

Optimization of the Acetic Acid Fermentation Condition of Apple Juice

Bok-Hee Kang¹, Eun-Jeong Shin², Sang-Han Lee³, Dong-Sun Lee⁴,
Sang-Sun Hur⁵, Kee-Sun Shin⁶, Seong-Ho Kim⁷, Seok-Min Son^{1,2} and Jin-Man Lee^{1,2*}

¹Center for Food Function and Safety and Basic Science Institute, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

²Department of Food & Biotechnology, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

³Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

⁴Faculty of Biotechnology, College of Applied Life Sciences, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

⁵Department of Food Science & Biotechnology, Joongbu University, Kunsan 312-702, Korea

⁶Biological Resource Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology, Daejeon 305-806, Korea

⁷Department of Food Science & Engineering, Daegu University, Kyongsan 712-714 Korea

사과식초 제조를 위한 사과주스의 초산발효 최적화

강복희¹ · 신은정² · 이상한³ · 이동선⁴ · 허상선⁵ · 신기선⁶ · 김성호⁷ · 손석민^{1,2} · 이진만^{1,2*}

¹호서대학교 식품기능안전연구센터 및 기초과학연구소, ²호서대학교 식품생물공학과, ³경북대학교 식품공학과,
⁴제주대학교 생명공학부, ⁵중부대학교 식품생명과학과, ⁶한국생명공학연구원 생물자원센터,
⁷대구대학교 식품공학과

Abstract

This study was conducted to determine the acetic-acid fermentation properties of apple juice (initial alcohol content, apple juice concentration, acetic-acid content, and inoculum size) in flask scale. At the acetic-acid fermentation of apple juice with 3, 5, 7, and 9% initial alcohol content, the maximum acidity after 10-day fermentation was 5.88% when the initial alcohol content was 5%. The acetic-acid fermentation did not proceed normally when the initial alcohol content was 9%. When the initial Brix was 1°, the acidity gradually increased, and the acidity after 12-day acetic-acid fermentation was 4.48%. Above 4% acidity was attained faster when the apple juice concentration was 5 and 10 °Brix than when it was 1 and 14 °Brix. When the initial acidity was 1% or above (0.3, 0.5, 1.0, and 2.0%), the acetic-acid fermentation proceeded normally. The acetic-acid fermentation also proceeded normally when the inoculum sizes were 10 and 15%, and the acidity after eight-day acetic-acid fermentation was 5.60 and 6.05%, respectively. Therefore, the following were considered the optimal acetic-acid fermentation conditions for apple cider vinegar: 5% initial alcohol content, 5 °Brix or above apple juice concentration, 1.0% or above initial acidity, and 10% or above inoculum size. Apple cider vinegar with above 5% acidity can be produced within 48 h under the following acetic-acid fermentation conditions: 7% initial alcohol content, about 1% initial acidity, and 10% inoculum volume at 30°C, 30 rpm, and 1.0 vvm, using 14 °Brix apple juice in a mini-jar fermentor as a pre-step for industrial-scale adaptation.

Key words : apple juice, vinegar, acetic acid fermentation

서 론

식초는 음식을 조리할 때 신맛을 내게 하는 조미료로 쓰이는 것은 물론 짠맛, 단맛 등의 음식 맛을 부드럽게 하고

특유의 향미를 더해 줄 뿐만 아니라, 생선의 비린내를 감소시키고 육류를 연하게 하는 등 조리에 다양하게 이용되고 있으며, 소스, 마요네즈, 드레싱, 케찹의 원료, 향미제로도 이용되고 있다(1). 식초는 동맥경화, 고혈압 등의 성인병 예방효과, 식중독균의 살균효과, 콜레스테롤 저하효과, 체지방 감소, 피로회복 등의 기능이 밝혀지면서 다양한 용도로의 개발이 기대되는 발효식품이다(2). 최근 식초의 다양

*Corresponding author. E-mail : jmlee@hoseo.edu
Phone : 82-41-540-5645, Fax : 82-41-544-4151

한 효능이 밝혀지면서 조미료로서 뿐만 아니라 건강음료로서도 다양하게 활용되고 있다.

