

딸기주 발효를 위한 효모 선발과 살균 방법의 비교 및 발효 중 이화학적 특성의 변화

정은정 · 김용석¹ · 정도연² · 신동화*

전북대학교 응용생물공학부(식품공학 전공), ¹전북대학교 바이오식품 소재 개발 및 산업화 연구센터, ²순창장류연구소

Yeast Selection and Comparison of Sterilization Method for Making Strawberry Wine and Changes of Physicochemical Characteristics during Its Fermentation

Eun-Jeong Jeong, Yong-Suk Kim¹, Do-Youn Jeong², and Dong-Hwa Shin*

Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University

¹Research Center for Industrial Development of BioFood Materials, Chonbuk National University

²Sunchang Food and Science Institute

Abstract Yeast selection and the sterilization methods of strawberry juice were optimized for making strawberry wine. In addition, changes in the physicochemical characteristics of the wine during its fermentation were estimated. Maehyang and Yukbo cultivars of strawberry were tested for wine making; they contained 9.8 and 9.3% soluble solids and 0.59 and 0.58% titratable acidities, respectively. Among six yeasts tested, the Wg-15 and Sc-51 strains were selected based on the alcohol yield in the strawberry wine. Alcohol and soluble solid contents following heat treatment (85°C, 10 min) or K₂S₂O₈ (200 ppm) treatment for sterilization were 7.10-7.20% and 5.60-5.80%, respectively, and no differences were observed between the Wg-15 and the Sc-51 strains. However, the flavor of wine produced following heat treatment was slightly better than that following K₂S₂O₈ treatment. The greatest amounts of alcohol were produced after 2 days of fermentation at 26°C. The alcohol content in wines produced with 12, 14, and 16% sugar content in the initial stages were 5.1, 6.0-6.2, and 7.5-7.7%, and the soluble solid contents were 3.9-4.3, 4.1-4.3, and 5.0-5.3%, respectively; no significant differences were observed between the Wg-15 and the Sc-51 yeast strains. For making strawberry wine, we proposed that the sugar content of Maehyang or Yukbo cultivars be adjusted to 16% soluble solids in the initial stages with heat treated at 85°C for 10 min and fermentation with the Wg-15 or Sc-51 yeast strains at 26°C for 8 days.

Key words: strawberry wine, alcohol fermentation, yeast selection, sterilization method, sugar addition

서 론

딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)는 장미과(Rosaceae)에 속하는 다년초로 향기와 색상이 우수하며, 신맛과 단맛이 잘 조화되어 있고, 독특한 향기를 갖는 과채류로서 오래전부터 봄철에 애용되어 왔다(1). 특히 vitamin C의 함량이 다른 과일에 비하여 높아 생식용으로써 각광받아 왔다. 딸기는 품종에 따라 성분 및 함량이 다르나 일반적으로 유기산이 많아서 신맛이 많고 당분이 많으며, vitamin C와 quercetin, caffeic acid, ferulic acid, flavanol류 등의 다양한 항산화 물질이 함유되어 있고 가공식품으로는 잼, 젤리, 아이스크림, 냉동딸기, 시럽, 주스 및 우유가공 등으로 이용되어 왔다(2,3).

딸기는 유리 및 결합형 페놀성 화합물과 anthocyanin을 함유하고 있으며, 항산화활성과 인간의 간암세포인 HepG2 세포에 대한 증식억제작용을 나타낸다(4). 또한 딸기의 페놀성 화합물은 ellagic acid, EA-glycoside, ellagitannins, gallotannins, anthocyanins, flavonols, flavanols coumaroyl glycosides 등이며, flavonol의 aglycons는 quercetin과 kaempferol인 것으로 알려져 있다(5). 딸기의 주요 향기성분은 methyl butanoate, ethyl butanoate, methyl hexanoate, cis-3-hexenyl acetate, linalool 등으로 밝혀졌다(6). 이 밖에도 딸기의 성장온도(7,8)나 품종(9), 동결건조(10), 저장 조건(11,12)에 따른 항산화 활성과 anthocyanin 함량 및 페놀성 성분에 대한 연구가 많이 수행되어 왔다.

이와 같은 다양한 생리 활성에도 불구하고 딸기는 육질이 약하고 저장성이 낮아 수확, 운송 중 부패가능성이 높은 문제점을 가지고 있으며, 이를 해결하기 위하여 숙성중의 품질변화(13), 품질에 대한 저장온도의 영향(14), CO₂ 처리 및 공기 조성변화의 효과(15,16), 자의선과 열처리의 효과(17) 등 많은 연구가 수행되어 왔다.

딸기는 단맛과 신맛을 가진 과채류로서 봄철에 애용되어 왔으나, 2002년 209,938톤을 정점으로 2003년 205,427톤, 2004년

*Corresponding author: Dong-Hwa Shin, Faculty of Biotechnology (Food Science & Technology Major), Chonbuk National University, Dukjin-Dong, Jeonju, Jeonbuk 561-756, Korea
Tel: 82-63-270-2570,
Fax: 82-63-270-2572
E-mail: dhshin@chonbuk.ac.kr

Received May 5, 2006; accepted August 11, 2006

202,500톤, 2005년 201,995톤으로 최근 생산량이 점점 감소하고 있는 경향이다(18). 딸기는 주로 비닐하우스(2005년 전체 생산량의 98%)를 이용하여 사계절 수확이 가능하나, 소비자들의 소비 고급화 추세에 따라 생과로서 유통이 어려운 등의품의 처리가 문제로 대두되고 있다. 따라서 생과로 이용되지 못하는 등의품을 이용한 가공식품의 개발이 필요한 실정이다.

