

Fermentation characteristics of cider from late harvest Fuji apples by a sugar tolerant yeast, *Saccharomyces cerevisiae* SS89

Dong-Hyun Kim¹, Sae-Byuk Lee¹, Heui-Dong Park^{1,2*}

¹School of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Institute of Fermentation Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

내당성 효모 *Saccharomyces cerevisiae* SS89에 의한 늦수확 후지 사과의 사과주 발효 특성

김동현¹ · 이새벽¹ · 박희동^{1,2*}

¹경북대학교 식품공학부, ²경북대학교 발효생물공학연구소

Abstract

Normal- and late-harvested Fuji apples were fermented using the rapid-fermenting yeast strain *Saccharomyces cerevisiae* SS89. The late-harvest apples showed a slightly higher soluble-solid content with a lower level of total-acid and moisture ($p < 0.05$) contents as well as hardness ($p < 0.05$) than the normal-harvest apples. During the fermentation, the apples had similar changes in the pH and total-acid content regardless of the harvest time, but the increases in the alcohol content and yeast viable count with the decrease of the soluble-solid content were more rapid in the late-harvest apples than in the normal-harvest apples. After the completion of the fermentation, the soluble-solid and alcohol contents became very similar. The late-harvest cider showed a high total phenolic-compound content and a high DPPH radical scavenging effect, although these were slightly lower than those of the normal-harvest cider. It also showed a higher malic-acid content and higher hue color ($p < 0.05$), Hunter's L, and b ($p < 0.05$) values than the normal-harvest cider. In the sensory evaluation, the late-harvest cider obtained a higher score in taste and a lower score in color compared to the normal-harvest cider.

Key words : apple cider, late harvest, Fuji apple, fermentation, *S. cerevisiae* SS89

서 론

사과나무(*Malus pumila* Miller, Fuji)는 분류학상으로 장미과 사과나무속에 속하는 다년생 목본식물로 우리나라의 경우 일반적으로 8월경부터 11월 초까지 수확하여 주로 생과의 형태로 소비자들에게 판매하거나 저장하여 이듬해 6월까지 출하하고 있다(1). 사과의 주요성분은 수분 85~88%, 탄수화물 9.9~14.1%, 회분 0.2~0.3%, 펙틴 0.26~0.77% 및 비타민C 4.9~9.8 mg% 등을 함유하고 있으며 향기 성분으로는 butyl alcohol, ethyl butyrate, butyl butyrate 등이

알려져 있다(2,3). 사과는 주로 생과 형태로 유통되고 있지만 가공 적성이 비교적 우수하여 사과주, 주스, 잼 등 다양한 식품으로 가공되기도 한다(4). 현재 국내에서 사과를 가공용 원료로 활용하기 위한 연구로는 사과주스의 가공(5,6)이나 사과를 이용한 발효주(7-9), 사과 식초의 제조 및 발효(10,11), 동결농축에 의한 무가당 아이스 사과주 발효(9)에 관한 연구 등이 보고된 바 있다.

사과를 과쇄하여 과즙을 제조한 후 발효하여 제조하는 사과주는 영국과 독일을 중심으로 주로 발전하여 왔으며 아직 그 과정이 잘 알려지지 않은 발효과정 중에 생성되는 휘발성 생성물들의 화학적 구성에 의해 일반적으로 포도주보다 변질이 적은 것으로 알려져 있다(12). 일반적으로 영국식 사과주는 약 3~8%의 알코올을 함유하고 있으며 독일식 사과주는 5.5~7%의 알코올을 함유하고 있어 포도주에 비하면 알코올 함량이 낮은 와인의 형태로 제조되고 있다(13).

*Corresponding author. E-mail : hpark@knu.ac.kr
Phone : 82-53-950-5774, Fax : 82-53-950-6772
Copyright © Korean Journal of Food Preservation. All rights reserved.

영국과 독일 이외에도 사과주를 제조하는 기타 국가들로서는 캐나다, 아일랜드, 호주, 미국, 이스라엘 등이 있다. 또한 캐나다의 Quebec 남부지방에서는 자연 상태의 지속적인 추운 날씨에서 동결농축법을 이용한 아이스 사과주를 생산하여 달콤하고 신선한 사과의 맛과 향을 부각시켜 국제적인 유통망을 구축하여 판매하고 있다(14).

우리나라의 경우 과거에는 비교적 큰 회사들을 중심으로 파라다이스와 태양 사과주 등의 사과주가 제조된 적이 있으나 현재는 소규모의 형태로 제조되어 그 명맥을 유지하고 있을 뿐이다(15). 2010년 과실별 가공현황을 보면 포도는 785 톤이 술로 가공되어 전체 포도 가공량 8,767 톤의 8.95%를 차지하고 있으나 사과는 585 톤이 술로 가공되어 전체 사과 가공량 28,087 톤의 2.08%만이 사과주 제조에 이용되고 있을 뿐이다(16). 우리나라 주류시장의 변화에 의하면 주류 출고가격 기준으로 과실주의 증가율이 크게 나타났으며 2002년 전체 주류시장 6조 4,667억원 중 과실주 시장이 426억원에서 2012년 7조 5,213억원 중 약 874억원으로 전체 주류시장은 1.2배 증가한데 비하여 과실주 시장은 약 2.1배 증가하였다(17). 이러한 현상은 1990년대 초 포도주 건강론 및 최근의 웰빙 열풍으로 인한 와인에 대한 소비자의 기호도가 크게 증가한 것에 기인하는 것으로 추정되며 과실주 시장은 더욱 더 증가할 것으로 예상되고 있다(16).