식초는 발효과정 중 초산균의 작용으로 생성되는 초산이 총산 함량을 좌우하여 품질판정의 지표로 이용되며, 이외에 다양한 유기산이 함께 함유되어 식초의 산미를 형성한다(3). 양조식초는 당이 혐기적 상태에서 알코올로 변환되고 다시 알코올이 호기적 상태에서 산으로 변형되는 과정을 거쳐 생산되며, 다양한 농산물을 이용하여 식초를 얻고자 하는 연구들이 많이 이루어져 왔으며 원료에 따른 초산발효 최적조건들이 다르게 나타난다(4). 식초관련 연구로는 마늘식초(5), 발효 현미식초의 발효방법 및 원료함량에 따른 품질변화(6), 불량 단감을 이용한 숙성 감식초 제조(7), 매실 식초(8), 초산균에 따른 감자식초의 품질 비교(9), 딸기식초 초산발효 최적화(3), 복숭아 식초의 병행복발효 특성(10), 난지과실을 이용한 식초제조(11), 참외식초(12) 등이 있다.

국내 식초의 용도별 생산 비율은 조미식초가 60%, 음료용 식초가 40%를 차지하고 있으며, 종류별 생산비율은 양조식초 19%, 사과식초 39%, 현미식초 14%, 기타 6%로 양조식초의 소비가 매년 감소하고 있으며, 현미식초, 감식초 등의 천연발효식초에 대한 소비가 증가하는 추세에 있다(6).

사과식초 발효 관련 연구로는 농축 사과주스를 이용한 식초 발효조건 최적화(13), 농가 자가발효에 의한 사과식초의 생산(14) 등이 있으나 제품개발 관련 다양한 기초적 자료는 많지 않는 편이며, 수확 후 생과로 이용되는 사과 이외에 저장성 연장 및 활용을 위해 주로 농축주스 형태로 가공되어 사과가공품의 원료로서 이용된다. 따라서, 본 연구에서는 사과의 활용성 및 부가가치 증대를 위한 다양한 사과가공품 개발의 일환으로 농축사과주스를 이용하여 고품질 천연 사과식초를 제조하기 위하여 발효조건에 따른 사과주스의 초산발효 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

사과주스의 초산발효를 위해 사과 농축액(50 °Brix)은 대구경북농업협동조합으로부터 구입하였으며, 4°C에서 냉장보관하면서 사용하였다.

사용균주 및 배지

사과주스의 초산발효를 위한 초산균의 고체 배지 조성은 yeast extract 0.5%, CaCO₃ 1%, glucose 3%, ethanol 3%, agar 1.5%이었으며, 초산균 액체 배양용 배지의 조성은 yeast extract 0.5%, glucose 0.5%, MgSO₄ · 7H₂O 0.02%, glycerin 1.0%, acetic acid 1.0%, ethanol 5.0%이었다(15).

종초는 *Acetobacter pasteurianus* 5645를 72시간 액체배양한 후 사과주스 14 °Brix로 희석한 것에 ethanol 5%를

첨가시켜 초산균 액체배양액을 10% 접종하여 Rotary shaker (JSR, Rotary, jssi-100C, Korea)를 이용하여 230 rpm, 30°C에서 배양한 것을 종초로 사용하였다.

산도 측정

발효조건에 따른 사과식초의 산도는 0.1 N NaOH를 이용하여 pH가 8.2가 될 때까지 중화적정법을 이용하여 측정된 후 acetic acid로 환산하여 나타내었다.

초산발효

사과주스의 초산발효 최적화를 위하여 초기 알코올농도, 사과농축액 농도, 초산농도 및 종초접종량 조건에 따른 초산발효를 실시하였다. 각각 조건별로 초기 알코올농도 3, 5, 7, 9 %, 사과주스 희석에 따른 1, 5, 10, 14 °Brix, 초산농도 0.3, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 % 및 종초접종량 5, 10, 15%로 달리하여 Rotary shaker (JSR, Rotary, jssi-100C, Korea)를 이용하여 30°C, 230 rpm에서 12일간 발효를 실시하였다. 사과식초의 초산발효를 위한 scale up 실험은 (주)바이오트론(Inc/LiFlus GX, vessel (No. PFIG2SL03))의 발효조를 이용하여 산업적 생산 가능성을 확인하였다.