현재까지 딸기를 이용한 가공식품으로는 잼, 젤리, 아이스크림, 냉동딸기, 시럽, 주스 및 우유가공 등이 있으며(2), 딸기의 알콜 발효 특성(1)과 딸기식초 제조(19)에 대한 연구가 수행되었으나 일부에 국한되어 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 딸기를 이용한 다양한 가공식품의 개발로 딸기의 소비를 확대하기 위하여 저알콜 딸기주 발효에 적합한 효모를 선택하고 살균방법 및 발효 중 이화학적 특성의 변화에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

재료

딸기는 전북 완주군 봉동읍에서 2005년 3-4월에 생산된 매향과 육보 품종을 사용하였으며, 꼭지를 제거하고, 물로 1-2회 세척한 후 물기를 제거한 후 -20°C에서 동결 보관하였다. 딸기는 Waring blender(Waring, New Hartford, CT, USA)로 마쇄하여 균질화한 후 사용하였다.

일반성분 분석

딸기를 Waring blender로 마쇄하여 균질화한 후 일반성분을 분석하였다. 수분함량은 105°C 건조법으로 측정하였으며(20), 가용성 고형분 함량은 굴절당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)로 측정하였고, pH는 pH-meter(model 520A, Orion, Beverly, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. 총산은 pH 8.3이 될 때까지 0.1 N NaOH로 적정 후 구연산량으로 환산하여 백분율로 표시하였다(21). 딸기의 조단백질, 조지방 및 회분 함량은 AOAC 방법(22)으로 정량하였으며, 탄수화물의 함량은 100에서 나머지 성분들의 함량을 뺀 값으로 계산하였다.

발효용 효모 선발 시험

전북대학교 식품공학과 실험실에서 보유하고 있는 Wg-15 효모(가정에서 만든 머루주에서 분리한 효모)와 전라북도 생물산업진흥원(전주, 전북)에서 분양받은 효모인 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 12224(Sc-24), *S. cerevisiae* KCCM 11351(Sc-51), *S. cerevisiae* KCCM 11291(Sc-91), Whiskey yeast(Wy) 및 Yeast-JAS 09(YJ-09)를 대상으로 매향과 육보 품종을 이용한 알콜 생산 능력을 시험하였다. 즉, 마쇄한 딸기에 potassium metabisulfite ($K_2S_2O_5$) 200 ppm을 처리하고 설탕을 첨가하여 가용성 고형분 함량 12%로 보당한 후 각 효모 배양액 3%(v/v)를 접종하여 26°C에서 4일간 발효한 후 알콜 함량, 가용성 고형분 함량, 총산 및 pH를 측정하였다. 효모는 malt extract broth(Difco, USA)에서 26°C, 24 hr 동안 배양하여 배양액으로 사용하였다.

딸기착즙액의 살균처리 시험

딸기착즙액의 알콜발효 전에 오염된 미생물을 제거함으로써 알콜발효가 잘 진행되도록 하기 위하여 과일발효주 제조시 일반적으로 처리하는 potassium metabisulfite($K_2S_2O_5$, 200 ppm)(23,24) 및 열처리(85°C, 10 min)(25-27)를 실시하였다. 즉, 마쇄한 딸기(육보 품종)에 $K_2S_2O_5$ 처리(200 ppm) 또는 열처리(85°C, 10 min)를 하고,

설탕을 첨가하여 초기 가용성 고형분 함량을 15%로 조정된 후 Sc-51 및 Wg-15 효모를 접종하여 26°C에서 4일간 발효하여 알콜함량 및 가용성 고형분 함량을 비교하였다.

초기 당 농도의 영향 시험

마쇄한 딸기(육보 품종)를 85°C에서 10분간 열처리한 후 설탕을 첨가하여 초기 가용성 고형분 함량을 12, 14 및 16%로 조정하고, 각각 Sc-51 및 Wg-15 효모 배양액 3%(v/v)를 접종하여 26°C에서 8일간 발효하였으며, 2일 간격으로 알콜 함량 및 이화학적 특성을 분석하였다.

알콜함량 분석

발효액의 알콜함량은 증류법에 의해 정량하였다. 즉, 시료 100 mL를 정확히 취한 후 heating mantle에서 가열하여 얻은 증류액 75-90 mL를 메스실린더에 채취하고 증류수를 가하여 잔량을 100 mL로 되게 조정된 후 주정계로 알콜함량을 측정하였으며, Gay Lussac Table로 환산하여 계산하였다(28).

색도 측정

색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Japan)를 사용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도)로 구분하여 측정하였다.

