

재배지역과 품종에 따른 양파의 맛 관련 품질인자 설정

전현진 · 김병삼 · 이상훈 · 김윤숙[†]

한국식품연구원 기능소재연구단

Quality Factors of Freshness and Palatability of Onion by Cultivation Region and Variety

Hyeonjin Jeon, Byungsam Kim, Sanghoon Lee, and Yoonsook Kim[†]

Functional Materials Research Group, Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate the relationship between quality factors and palatability of onion by cultivation region and variety. Six onion varieties harvested in four regions were subjected to physicochemical, microbiological, and sensorial evaluation. There were differences in soluble solid content, color, vitamin C, quercetin, total polyphenol, and pyruvic acid contents among the varieties and cultivation regions. Dry weight and pH of onions did not significantly differ. Overall acceptability and palatability did not show any significant differences by variety. From the correlation and regression analysis, palatability was very closely related to Z_{11} (acridity) of -0.914 and the regression equation for sensorial palatability (Y) was $Y=12.3806-0.8284Z_{10}$ (sourness)-0.7957 Z_{11} (acridity) with a coefficient of 0.9140.

Key words: onion, varieties, palatability, quality

서 론

양파는 백합과(Liliaceae)에 속하며 줄기를 주로 식용으로 하는 경채류로서 우리 식단에 없어서는 안 될 주요한 조미채소의 하나이다(1). 또한 수분이 많은 식품으로서 저장성이 약하여 저장 기간 중 발아 및 부패 등으로 품질 저하가 심하며 이의 저장성은 수확 전과 수확 후의 제반 조건에 의해서 영향을 받는다. 현재 양파에 대한 소비가 증가하고 있는 반면 안전성에 대한 보장 및 유통되고 있는 양파의 지리적 요인의 차이, 저장온도에 따른 품질변화와 저장기간 동안 미생물 증식 및 부패에 관한 연구 자료는 미흡하다. 양파의 저장에 관한 연구는 방사선 처리(2), 감압포장(3), 열수 처리(4) 등에 대해 이루어지고 있다. Kwon 등(5)의 논문에 따르면 양파의 저장온도와 습도에 따른 품질변화를 조사하였고, Lee와 Kim(4)은 양파의 유통기한 연장에 대한 연구에 관하여 보고하였다.

양파의 품질은 토양의 비옥도 및 품종, 수확시기, 재배지역 등과 같은 지리적 및 환경적인 요인에 의해 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다(1). 따라서 양파는 재배환경과 작형에 따른 품종선택이 중요하고, 수확 후 일정한 휴면기간이 경과하면 맹아, 발근 및 위조에 의해 상품 가치를 상실하기

때문에 장기저장을 위해서 0.5°C 저온저장을 활용하고 있다(6). 양파는 원재료가 살아있는 생체이기 때문에 동반되는 생화학적 변화, 생리적 노화, 미생물 변패에 의해 품질이 열화되기 쉬우며 구체적으로 상품의 색상, 조직감, 향미의 손실이 유발된다(7). 최근에 진행된 양파의 품질요인 인자에 관한 연구는 미생물, 관능품질 변화(3,4), 총 당 함량(3), quercetin(8) 등에 대해 조사하였다. 또한 산지별에 따른 양파의 품질특성 비교를 통해 소비자의 기호에 맞는 품질 및 기능적으로 우수한 양파를 제공할 수 있을 것이다(9).

본 연구에서는 재배지역 및 품종이 다른 양파를 각각 색도의 물리적 특성을 비롯하여 구중, 건조중량, 가용성 고형분 함량, pH, 비타민 C, quercetin, 총 폴리페놀, pyruvic acid 함량, 미생물과 같은 이화학적 특성과 관능적 특성을 평가하여 맛을 계량적으로 제시할 수 있는 품질인자를 찾고자 이들의 상관관계를 분석하고 최적회귀모형을 도출하여 적정 품질 지표를 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에서 사용한 양파는 2011년에 재배되었으며 지역별로 전남 무안, 경남 창녕, 경북 안동의 세 지역에서 재배된 5가지 품종(수라불, 하드불, 황용불, 터보 및 카타마루)과 추가적으로 경북 문경의 대표 품종인 뉴마르스 품종으로 총 16개의 시료를 사용하였다. 양파는 (주)신미유통(전남 장

성, 한국)에서 제공받았으며, 분석 전까지 5°C(5±1°C)의 저장고에 일시 보관하였다. 양과는 균일한 시료 채취를 위하여 크기가 일정하고 표면에 상처가 없는 것을 선별하여 상단의 껍질과 하단의 근부를 절단한 후 겉껍질과 속껍질을 제외한 겉에서 2~4층의 껍질을 채취하여 분석 시료로 사용하였다.

품질특성 분석

구중: 각각의 재배지역과 품종별 양과의 무게를 측정하여 평균±표준편차로 나타내었다.

건조중량: 양과를 적당한 크기로 절단하여 homogenizer(T25 basic Ultra-turrax homogenizer, IKA Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Germany)로 분쇄한 후 10 g을 채취하여 알루미늄 컵에 넣어서 70°C에서 24시간 동안 건조하였다. 그 후 105°C에서 1시간 건조하여 남아있는 건조물의 무게를 측정하였다.

$$\text{건조중량(\%)} = \frac{\text{건조 후 시료의 중량}}{\text{건조 전 시료의 중량}} \times 100$$

가용성 고형분 함량: 양과 10 g을 homogenizer(T25 basic Ultra-turrax homogenizer, IKA Werke GmbH & Co. KG)로 분쇄하여 이것을 여과지(Whatman No. 4, Whatman, Maidstone, UK)로 여과한 후 첫 번째 방울을 제거하고 당도계(PR-100, Atago, Tokyo, Japan)에 떨어뜨려 Brix degree를 통해 가용성 고형분 함량을 나타내었다.

pH: 양과를 적당한 크기로 절단하여 homogenizer(T25 basic Ultra-turrax homogenizer, IKA Werke GmbH & Co. KG)로 분쇄한 후 여과지(Whatman No. 4, Whatman)로 여과한 액을 pH meter(720 A, Orion Research Inc., Boston, MA, USA)를 이용하여 pH를 측정하였다.

표면색도: 양과 시료 상·하단의 절단부 단면 색을 색도계(Color QUEST II, Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, VA, USA)를 이용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness/greenness), 황색도(b, yellowness/blueness)로 나타내었으며, 측정값은 각각 3회 측정된 수치를 평균값으로 하였다.