결과 및 고찰

초기 알코올농도에 따른 초산발효 특성

초산발효 시 초기 알코올농도가 초산발효에 미치는 영향을 알아보기 위하여 5 °Brix 사과농축액에 종초를 10% 접종한 후 알코올함량을 3, 5, 7, 9%로 다르게 하여(초기 산도는 1%로 조정), 30°C 230 rpm의 조건에서 12일간 초산발효를 실시한 결과는 Fig. 1과 같다. 알코올을 5% 첨가한 구가 빠른 시간내에 초산발효가 진행되어 발효 6일차에 5.61%, 발효 8일차에 산도가 5.88%로 증가하였다. 알코올을 9% 첨가하였을 시 초산발효가 정상적으로 진행되지 않았는데 12일 발효시에도 산도 1.07%로 높은 알코올 함량으로 인해 초기 발효유도가 저해되어, 초산발효가 정상적으로 진행되지 않은 것으로 판단된다. 이러한 결과는 기질인 알코올의 농도가 적정농도 이하와 이상의 농도에서는 정상적인 발효가 유도되지 않았으며, 특히 고농도의 기질이 존재할 때에는 알코올에 대한 내성의 약화로 인해 초산균의 증식 및 발효가 유도되지 않은 것으로 생각된다. 알코올이 식초산으로 전환되는 비율인 발효율은 이론적으로는 알코올 중량의 1.64배의 식초산이 생성되나 실제적으로는 이론치의 88-90%의 효율을 보이게 되는데 이러한 이유는 발효과정 중 알코올의 증발과 식초산 이외의 다른 물질로 전환되기 때문이다(16). Kim 등(17)의 매실을 이용한 식초산 발효에 관한 연구에서 알코올 6% 첨가구에서 배양 7일째 6.5%로서 가장 높은 산도를 나타내었으며, 8%와 10% 첨가구에서

는 산도가 오히려 낮게 나타나 초기알코올 농도가 6%일 때 초산발효가 가장 효과적으로 진행되는 결과와 유사한 경향을 나타내었다. Oh 등(18)의 배 식초 발효조건 연구에서는 초기 알코올 함량을 4, 6, 8, 10%로 달리하여 초산발효를 실시하였을 때 최적 알코올 농도는 8%로 고려되었으며, 알코올함량 10%에서는 발효진행이 느리며, 수율도 68%로 좋지 않은 것으로 보고한 바 있다. Woo 등(17)의 참다래 초산발효 과정 중 초기 알코올 농도를 4, 5, 6, 7%로 하여 발효를 실시하였을 때 알코올 함량 4%에서는 발효 4일째 산도가 3.91%, 5%에서는 발효 6일째 4.61%, 6% 및 7%에서는 발효 8일째 5.37 및 5.93%로 가장 높게 나타나 발효가 완료되는 기간의 차이는 있으나 알코올 함량 7%까지는 참다래 초산발효에 저해를 받지 않는 것으로 나타났다. Kim 등(20)의 무화과 식초 제조 연구에서는 알코올 농도를 4~10%로 조절하여 초산발효를 실시한 결과, 초기 알코올 농도를 8~10%로 조정한 경우 산도 7% 이상의 초산 발효액을 얻을 수 있었으며, 알코올 10%에서는 발효가 조금 지연되는 경향을 보였다고 하였다. 일반적으로 약 10% 이상의 고농도 알코올함량에서는 초산발효가 지연되는 경향이 있으나, Park 등(21)의 연구에서와 같이 고농도에탄올 내성을 가진 초산균의 경우 알코올 농도 10%에서 발효 20일차에 산도 9%에 도달하였다고 보고한 바 있다.