관능평가

관능요원은 훈련되지 않은 전북대학교 응용생물공학부 식품공학 전공 대학원생 및 대학생 13명으로 구성되었으며, 이들의 성별은 남자 5명, 여자 8명이고, 나이는 20대 12명, 30대 1명이었으며, 2명의 흡연자와 11명의 비흡연자로 구성되었다. 오후 3시에 관능검사의 목적과 시료에 대하여 설명한 후 발효가 완료된 딸기발효주를 유리컵에 담아 관능요원들에게 제공되었다. 관능검사는 향과 색에 대하여 9점 척도법(9; 아주 좋음, 1; 아주 나쁨)으로 실시하여 통계처리를 하였다.

통계처리

통계처리는 SAS(Statistical Analysis System) 통계 package(29)를 이용하여 평균 및 표준편차를 구하였으며, ANOVA분석을 실시한 후 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다. 모든 분석항목은 3회 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타냈다.

결과 및 고찰

딸기의 일반성분 및 이화학적 특성

딸기주 제조에 사용한 매향과 육보 품종 딸기의 일반성분 및 이화학적 특성은 Table 1과 같다. 매향 품종의 수분함량은 $91.23 \pm 0.38\%$ 로서 육보 품종($90.21 \pm 0.26\%$)보다 약간 높았으며, 다른 일반성분 함량은 거의 비슷하였다. 매향 품종의 가용성 고형분 함량은 $9.8 \pm 0.1\%$ 로서 육보 품종의 $9.3 \pm 0.1\%$ 보다 약간 높았으며, 두 품종의 가용성 고형분 함량은 식품공전(30)에서 규정한 100% 착즙액 기준 가용성 고형분 함량 7% 이상인 규격에 적합하였다. 매향과 육보 품종의 pH는 각각 3.73 ± 0.01 , 3.63 ± 0.01 을 나타냈으며, Cho 등(2)이 보고한 딸기 paste의 pH 4.28 보다 약간 낮았으나 Kim 등(31)이 보고한 pH 3.5 보다는 약간 높았다. 총산 함량은 매향 품종이 $0.59 \pm 0.01\%$, 육보 품종이 $0.58 \pm 0.01\%$ 로서 비슷하였으며, Cho 등(2)의 1.62% 및 Chung과 Cho(32)의 0.9% 보다 낮았는데, 이는 재배 지역과 품종, 수확시기 등에 의한 차이로 생각된다. 색도를 분석한 결과 매향 품종의 L(명도),

Table 1. Proximate composition and physicochemical characteristics of strawberry used for wine fermentation

	Cultivars	
	Maehyang	Yukbo
Proximate composition		
Moisture (%)	91.23 ± 0.38 ¹⁾	90.21 ± 0.26
Crude protein (%)	1.06 ± 0.05	1.03 ± 0.08
Crude fat (%)	0.28 ± 0.01	0.20 ± 0.02
Crude ash (%)	0.37 ± 0.02	0.32 ± 0.01
Carbohydrate (%)	7.06	8.24
Physicochemical characteristics		
pH	3.73 ± 0.01	3.63 ± 0.01
Soluble solid contents (%)	9.8 ± 0.1	9.3 ± 0.1
Titrateable acidities (% as citric acid)	0.59 ± 0.01	0.58 ± 0.01
L	8.63 ± 0.02	7.34 ± 0.02
Color	a	7.33 ± 0.01
	b	5.21 ± 0.02
	4.46 ± 0.01	

¹⁾Means ± SD (n = 3).

a(적색도) 및 b(황색도)값이 모두 육보 품종보다 높아 전체적인 색상이 붉고 밝은 것으로 나타났다.

효모 종류에 따른 발효특성

저알콜 발효주를 개발하기 위하여 딸기착즙액에 설탕을 첨가하여 가용성 고형분 함량을 12%로 보강하고 6종의 효모를 각각 접종한 후 26°C에서 4일간 발효한 딸기발효주의 알콜함량은 Table 2와 같다.

매향 품종의 경우 Wg-15, Sc-24 및 Sc-51 효모의 알콜생성량은 4.90-5.10%로서 유의적 차이가 없었으나, Sc-91 및 Wy 효모는 각각 4.00 및 3.00%를 생성하였다. 육보 품종의 경우 Wg-15, Sc-24, Sc-51 및 Sc-91 효모는 5.00-5.20%의 알콜을 생성하여 유의적 차이가 없었으나 Wy와 YJ-09 효모는 각각 3.10 및 4.00%를 생성하였다.

딸기발효주의 가용성 고형분 함량(Table 2)은 알콜생성량에 따라 다르게 나타났는데, 알콜이 4.80-5.20%가 생성된 경우 가용성 고형분 함량은 4.15-4.80%를 나타냈다. 그러나 알콜 함량이 3.00-4.00%로서 적게 생성된 경우 발효액의 가용성 고형분 함량이

5.45-6.10%로서 상대적으로 높게 나타나 알콜생성 결과와 일관된 경향을 나타내었다.

딸기발효주의 pH(Table 2)는 매향 품종의 경우 발효 초기 pH 3.73에서 발효가 완료된 후 효모 균주에 따라 pH 3.77-3.94를 나타내었고, 육보 품종의 경우 초기 pH 3.63에서 발효 완료 후 균주에 따라 pH 3.45-3.71을 나타냈다. 총산 함량(Table 2)은 4일간 발효 후 효모의 종류에 따라 매향 품종은 0.60-0.66%, 육보 품종은 0.59-0.63%를 나타냈다.