관능검사: 양과 시료의 관능평가는 양과의 2~4껍질을 채취한 다음 2×2 cm의 크기로 절단하여 제시하였다. 평가항목으로 외관(광택-안쪽/바깥쪽, 투명도, 색), 향(매운향, 이취), 맛(매운맛, 단맛, 쓴맛, 신맛, 아린맛), 조직감(연도, 씹힘성, 바삭함, 다즙성), 전체적 기호도(맛)에 대하여 관능검사를 실시하였다. 관능검사원은 양과의 특성에 잘 훈련되고 차이 식별 능력이 우수한 12명을 대상으로 하였으며 강도는 전혀 없다(1점), 약하다(3점), 보통이다(5점), 강하다(7점), 아주 강하다(9점)로 평가하였고, 전체적 기호도는 매우 나쁘다(1점), 나쁘다(3점), 보통이다(5점), 좋다(7점), 매우 좋다(9점)의 9점 척도법으로 평가하였다.

비타민 C 함량: 비타민 C의 함량은 식품공전(10)의 방법에 의하여 HPLC(Jasco UV-2075, PU-1580, AS-2057, CO-2060, JASCO, Ishikawa, Japan)로 분석하였다. 생 양

과 시료를 잘게 썰어 무게 1 g을 정확히 취하여 5% meta-phosphoric acid 용액 10 mL를 가해 균질화하였고, 1시간 동안 추출한 후 0.45 µm syringe filter를 사용하여 얻어진 상층액 20 µL를 취한 다음 HPLC에 주입하여 비타민 C를 분석하였다. Column은 Waters Sunfire[™] C₁₈(5 µm, 4.6×150 mm)을 사용하고, 이동상은 50 mM KH₂PO₄/acetonitrile(60:40)을 사용하였으며 유속은 1 mL/min으로 하여 PDA detector로 254 nm에서 분석하였다. 표준물질은 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

Quercetin 함량: 동결건조 된 건물량 0.25 g을 수기에 취하여 20 mM butylated hydroxyanisole(BHA)이 함유된 50% MeOH 용액 10 mL와 6 M HCl 용액 2 mL를 가한 후 90°C에서 2시간 동안 환류 냉각하였다. 그 후 50% MeOH 용액을 3 mL 추가한 후 syringe filter(0.45 µm)를 이용하여 여과하고 HPLC system(JASCO)을 사용하여 분석하였다. HPLC의 분석 조건은 다음과 같다. 분석 column은 Waters Sunfire[™] C₁₈(5 µm, 4.6×150 mm)을 사용하였다. 이동상으로는 1.0% acetic acid를 함유한 methanol-acetonitrile-water(40:15:45, v/v/v)를 isocratic 조건 하에서 흘려주었다. 유속은 1.0 mL/min으로 하고 최종 주입되는 양은 20 µL로 하였다. 검출기는 PDA detector를 사용하여 370 nm의 파장에서 측정하였다. 분석을 위한 표준물질인 quercetin은 Sigma-Aldrich Co. 제품을 사용하였다.

총 폴리페놀 함량: 총 페놀성 화합물 함량 측정은 Folin-Denies 법(11)을 응용하여 측정하였다. 동결건조 된 시료를 1 mg/mL의 농도로 메탄올로 추출하여 상층액 100 µL에 50% Folin-Ciocalteu 시약 50 µL를 첨가하고 혼합한 다음 3분 동안 실온에 방치한 후 2% Na₂CO₃ 용액 150 µL를 넣고 30분 동안 반응시킨다. 반응이 끝난 후 ELISA microplate reader(Infinite® 200 PRO, TECAN Group Ltd., Männedorf, Switzerland)를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다. 이때 표준물질로 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였으며 시료와 동일한 방법으로 분석 후 얻은 표준곡선으로부터 총 페놀성 화합물 함량을 나타내었다.

Pyruvic acid 함량: Pyruvic acid 함량은 Schwimmer와 Weston의 방법(12)을 응용하여 측정하였다. 즉 동결건조 한 양과 시료 0.5 g을 취하여 5% TCA 용액 10 mL를 넣어 2시간 동안 4°C에서 균질화시키고, shaking 하여 단백질을 침전시킨 다음 여과(Whatman No. 4, Whatman)하였다. 여과액 0.5 mL를 시험관에 취하고 0.0125% dinitrophenylhydrazine(DNPH) 0.5 mL와 증류수 0.5 mL를 넣어 혼합한 후 37°C 항온수조에서 10분간 반응시킨 다음 0.6 N NaOH 용액 3 mL를 가하여 반응을 정지시켰다. 그 후 ELISA microplate reader(Infinite® 200 PRO, TECAN Group Ltd.)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질은 sodium pyruvate(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였

으며, 표준곡선에 의하여 함량을 계산하여 나타내었다.

미생물 생균수: 시료 10 g에 멸균된 생리식염수(0.85% NaCl, w/v) 90 mL를 여과지가 달린 무균백에 넣었다. 이 무균백을 stomacher(400 Circulator, Seward Ltd., West Sussex, UK)를 사용하여 230~260 rpm으로 1분~1분 30초간 균질화하여 여과지를 통과한 액을 미생물 시험을 위한 시험액으로 사용하였다. 시험액 1 mL를 10배 단계로 적절하게 희석하여 호기성 생균수는 3M Petrifilm(Petrifilm TM plate, 3M Co., St. Paul, MN, USA) 배지에 각각의 희석액 1 mL를 접종하고 37°C에서 2일간 배양하여 형성된 colony를 계수하였다. 같은 방법으로 효모와 곰팡이는 25°C에서 2~5일간 배양한 후 형성된 colony를 계수하였고 대장균군의 경우 36±1°C에서 24시간 배양하여 gas가 생성된 집락의 수를 계산하였다. 모든 미생물 수는 log CFU (colony forming unit)/g으로 나타내었다.

통계분석

모든 실험 데이터는 SPSS(PASW Statistics 18, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하여 분산분석을 행하였으며 ANOVA 분석을 한 후 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다. 모든 이화학적 측정항목은 3회 반복, 관능적 측정항목은 12회 반복 실험하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 양파의 여러 품질인자들에 대하여 품종 및 재배지역에 따른 맛에 관한 기호도에 영향을 주는 품질인자들을 도출하고자 통계적 기법을 사용하였다. 종속변수로 양파의 맛에 관련된 기호도를 설정하고 설명변수로 품질요인 측정치들인 29개 변수를 설정하여 분석하였다. 이때 설명변수 간의 연관성을 보기 위하여 SPSS(PASW Statistics 18, SPSS Inc.)를 사용하여 상관분석을 실시한 다음 종속변수와 상관성이 큰 변수를 도출하였다. 또한 변수들과의 상관성이 높을 경우 종속변수를 잘 설명할 수 있는 변수를 찾는데 어려움이 있으므로, 종속변수를 잘 설명할 수 있는 변수를 찾기 위한 다중선형회귀분석(multi linear regression analysis)을 실시하여 각 종속변수에 대한 최종 모형을 도출하였다. 이러한 변수선택 방법으로 단계적 회귀분석 방법(stepwise regression method)으로 분석하여 최종 모형을 도출하였다.

