 다른 문제점은 짧은 유통기간으로서 양파김치는 적절한 맛의 유지 기간이 짧아 상품화하는데 문제가 있다는 단점이 있다. 이러한 문제점 해결을 위해 허브, 젓갈 등의 첨가물을 통해 맛의 유지와 유통기간 연장에 관한 연구가 많이 진행되고 있다.

초 록

양파는 항생 및 항암작용을 나타내 심장 질환 및 성인병에 효과적인 다양한 유효화합물과 항산화 작용이 뛰어난 flavonoid를 다량 함유하고 있다. 양파는 건물중의 80%를

당이 차지할 정도로 당 함량이 높으며, 주요 당은 fructan으로 잘 알려진 fructo-oligosaccharide이며 그 외 glucose, fructose, sucrose 등이 있다. 당 함량은 양파의 저장성에도 큰 영향을 미쳐서 당 함량이 높을수록 저장성이 좋으며, 저장 말기로 갈수록 glucose, fructose, 그리고 fructan 등의 감소가 일어난다. 충분한 예건이 이루어지지 않을 경우 냉해를 입을 수 있으므로 수확후 상온에서 15-20일간 차압송풍예건을 실시해야 한다. 예건실시후 0°C에서 저장해야 맵아신장 및 부패를 막아 저장수명을 연장할 수 있다. 양파의 대표적인 저장장해는 *Erwinia*와 *Pseudomonas*에 의해 발생하는 무름병이며, 병에 감염된 양파를 상온 저장시 발병율이 높아진다. 최근 신선편이 제품이 많이 출시되고 있으며, 신선편이 제품의 저장수명 연장을 위한 연구가 수행되고 있다. 신선편이 양파에서 발생하는 갈변현상은 polyphenol oxidase가 주 원인인 산화반응으로 유기산, 질소충진 포장 및 PE 필름 포장 등으로 억제하고 있다.

추가 주요어 : 신선편이, 수확후생리, 품질, 저장, 처리

인용문헌

- Abayomi, L.A. and L.A. Terry. 2009. Implications of spatial and temporal changes in concentration of pyruvate and glucose in onion (*Allium cepa* L.) bulbs during controlled atmosphere storage. *J. Sci. Food Agric.* 89:683-687.
- Bonaccorsi, P., C. Caristi, C. Gargiulli, and U. Leuzzi. 2008. Flavonol glucosides in *Allium* species: A comparative study by means of HPLC-DAD-ESI-MS-MS. *Food Chem.* 107:1668-1673.
- Bufler, G. 2009. Exogenous ethylene inhibits sprout growth in onion bulbs. *Ann. Bot.* 103:23-28.
- Chope, G.A., L.A. Terry, and P.J. White. 2007a. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the physical and biochemical characteristics of onion cv. SS1 bulbs during storage. *Postharvest Biol. Technol.* 44:131-140.
- Chope, G.A., L.A. Terry, and P.J. White. 2007b. Preharvest application of exogenous abscisic acid (ABA) or an ABA analogue does not affect endogenous ABA concentration of onion bulbs. *Plant Growth Regul.* 52:117-129.
- Coolong, T.W. and W.M. Randle. 2003. Sulfur and nitrogen availability interact to affect the flavor biosynthetic pathway in onion. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128:776-783.
- Coolong, T.W. and W.M. Randle. 2008. The effects of calcium chloride and ammonium sulfate on onion bulb quality at harvest and during storage. *HortScience* 43:465-471.
- Coolong, T.W., W.M. Randle, and L. Wicker. 2008. Structural and chemical differences in the cell wall regions in relation to scale firmness of three onion (*Allium cepa* L.) selections at harvest and during storage. *J. Sci. Food Agric.* 88:1277-1286.
- Corzo-Martinez, M., N. Corzo, and M. Villamiel. 2007. Biological