효모의 종류에 따른 딸기발효주 제조 시험 결과 알콜생성량이 우수한 것으로 나타난 Wg-15와 Sc-51 균주를 이용하여 살균처리 시험과 당 농도에 따른 발효시험을 실시하였다.

딸기착즙액에 대한 살균처리 시험

딸기착즙액의 발효 전에 오염된 미생물을 제거함으로써 알콜 발효가 잘 진행되도록 하기 위하여 과실발효주 제조시 일반적으로 potassium metabisulfite(K₂S₂O₅) 200 ppm을 처리한다(23,24). 또한 열처리 방법으로는 오디 과실주스 제조시 85-90°C, 10분간 처리(25), pH 4.43인 오디 와인 제조시 70°C, 30분 열처리(26) 및 수박발효주 제조시 70°C, 10분 살균시 알콜 발효력이 가장 좋았다고 보고되었다(27). 따라서 본 연구에서 사용한 딸기의 pH는 3.63(육보)-3.73(매향) 수준이므로 잡균 제거를 위하여 85°C에서 10 min 동안 열처리하는 것이 충분한 것으로 판단되었다.

딸기착즙액에 potassium metabisulfite(200 ppm) 또는 열처리(85°C, 10 min) 한 후 알콜생성 능력이 우수하였던 Wg-15와 Sc-51 효모를 접종하여 초기 가용성 고형분 함량 15%, 26°C에서 4일간 발효하였다. 알콜생성량의 경우(Table 3) 대조구는 7.0-7.3%, K₂S₂O₅ 및 열처리구는 7.1-7.2%를 생성하여 살균처리 방법에 따른 유의적 차이가 없었으며, 효모의 종류에 따라서는 Sc-51은 7.1-7.3%, Wg-15는 7.0-7.2%로서 Sc-51 효모의 알콜생성량이 약간 높았으나 큰 차이는 없었다.

발효 완료 후의 가용성 고형분 함량(Table 3)은 대조구 5.40-5.80%, K₂S₂O₅ 및 열처리구 5.60-5.80%로서 알콜생성량의 경우와 마찬가지로 살균처리 방법에 따른 유의적 차이가 관찰되지 않았으며, 효모의 종류에 따라서는 Wg-15가 5.4-5.6%, Sc-51이 5.8%로서 Sc-51 효모의 가용성 고형분 함량이 약간 높았으나 큰 차이는 관찰되지 않았다.

본 연구결과에서 살균처리 방법에 따른 알콜생성량과 가용성 고형분 함량 및 효모 종류에서 차이가 관찰되지 않아 발효주의

Table 2. Physicochemical characteristics of strawberry wine fermented by various yeasts for 4 days at 26°C

	Cultivars	Yeasts ¹⁾					
		Wg-15	Sc-24	Sc-51	Sc-91	Wy	YJ-09
Alcohol contents (%)	Maehyang	5.10 ± 0.10 ^{ab2)}	4.90 ± 0.10 ^{ab}	4.90 ± 0.21 ^{ab}	4.00 ± 0.10 ^c	3.00 ± 0.15 ^d	4.80 ± 0.06 ^b
	Yukbo	5.00 ± 0.26 ^a	5.10 ± 0.15 ^a	5.20 ± 0.05 ^a	5.00 ± 0.26 ^a	3.10 ± 0.06 ^c	4.00 ± 0.23 ^b
Soluble solid contents (%)	Maehyang	4.45 ± 0.35 ^c	4.15 ± 0.05 ^c	4.15 ± 0.05 ^c	6.00 ± 0.00 ^a	5.45 ± 0.15 ^b	4.20 ± 0.00 ^c
	Yukbo	4.30 ± 0.07 ^d	4.70 ± 0.30 ^{cd}	4.40 ± 0.20 ^{cd}	4.80 ± 0.20 ^c	6.10 ± 0.10 ^a	5.70 ± 0.30 ^b
pH	Maehyang	3.82 ± 0.06 ^{cd}	3.87 ± 0.02 ^{bc}	3.82 ± 0.04 ^{cd}	3.91 ± 0.03 ^{ab}	3.94 ± 0.03 ^a	3.77 ± 0.04 ^d
	Yukbo	3.61 ± 0.04 ^b	3.55 ± 0.04 ^c	3.45 ± 0.03 ^d	3.71 ± 0.04 ^a	3.54 ± 0.04 ^c	3.65 ± 0.06 ^b
Titrateable acidities (%)	Maehyang	0.66 ± 0.04 ^a	0.64 ± 0.01 ^{ab}	0.66 ± 0.01 ^a	0.61 ± 0.02 ^{bc}	0.60 ± 0.02 ^c	0.60 ± 0.01 ^c
	Yukbo	0.59 ± 0.00 ^c	0.63 ± 0.01 ^a	0.61 ± 0.00 ^b	0.60 ± 0.01 ^{bc}	0.63 ± 0.01 ^a	0.59 ± 0.01 ^c

¹⁾Wg-15: strain isolated from wild-grape wine, Sc-24: *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 12224, Sc-51: *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 11351, Sc-91: *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 11291, Wy: whiskey yeast, YJ-09: yeast-JAS 09.