결과 및 고찰

구중

재배지역 및 품종에 따른 양파의 중량은 198.32~271.95 g으로 나타났다(Table 1). 지역별로 무안 지역은 하드볼, 터보, 카타마루 품종이 253.45~271.95 g으로 높게 나타났으며, 창녕지역은 수라볼 품종에서 263.17 g으로 높게 나타났다. 안동지역은 황용볼의 중량이 비교적 높게 나타났다. 문경지역의 뉴마르스 품종의 평균중량은 256.66 g으로 나타났다.

건조중량

재배지역 및 품종에 따른 양파의 건조중량은 Table 1과 같았다. 본 실험에서 사용된 16개의 양파의 경우 품종의 건조중량은 23.51~24.84 g으로 나타났다. 재배지역 및 품종에 따라 비교하였을 때, 무안지역에서 재배된 수라볼의 건조중량이 23.51 g으로 무안지역에서 재배된 다른 4품종에 비해 낮게 나타났다($P < 0.05$). 이외의 지역에서는 품종에 따라 양파의 건조중량은 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

가용성 고형분 함량

재배지역 및 품종에 따른 양파의 가용성 고형분 함량은 다음과 같았다(Table 1). 안동지역의 터보 품종이 8.30 Brix로 가장 높게 나타났으며, 창녕지역의 수라볼 품종이 5.90 Brix로 가장 낮은 함량을 나타내었으며 문경의 뉴마르스 품종은 7.20 Brix를 나타내었다. 품종별로 수라볼 양파는 무안과 안동지역에서 재배된 것이 높게 나타났으며 황용볼은 무안지역에서 재배된 것이, 터보 품종은 안동지역에서 재배된 것이 가용성 고형분의 함량이 높게 나타났다. 이 세 품종의 경우 같은 품종이라도 재배되는 지역에 따라 가용성 고형분 함량의 차이를 나타내는 것으로 판단되었다. 카타마루와 하드볼 품종의 경우 지역에 따라 가용성 고형분의 함량이 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 지역별로 이 5가지 품종을 비교하였을 때 무안은 황용볼 품종이, 창녕지역은 카타마루 품종이, 안동지역에서는 터보와 카타마루 품종의 가용성 고형분 함량이 높게 나타났다. Rutherford와 Whittle (13)의 논문에 따르면 가용성 고형분의 함량은 양파의 총당과 환원당 함량과 높은 상관관계를 나타낸다고 보고한 바 있다.

pH

재배지역 및 품종에 따른 양파의 pH는 수라볼, 하드볼, 황용볼, 터보 품종의 경우 재배지역에 따라 pH 값은 유의적인 차이를 나타내지 않았으며 카타마루 품종이 무안지역에서 pH가 높게 나타났다. 지역별로 품종에 따른 pH는 무안지역은 수라볼 품종이 pH 5.86으로 높게 나타났으며 터보 품종은 5.60으로 낮게 나타났다. 창녕지역은 수라볼 품종이 높았으며 카타마루 품종에서 낮게 나타났다. 안동지역은 품종별로 pH의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 문경의 뉴마르스 품종은 pH가 5.74로 나타났다.

색도

재배지역 및 품종별 양파의 절단부 단면 색은 Table 1과 같았다. 명도는 창녕지역의 터보 품종이 80.53으로 가장 높게 나타난 반면, 안동지역의 수라볼 품종은 73.23으로 명도가 낮게 나타났다. 대체로 안동지역 양파의 명도가 낮은 수준으로 나타났다. 적색도(a값)는 + 값이면 적색을 띠고 - 값을 띠면 녹색에 가까운데 모든 품종에서 무안지역 양파가 좀 더 녹색을 띠는 것으로 나타났다. 황색도(b값)는 창녕지