따라서 국내에서 사과주의 품질 향상과 고부가가치 주류 생산기술 확립을 위한 지속적인 연구가 필요한 실정이며 본 연구에서는 내당성 사과주 발효 효모로 알려져 있는 *Saccharomyces cerevisiae* SS89(9)를 이용하여 우리나라 대표적인 품종의 하나인 후지 사과를 정상수확과 늦수확으로 구분하여 원료 특성과 발효 특성을 조사하는 한편 사과주의 품질을 비교 분석하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 균주의 배양조건

사과주 발효에 사용한 원료는 2012년 11월과 12월에 경북 예천에서 재배한 후지 사과로서 정상수확(11월 21일 수확)과 늦수확(12월 15일 수확)으로 구분하여 사용하였다. 정상수확에서 늦수확 기간 평균 온도는 2.95°C 이었으며, 최저기온은 -2°C 이하기준 13일이 기록되었다. 늦수확 시까지 포장 내 기온변화는 Fig. 1과 같다. 실험에 사용한 균주는 국산포도에서 분리한 사과주 속성 발효 효모인 *S. cerevisiae* SS89(9)를 사용하였다. 효모의 종배양을 위하여 YPD 배지(1.0% Bacto-yeast extract, 2.0% Bacto-peptone, 2.0% Dextrose)를 사용하여 30°C에서 150 rpm으로 정지기까지 48시간 동안 진탕 배양한 후 10,000×g로 원심분리(Supra 22K, Hanil Science Industrial, Incheon, Korea) 하여 집균한 균체를 사과주의 발효 실험에 사용하였다.

사과착즙 및 발효 방법

사과즙 제조는 정상수확, 늦수확 후지사과를 구분하여 세척, 제심하고 갈변 및 발효 과정 중 잡균의 오염을 방지하기 위하여 potassium metabisulfite($K_2S_2O_5$)를 최종농도가 200 ppm이 되도록 첨가하여 가정용 착즙기(NJ-9300A, NUC Co., Daegu, Korea)를 사용하여 파쇄 한 후 착즙하였다. 착즙액은 깨끗하고 조밀한 면포로 여과 후 10,000×g에서 15분간 원심분리하여 사용하였다. 사과주의 발효는 주모를 5%(v/v)로 사용하여 사과즙에 접종시켜 덧담금일을 시작점으로 하여 알코올 발효를 진행하면서 발효 특성 및 품질 변화를 조사하였다. 발효 온도는 20°C로 하고 발효 중 CO_2 발생으로 인해 생긴 거품이 사라지고 알코올 함량이 일정하게 유지되는 시점에서 발효를 종료하였다. 완성된 사과주는 10,000×g에서 15분간 원심분리하여 잔여물을 제거하고 4°C에 저장하였다.

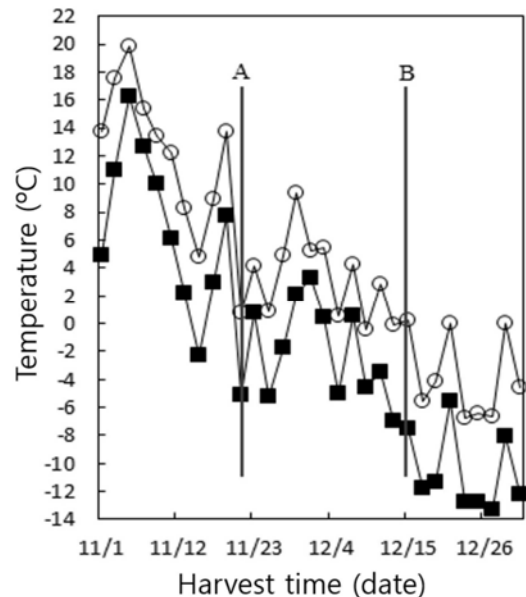


Fig. 1. Changes in the temperature during the ripening of the Fuji apples used in this study.

The apples were harvested at November 21th for the normal harvest (A) and December 15th for the late harvest (B). ○, average temperature; ■, the lowest temperature

원료의 성분 분석

원료 사과의 경도측정은 경도계(fruit pressure tester FT 327, EFFEGI Co., Alfonsine, Italy)를 사용하여 측정하였고, 착즙율은 착즙 후 사과즙 무게/전처리 후 사과 무게 비율로 측정하였다. 원료의 수분함량은 사과를 분쇄하여 상압가열 건조법으로 Al-dish에 시료 2 g을 칭량 후 건조오븐(JSOF-150, JS Research Inc, Gongju, Korea)에서 105°C로 3시간 건조한 후 20분간 방냉하여 무게를 측정하는 조작을 향량에 이를 때까지 되풀이하여 측정된 중량감소 값으로 계산하였다.