²⁾Mean values with different superscripts in the same row are significantly different ($p < 0.05$).

Mean ± SD (n = 3).

Table 3. Alcohol and soluble solid contents of strawberry wine fermented for 4 days at 26°C after different sterilization treatment

	Alcohol contents (%)		Soluble solid contents (%)	
	Wg-15	Sc-51	Wg-15	Sc-51
Control	7.00 ± 0.10 ^{ab1)}	7.30 ± 0.23 ^a	5.40 ± 0.06 ^a	5.80 ± 0.15 ^a
K ₂ S ₂ O ₅ (200 ppm)	7.20 ± 0.21 ^a	7.10 ± 0.17 ^a	5.60 ± 0.06 ^a	5.80 ± 0.11 ^a
Heat (85°C, 10 min)	7.20 ± 0.29 ^a	7.10 ± 0.17 ^a	5.60 ± 0.06 ^a	5.80 ± 0.10 ^a

¹⁾Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$). Mean ± SD (n = 3).

Table 4. Sensory evaluation on strawberry wine fermented by Wg-15 or Sc-51 yeast strains for 4 days at 26°C after different sterilization treatment

	Flavor		Color	
	Wg-15	Sc-51	Wg-15	Sc-51
Control	5.40 ± 0.84 ^{b1)}	6.10 ± 0.99 ^a	7.00 ± 1.33 ^a	6.80 ± 1.48 ^a
K ₂ S ₂ O ₅ (200 ppm)	3.80 ± 1.03 ^c	4.00 ± 1.05 ^b	6.60 ± 1.26 ^a	6.40 ± 1.35 ^a
Heat (85°C, 10 min)	6.40 ± 0.97 ^a	6.80 ± 1.14 ^a	7.00 ± 1.33 ^a	7.00 ± 1.33 ^a

¹⁾Mean values with different superscripts in the same column are significantly different ($p < 0.05$). Mean ± SD (n = 10).

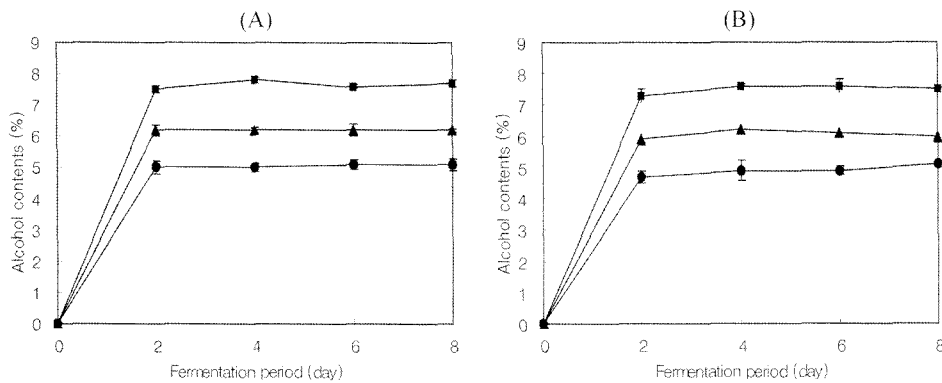


Fig. 1. Change in alcohol contents of strawberry wine during fermentation with different sugar contents for 8 days at 26°C. A: Wg-15, B: Sc-51. ●: 12% soluble solid, ▲: 14% soluble solid, ■: 16% soluble solid. Vertical bars represents SD (n = 3).

향과 색을 관찰한 결과(Table 4), 향은 Wg-15 및 Sc-51 균주 모두 열처리구가 대조구 및 potassium metabisulfite 처리구보다 좋은 것으로 나타났으며, 색은 처리구 사이의 유의적 차이가 관찰되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 딸기발효주 제조시 살균방법으로 열처리 방법을 선택하여 시험하였다. Hwang 등(27)은 수박 발효주 제조시 가열살균 방법이 아황산(K₂S₂O₅, 등) 첨가방법보다 발효 효율과 맛이 우수하였다고 보고하여 본 연구결과와 비슷하였으며, 또한 가열살균법 중 100°C 이상의 고온에서 5 min 처리가 맛이 가장 좋았으나 알콜 발효력은 70°C, 10 min 처리가 좋았다고 보고하였다.

초기 가용성 고형분 함량에 따른 발효 시험

발효 초기의 가용성 고형분 함량을 달리하여 26°C에서 8일간 발효하면서 딸기발효주의 발효기간에 따른 이화학적 특성을 조사하였다.