Table 1. Physical properties of onion by cultivation region and variety

	Sura Ball			Hard Ball			Hwangnyongbol			Turbo			Katamaru		
	Mun-gyeong	Muan	Chang-nyeong	Muan	Chang-nyeong	Andong	Muan	Chang-nyeong	Andong	Muan	Chang-nyeong	Andong	Muan	Chang-nyeong	Andong
Weight	256.66± 16.00 ^{b)}	198.32± 11.80 ^{c)}	263.17± 15.37 ^{a)}	226.58± 15.90 ^{b)}	253.45± 23.69 ^{a)}	237.33± 16.94 ^{b)}	232.75± 12.16 ^{b)}	247.38± 20.36 ^{ABb)}	266.03± 21.28 ^{a)}	271.95± 17.95 ^{a)}	232.30± 18.94 ^{BCc)}	252.42± 20.46 ^{ABb)}	266.49± 18.88 ^{a)}	222.24± 21.37 ^{b)}	230.74± 20.44 ^{c)}
Dry weight	23.51± 0.10	23.51± 0.10 ^{Ca)}	23.92± 1.07 ^{a)}	24.15± 0.51 ^{ABa)}	24.32± 0.03 ^{Ba)}	24.65± 0.22 ^{ABa)}	24.64± 0.15 ^{ABa)}	24.19± 0.64 ^{Aa)}	23.94± 0.30 ^{Ba)}	24.57± 0.22 ^{ABa)}	23.42± 0.75 ^{Aa)}	25.42± 0.78 ^{Aa)}	25.03± 0.47 ^{Aa)}	24.72± 0.52 ^{Aa)}	24.72± 0.49 ^{ABa)}
Soluble solid content	7.20± 0.71	7.08± 0.46 ^{Ca)}	5.90± 0.78 ^{b)}	7.35± 0.42 ^{Ba)}	7.23± 0.32 ^{BCa)}	7.18± 0.18 ^{Ba)}	8.18± 0.74 ^{Aa)}	7.15± 0.21 ^{Bb)}	7.20± 0.21 ^{Bb)}	7.63± 0.04 ^{Bb)}	7.10± 0.07 ^{Bc)}	8.30± 0.57 ^{Aa)}	7.73± 0.04 ^{ABa)}	8.10± 0.49 ^{Aa)}	8.18± 0.60 ^{Aa)}
pH	5.74± 0.16	5.86± 0.12 ^{a)}	5.84± 0.04 ^{a)}	5.73± 0.02 ^{a)}	5.68± 0.01 ^{ABa)}	5.70± 0.04 ^{BCa)}	5.77± 0.06 ^{ABa)}	5.76± 0.01 ^{Ba)}	5.78± 0.04 ^{Aa)}	5.60± 0.08 ^{Ba)}	5.76± 0.01 ^{Ba)}	5.88± 0.28 ^{a)}	5.69± 0.01 ^{ABa)}	5.63± 0.01 ^{Cab)}	5.59± 0.04 ^{Ab)}
Hunter's color values															
L value	77.95± 2.29	78.61± 1.25 ^{a)}	76.44± 0.85 ^{b)}	73.23± 1.71 ^{c)}	76.78± 1.11 ^{ABab)}	74.42± 1.12 ^{BCb)}	75.47± 1.50 ^{Ba)}	76.80± 1.43 ^{Ba)}	77.50± 1.93 ^{a)}	78.55± 1.87 ^{ABb)}	80.53± 1.19 ^{a)}	77.68± 1.64 ^{Ab)}	76.23± 3.49 ^{ABa)}	77.35± 1.01 ^{Ba)}	76.45± 1.19 ^{ABa)}
a value	-3.71± 0.12	-4.33± 0.17 ^{Bc)}	-2.81± 0.29 ^{a)}	-3.40± 0.18 ^{Bb)}	-4.03± 0.62 ^{ABb)}	-4.00± 0.33 ^{Cb)}	-3.43± 0.70 ^{Ab)}	-3.37± 0.24 ^{Bb)}	-2.49± 0.47 ^{Aa)}	-4.28± 0.74 ^{Bb)}	-2.91± 0.21 ^{Aa)}	-3.74± 0.25 ^{BCb)}	-4.16± 0.52 ^{ABb)}	-3.23± 0.15 ^{Ba)}	-3.66± 0.18 ^{BCa)}
b value	9.53± 0.21	10.36± 0.21 ^{a)}	6.83± 0.71 ^{BCc)}	8.36± 0.48 ^{Bb)}	10.17± 1.33 ^{a)}	9.55± 0.85 ^{a)}	8.69± 1.51 ^{a)}	8.31± 0.14 ^{Aa)}	6.46± 0.92 ^{Cb)}	10.41± 1.68 ^{a)}	6.46± 0.25 ^{Cc)}	8.61± 0.49 ^{Bb)}	10.17± 0.45 ^{a)}	7.39± 0.39 ^{Bc)}	8.14± 0.46 ^{Bb)}

^{b)}Each value represents mean±SD (n=3).

^{A-C)}Means with different superscripts in the same cultivation region are significantly different ($P<0.05$).

^{a-c)}Means with different superscripts in the same variety are significantly different ($P<0.05$).

방의 터보 품종과 안동지역의 황용볼 품종이 6.46으로 낮게 나타났으며 무안지역의 수라볼과 터보 품종이 각각 10.36, 10.41로 황색도가 약간 높게 나타났으나 다른 품종과의 유의적인 차이는 없었다. 황색도는 전반적으로 무안지역에서 재배된 양파에서 높게 나타났으며 창녕지역에서 재배된 양파는 대체로 황색도가 낮게 나타났다. 문경의 뉴마르스 품종은 명도는 77.95, 적색도는 -3.71, 황색도는 9.53 정도로 나타났다. Hong 등(6)의 논문에 따르면 상단의 엽부와 하단의 근부가 제거된 양파 시료의 절단 표면에는 식물 세포조직의 체액 유출 및 효소 반응에 의해 갈변 현상이 일어나기 쉽고 그로 인해 명도 값이 감소하고 황색도 값이 증가한다고 보고되었다.

관능검사

재배지역 및 품종별 양파의 관능적 특성은 Table 2와 같았다. 문경지역의 뉴마르스 품종과 무안지역의 5품종 양파의 관능적 특성을 비교하였을 때, 표면광택은 하드볼이 가장 높았으며 나머지 품종은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 양파의 표면색은 황용볼의 점수가 높아 가장 하얗고 하드볼은 상대적으로 노란빛에 가까웠다. 맛 특성 중 매운맛은 황용볼이 높았고 뉴마르스가 낮은 경향을 보였다. 매운맛에 의해 황용볼 품종에서 아린맛도 강하게 나타났다. 이외의 투명도나 향, 단맛, 쓴맛, 신맛에 있어서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 조직감 항목 중에서는 다즙성에 있어서 뉴마르스, 수라볼, 카타마루 품종에서 높게 나타났다. 전체적으로 무안지역의 양파 중 황용볼 품종은 매운맛과 아린맛으로 인해 기호도가 낮게 나타났으며 뉴마르스, 터보 품종은 매운맛과 아린맛이 적고 다즙성이 높아 맛에 대한 기호도가 높게 평가되었다. 신선 편이 식품의 경우 여러 가지 품질인자 중 외관특성의 중요성이 더욱 강조되고 있는데, 일반적으로 색이 균일하고 손상 또는 부패 부위가 없어야 하며 신선한 느낌을 줄 수 있어야 한다. 창녕지역의 양파의 경우(Table 2), 표면광택은 무안지역 양파에서와 마찬가지로 하드볼이 높게 나타났으며, 이외의 황용볼과 터보도 광택이 높게 나타났다. 색은 카타마루 품종이 노란빛에 가까웠으며 이외의 품종은 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 향과 맛, 조직감에 있어서 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 이에 따라 맛에 대한 전체적인 기호도도 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 안동지역 양파의 경우(Table 2), 표면색에 있어서 황용볼이 역시 가장 흰색을 띠었고 이외의 다른 관능적 특성에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 이에 따라 전체적인 기호도도 차이를 나타내지 않았다. 전체적으로 맛에 대한 기호도에 있어서 맵고 아린 양파 품종보다는 단맛이 높은 품종에서 기호도가 높게 평가되었으며, 상대적으로 무안지역의 양파가 기호도가 높아 품질이 좋은 것으로 나타났고 안동지역의 양파의 품질이 낮게 나타났다. 또한 Crowther 등(14)은 당도로 산출되는 가용성 고형분의 함량이 실제 관능평가에서 패널들이 감지하는 단맛과는 상관관계가 적은 것으로 보고

한 바 있다.