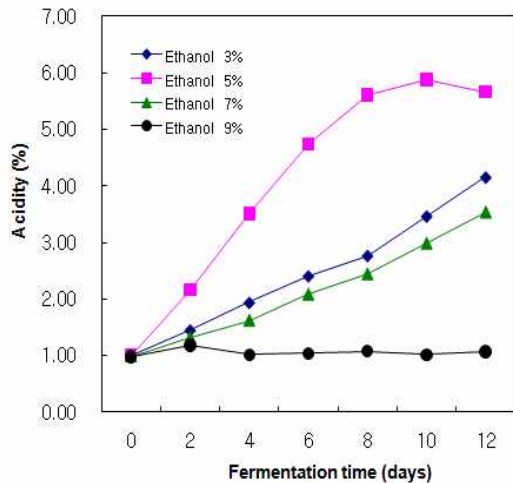


Fig. 1. Effect of initial alcohol concentration on acetic acid fermentation.

사과농축액 농도에 따른 초산발효

사과주스의 초기농도가 초산발효에 미치는 영향을 알아보기 위해 초기 사과주스의 농도를 각각 1, 5, 10, 14 °Brix로 달리한 후 종초 10%를 접종하여 30°C, 230 rpm에서 발효를 실시한 결과는 Fig. 2와 같다.

1 °Brix 사과농축액을 이용한 초산발효에서는 상대적으로 적은 기질 함량으로 인해 초기 균생육의 유도가 늦어진 것으로 생각된다. 1 °Brix의 경우 산도가 서서히 증가하여

발효 12일차에 산도 4.48%로 측정되었다. 14 °Brix 사과농축액의 경우 5 °Brix와 10 °Brix 사과농축액에 비해 발효속도는 약간 느린 것으로 나타났으며, 발효 10일차에 산도 5.20%로 증가하여 목적하는 산도의 사과식초를 얻을 수 있었다. 14 °Brix 사과농축액의 경우 5, 10 °Brix 사과농축액보다 발효 속도 면에서 느리게 나타난 이유는 초기 당 농도에 의한 초산균의 생육 유도가 늦어진 때문인 것으로 생각된다. 이는 탄소원인 당의 농도가 적정농도 이하와 이상의 농도에서는 정상적인 발효가 유도되지 않았으며, 특히 저농도에서는 기질의 부족으로, 고농도로 존재할 때에는 당에 대한 삼투압의 증가로 인해 초기 초산균의 증식 및 발효 유도가 지연되는 것으로 생각된다. Kim 등(17)은 매실즙액의 포도당 농도를 0~0.5%로 달리하여 초산발효를 실시하였을 때 포도당 0.2% 첨가구는 발효 후 산도가 6.5%로 최대치를 보였으나 0.3% 이상의 첨가구에서는 산도가 오히려 감소하는 경향을 보였다고 하였다. Kim 등(9)의 매실식초 발효 연구에 의하면 당의 종류에 따른 산도는 설탕, 맥아당보다 포도당 첨가시 높게 나타났으며, 포도당 농도는 0.2%를 첨가하는 것이 가장 높게 나타났으며, 0.3% 이상 포도당 첨가시 오히려 산도가 감소하는 결과를 초래하였다고 보고된 바 있다.

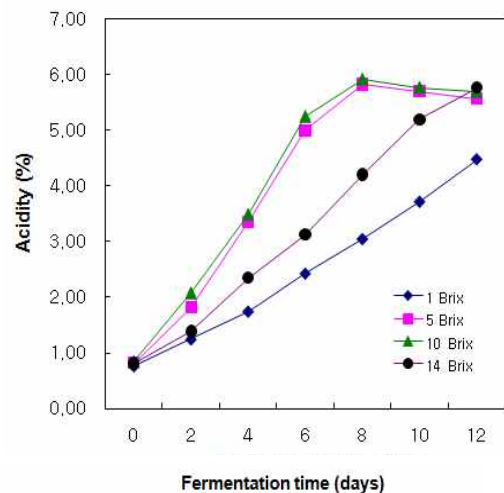


Fig. 2. Effect of apple juice concentration (°Brix) on acetic acid fermentation.

