

## 딸기의 알콜 발효 특성 모니터링

이진만 · 김숙경\* · 이기동\*\*†

경북과학대학 약용식품과  
\*경북과학대학 전통식품연구소  
\*\*경북과학대학 첨단발효식품과

## Monitoring on Alcohol Fermentation Characteristics of Strawberry

Jin-Man Lee, Suk-Kyung Kim\* and Gee-Dong Lee\*\*†

Dept. of Herbs & Food Science, Kyongbuk College of Science, Chilgok 718-850, Korea

\*Traditional Food Institute, Kyongbuk College of Science, Chilgok 718-850, Korea

\*\*Dept. of Fermented Food, Kyongbuk College of Science, Chilgok 718-850, Korea

### Abstract

Strawberries were fermented for their effective value added product. In alcohol fermentation of strawberries, alcohol content was maximum value (9.22%) under the condition of 16.32°Brix of initial sugar concentration, 53.03 hr of fermentation time and 28.83°C of fermentation temperature. Acetic acid content revealed minimum value (0.49%) under the condition of 13.18°Brix of initial sugar concentration, 50.99 hr of fermentation time and 24.96°C of fermentation temperature. Residual sugar content revealed minimum value (3.97°Brix) under the condition of 15.00°Brix, 52.00 hr and 26.00°C. The optimum conditions for each alcohol fermentation were 14°Brix, 50 hr and 28°C.

**Key words:** strawberry, alcohol fermentation, monitoring, RSM (response surface methodology)

### 서 론

딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)는 비타민 C가 풍부하며, 신맛과 단맛이 잘 조화되어 있으며, 독특한 향기를 갖는 과채류로서 오래전부터 봄철에 애용되어 왔다. 딸기는 국내에서 대부분 식용으로 이용되고 있으며, 일부 잼, 젤리, 아이스크림, 냉동딸기, 딸기주 등의 원료로 이용되고 있다. 딸기는 그 종류에 따라 성분 함량이 다르나 일반적으로 유기산이 많아서 신맛이 많고 당분이 많으며, 비타민 C와 quercetin, caffeic acid, ferulic acid, flavanol류 등의 다양한 항산화 물질이 함유되어 있다. 딸기는 과피의 조직이 약하여 수확, 운송 등의 취급시 쉽게 상처를 받아 압착, 부패 등의 불량상품 발생이 많아 장기저장이 매우 어렵기 때문에 생과를 주로 이용하는 국내에서는 수확시기에만 한정되어 짧은 기간내에 유통되고 있는 실정이다(1,2). 현재 봄철 홍수출하로 인한 가격하락 방지 및 수급 조절을 위하여 딸기를 이용한 적절한 가공식품 개발이 요구되고 있으며, 딸기를 효율적으로 이용하기 위해서는 적절한 가공 방안의 모색이 필요하다. 지금까지 국내에서의 딸기가공에 관한 연구로는 주로 딸기잼(3-5) 등이 주를 이루고 있어 다양화된 상품에 대한 연구가 필요한 실정이다

Lee와 Lee(6)가 한국산 참나무 편과 같이 숙성시킨 사과 및 딸기 증류주의 방향성분 비교에 대한 연구가 이루어져 있으나 아직 딸기를 이용한 발효주 및 식초에 관한 연구는 미흡한 실정이며, 딸기 식초 발효를 위한 알콜발효조건을 설정하는 실험은 전무한 실정이다.

따라서 딸기를 이용하여 고부가가치 상품의 개발의 일환으로서 딸기 wine 및 식초를 제조하고자 중심합성계획에 따른 실험조건으로 딸기를 알콜발효시켰으며, 발효조건에 따른 품질특성을 모니터링하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

딸기는 2002년도 생산된 경북 고령에서 생산된 딸기를 이용하여 알콜발효 실험에 사용하였다.