비타민 C 함량

재배지역 및 품종에 따른 양파의 비타민 C 함량은 Table 3과 같았다. 품종별로 수라볼, 카타마루는 무안지역에 재배된 것이 다른 지역에 비하여 비타민 C 함량이 높게 나타났다. 무안지역에서 재배된 5품종의 양파의 비타민 C 함량은 카타마루, 수라볼, 황용볼, 하드볼, 터보의 순으로 나타났으며 2.67~3.93 mg/100 g의 함량을 나타내었다. 창녕지역에서는 유의적 차이가 없지만 하드볼, 터보, 카타마루, 수라볼, 황용볼의 순으로 나타났으며, 2.71~3.65 mg/100 g을 나타내었다. 안동지역은 카타마루, 터보, 하드볼, 수라볼, 황용볼의 순으로 나타났으며 2.61~3.47 mg/100 g으로 나타났다. 문경지역의 뉴마르스 품종은 3.20 mg/100 g의 비타민 C를 함유하고 있었다.

Kim 등(15)은 계절별로 양파의 비타민 C 함량을 측정하였을 때 9.1~12.3 mg/100 g 정도 함유하고 있는 것으로 보고하였으며, 식품 성분표에도 8 mg/100 g으로 표시되어 있어 본 실험에서 사용한 양파들의 비타민 C 함량은 다소 낮게 나타났다. 양파는 저온 저장된 양파를 제외하고 비타민 C 함량이 상대적으로 줄어드는 경향이 있다는 연구결과와 유사한 경향이었다(5).

Quercetin

Quercetin은 flavonol의 한 종류로서 항산화능이 높고 주로 당과 결합하여 quercetin glucoside 형태로 많이 존재하며, 전체 flavonol의 80%를 차지할 정도로 가장 대표적인 형태이다. 재배지역 및 품종에 따른 quercetin의 함량은 Table 3과 같았다. 재배지역에 따라서 대체로 무안에서 재배된 양파에서 함량이 유의적으로 높았으며($P<0.05$), 그중 수라볼이 3.26 mg/100 g으로 가장 높게 나타났다. 같은 지역에서 재배된 5품종 간을 비교하였을 때 무안지역은 수라볼이 가장 높았으며 황용볼이 가장 적게 함유하고 있었다. 창녕과 안동지역은 quercetin 함량에 대해 품종 간의 유의적 차이가 나타나지 않았다. Kang 등(16)의 연구결과에서 무안지역에서 재배된 신선한 생 양파의 quercetin 함량은 2.26 mg/100 g으로 나타나 유사한 수치를 나타내었다.

총 폴리페놀 함량

양파는 가장 광범위하게 소비되고 있는 야채 중 하나로써 항산화 활성을 갖는 물질인 폴리페놀을 다량 함유하고 있다. 재배지역 및 품종에 따른 양파의 총 폴리페놀 함량은 Table 3과 같았다. 창녕지역의 터보 품종이 낮은 값을 나타내었으나 각 품종별로는 세 지역에서 재배된 양파의 총 폴리페놀 함량은 유의적 차이가 나타나지 않았다. 무안지방에서 품종 간의 총 폴리페놀 함량은 유의적 차이가 나타나지 않았으나 창녕지역에서는 수라볼 품종이, 안동지역은 황용볼 품종이 각각 가장 낮게 나타났다. 문경의 뉴마르스 품종은 53.15