초기 초산농도에 따른 초산발효 특성

5 °Brix 사과농축액에 알코올을 5% 첨가한 후 초기 초산농도를 0.3, 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0%로 달리하여 초산발효를 실시한 결과는 Fig. 3과 같다. 초기산도 0.3%인 구는 낮은 산도로 인해 초기 초산균 생육유도가 늦어져 원활한 초산발효에 저해를 받는 것으로 생각된다. 초기산도를 0.5%로 조정하여 발효를 실시한 구에서는 초기산도 0.3%인 경우에 비해서는 발효속도가 상승하였으나, 초기산도가 1.0% 이상인 경우와 비교할 때 발효속도, 초산생성 수율 면에서

많은 차이가 있는 것으로 보여진다. 따라서, 사과식초 초산 발효시에는 초기산도 1% 이상의 조건을 충족시켜서 발효를 진행하는 것이 적절할 것으로 생각된다.

Oh 등(18)은 초기 총산 농도를 0.3% 범위로 조정하여 초산발효시 0.5, 1.0%에서는 산막유해균의 오염으로 인해 발효가 잘 진행되지 않았으며, 2%에서는 산막균은 발견되었으나 발효에 영향을 주지 않았으며 초기 농도가 2% 이상에서는 차이가 없었다고 보고하였다.

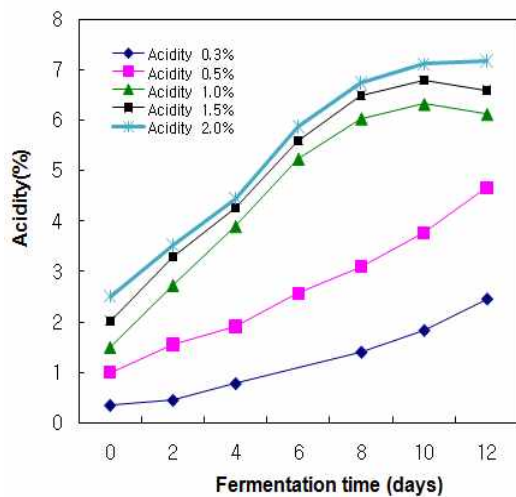


Fig. 3. Effect of initial acidity on acetic acid fermentation.

종초접종량에 따른 초산발효 특성

종초의 접종량이 초산발효에 미치는 영향을 알아보기 위하여 5°Brix 사과농축액에 알코올 5%를 첨가하고 종초 접종량을 5, 10, 15%로 달리하여 30°C, 230 rpm에서 초산발효를 12일간 실시한 결과는 Fig. 4와 같다.

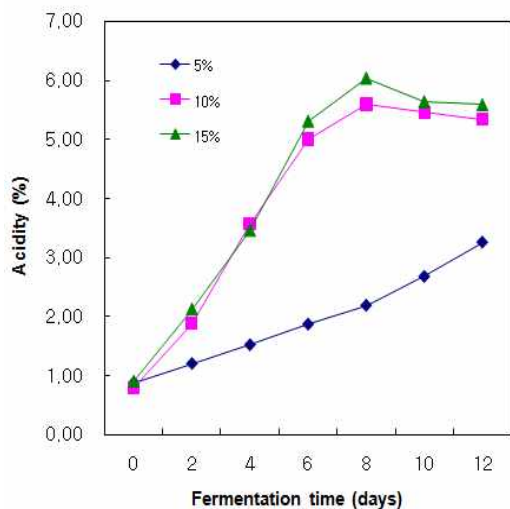


Fig. 4. Effect of inoculum size on acetic acid fermentation.