- properties of onions and garlic. *Trends Food Sci. Technol.* 18:609-625.
- Croci, C.A., S.A. Banek, and O.A. Curzio. 1995. Effect of gamma-irradiation and extended storage on chemical quality in onion (*Allium cepa* L.). *Food Chem.* 54:151-154.
- Galdon, B.R., C.T. Rodriguez, E.R. Rodriguez, and C.D. Romero. 2008. Organic acid contents in onion cultivars (*Allium cepa* L.). *J. Agric. Food Chem.* 56:6512-6519.
- Gorinstein, S., Z. Jastrzebski, H. Leontowicz, M. Leontowicz, J. Namiesnik, K. Najman, Y.S. Park, B.G. Heo, J.Y. Cho, and J.H. Bae. 2009a. Comparative control of the bioactivity of some frequently consumed vegetables subjected to different processing conditions. *Food Cont.* 20:407-413.
- Gorinstein, S., H. Leontowicz, M. Leontowicz, J. Namiesnik, K. Najman, J. Drzewieck, M. Cvikrova, O. Martincova, E. Katrich, and S. Trakhtenberg. 2008. Comparison of the main bioactive compounds and antioxidant activities in garlic and white and red onions after treatment protocols. *J. Agric. Food Chem.* 56:4418-4426.
- Gorinstein, S., Y.S. Park, B.G. Heo, J. Namiesnik, H. Leontowicz, M. Leontowicz, K.S. Ham, J.Y. Cho, and S.G. Kang. 2009b. A comparative study of phenolic compounds and antioxidant and antiproliferative activities in frequently consumed raw vegetables. *Eur. Food Res. Technol.* 228:903-911.
- Grzelak, K., J. Milala, B. Krol, F. Adamicki, and E. Badelek. 2009. Content of quercetin glycosides and fructooligosaccharides in onion stored in a cold room. *Eur. Food Res. Technol.* 228:1001-1007.
- Jaime, L., M.A. Martí'n-Cabrejas, E. Molla', F.J. Lo'pez-Andre'u, and R.M. Esteban. 2001. Effect of storage on fructan and fructooligosaccharide of onion (*Allium cepa* L.). *J. Agric. Food Chem.* 49:982-988.
- Jeong, C.H., H.J. Heo, S.G. Choi, and K.H. Shim. 2009. Antioxidant and anticancer properties of methanolic extracts from different parts of white, yellow, and red onion. *Food Sci. Biotechnol.* 18:108-112.
- Kopsell, D.E., W.M. Randle, and M.A. Eiteman. 1999. Changes in the S-alk(en)yl cysteine sulfoxides and their biosynthetic intermediates during onion storage. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124:177-183.
- Lee, S.U., J.H. Lee, S.H. Choi, J.S. Lee, M. Ohnisi-Kameyama, N. Kozukue, C.E. Levin, and M. Friedman. 2008. Flavonoid content in fresh, home-processed, and light-exposed onions and in dehydrated commercial onion products. *J. Agric. Food Chem.* 56:8541-8548.
- Lim, C., J. Lim, S. Kang, and J. Cho. 2002. Effect of pre-drying and chemical treatments on storability of an early onion (*Allium cepa* L.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 20:314-318.
- McCallum, J., N. Porter, B. Searle, M. Shaw, B. Bettjeman, and M. McManus. 2005. Sulfur and nitrogen fertility affects flavour of field-grown onions. *Plant Soil* 269:151-158.
- Mogren, L.M., M.E. Olsson, and U.E. Gertsson. 2007. Quercetin content in stored onions (*Allium cepa* L.): Effects of storage conditions, cultivar, lifting time and nitrogen fertiliser level. *J. Sci. Food Agric.* 87:1595-1602.
- Nemeth, K. and M.K. Piskula. 2007. Food content, processing, absorption and metabolism of onion flavonoids. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 47:397-409.
- Park, S., S. Hong, and Y. Park. 2001. Changes in stored bulb quality of 'Higuma' onion as influenced by predrying status. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 42:699-702.
- Perner, H., S. Rohn, G. Driemel, N. Batt, D. Schwarz, L.W. Kroh, and E. George. 2008. Effect of nitrogen species supply and mycorrhizal colonization on organosulfur and phenolic compounds in onions. *J. Agric. Food Chem.* 56:3538-3545.
- Prakash, D., B.N. Singh, and G. Upadhyay. 2007. Antioxidant and free radical scavenging activities of phenols from onion (*Allium cepa*). *Food Chem.* 102:1389-1393.
- Rohman, M.M., M.D. Hossain, T. Suzuki, G. Takada, and M. Fujita. 2009. Quercetin-4'-glucoside: A physiological inhibitor of the activities of dominant glutathione S-transferases in onion (*Allium cepa* L.) bulb. *Acta Physiol. Plant.* 31:301-309.
- Rohn, S., N. Buchner, G. Driemel, M. Rauser, and L.W. Kroh. 2007. Thermal degradation of onion quercetin glucosides under roasting conditions. *J. Agric. Food Chem.* 55:1568-1573.
- Roldan-Marin, E., C. Sanchez-Moreno, R. Lloria, B. de Ancos, and M.P. Cano. 2009. Onion high-pressure processing: Flavonol content and antioxidant activity. *Lwt-Food Sci. Technol.* 42: 835-841.
- Roldan, E., C. Sanchez-Moreno, B. de Ancos, and M.P. Cano. 2008. Characterisation of onion (*Allium cepa* L.) by-products as food ingredients with antioxidant and antibrowning properties. *Food Chem.* 108:907-916.
- Selma, M.V., A. Allende, F. Lopez-Galvez, M.A. Conesa, and M.I. Gil. 2008. Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. *Food Microbial.* 25:809-814.
- Shock, C.C., E.B.G. Feibert, and L.D. Saunders. 2007. Short-duration water stress decreases onion single centers without causing translucent scale. *HortScience* 42:1450-1455.
- Slimestad, R., T. Fossen, and I.M. Vagen. 2007. Onions: A source of unique dietary flavonoids. *J. Agric. Food Chem.* 55:10067-10080.
- Vagen, I.M. and R. Slimestad. 2008. Amount of characteristic compounds in 15 cultivars of onion (*Allium cepa* L.) in controlled field trials. *J. Sci. Food Agric.* 88:404-411.
- Wach, A., K. Pyrzynska, and M. Biesaga. 2007. Quercetin content in some food and herbal samples. *Food Chem.* 100:699-704.
- Wang, H., J.M. Li, Z.F. Wang, X. Zhang, and Y.Y. Ni. 2007. Modified method for rapid quantitation of S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxide in yellow onions (*Allium cepa* L.). *J. Agric. Food Chem.* 55:5429-5435.
- Wright, P.J. and C.M. Triggs. 2005. Effects of curing, moisture, leaf removal, and artificial inoculation with soft-rotting bacteria on the incidence of bacterial soft rot of onion (*Allium cepa*) bulbs in storage. *Austral. Plant Pathol.* 34:355-359.
- Yasin, H.J. and G. Bufler. 2007a. Dormancy and sprouting in onion (*Allium cepa* L.) bulbs. I. Changes in carbohydrate metabolism. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 82:89-96.
- Yasin, H.J. and G. Bufler. 2007b. Dormancy and sprouting in onion bulbs. II. Changes in sulphur metabolism. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 82:97-103.
- Yi, Y.K. and Y.M. Park. 1999. Soft rot of onion stored under low temperature condition caused *Erwinia rhapontici* and *Burkholderia cepacia*. *Bul. Inst. Agric. Sci. Technol.* 6:33-40.