Table 2. Sensory evaluation of onion by variety

	New Mars		Sura Ball		Hard Ball		Hwangnyongbol		Turbo		Katamaru	
	Mung-yeong	Muan	Chang-nyeong	Andong	Muan	Chang-nyeong	Andong	Muan	Chang-nyeong	Andong	Muan	Chang-nyeong
Appearance	Glossy (inner)	6.5±0.5 ¹⁾	6.7±0.4 ^{Aa}	6.5±0.2 ^{Aa}	6.7±0.1 ^{Aa}	6.7±0.4 ^{Aa}	6.2±0.1 ^{Ab}	7.4±0.5 ^{Aa}	7.1±0.6 ^{Aa}	6.6±0.7 ^{Aa}	6.7±0.1 ^{Aa}	6.8±0.3 ^{Aa}
	Glossy (outer)	6.7±0.4	6.9±0.2 ^{Ba}	7.0±0.2 ^{Aa}	7.3±0.5 ^{ABab}	7.8±0.1 ^{Aa}	7.1±0.2 ^{Aa}	7.5±0.2 ^{Aa}	7.0±0.7 ^{Bb}	7.3±0.2 ^{Aa}	6.8±0.6 ^{Aa}	6.9±0.5 ^{Aa}
Flavor	Clearness	3.0±0.2	2.9±0.2 ^{Aa}	2.8±0.2 ^{Aa}	2.8±0.3 ^{Aa}	3.0±0.4 ^{Aa}	2.9±0.7 ^{Aa}	3.0±0.2 ^{Aa}	2.7±0.1 ^{Aa}	2.9±0.7 ^{Aa}	3.0±0.5 ^{Aa}	2.6±0.1 ^{Aa}
	Color	6.6±0.9	6.0±0.8 ^{BCb}	6.8±0.6 ^{Aa}	6.4±0.3 ^{Bab}	5.0±0.8 ^{DB}	6.5±0.2 ^{Aa}	5.7±0.2 ^{Bb}	7.2±0.1 ^{Aab}	6.8±0.3 ^{Aa}	6.3±0.1 ^{ABa}	5.9±0.8 ^{BB}
Taste	Acrid	6.3±0.4	7.0±0.2 ^{Aa}	5.9±0.6 ^{Ab}	6.5±0.3 ^{ABb}	6.6±0.1 ^{Aa}	6.1±0.4 ^{Aa}	6.3±0.2 ^{Aa}	6.6±1.5 ^{Aa}	6.3±0.2 ^{Ab}	6.1±0.3 ^{Aa}	6.0±0.1 ^{Aa}
	Off flavor	2.0±0.2	2.0±0.2 ^{Aa}	1.8±0.2 ^{Aa}	2.0±0.3 ^{Aa}	2.4±0.3 ^{Aa}	2.1±0.1 ^{Aa}	1.8±0.2 ^{Aa}	2.3±0.5 ^{Aa}	2.1±0.2 ^{Aa}	2.3±0.2 ^{Aa}	1.8±0.2 ^{Aa}
Texture	Pungency	5.0±0.9	5.5±1.6 ^{Ba}	5.8±0.8 ^{Aa}	5.6±0.8 ^{ABa}	6.3±0.4 ^{ABa}	5.3±1.3 ^{Aa}	5.8±1.0 ^{Ab}	7.2±0.5 ^{Aa}	5.7±1.0 ^{Aa}	5.3±0.2 ^{Ba}	5.2±1.0 ^{Aa}
	Sweetness	6.1±0.3	6.0±0.1 ^{Aa}	5.8±0.5 ^{Aa}	5.8±0.6 ^{Aa}	5.7±0.9 ^{Aa}	6.1±0.4 ^{Aa}	5.7±1.3 ^{Aa}	6.0±0.4 ^{Aa}	6.2±1.3 ^{Aa}	6.3±0.5 ^{Aa}	5.7±0.5 ^{Aa}
Overall acceptability	Bitterness	2.3±0.4	2.9±0.1 ^{Aa}	3.0±0.3 ^{Aa}	3.2±0.3 ^{Aa}	2.7±0.8 ^{Aa}	3.1±0.5 ^{Aa}	3.2±0.5 ^{Aa}	3.4±0.2 ^{Aa}	3.3±0.4 ^{Aa}	2.9±0.5 ^{Aa}	2.7±0.3 ^{Aa}
	Sourness	2.2±0.1	1.8±0.1 ^{Aa}	2.0±0.2 ^{Aa}	1.9±0.1 ^{Aa}	2.3±0.2 ^{Aa}	2.2±0.1 ^{Aa}	2.3±0.3 ^{Aa}	1.9±0.2 ^{Aa}	2.0±0.1 ^{Aa}	2.2±0.1 ^{Aa}	1.8±0.3 ^{Aa}
Overall acceptability	Acridity	5.1±0.9	5.3±1.5 ^{Ba}	5.6±1.1 ^{Aa}	5.9±0.1 ^{Aa}	5.4±0.2 ^{Ba}	5.4±1.6 ^{Aa}	5.6±0.1 ^{Aa}	6.8±0.4 ^{Aa}	5.5±0.9 ^{Ab}	5.1±0.5 ^{Ba}	5.6±1.3 ^{Aa}
	Tenderness	6.9±0.8	6.8±0.4 ^{Aa}	6.5±0.5 ^{Aa}	6.8±0.1 ^{Aa}	7.3±0.2 ^{Aa}	6.7±0.9 ^{Aa}	7.0±0.1 ^{Aa}	6.8±0.7 ^{Aa}	7.0±0.7 ^{Aa}	7.0±0.6 ^{Aa}	7.0±0.3 ^{Aa}
Overall acceptability	Chewiness	4.5±0.9	4.3±0.8 ^{Aa}	4.3±0.5 ^{Aa}	4.5±0.3 ^{Aa}	5.0±1.4 ^{Aa}	4.6±0.3 ^{Aa}	4.8±0.2 ^{Aa}	4.6±0.7 ^{Aa}	4.3±0.2 ^{Aa}	4.2±0.1 ^{Aa}	4.8±0.7 ^{Aa}
	Crispiness	7.2±0.5	7.1±0.1 ^{Aa}	7.0±0.1 ^{Aa}	7.1±0.1 ^{Aa}	7.2±0.3 ^{Aa}	7.0±0.7 ^{Aa}	7.1±0.2 ^{Aa}	7.1±0.4 ^{Aa}	7.3±0.4 ^{Aa}	7.2±0.6 ^{Aa}	7.0±0.1 ^{Aa}
Overall acceptability	Juiciness	7.4±0.2	7.2±0.7 ^{Aa}	7.4±0.2 ^{Aa}	7.0±0.6 ^{Aa}	6.5±0.1 ^{Ba}	7.0±0.3 ^{Aa}	7.2±0.2 ^{Aa}	6.9±0.5 ^{ABa}	7.4±0.3 ^{Aa}	7.2±0.3 ^{Aa}	6.9±0.3 ^{Aa}
	Palatability	6.8±1.1	6.7±0.0 ^{Aa}	6.1±0.9 ^{Aa}	6.2±0.1 ^{Aa}	6.0±0.8 ^{ABab}	6.1±0.8 ^{ABa}	6.4±0.7 ^{Aa}	5.4±0.5 ^{Ba}	6.5±0.7 ^{Aa}	6.8±0.7 ^{Aa}	5.8±0.6 ^{Ab}

¹⁾Each value represents mean±SD (n=12).
^{A-C}Means with different superscripts in the same cultivation region are significantly different (P<0.05).
^{a-c}Means with different superscripts in the same variety are significantly different (P<0.05).

Table 3. Phytochemical properties of onion by cultivation region and variety (Unit: mg/100 g)

	New Mars		Sura Ball		Hard Ball		Hwangyongbol		Turbo		Katamaru					
	Mun-yeong	Muan	Chang-nyeong	Andong	Muan	Chang-nyeong	Andong	Muan	Chang-nyeong	Muan	Chang-nyeong	Andong				
Ascorbic acid	3.20±0.02	3.83±0.22 ^{Aa}	2.79±0.28 ^{Ab}	2.95±0.09 ^{Bcb}	3.13±0.10 ^{ABa}	3.65±0.44 ^{Aa}	3.30±0.15 ^{ABa}	3.34±0.67 ^{ABa}	2.71±0.46 ^{Aa}	2.61±0.03 ^{Ca}	2.67±0.18 ^{Ba}	3.35±0.07 ^{ABa}	3.42±0.52 ^{Aa}	3.93±0.11 ^{Aa}	3.19±0.03 ^{Ab}	3.47±0.30 ^{ABab}
Quercetin	1.37±0.44	3.26±0.92 ^{Aa}	1.52±0.74 ^{Aa}	1.76±1.24 ^{Aa}	2.42±0.26 ^{ABa}	1.83±0.59 ^{Aa}	1.62±0.73 ^{Aa}	1.34±0.70 ^{ABa}	1.50±0.14 ^{Aa}	1.35±0.16 ^{Aa}	2.46±0.44 ^{ABa}	2.22±0.50 ^{Aa}	2.05±0.52 ^{Aa}	2.20±0.02 ^{ABa}	1.12±0.18 ^{Ab}	1.03±0.14 ^{Ab}
Total polyphenol	53.15±8.04	57.32±12.77 ^{Aa}	39.52±7.64 ^{Ba}	48.61±0.16 ^{ABa}	55.27±0.19 ^{Aa}	53.80±7.67 ^{ABa}	52.10±1.93 ^{ABa}	50.46±3.17 ^{Aa}	47.82±5.49 ^{ABa}	47.21±5.46 ^{Ba}	54.62±1.88 ^{Aa}	54.77±0.49 ^{Aa}	47.12±1.46 ^{ABb}	57.44±3.89 ^{Aa}	56.00±1.80 ^{Aa}	55.42±0.20 ^{Aa}
Pyruvic acid	31.19±6.30	30.78±6.44 ^{Ab}	23.87±2.01 ^{Ba}	27.24±4.05 ^{ABa}	31.61±1.68 ^{Aa}	32.19±1.32 ^{Aa}	29.55±3.95 ^{ABa}	30.88±5.63 ^{Aa}	25.36±1.84 ^{Ba}	25.39±0.61 ^{Ba}	32.92±0.94 ^{Aa}	32.39±0.54 ^{ABb}	30.45±0.77 ^{Ab}	31.73±1.17 ^{Aa}	33.78±2.87 ^{Aa}	33.41±0.08 ^{Aa}