알콜생성량의 경우(Fig. 1) Wg-15와 Sc-51 효모 모두 초기 당 농도에 관계없이 발효 2일째까지 대부분의 알콜이 생성되었으며 그 이후 약간 증가하는 경향을 나타냈다. 발효 종료 후 초기 가용성 고형분 함량 12%에서 5.1%, 14%에서 6.0-6.2%, 16%에서 7.5-7.7%의 알콜을 생성하였으며, Wg-15와 Sc-51 효모 사이의 차

이는 거의 없었다. Lee 등(1)은 13-17°Brix로 가용성 고형분 함량을 조절하여 발효한 딸기주의 알콜함량이 6.8-8.9%이라고 보고하여 본 연구결과보다 약간 높았으나, Hwang 등(27)은 20°Brix에서 발효한 수박발효주의 알콜함량이 9.5 ± 0.96% 이었으며, Choi 등(33)은 초기 가용성 고형분 함량 24°Brix에서 발효한 복분자발효주의 알콜함량이 10.18-11.46%라고 보고하여 본 결과와 비슷한 수율로 알콜을 생성하였다.

가용성 고형분 함량의 경우(Fig. 2) 대부분의 알콜이 생성된 발효 2일째까지 급격히 감소하여 초기 가용성 고형분 함량 12, 14 및 16%에서 각각 3.9-4.3, 4.1-4.3, 5.0-5.3%를 나타냈고, 발효가 완료될 때까지 비슷한 농도를 유지하였으며, Wg-15와 Sc-51 효모 사이에 차이는 관찰되지 않았다. Lee 등(1)은 13-17°Brix로 가용성 고형분 함량을 조절하여 발효한 딸기주의 잔당함량이 4.0-5.8%라고 보고하여 본 연구결과와 비슷한 함량을 나타내었다. Lee 등(34)은 찹외의 알콜발효시 알콜함량은 초기 당함량이 발효 시간보다 더 큰 영향을 준다고 보고하였으며, 본 연구결과에서도 기질은 다르지만 같은 경향을 나타내었다.

딸기발효주의 pH(Fig. 3)는 Wg-15와 Sc-51 효모 모두 발효 초기 pH 3.82-3.86에서 발효 종료 후 pH 3.82-3.84를 나타내어 발효기간 중 변화가 거의 없었다. 총산의 경우(Fig. 4) 발효 초기

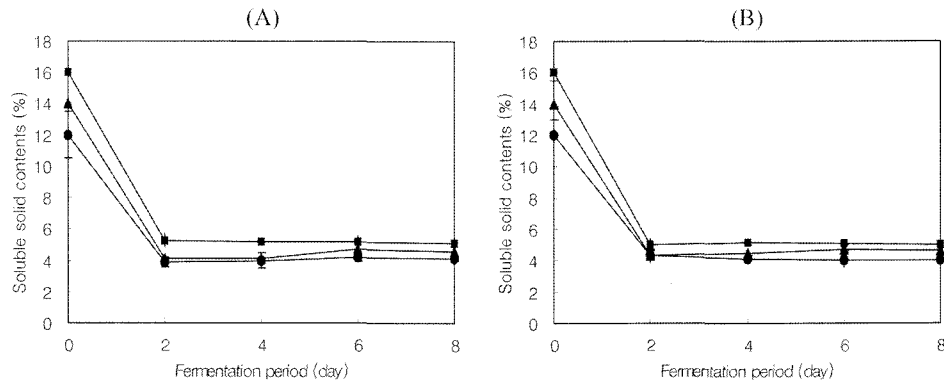


Fig. 2. Change in soluble solid contents of strawberry wine during fermentation with different sugar contents for 8 days at 26°C. A: Wg-15, B: Sc-51. ●: 12% soluble solid, ▲: 14% soluble solid, ■: 16% soluble solid. Vertical bars represents SD (n = 3).

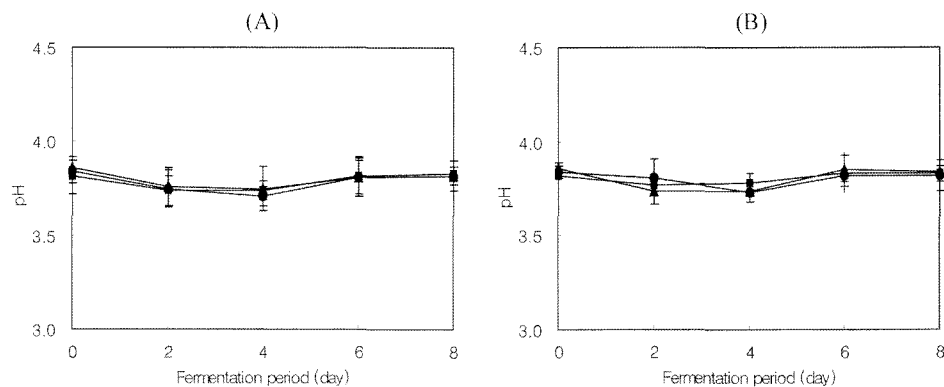


Fig. 3. Change in pH of strawberry wine during fermentation with different sugar contents for 8 days at 26°C. A: Wg-15, B: Sc-51. ●: 12% soluble solid, ▲: 14% soluble solid, ■: 16% soluble solid. Vertical bars represents SD (n = 3).