발효 특성 분석

당도의 측정에는 사과주를 고속원심분리 후 상정액을 굴절당도계(RA250, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다(19). 환원당 함량의 측정은 DNS(dinitrosalicylic acid)법에 따라 측정하였다. 즉 시료 1.0 mL에 DNS 시약 3.0 mL를 첨가한 후 분광광도계(UV-1601, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하고 포도당 표준곡선으로부터 환원당 함량을 환산하였다(19). 알코올 함량의 측정은 국제청주류분석규정을 따라 행하였다(20). 사과주의 총 페놀성 화합물의 함량 측정은 Folin-Denis법에 의하여 비색정량 하였다(21,22). 유리 라디칼 소거를 할 수 있는 시료의 활성검정은 비교적 간단하고 신속해서 광범위하게 이용되고 있는 DPPH radical scavenging assay를 사용하였다(23). 사과주 발효 과정 중의 색도의 변화는 원심분리하여 얻은 상정액을 분광광도계(UV-1601 Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 420 nm와 520 nm에서 흡광도를 측정한다. Hue 값은 420 nm와 520 nm의 흡광도 값의 비율(420/520 nm)로 하였으며, intensity 값은 420 nm와 520 nm의 합(420+520 nm)으로 하였다(24). 사과주의 색도는 색차계(CM-3600d, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였으며 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값으로 나타내었다. 사과주의 생균수의 측정은 시료를 단계 희석하여 표준한천배지(plate count agar)에서 배양 후 형성되는 균집을 계수하였다.

이화학적 특성 분석

총산은 AOAC 방법에 따라 사과주를 여과하여 얻은 상정액을 0.1 N NaOH로 적정하여 사과산(malic acid)으로 환산하였으며(18) pH는 pH meter(340, Mettler Toledo Co., Schwerzenbach, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 유리당과 유기산 함량은 고속액체 크로마토그래피(Waters 600E, Milford, MA, USA)와 RI 검출기(Waters 410)를 사용하여 분석하였다(25-29). 유리당 column은 Sugar-Pak I(ϕ 6.5×300 mm)를 사용하였고, column 온도는 90°C로 설정하였다. 유기산 column은 PL Hi-Plex H(ϕ 7.7×300 mm)를 사용하였고 column 온도는 65°C로 설정하였다. 알데히드, 에틸아세테이트, 미량 알코올의 함량은 가스 크로마토그래피(Agilent 6890N, Santa Clara, CA, USA)와 FID(EPC, Santa Clara, CA, USA) 검출기를 사용하여 분석하였다(30). Column은 HP-FFAP(ϕ 0.25 mm × 30 m)를 사용하였고 column 온도는 60°C(4 min), 210°C(6°C/min), 210°C(2 min)으로 설정하였다. Injector 온도는 190°C, carrier gas는 H₂를 사용하였다.

관능검사

사과주의 관능검사는 본교에 재학 중인 대학생과 대학원생 중 본 실험에 관심있는 학생 10명을 선발하여 무작위로

제시된 시료에 대하여 색, 맛, 향 및 전반적인 기호도에 대하여 평가하였다. 발효가 종료된 후 원심분리기를 이용하여 사과여액 이외의 나머지 성분들을 제거한 사과주를 이용하여 관능검사를 실시하였으며, 5단계 기호도 척도법으로 실행하였다. 이 때 관능 평점은 점수로 나타내었는데 5점(대단히 좋다), 4점(약간 좋다), 3점(보통이다), 2점(약간 나쁘다), 1점(아주 나쁘다)로 평가하였다.

통계처리

모든 데이터는 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 실험 결과를 평균±표준편차로 나타내었다. 실험군간의 유의성을 검정하기 위하여 SPSS(22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 T-test를 실시하고 유의성이 있는 경우 최소유의차 검정을 실시하였다(31).

결과 및 고찰

원료 성분 특성

원료사과의 분석 항목과 그 값은 Table 1과 같다. 각 사과 과즙의 당도는 정상수확 후지 13.0°Brix, 늦수확 후지 13.6°Brix를 나타내어, 늦수확 후지의 당도가 조금 높게 나타났다. 환원당 함량은 정상수확 후지 11.1%, 늦수확 후지 11.2%로 늦수확 후지가 높았다. pH는 정상수확 후지 4.48, 늦수확 후지 4.55였으며 총산 함량은 정상수확 후지가 0.20%로 늦수확 후지 0.18%보다 조금 높은 값을 나타냈으나 유의적인 차이는 없었다. 수분함량은 정상수확 후지가 86.8%, 늦수확 후지가 84.8%로서 유의적으로 낮게 나타났으며, 경도는 각각 13.7 lbs와 11.9 lbs로 정상수확이 유의적으로 높게 측정되었다. 이는 수확 전 동결점 이하로 기온이 떨어지면서 과육조직 붕괴 및 호흡속도 증가에 의해 경도와 산 함량이 감소된 것으로 추정된다(32,33). 각각의 과즙 수율은 60.96%와 60.80%로 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Table 1. Proximate composition of the normal and late harvest Fuji apples

Item	Normal harvest	Late harvest
Soluble solid (°Brix)	13.0±0.2 ^a	13.6±0.1 ^a
pH	4.5±0.1 ^a	4.6±0.1 ^a
Total acid (%)	0.20±0.1 ^a	0.18±0.1 ^a
Reducing sugar (%)	11.1±0.1 ^a	11.2±0.2 ^a
Moisture (%)	86.8±1.1 ^a	84.8±0.6 ^b
Hardness (lbs)	13.7±0.6 ^a	11.9±0.8 ^b
Juice ratio (%)	60.96±0.48 ^a	60.80±0.34 ^a

All the data were expressed as mean±SD (n=3).

^ab) Means scores within a column followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test (p<0.05).