종초를 10, 15% 접종한 구와 종초를 5% 첨가한 구는 발효 2일차부터 다른 발효 양상을 나타내었는데, 종초를 5% 첨가할 경우 초기 유도기가 길어져 산도가 2일차에 1.20%, 6일차에 1.87%이었으며 12일간 발효시 산도는 3.26%이었다. 종초를 10%, 15% 접종하여 발효를 실시한 결과 발효 8일차에 산도가 각각 5.60, 6.04%에 도달하여 종초를 5% 접종한 구에 비해 발효속도가 훨씬 빨라지는 것으로 나타났다. 종초를 15% 접종하였을 때 10% 접종시보다 초산 생성이 약간 빠르나 그 차이는 매우 미미하여 사과식초의 초산발효시 종초를 10% 첨가하여 발효하는 것이 효율적일 것으로 생각된다. 종초 5% 접종구는 초기 접종량의 영향으로 인한 유도기 연장으로 초산발효 기간이 10, 15% 접종구에 비해 약 2배 이상 지연되는 것으로 보여진다. Kim 등(20)은 무화과 식초 제조연구에서 종초 접종량을 2.5~10%로 조절하여 초산 생성량을 검토한 결과 시험구간에 현저한 차이는 없었으며, 접종량은 5% 첨가로 충분하다고 보고한 바 있다.

초산발효의 Scale up

사과식초의 대량생산 가능성 검토 및 식초 제조 최적화를 위해 Jar fermentor를 이용하여 Scale-up를 실시하였다. 이 때 접종된 종초는 사과주스에 알코올을 7% 첨가하여 72시간 동안 초산발효시킨 것을 사용하였으며 종초의 pH는 3.10, 산도는 5.91%이었다. 14 brix 사과주스 알코올발효액(5% 주모 접종 후 4일간 알코올발효 실시)에 활성화된 종초를 10% 접종하여 초기 산도를 약 1%로 조정된 다음 발효조를 이용하여 30°C에서 초산발효를 실시한 결과는 Fig. 5와 같으며, 발효조건은 Table 1에 나타내었다. 4일간 알코올 발효한 액을 fermentor에 투입하여 rpm을 300으로 초기에 높일 경우 거품으로 인해 발효기 상부에 액이 닿는 문제점이 발생하여 0시간부터 12시간까지는 200 rpm으로 교반하다가, 12시간 이후부터 300 rpm으로 교반속도를 상향조정하였다.

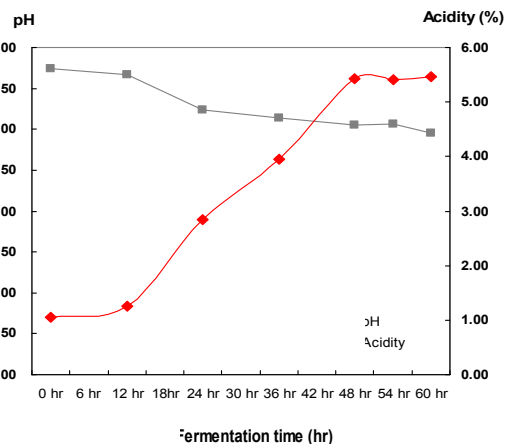


Fig. 5. Acetic acid fermentation pattern of apple wine (using 14°Brix apple juice) in mini jar fermentor.

Table 1. Acetic acid fermentation of apple wine in mini jar fermentor

Fermentation condition	Contents
Fermentation broth	Alcohol fermentation extract of 14 brix apple juice
Fermentation temperature (°C)	30°C
Initiation volume	10%
Air/rpm	1 vvm/Rpm: 200 (0-12 hr)→ 300 (after 12 hr)
Initial acidity (%)	1.06 % (pH 3.73)
Working volume	2L

종초를 10% 접종한 후의 발효초기 산도는 1.06%이었으며, 이 때 pH는 3.74이었다. 발효 12시간 경과 후에는 pH 3.67, 산도 1.26%로 약간 증가하는 경향을 보였으며, 발효 24시간 이후부터는 pH 3.24, 산도 2.85%로 산도가 급격하게 증가하는 경향을 보였다. 발효시작 48시간째에는 산업적으로 목적하는 사과식초의 산도 5%를 초과하여 5.42%에 도달하였으며, 이러한 경향은 60시간째에도 거의 변함이 없어 산도가 5.46%로 기질인 알코올의 소모가 거의 대부분 일어나 초산발효가 중지된 것으로 생각되었다.