¹⁾Each value represents mean±SD (n=3).

^{A-C}Means with different superscripts in the same cultivation region are significantly different ($P<0.05$).

^{a-c}Means with different superscripts in the same variety are significantly different ($P<0.05$).

Table 4. Microbiological properties of onion by cultivation region and variety (Unit: log CFU/g)

	New Mars		Sura Ball		Hard Ball		Hwangyongbol		Turbo		Katamaru				
	Mun-yeong	Muan	Chang-nyeong	Andong	Muan	Chang-nyeong	Andong	Muan	Chang-nyeong	Muan	Chang-nyeong	Andong			
Total aerobic bacteria	ND ¹⁾	0.45±0.21 ²⁾	ND	3.78±0.09	ND	ND	3.82±0.06	1.04±0.37	ND	2.91±0.02	ND	3.51±0.07	ND	ND	ND
Coliforms	ND	ND	ND	0.30±0.43	ND	ND	1.09±0.07	ND	ND	0.48±0.01	ND	1.64±0.03	ND	ND	ND
Yeast & mold	2.46±0.08	0.74±0.06	ND	ND	ND	ND	1.00±0.01	0.39±0.12	ND	2.00±0.01	ND	ND	ND	2.00±0.01	ND

¹⁾ND: not detected.

²⁾Each value represents mean±SD (n=3).

mg/100 g의 폴리페놀을 함유하고 있었다.

Pyruvic acid

양파의 매운 향은 유기 황 화합물에 의해서 나타나는데 냄새가 없는 S-alk(en)yl-L-cysteine sulphoxides(ACSOs)가 조직이 파괴되면 효소에 의해서 분해되어 sulphenic acid, pyruvate와 ammonia를 생성하게 된다. 단 양파 육중시 모구 선발에 있어서 지표로 사용하는 것이 pyruvic acid 함량이며, 양파의 수요가 증가하면서 pyruvic acid의 함량이 낮아 매운맛이 약하고 단맛이 강한 양파를 선호하는 추세이다. 재배지역 및 품종에 따른 양파의 pyruvic acid 함량은 Table 3과 같았다. 대체로 수라볼과 황용볼 품종에서 pyruvic acid의 함량이 낮은 경향을 나타내었으며 터보 품종에서는 지역별 유의적 차이를 보였으나 다른 품종에서는 차이가 나타나지 않았다. 창녕지역은 카타마루, 하드볼, 터보 순으로 pyruvic acid 함량이 높게 나타났으며 수라볼 품종이 23.87 mg/100 g으로 가장 낮게 나타났다. 문경지역의 뉴마르스 품종은 31.19 mg/100 g을 나타내었다. Pyruvic acid 함량은 동일한 양파 구에서도 부위에 따라 다른 함량을 나타낸다는 연구결과도 보고되었다(3).

미생물 생균수

재배지역 및 품종에 따른 양파의 미생물 수는 Table 4와 같았다. 뉴마르스 품종의 경우 총균수와 대장균군은 검출되지 않았으며 효모 및 곰팡이의 경우 2.46 ± 0.08 log CFU/g이 검출되었으나 위해 수준은 아니었다. 지역별로 무안지역은 수라볼과 황용볼 품종에서만 총균수 및 효모와 곰팡이가 검출되었으며 다른 품종은 검출되지 않았다. 창녕지역 양파의 경우 카타마루 품종에서 효모와 곰팡이만 2.00 ± 0.01 log CFU/g으로 검출되었으며 그 외의 품종은 미생물이 모두 검출되지 않았다. 안동지역 양파의 경우 다른 두 지역에 비해 미생물수가 높게 검출되었는데 총균수의 경우 카타마

루를 제외한 4품종에서 2.91~3.82 log CFU/g 수준으로 검출되었으며, 대장균군의 경우 카타마루를 제외한 4품종에서 0.30~1.64 log CFU/g으로 나타났다. 효모 및 곰팡이의 경우에는 하드볼, 황용볼 품종에서 1.00~2.00 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 일반적으로 채소류에서 발견되는 총 미생물수가 $10^3 \sim 10^9$ CFU/g이지만 총균수가 $10^7 \sim 10^8$ CFU/g이 식품에 존재할 경우 이것이 원인이 되어 다른 식품과의 복합적인 작용으로 식중독을 일으킬 가능성이 있다. 우리나라 식품공전상 과일과 채소 가공품은 대장균을 음성으로 규정하고 있으나 원료 자체의 미생물적 규정은 아직까지 제정되지 않았다.

양파의 관련변수에 대한 상관관계 및 회귀모형 도출

양파의 맛에 대한 전체적 기호도와 이화학적, 물리적 특성 및 미생물학적 변화로 이루어진 관련 품질요인들과의 상관관계는 Table 5와 같았다. 맛에 대한 관능적 기호도와 Z_{11} (아린맛)이 -0.914로 아주 밀접한 관련이 있고 Z_7 (매운맛), Z_8 (단맛), Z_9 (쓴맛), Z_{10} (신맛)도 상관계수 값이 -0.788, 0.881, -0.696, -0.628로 보통의 관련이 있는 편이다. 그 외에 변수들은 상관계수가 낮으므로 관련이 있다고 보기 어렵다. 재배지역 및 품종에 따른 양파 맛의 예측모델은 상관계수 값이 0.1 이하의 변수들을 제외하고 backward 방법으로 다중회귀분석 한 결과(Table 6), $R^2=0.9140$ 의 매우 높은 선형을 가지는 $Y=12.3806 - 0.8284Z_{10}(\text{sourness}) - 0.7957Z_{11}(\text{acidity})$ 의 선형 회귀식이 산출되었다. 신맛과 아린맛의