사과주의 발효 특성

사과주 발효시의 당도, 알코올 농도, 총산의 함량 및 pH의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 당도 변화는 두 조건 모두에서 발효 1일 후부터 급격히 감소하기 시작하여 최종 발효일까지 감소하는 경향을 보였고 특히 늦수확 후지에서 당도의 감소량이 더 큰 것으로 나타났다. 발효 종료 시점에서의 최종 당도는 정상수확과 늦수확 사과에의 경우 각각 5.0°Brix와 4.7°Brix로 나타났다. 알코올 농도의 변화는 당도의 변화에서 본 것과 같이 당을 빨리 소모하는 늦수확 후지의 경우에서 발효가 더 빨리 시작되어 급격하게 알코올을 생성하였으나 발효가 진행되면서 점차 알코올 농도의 차이가 줄어들었다. 늦수확 사과의 발효 중에는 발효 6일 후까지 알코올 농도가 급격히 증가한 후 발효 종료 시까지 거의 유사한 수준을 유지하였다. 정상수확 사과의 경우에는 발효 2일 후부터 4일까지 알코올 농도가 급격히 증가한 다음 그 이후에는 완만한 증가세를 나타내어 발효 종료 시가 가까워질수록 늦수확의 경우와 유사한 수준에 도달하였다. 최종 알코올 함량은 정상수확과 늦수확 사과의 경우 각각 6.4%, 6.6%로 나타났다. 사과주의 발효 과정 중 효모 생균수의 변화는 발효 0일차에 6.62~6.78 log cfu/mL로 거의 유사하게 나타났다. 발효 1일 후엔 정상수확 사과의 경우 늦수확 사과보다 상당히 생균수가 낮은 값을 나타내었으나 그 이후 증가하여 늦수확 사과의 경우보다 약간 낮은 수준이었으나 발효 2일 후부터 큰 변화 없이 비슷한 생균수를 유지하였다(Fig. 3). 무가당 사과주의 알코올 함량은 포도주에 비해 아주 낮게 제조되고 있으며 영국식 사과주는 약 3~8%의 알코올을 함유하고 있으며 독일식 사과주는 5.5~7%의 알코올을 함

유하도록 제조하고 있다(13). 사과주는 비록 알코올 함량이 낮지만 발효과정 중에 생성되는 어떤 휘발성 생성물들에 의해 변질이 적은 것으로 알려져 있다(12). 일반적으로 포도는 수확기를 늦추어 수확할 경우 당의 농도가 높아지고 유기산의 함량이 감소하는 것으로 알려져 있으며 특히 당도의 경우 수확을 1개월 늦춘 경우 20.3°Brix에서 26.0°Brix로 증가한 예가 있다(34). 그러나 늦수확 사과의 경우 정상수확 사과와 비교하여 당도가 약 0.6°Brix 증가하였을 뿐 늦수확 포도의 경우와는 상이한 결과를 나타내었다(Table 1). 특이한 사실로는 늦수확 사과주의 발효 시 알코올 발효가 정상수확 사과주보다 빠르게 진행되었다(Fig. 2). 이러한 현상은 현재까지 늦수확 사과주의 제조에 관한 연구가 거의 이루어지지 않아 보고된 바 없지만 늦수확 포도의 경우 수확기를 늦추어 따라 당의 조성이 변화하는 것으로 보고된 바 있다(34). 와인효모는 당의 종류에 따라 발효 속도가 다르므로(35) 늦수확 사과의 경우 당의 조성이 변화하여 발효 속도에 영향을 미칠 수 있을 것으로 추정되나 이는 좀 더 연구해야 할 과제이다.

사과주의 이화학적 특성

정상수확 및 늦수확 사과주의 총 페놀성 화합물의 함량과 DPPH 라디칼 소거능을 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 발효 이전 사과즙의 총 페놀성 화합물의 함량은 정상수확 사과즙의 경우 1.25 mg/mL, 늦수확 사과즙의 경우 1.36 mg/mL로서 늦수확의 경우가 다소 높았으나 늦수확 사과주에 있어서는 1.27 mg/L로서 사과주 발효에 의해 그 함량이 다소 감소하였다. DPPH 라디칼 소거능은 정상수확 사과주

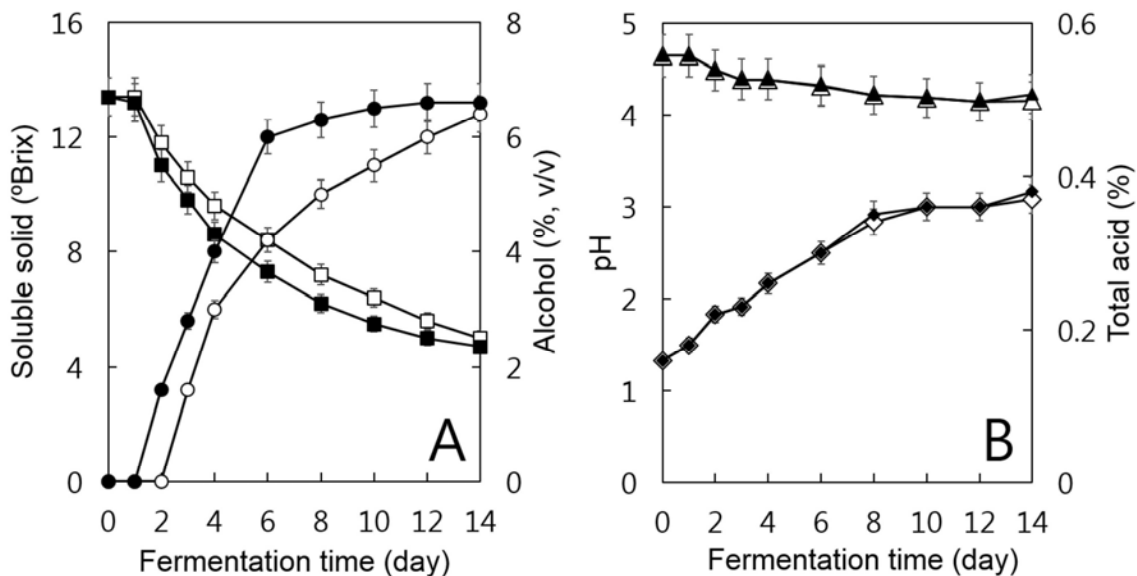


Fig. 2. Changes in the physicochemical properties during the fermentation of cider from normal and late harvest Fuji apples by *S. cerevisiae* SS89.