플라스크 규모에서의 초산발효와 달리 알코올발효액의 알코올함량이 7% 이상인데도 불구하고, 최종 산도가 5%대에서 머물러 발효가 종료된 까닭은 빠른 교반속도와 공기 순환으로 인한 발효액에서의 알코올 증발에 기인한 것으로 생각된다. 플라스크 내 실험에서는 통기 조건이지만, 발효조에서 만큼 산소 공급이 원활하지 않기 때문에 발효기간 동안 증발되는 알코올 함량은 적을 것으로 생각되나, 발효조에서의 발효의 경우 air, rpm 등 통기교반을 적정 조건으로 낮추지 않는 한 증발 가능한 알코올 함량을 고려하여 초산발효를 실시하여야 할 것으로 생각된다.

플라스크 스케일 실험에서 짧게는 일주일에서 길게는 20일 이상 발효를 실시하는 경우가 대부분이었으나, Table 1과 같은 조건하에서는 48시간 안에 목적으로 하는 산도 5%의 사과식초 생산이 가능한 것으로 나타났다. 이는 플라스크 실험 조건과 비교할 때 초산 생성속도와 일수는 매우 큰 차이를 보여, 발효조건의 최적 셋팅이 이루어질 경우 단시간 내에 품질이 우수한 사과식초의 생산이 가능할 것으로 보인다.

요 약

초산발효조건에 따른 사과주스의 발효특성을 알아보기 위하여 flask scale에서 초기 알코올 농도, 당농도, 초산농도 및 종초접종량 조건에 따른 초산발효를 실시하였다. 초기 알코올농도 3, 5, 7, 9%를 달리하여 사과주스의 초산발효를

12일간 실시한 결과 알코올 함량 5% 일때 발효 10일째 산도가 최대치 5.88%로 측정되었으며, 알코올 함량이 9% 일 경우 초산발효가 정상적으로 진행되지 않았다. 초기 당농도 1, 5, 10, 14 °Brix로 달리하여 초산발효를 실시한 결과 1 °Brix의 경우 산도가 다른 조건에 비해 서서히 증가하여 발효 12일차에 산도 4.48%로 측정되었으며, 5, 10 °Brix가 상대적으로 빠른 시간 내에 산도 4% 이상 생성됨을 알 수 있었다. 초기 산도를 0.3, 0.5, 1, 1.5 및 2%로 달리하여 초산발효를 실시한 결과 초기 산도가 1% 이상일 때는 발효가 원활히 진행되는 것으로 나타났다. 종초 접종량은 10%, 15% 이상일 때 초산발효가 정상적으로 진행되어 발효 8일차에 산도가 각각 5.60, 6.05%에 도달하였다. 따라서, 사과주스를 이용한 초산발효시에는 알코올농도 5%, 초기 당농도 5 °Brix 이상, 초기 산도 1.0% 이상 및 종초 접종량 10% 이상이 적절할 것으로 생각된다.

산업적 규모의 초산발효 전단계로서 Mini-jar fermentor를 이용하여 초산발효를 실시한 결과 14 °Brix 사과농축액 2L에 알코올 7%와 30°C, 300 rpm에서 활성화된 종초 10% (총산함량: 4.03%)를 접종하여 초기산도를 약 1.0%로 조정 후 30°C, 300 rpm, 1.0 vvm으로 통기하여 초산발효를 실시한 후 시간대별로 분취하여 분석한 결과 Flask scale에서 보다 시간이 많이 단축되어 48 hr 발효하였을 때 산도 5% 이상의 식초를 생산할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 2008년 농림수산식품부 사과수출연구사업단 연구비 지원에 의하여 수행된 결과이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Jeong YJ, Lee MH (2000) A view and prospect of vinegar industry. *Food Ind Nutr*, 5, 7-12
- Kwon SH, Jeong EJ, Lee GD, Jeong YJ (2000) Preparation method of fruit vinegars by two stage fermentation and beverage including vinegar. *Food Ind Nutr*, 5, 18-24
- Lee GD, Kim SK, Lee JM (2003) Optimization of the acetic acid fermentation condition for preparation of strawberry vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 812-817
- Horiuchi J, Kanno T, Kobayashi M (2000) Effective onion vinegar production by two-step fermentation system. *J Biosci Bioeng*, 90, 289-293
- Ko EJ, Hur SS, Choi YH (1998) The establishment of