Table 6. Regression equation and coefficient of determination between physicochemical, sensorial properties and palatability of onion

Regression equation	R^2
$Y=12.3806 - 0.8284Z_{10}(\text{sourness}) - 0.7957Z_{11}(\text{acidity})$	0.9140

Table 5. Pearson correlation coefficient between physicochemical, sensorial properties and palatability of onion

Physicochemical properties		Sensorial properties	
Quality characteristics	Correlation coefficient (R)	Quality characteristics	Correlation coefficient (R)
X ₁ (Weight)	0.051	Z ₁ (Glossy-inner)	-0.312
X ₂ (Dry weight)	-0.024	Z ₂ (Glossy-outer)	-0.443
X ₃ (Soluble solid)	-0.115	Z ₃ (Clearness)	0.258
X ₄ (pH)	-0.170	Z ₄ (Color)	-0.577
X ₅ (L value)	0.093	Z ₅ (Acrid flavor)	0.377
X ₆ (a value)	-0.430	Z ₆ (Off flavor)	-0.172
X ₇ (b value)	0.437	Z ₇ (Pungency)	-0.788
X ₈ (Texture)	-0.136	Z ₈ (Sweetness)	0.881
X ₉ (Total aerobic bacteria)	-0.362	Z ₉ (Bitterness)	-0.698
X ₁₀ (Yeast & mold)	-0.029	Z ₁₀ (Sourness)	-0.628
X ₁₁ (Ascorbic acid)	-0.048	Z ₁₁ (Acidity)	-0.914
X ₁₂ (Quercetin)	0.234	Z ₁₂ (Tenderness)	-0.494
X ₁₃ (Total polyphenol)	0.316	Z ₁₃ (Chewiness)	-0.122
X ₁₄ (Pyruvic acid)	0.086	Z ₁₄ (Crispiness)	0.139
		Z ₁₅ (Juiciness)	0.277

두 변수 모두 유의확률이 0.05 이하로 매우 유의하여 양파의 맛에 영향을 미친다고 할 수 있다.

요 약

본 연구에서 양파의 맛에 관련된 품질인자를 도출하기 위해 국내 주요 양파 생산지인 전남 무안, 경남 창녕, 경북 안동의 세 지역에서 재배된 5가지 품종(수라불, 하드볼, 황용불, 터보 및 카타마루)과 경북 문경의 뉴마르스 품종을 이용하여 품종 및 재배지역에 따른 이화학적, 미생물학적 및 관능적 특성을 평가하였다. 양파의 이화학적 특성에서는 건조중량, pH만이 재배지역에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 가용성 고형분 함량을 비롯한 색도, 비타민 C, quercetin, 폴리페놀 함량, pyruvic acid은 품종별, 재배지역별 값의 차이를 나타냈다. 관능평가 중 지역별 양파의 맛에 대한 기호도에서는 품종에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 전체적으로 맵고 아린 양파 품종보다는 단맛이 높은 품종에서 기호도가 높게 평가되었다. 양파의 맛을 관정할 수 있는 품질지표를 선정하기 위해 각 품질특성들 간의 상관관계 및 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 맛에 대한 상관관계는 Z_{11} (아린맛)이 -0.914로 아주 밀접한 관련이 있고, 다중 회귀분석 한 결과 신맛과 아린맛의 두 변수가 양파의 맛에 영향을 미친다고 할 수 있다.

REFERENCES

1. Lee HY, Jeong EJ, Jeon SY, Cha YJ. 2008. Comparison of volatile flavor compounds of domestic onions (*Allium cepa*) using storage. *J Life Sci* 18: 1712-1717.
2. Park ER, Ko CN, Kim SH, Kim KS. 2001. Analysis of volatile organic components from fresh and decayed onions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1011-1020.
3. Lee EJ, Suh JK. 2009. Pyruvic acid content according to different portions in onion (*Allium cepa* L.). *Korean J Food Preserv* 16: 82-86.
4. Lee KH, Kim DH. 2009. A study on the shelf-life extension of fresh-cut onion (*Allium cepa* L.). *J Fd Hyg Safety* 24: 324-331.
5. Kwon JH, Lee GD, Byun MW. 1999. Quality changes based on storage temperature and humidity of onion. *Korean J Postharvest Sci Technol* 6: 143-147.
6. Hong SI, Son SM, Chung MS, Kim D. 2003. Storage quality of minimally processed onions as affected by seal-packaging methods. *Korean J Food Sci Technol* 35: 1110-1116.
7. Hong SI, Lee HH, Son SM, Kim D. 2004. Effect of hot water treatment on storage quality of minimally processed onion. *Korean J Food Sci Technol* 36: 239-245.
8. Jaime L, Martín-Cabrejas MA, Mollá E, López-Andréu FJ, Esteban RM. 2001. Effect of storage on fructan and fructooligosaccharide of onion (*Allium cepa* L.). *J Agric Food Chem* 49: 982-988.
9. Lee HY, Jeong EJ, Jeon SY, Cho MS, Cho WJ, Kim HD, Cha YJ. 2008. Comparison of volatile flavor compounds of domestic onions harvested in various regions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1609-1614.
10. Korea Food Standards Codex. 2000. Korea Food Industry Association, Seoul, Korea. p 279-289.
11. Amerinim MA, Ough CS. 1958. *Method for analysis of musts and win*. Wiley & Sons, New York, NY, USA. p 176-180.
12. Schwimmer S, Weston WJ. 1961. Onion flavor and odor, enzymatic development of pyruvic acid in onion as measure of pungency. *J Agric Food Chem* 9: 301-304.
13. Rutherford PP, Whittle R. 1984. Methods predicting the long-term storage of onions. *J Horticult Sci* 59: 537-543.
14. Crowther T, Collin HA, Smith B, Tomsett AB, O'Connor D, Jones MG. 2005. Assessment of the flavour of fresh uncooked onions by taste-panels and analysis of flavor precursors, pyruvate and sugars. *J Sci Food Agric* 85: 112-120.
15. Kim MJ, Kim JH, Oh HK, Jang MJ, Kim SH. 2007. Seasonal variations of nutrients in Korean fruits and vegetables: Examining water, protein, lipid, ascorbic acid, and β -carotene contents. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 423-432.
16. Kang SK, Kim YD, Hyun KH, Kim YW, Song BH, Shin SC, Park YK. 1998. Development of separating techniques on quercetin-related substances in onion (*Allium cepa* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 682-686.