#### 주모

딸기를 수세한 후 파쇄하여 착즙한 여액에 YPD배지(Difco, USA)로 생육시킨 *Saccharomyces kluyveri* DJ97를 접종하여 28°C에서 24시간 배양시킨 후 10%(v/v)의 주모를 사용하였다(7).

†Corresponding author. E-mail: kdlee@kbc.ac.kr  
Phone: 82-54-972-9583, Fax: 82-54-979-9210

### 실험계획

16가지 실험조건별 중심합성계획에 따라 딸기과즙을 알콜 발효시켰다. 딸기알콜 발효 wine을 제조하고자 딸기를 파쇄한 후 착즙하여 실험조건에 따라 각각 가당한 다음 10%(v/v)의 주모를 접종하여 배양기에서 수립된 발효조건으로 알콜 발효를 실시하였으며, 실험 조건별로 알콜발효를 행한 후 알콜함량, 초산함량 및 잔류 당함량을 측정하기 위한 분석시료로 사용하였다. 알콜 발효조건은 초기당도(13, 14, 15, 16, 17 °Brix), 발효시간(48, 50, 52, 54, 56 hr) 및 발효온도는(22, 24, 26, 28, 30°C)를 설정하여 3가지 발효조건이 5수준(-2, -1, 0, 1, 2)으로 부호화하여 각각 설정된 16개의 조건으로 실험을 행하였다(8).

### 알콜함량

배양액의 상등액을 증류하여 alcohol hydrometer로 측정한 값은 Gay Lussac table로 환산하여 계산하였다(8).

### 산도

알콜발효 배양액의 총산은 0.1 N NaOH 용액으로 중화적정하여 초산함량(%)으로 환산하였다(8).

### 당도

발효액의 당함량은 hand refractometer(Model 507-1, Nippon Optical Works Co., Japan)를 사용하여 3회 반복하여 측정하였다.

## 결과 및 고찰

딸기를 이용한 다양한 가공상품의 개발 및 농산물의 고부가가치화를 위해 딸기식초를 가공하고자 1차적으로 딸기 wine을 제조하였으며, 16가지 알콜발효 제조조건에 따른 품질특성 변화를 살펴보았다. *Saccharomyces kluyveri* DJ97를 이용하여 초기당도(13, 14, 15, 16, 17°Brix), 발효시간(48, 50, 52, 54, 56 hr) 및 발효온도(22, 24, 26, 28, 30°C)에 따른 알콜함량, 산도 및 잔당함량의 화학적 품질변화를 조사하였다. 알콜함량의 경우 6.8~8.9%의 값을 나타내었으며(Table 1), 딸기과즙의 초기당도, 발효시간 및 발효온도에 따른 2차 다항식은 Table 2와 같은 결과를 나타내었다.

알콜함량에 대한 R<sup>2</sup>는 0.9564였으며, 유의성은 1% 이내의 유의수준에서 인정되었다. 발효조건에 따른 알콜함량은 발

**Table 1. Experimental data for alcohol contents, acidity and residual sugar concentration under different conditions of initial sugar concentration, fermentation time and temperature for strawberry alcohol fermentation**

Exp. No.	Fermentation conditions			Chemical properties		
	Initial sugar conc. (°Brix)	Fermentation time (hr)	Fermentation temp. (°C)	Alcohol content (%)	Acidity (%)	Residual sugar conc. (°Brix)
1	14	50	24	7.2	0.56	5.0
2	14	50	28	7.2	0.60	5.0
3	14	54	24	7.2	0.66	5.0
4	14	54	28	8.0	0.72	4.0
5	16	50	24	7.8	0.58	4.6
6	16	50	28	8.6	0.64	4.1
7	16	54	24	8.0	0.69	4.1
8	16	54	28	8.9	0.74	4.5
9	15	52	26	8.8	0.66	4.0
10	15	52	26	8.8	0.66	4.0
11	13	52	26	6.5	0.46	5.5
12	17	52	26	8.9	0.72	4.1
13	15	48	26	6.8	0.66	5.8
14	15	56	26	8.0	0.72	4.2
15	15	52	22	7.8	0.56	4.8
16	15	52	30	8.4	0.72	4.6