- optimum cultural conditions for manufacturing garlic vinegar. J Korean Soc Food Sci Nutr, 27, 102-108
6. Joo KH, Cho MH, Park KJ, Jeong SW (2009) Effects of fermentation method and brown rice content on quality characteristics of brown rice vinegar. Korean J Food Preserv, 16, 33-39
 7. Jeong YJ, Shin SR, Kang MJ, Seo CH, Won CY, Kim KS (1996) Preparation and quality evaluation of the quick fermented persimmon vinegar using deteriorated sweet persimmon. J East Asian Soc Dietary Life, 6, 221-227
 8. Kim MH, Choi UK (2006) Acetic acid fermentation by *Acetobacter* sp. SK-7 using Maesil Juice. Korean J Food Culture, 21, 420-425
 9. Seo JH, Jeong YJ, Kim JN, Woo CJ, Yoon SR, Kim TH (2001) Quality comparison of potato vinegars produced by various acetobacter bacteria. Korean J Postharvest Sci Technol, 8, 60-65
 10. Cho JW, Kim IS, Kim MK, Lee YK, Kim SD (2000) Characteristics of peach vinegar by parallel complex fermentation. Korean J Postharvest Sci Technol, 7, 89-93
 11. Kim DH, Lee JS (2000) Vinegar production from subtropical fruits. J Korean Soc Food Sci Nutr, 29, 68-78
 12. Lee KD, Kwon SH, Lee MH, Kim SK, Kwon JH (2002) Monitoring on alcohol and acetic acid fermentation properties of muskmelon. Korean J Food Sci Technol, 34, 30-36
 13. Seo JH, Lee GD, Jeong YJ (2001) Optimization of the vinegar fermentation using concentrated apple juice. J Korean Soc Food Sci Nutr, 30, 460-465
 14. Kim SD, Jang KS, Kim MK (1994) Fermentation of apple vinegar in the farmhouse. J East Asian Soc Dietary Life, 4, 75-86
 15. Kim YT, Seo KI, Jung YJ, Lee YS, Shim KH (1997) The production of vinegar using Citron (*Citrus junos seib.*) juice. J East Asian Soc Dietary Life, 7, 301-307
 16. Kim KE, Choi OS, Lee YJ, Kim HS, Bae TJ (2001) Processing of vinegar using the Sea Tangle (*Laminaria japonica*) extract. Korean J Life Sci, 11, 211-217
 17. Kim YD, Kang SH, Kang SG (1996) Studies on the acetic acid fermentation using maesil juice. J Korean Soc Food Sci Nutr, 25, 695-700
 18. Oh YJ (1992) A study on cultural conditions for acetic acid production employing pear juice. J Korean Soc Food Nutr, 21, 377-380
 19. Woo SM, Kim OM, Choi IW, Kim YS, Choi HD, Jeong YJ (2007) Condition of acetic acid fermentation and effect of oligosaccharide addition on Kiwi vinegar. Korean J Food Preserv, 14, 100-104
 20. Kim DH (1999) Studies on the production of vinegar from fig. J Korean Soc Food Sci Nutr, 28, 53-60
 21. Park KS, Chang DS, Cho HR, Park UY (1994) Investigation of the cultural characteristics of high concentration ethanol resistant *Acetobacter* sp. J Korean Soc Food Nutr, 23, 666-670

(접수 2011년 6월 24일 수정 2011년 11월 15일 채택 2011년 11월 18일)