During the fermentation, contents of soluble solid (□, ■) and alcohol (○, ●) in the panel A as well as total acid content (◇, ◆) and pH (△, ▲) in panel B were analyzed for 14 days. Open and closed symbols represent normal and late harvest apples, respectively. All the data were expressed as mean±SD (n=3).

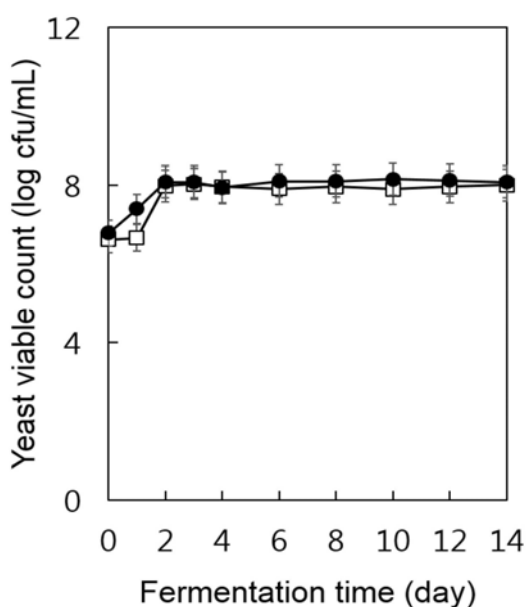


Fig. 3. Changes in the yeast viable count during the fermentation of cider from normal and late harvest Fuji apples by *S. cerevisiae* SS89.

The yeast viable counts were determined during the fermentation of the normal harvest apples (□) and the late harvest apples (●) by *S. cerevisiae* SS89. All the data were expressed as mean±SD (n=3).

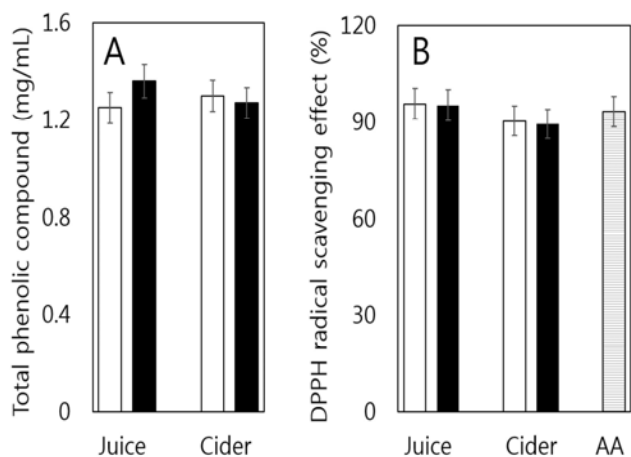


Fig. 4. Comparison of the content of total phenolic compounds (A) and DPPH radical scavenging activities (B) of the normal and the late harvest cider.

White and black bars represent the normal and the late harvest cider, respectively. The bar ▨ in the panel B represent ascorbic acid used as a positive control for the DPPH radical scavenging activity test. All the data were expressed as mean±SD (n=3).

와 늦수확 사과주의 경우 각각 90.3%와 89.5%로서 발효 이전의 정상수확 사과즙과 늦수확 사과즙의 95.7%와 95.2%에 비하여 다소 감소하였다. 이는 대조구로 사용된 100 ppm의 ascorbic acid에서 얻어진 93.3%에 비하여 정상수확 사과주의 경우는 약 96.8%, 늦수확 사과주의 경우는 약 95.9%의 수준을 나타내어 상당히 높은 DPPH 라디칼 소거능을 보였다.

사과주의 성상을 알아보기 위해 일반적으로 포도주의

발효과정 중 갈변도나 색택을 확인하기 위하여 사용되는 hue, intensity 및 Hunter's color value를 조사한 결과는 Table 2와 같다. Hue 값은 정상수확 사과주의 경우 1.47, 늦수확의 경우 1.83으로 늦수확 사과주가 유의적으로 높게 측정되었고 intensity 값은 정상수확 사과주의 경우 0.17, 늦수확 사과주의 경우 0.15로 늦수확 후의 사과주의 수치가 약간 낮게 측정되었으나 유의적인 차이는 없었다. Hunter color value에 있어서는 늦수확 사과주의 적색도는 정상수확 사과주보다 다소 낮은 값을 나타내었으나 명도와 황색도가 정상수확 사과주보다 높게 나타났다. 특히 사과주의 특성을 잘 나타내는 황색도의 경우 늦수확 사과주가 3.38로서 정상수확 사과주의 2.75보다 1.23배 유의적으로 높게 나타났다.

Table 2. Color values in the normal and late harvest cider fermented by *S. cerevisiae* SS89

Type	Color		Hunter color values		
	Hue	Intensity	L	a	b
Normal harvest	1.47±0.12 ^b	0.17±0.02 ^a	97.51±0.82 ^a	-0.34±0.09 ^a	2.75±0.06 ^b
Late harvest	1.83±0.14 ^a	0.15±0.01 ^a	98.06±0.67 ^a	-0.47±0.10 ^a	3.38±0.07 ^a

All the data were expressed as mean±SD (n=3).