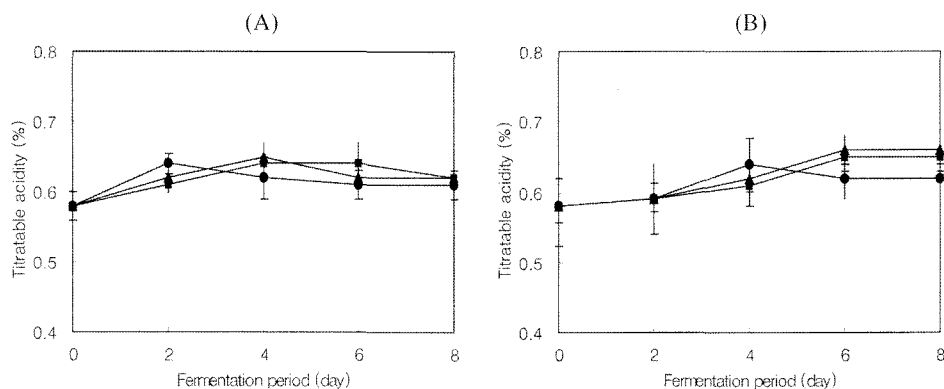


Fig. 4. Change in titratable acidities of strawberry wine during fermentation with different sugar contents for 8 days at 26°C. A: Wg-15, B: Sc-51. ●: 12% soluble solid, ▲: 14% soluble solid, ■: 16% soluble solid. Vertical bars represents SD (n = 3).

0.58%에서 발효 종료 후 Wg-15 효모는 0.61-0.62%, Sc-51 효모는 0.62-0.66%로서 전체적으로 약간 증가하였으며, Sc-51 효모에서 약간 높았으나 값의 차이는 크지 않았다. 딸기발효주의 총산 함량은 Lee 등(1)이 보고한 딸기주의 0.46-0.74%와 비슷한 범위를 나타내었다.

결론적으로 매향 또는 육보 품종을 사용하여 설탕으로 가용성 고형분 함량을 16%로 보당하고, 착즙액에 대해 열처리(85°C, 10 min)한 후 Wg-15 또는 Sc-51 효모를 사용하여 26°C에서 8일간 발효했을 때 알콜함량 7.5-7.7%, 가용성 고형분 함량 5.0-5.3%를 갖는 딸기발효주 제조가 가능할 것으로 판단되었다.

요 약

저알콜 딸기발효주 제조에 필요한 최적발효조건 설정을 위하여 발효에 적합한 효모를 선발하고, 딸기착즙액의 살균방법을 비교하였으며, 발효 중 이화학적 특성의 변화를 조사하였다. 딸기는 매향과 육보 품종을 사용하였으며, 이들은 각각 pH 3.77 및 3.69, 가용성 고형분 함량 9.8 및 9.3%, 총산 함량 0.74 및 0.69%의 이화학적 특성을 가졌다. 6종의 효모를 대상으로 발효시험을 한 결과 Wg-15와 Sc-51 효모의 알콜생성능력이 우수하였다. 딸기에 있는 잡균을 제거하기 위하여 $K_2S_2O_8$ (200 ppm) 및 열처리

(85°C, 10 min) 시험을 비교한 결과 알콜생성량(7.1-7.2%)과 가용성 고형분 함량(5.6-5.8%)이 비슷하였으며, Wg-15와 Sc-51 효모 사이에 유의적 차이는 관찰되지 않았고, 발효주의 향에서 열처리구가 약간 좋은 것으로 나타났다. 초기 가용성 고형분 함량을 12, 14 및 16%로 조정하여 26°C에서 8일간 발효한 결과 발효 2일째 까지 대부분의 알콜이 생성되었으며, 알콜함량은 각각 5.1, 6.0-6.2, 7.5-7.7%, 가용성 고형분 함량은 각각 3.9-4.3, 4.1-4.3, 5.0-5.3%를 나타냈고, Wg-15와 Sc-51 효모 사이에 차이는 관찰되지 않았다. 알콜함량 7% 정도의 딸기발효주를 제조하기 위해서는 매향 또는 육보 품종을 사용하여 설탕으로 가용성 고형분 함량을 16%로 보당하고, 착즙액에 대해 85°C에서 10 min 열처리한 후 Wg-15 또는 Sc-51 효모를 사용하여 26°C에서 8일간 발효하는 것이 바람직하였다.

감사의 글

이 논문은 산업자원부 지정, 전라북도 지원 지역협력연구센터 인 전북대학교 바이오식품 소재 개발 및 산업화 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었음.