^{ab}Means scores within a column followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test (p<0.05).

사과주의 유기산을 HPLC로 측정한 결과는 Table 3과 같다. 유기산으로서 두 실험구에서 모두 malic acid의 함량이 가장 높게 나타났고 citric acid, succinic acid 및 lactic acid의 순으로 함량이 높게 검출되었다. 일반적으로 lactic acid는 젖산균의 malolactic 발효에 의해 과실주에 함유되어 있는 malic acid가 분해되면서 생성되는데(36) 본 연구에서 제조한 사과주의 경우에는 숙성과정을 거치지 않았기 때문에 그 함량이 0.06%로 매우 낮게 나타났다. 수확시기 별 사과주의 유기산 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았지만 늦수확 사과주의 경우 malic acid와 citric acid 함량이 각각 0.49%, 0.19%로서 정상수확 사과주의 0.44%, 0.16%보다 다소 높게 나타났다.

Table 3. Organic acid contents in the normal and late harvest cider fermented by *S. cerevisiae* SS89

Type	Organic acid (%)			
	Citric acid	Malic acid	Succinic acid	Lactic acid
Normal harvest	0.19±0.03 ^a	0.49±0.11 ^a	0.17±0.04 ^a	0.06±0.02 ^a
Late harvest	0.16±0.06 ^a	0.44±0.12 ^a	0.17±0.05 ^a	0.06±0.03 ^a

All the data were expressed as mean±SD (n=3).

^aMeans scores within a column followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test (p<0.05).

사과주의 아세트알데히드, 에틸아세테이트 및 고급 알코올 함량

사과주의 아세트알데히드, 에틸아세테이트 및 고급 알코올 함량을 GC를 이용하여 분석하였으며 그 결과는 Table 4와 같다. 알코올이 산화되면서 생성되어지는 알데히드는 포름알데히드, 아세트알데히드 등 종류가 다양하나 이들 중 술에 흔히 볼 수 있는 것은 아세트알데히드이다. 아세트알데히드는 알코올성 질환의 원인 및 발암가능물질로 알려져 식품공전에서 기준을 정하여 관리하고 있다. 사과주의 아세트알데히드 함량은 정상수확 후지에서 106.5 ppm, 늦수확 후지에서 105.8 ppm으로 식품공전상의 관리 기준치인 700 ppm보다 낮게 측정됐다(37). 에틸아세테이트 함량은 정상수확 후지에서 36.03 ppm, 늦수확 후지에서 36.32 ppm으로 나타났다. 에틸아세테이트는 사과주스의 발효 중 발효 말기에 새롭게 합성되어 지는 향기성분으로서(38) 적포도주에서는 말로락틱 발효 중 소량이 생성되는 것으로 알려져 있다(39). 퓨젤유는 에틸알코올보다 비등점이 높고 분자구조상 탄소 수가 많은 복잡한 알코올을 총칭해서 이르는 말로 이 성분의 양이 많을수록 주질에 나쁜 영향을 주고, 또한 고급 알코올의 조성에 의해서도 주질의 평가가 달라지는 것으로 알려져 있다(40). 이를 구성하는 propanol은 사과주에서 흔적만 있거나 검출되지 않았으며 iso-butanol, butanol, iso-amyl alcohol은 정상수확 사과주에서 16.58 ppm, 23.62 ppm, 69.47 ppm, 늦수확 사과주에서 16.41 ppm, 21.44 ppm, 67.87 ppm을 나타내어 퓨젤유 성분 중 iso-amyl alcohol의 함량이 가장 높게 측정되었으나 유의적인 차이는 없었다.

Table 4. Contents of aldehyde, ethyl acetate and minor alcohols in the normal and late harvest cider fermented by *S. cerevisiae* SS89

Item (ppm)	Normal harvest	Late harvest
Acetaldehyde	106.5±12.5 ^a	105.8±10.8 ^a
Ethylacetate	36.03±4.62 ^a	36.32±4.87 ^a
Propanol	ND	Trace
iso-Butanol	16.58±2.21 ^a	16.41±1.29 ^a
Butanol	23.62±1.80 ^a	21.44±1.38 ^a
iso-Amyl alcohol	69.47±5.09 ^a	67.87±4.26 ^a

All the data were expressed as mean±SD (n=3). ND, not detected.

^aMeans scores within a column followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test (p<0.05).

관능평가

정상수확 및 늦수확 사과주의 관능평가에 대한 결과를 Table 5에 나타내었다. 색과 전반적인 기호도에 있어서 정상수확 사과주의 경우가 늦수확 사과주보다 조금 더 좋은 평가를 받았으며 향은 두 수확군 모두 거의 유사한 평가를 받았다. 맛의 경우에는 늦수확 사과주가 정상수확 사과주