문헌

- Lee JM, Kim SK, Lee GD. Monitoring on alcohol fermentation characteristics of strawberry. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 679-683 (2003)
- Cho JI, Ha SD, Kim KS. Inhibitory effects of temperature, pH and potassium sorbate against natural microflora in strawberry paste during storage. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 355-360 (2004)
- Barrett DM, Somogyi L, Ramaswamy H. Strawberries and raspberries. pp. 531-561. In: Processing Fruits-Science and Technology. Barrett DM (2nd ed). CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, USA (2005)
- Meyers KJ, Watkins CB, Pritts MP, Liu RH. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries. J. Agric. Food Chem. 51: 6887-6892 (2003)
- Seeram NP, Lee R, Scheuller HS, Heber D. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. Food Chem. 97: 1-11 (2006)
- Axodanlou R, Darbellay C, Luisier JL, Villettaz JC, Amado R. Quality assessment of strawberry (*Fragaria species*). J. Agric. Food Chem. 51: 715-721 (2003)
- Cordenunsi BR, Genoves MI, Nascimento JRO, Hassimotto NMA, Santos RJ, Lajolo FM. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. Food Chem. 91: 113-121 (2005)
- Wang SY, Zheng W. Effect of plant growth temperature on antioxidant capacity in strawberry. J. Agric. Food Chem. 49: 4977-4982 (2001)
- Wang SY, Lin HS. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry and strawberry varies with cultivar and developmental stage. J. Agric. Food Chem. 48: 140-146 (2000)
- Asami DK, Hong YJ, Barrett DM, Mitchell AE. Comparison of the total phenolic and ascorbic acid content of freeze-dried and air-dried marionberry, strawberry and corn grown using conventional, organic and sustainable agricultural practices. J. Agric. Food Chem. 51: 1237-1241 (2003)
- Ayala-Zavala JF, Wang SY, Wang CY, Gonzalez-Aguilar GA. Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 37: 687-695 (2004)
- Wicklund T, Rosenfeld HJ, Martinsen BK, Sundfor MW, Lea P, Rruun T, Blomhoff R, Haffner K. Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 38: 387-391 (2005)
- Park IK, Jang KS, Kim MK, Kim SD. Circulation state of strawberry and quality changes during ripening. Korean J. Post harvest Sci. Technol. Agric. Products 1: 45-53 (1994)
- Kim YB, Kubo Y, Inaba A, Nakamura R. Effect of storage temperature on keeping quality of tomato and strawberry fruits. J. Korean Soc. Hort. Sci. 37: 526-532 (1996)
- Kim DM, Kim KH, Kim CS. On the changes in organic acids of strawberry in air with different CO₂ concentration. Korean J. Food Sci. Technol. 18: 71-76 (1986)
- Steen CV, Jaxsens L, Devlieghere F, Debevere J. Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries. Postharvest Biol. Technol. 26: 49-58 (2002)
- Marquenie D, Michiels CW, Geeraerd AH, Schenk A, Soontjens C, Van Impe JF, Nicolai BM. Using survival analysis to investigate the effect of UV-C and heat treatment on storage rot of strawberry and sweet cherry. Int. J. Food Microbiol. 73: 187-196 (2002)
- National Agricultural Products Management Service. Agriculture statistics information. Available from: http://www.naqs.go.kr/statisticsInfo/statisticsInfo_03_1_2.jsp. Accessed Apr. 30, 2006.
- Lee GD, Kim SK, Lee JM. Optimization of the acetic acid fermentation condition for preparation of strawberry vinegar. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 812-817 (2003)
- Choi HS, Kim MK, Kim MK, Park HS, Song GS, Lee KK, Kim TY, Kim JG. An approach to increase vitamin D₂ level in doenjang (fermented soybean paste) using mushrooms. Food Sci. Biotechnol. 14: 828-831 (2005)
- Sadler GO. Titratable acidity. pp. 83-94. In: Introduction to the Chemical Analysis of Foods. Nielson SS (ed). James and Bartlett Publisher, London, UK (1994)
- AOAC. Official Method of Analysis. 16th ed. The Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA (1995)
- Yoo TJ, Joo HK, Lee SG, Han SH, Lee KC. Experiment of Food Processing. Munundang, Seoul, Korea. pp. 155-166 (1995)
- Yi SH, Ann YG, Choi JS, Lee JS. Development of peach fermented wine. Korean J. Food Nutr. 9: 409-412 (1996)
- Kim IS, Lee JY, Rhee SJ, Youn KS, Choi SW. Preparation of minimally processed Mulberry (*Morus* spp.) juices. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 321-328 (2004)
- Jung GT, Ju IO, Choi DG. Quality characteristics manufacture of Mulberry wine. Korean J. Food Preserv. 12: 90-94 (2005)
- Hwang Y, Lee KK, Jung GT, Ko BR, Choi DC, Choi YG, Eun JB. Manufacturing of wine with watermelon. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 50-57 (2004)
- Koh JS, Koh NK, Kang SS. Citrus wine-making from Mandarin orange produced in Cheju Island. J. Korean Agric. Chem. Soc. 32: 416-423 (1989)
- SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1990)
- KFDA. Korea Food Code. Moonyoungsa, Seoul, Korea. p. 43 (2005)
- Kim JK, Moon KD, Sohn TH. Effect of PE film thickness on MA (modified atmosphere) storage of strawberry. J. Korean Soc. Food Nutr. 22: 78-84 (1993)
- Chung SK, Cho SH. Preservative of natural antimicrobial substances used as steeping and packaging agent on postharvested strawberries. Korean J. Food Preserv. 10: 37-40 (2003)
- Choi HS, Kim MK, Park HS, Shin DH. Changes in physico-chemical characteristics of *Bokbunja* (*Rubus coreanus* Miq.) wine during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 574-578 (2005)
- Lee GD, Kwon SH, Lee MH, Kim SK, Kwon JH. Monitoring on alcohol and acetic acid fermentation properties of muskmelon. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 30-36 (2002)