보다 높은 점수를 받았으나 유의적인 차이는 없었다. Park 등(41)의 국산 포도주 소비자 선호분석 결과에 따르면 응답자의 44.4%가 수입 포도주, 21.7%가 국산 포도주를 선호한다고 대답하여 국산 포도주가 소비자의 욕구를 만족시키지 못하고 있음을 알 수 있다. 특히 국산 포도주의 보완점으로서 응답자의 43.0%가 맛, 그 다음으로 20.4%가 향을 중요한 요인으로 지적한 바 있어 국산 포도주와 사과주에 있어서 특히 맛에 관한 집중적인 연구가 필요할 것으로 생각된다. 본 연구의 결과 늦수확 사과주가 정상수확 사과주보다 맛에 있어서 더 높은 점수를 얻었기에 수확기에 따라 사과주의 맛 성분에 차이가 있을 것으로 생각된다. Bindon 등(34)은 정상수확 포도주와 늦수확 포도주의 성분을 비교한 결과 부드럽고 풍부한 맛을 부여하며 점도로 인하여 매끄러운 맛을 부여하는 것으로 알려져 있는 글리세롤의 함량이 증가하였으며 향미에 관여하는 다양한 에스테르의 함량이 증가하였다고 보고한 바 있다. 또한 Corso 등(42)의 늦수확 포도의 관능적 평가 결과에 의하면 정상수확 포도에 비하여 늦수확 포도의 자극적인 맛은 감소하고 부드러운 맛과 조화로운 맛이 증가한다고 한다. 늦수확 기술에 관한 연구로는 유럽을 중심으로 주로 포도와 포도주에 관하여 이루어져 왔으며 늦수확 사과주에 관하여는 거의 연구된 바 없기에 대하여는 좀 더 깊이 연구해야 할 과제이다.

Table 5. Sensory scores by the analysis of variance for organoleptic properties of the normal and late harvest cider fermented by *S. cerevisiae* SS89

Type	Sensory quality			
	Color	Flavor	Taste	Overall preference
Normal harvest	3.78 ^a ±0.42	3.44 ^a ±0.96	3.22 ^a ±0.50	3.44 ^a ±0.64
Late harvest	3.44 ^a ±0.50	3.44 ^a ±0.83	3.44 ^a ±0.79	3.11 ^a ±0.31

Sensory evaluation was conducted by ten members of panel using scoring difference test and sensory scores were 5, excellent; 3, fair; 1, very poor.

^aMeans scores within a column followed by the same superscript are not significantly different at 5% level using Duncan's multiple range test (p<0.05).

요 약

정상수확 후지와 늦수확 후지 사과를 숙성 발효 효모인 *S. cerevisiae* SS89로 발효하면서 발효 특성을 조사하는 한편 사과주의 이화학적 특성을 조사하였다. 정상수확 및 늦수확 후지사과의 가용성 고형분 함량은 각각 13.0, 13.6 °Brix로서 늦수확 후지 사과가 다소 높았으나 총산의 함량과 경도는 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 사과주의 발효 중 pH와 총산 함량의 변화는 거의 유사하였으나 가용성 고형분의 감소, 알코올 함량 및 효모 생균수의 증가에 있어서 늦수확 사과의 경우가 빠르게 나타났다. 그러나

발효 말기 잔존 가용성 고형분 함량과 최종 알코올의 농도는 수확기와 무관하게 유사한 수준을 나타내었다. 늦수확 사과주의 경우 정상수확 사과주보다 다소 낮기는 하였으나 총 페놀성 화합물의 함량이 1.27 mg/mL, DPPH 라디칼 소거능이 89.5%로서 높게 나타났다. 또한 malic acid 함량과 hue 값, 명도 및 황색도 등이 다소 높았으나 아세트알데히드, 에틸아세테이트, 고급알코올의 함량 등은 매우 유사한 수준으로 나타났다. 관능평가 결과 늦수확 사과주는 향에 있어서는 유사한 값을, 색에 있어서는 낮은 점수를 받았으며 맛에 있어서는 정상수확 사과주보다 높은 점수를 얻었으나 유의적인 차이는 없었다.

감사의 글

본 연구는 2014년 농촌진흥청 어젠다 과제(PJ009439022014)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Park HW, Park JD, Kim DM, Choi JS (2001) Freshness extension of 'Fuji' Apple to packaging materials. J Korean Postharvest Sci Tech, 8, 345-350
- Kim DY, Yang HC, Kim WJ, Lee YC, Kim SG (1990) Agricultural processing. Youngji Publishers, Seoul, Korea, p 216
- Gyeongsangbuk-do agricultural information database (2014) Composition and efficacy of apples. http://db.gba.go.kr/sub02/sub01_view.php?info_no=538&kind_code=14. Retrieved 2014-08-05
- Seo JY, Kim EJ, Hong SI, Y SH, Kim D (2006) Effects of mild heat treatment on microorganisms, respiratory characteristics and firmness of fuji apple. Korean J Food Sci Technol, 38, 47-51
- Eun DW, Choi YH (1991) Physical properties of the factors affecting the evaporation process of fruit juices. Korean J Food Sci Technol, 23, 605-609
- Hur SS, Choi YH (1993) Studies on the efficient concentration process of apple juice with reverse osmosis process. Korean J Food Sci Technol, 25, 321-326
- Han WC, Ji SH, Lee JC, Jeong C, Kang SA, Jang KH (2009) Quality characteristics of apple wine fermented with *Rosa rugosa* Thunb. Korean J Food Preserv, 16, 311-316
- Choi SH, Choi YJ, Lee AR, Park SA, Kim DH, Baek SY, Yeo SH, Rhee CH, Park HD (2011) Fermentation characteristics of freeze-concentrated apple juice by *Saccharomyces cerevisiae* isolated from Korean domestic grapes. Korean J Food Preserv, 18, 559-566
- Choi SH, Baek SY, Yeo SH, Park HD (2012) Rapid fermentation of freeze-concentrated ice apple wine by a sugar tolerant yeast, *Saccharomyces cerevisiae* SS89. Korean J Food Preserv, 19, 413-419
- Kang BH, Shin EJ, Lee SH, Lee DS, Hur SS, Shin KS, Kim SH, Son SM, Lee JM (2011) Optimization of the acetic acid fermentation condition of apple juice. Korean J Food Preserv, 18, 980-985
- Shin EJ, Kang BH, Lee SH, Lee DS, Hur SS, Shin KS, Kim SH, Son SM, Lee JM (2011) Monitoring on alcohol fermentation properties of apple juice for apple vinegar. Korean J Food Preserv, 18, 986-992
- Polychroniadou E, Kanellaki M, Iconomopoulou M, Koutinas AA, Marchant R, Banat IM (2003) Grape and apple wines volatile fermentation products and possible relation to spoilage. Bioresource Technol, 87, 337-339
- Jolicoeur C (2013) The new cider maker's handbook: A comprehensive guide for craft producers. Chelsea Green Publishing, Burlington, VT, USA, p 280-281
- Bell RA (2014) Wines of Canada. <http://www.winesofcanada.com>. Retrieved 2014-08-04
- Aplease (2014) Korean traditional premium apple wine. <http://www.applewine.co.kr/shop/company/index.php>. Retrieved 2014-08-04
- Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (2011) 2011 present processing condition of fruits. Ministry of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Seoul, Korea, 11-1541000-000046-10, p 55-56
- Korea Alcohol & Liquor Industry Association (2014) Trends in the delivery of alcoholic beverages from the factory. http://www.kalia.or.kr/customer_support/k_statist.html. Retrieved 2014-08-04
- AOAC (1990) Official methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA, p 40-84
- Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugar. Anal Chem, 31, 426-428
- Liquors Licence Aid Center (2010) Code for analysis of alcoholic beverages. National Tax Service, Seoul, Korea, p 39, p 104-202
- Folin O, Ciocalteu V (1927) On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. J Biol Chem, 27, 625-650
- Singleton VL, Rossi JA (1965) Colorimetry of total

- phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16, 144-158
23. Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
 24. Zoecklein BW, Fugelsang KC, Gump BH, Nury FS (1990) *Production wine analysis*. Van Nostrand Reinhold, New York, NY, USA, p 129-168
 25. Coppola ED (1984) Use of HPLC to monitor juice authenticity. *Food Technol*, 4, 88-91
 26. Whang HJ, Kim SS, Yoon KR (2000) Analysis of organic acid in Korean apple juice by high performance liquid chromatography. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 29, 181-187
 27. Do YS, Whang HJ, Ku JE, Yoon KR (2005) Organic acids content of the selected Korean apple cultivars. *Korean J Food Sci Technol*, 37, 922-927
 28. Richmond ML, Brandao SCC, Gray JI, Markakis P, Stine CM (1981) Analysis of simple sugar and sorbitol in fruit by HPLC. *J Agric Food Chem*, 29, 4-7
 29. Kim CH, Whang HJ, Ku JE, Park KW, Yoon KR (2006) Free sugars content of selected Korean apple cultivars. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 22-27
 30. Kim DH, Hong YA, Park HD (2008) Co-fermentation of grape must by *Issatchenkia orientalis* and *Saccharomyces cerevisiae* reduces the malic acid content in wine. *Biotechnol Lett*, 30, 1633-1638
 31. SPSS (2004) *SPSS statistics base 17.0 user's guide*. SPSS Inc., Chicago, IL, USA, p 307-313
 32. Kim JJ, YM Park (2008) Respiratory metabolic changes in Fuji apples during prestorage exposure to freezing temperature and subsequent refrigerated storage as related to the incidence of flesh browning. *Hort Environ Biotechnol*, 49, 232-238
 33. Park YM (2004) Storage response of Fuji apples to postharvest near-freezing temperature exposure and subsequent elevated carbon dioxide atmospheric condition. *J Korean Soc Hort Sci*, 45, 31-37
 34. Bindon K, Varela C, Kennedy J, Holt H, Herderich M (2013) Relationships between harvest time and wine composition in *Vitis vinifera* L., cv. Cabernet Sauvignon 1. grape and wine chemistry. *Food Chem*, 138, 1696-1705
 35. Vaughan-Martini A, Martini A (1998) *Saccharomyces Meyen ex Reess*. In: *The yeasts, a taxonomic study*, Kurtzman CP, Fell JV (Editor), Elsevier, Oxford, UK, p 358-371
 36. Jackson RS (2008) *Wine science: principles and applications*. Academic Press, Burlington, MA, USA
 37. Korea Food & Drug Administration (2010) *Food code*. KFDA, Seoul Korea, p 10-3-25
 38. Vidrih R, Hribar J (1999) Synthesis of higher alcohols during cider processing. *Food Chem*, 67, 287-294
 39. Herjavec S, Tupajic P (1998) Changes in acidity, some aroma compounds and sensory properties of frankovka wine after malolactic fermentation. *Food Technol Biotechnol*, 36, 209-213
 40. Strehaiano P, Mota M, Goma G (1983) Effects of inoculum level on kinetics of alcoholic fermentation. *Biotechnol Lett*, 5, 135-140
 41. Park E, Ryu J, Kim T (2010) Analysis of consumer preferences for wine. *Korean J Food Preserv*, 17, 418-424
 42. Corso M, Ziliotto F, Rizzini FM, Teo G, Cargnello G, Bonghi C (2013) Sensorial, biochemical and molecular changes in Raboso Piave grape berries applying "double maturation raisonnée" and late harvest techniques. *Plant Sci*, 208, 50-57