**Table 2. Polynomial equations calculated by RSM program for alcohol fermentation conditions<sup>1)</sup> in fermentation of strawberry**

Response	Polynomial equation <sup>1)</sup>	R <sup>2</sup>	Significance
Alcohol content (%)	$Y_1 = -290.96875 + 8.29375X_1 + 8.765625X_2 + 0.084375X_3 - 0.27500X_1^2 - 0.01875X_1X_2 - 0.0875X_2^2 + 0.05625X_1X_3 + 0.028125X_2X_3 - 0.04375X_3^2$	0.9564	0.0020
Acidity (%)	$Y_2 = -0.786875 + 0.580625X_1 - 0.176562X_2 + 0.055938X_3 - 0.0175X_1^2 - 0.000625X_1X_2 + 0.001875X_2^2 + 0.000625X_1X_3 + 0.000313X_2X_3 - 0.00125X_3^2$	0.8048	0.1156
Residual sugar conc. (%)	$Y_3 = 315.08125 - 9.70625X_1 - 7.365625X_2 - 3.134375X_3 + 0.200X_1^2 + 0.04375X_1X_2 + 0.0625X_2^2 + 0.04375X_1X_3 + 0.003125X_2X_3 + 0.04375X_3^2$	0.8307	0.0814

<sup>1)</sup>X<sub>1</sub>: initial sugar concentration (°Brix), X<sub>2</sub>: fermentation time (hr), X<sub>3</sub>: fermentation temperature (°C).

효시간과 발효온도보다는 초기당도에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 3). 이는 Lee 등(9)이 참외의 알콜 및 초산발효 특성 모니터링에서 알콜함량은 초기당함량이 발효 시간 보다 더 큰 영향을 주는 결과와 일치하는 경향을 나타내었다. 또한 Jeong 등(10)이 반응표면분석에 의한 감식초 제조조건 최적화에서도 1차 알콜발효시 알콜함량에 영향을 주는 발효조건을 살펴본 결과 원료의 당도에 주로 영향을 받고 있었으며, 교반속도와 발효시간은 크게 영향을 미치지 않았다는 결과와 일치하는 경향을 나타내었다. 딸기과즙을 이용하여 초기당도, 발효시간 및 발효온도에 따른 알콜함량 등의 품질특성에 대한 능선분석을 통한 최적조건의 수치를 구한 결과 Table 4와 같은 결과를 나타내었다. 알콜함량은 초기당도가 16.32°Brix, 발효시간이 53.03 hr 및 발효온도가 28.83 °C일 때 가장 높은 9.22%를 나타내었다. 이는 Lee 등(9)이 참외를 이용하여 식초를 제조하기 위한 1차 알콜발효시 알콜함량은 초기당도가 18°Brix이고, 발효시간이 83 hr일 때 가장 높은 값을 나타내었다고 보고하였는데, 딸기 식초 제조에 있어서는 알콜함량이 최대가 되는 최적 발효시간이 초기당도가 16.0°Brix이고 발효시간이 53 hr으로서 참외보다 더 낮은 초기당도에서, 더 짧은 발효시간에서 알콜발효 조건이 설정됨을 알 수 있었다. 알콜 발효조건에 따른 산도의 경우 0.46~0.74%의 값을 나타내었다. 이는 Lee 등(9)이 참외의 알콜 및 초산발효 특성 모니터링에서 참외의 알콜발효시 산도의 변화가 0.48~2.16%인 것과 비교해 볼 때 딸기 알콜발효가 초산균에 의한 발효가 덜 일어난 것으로 나타났으며, Jeong 등(10)의 감자식초 제조조건 최적화에서 1차 알콜발효시 산도

의 변화가 발효조건에 따라 0.42~1.35%인 것과 다소 유사한 경향을 나타내었다. 알콜발효 조건에 따른 산도의 변화를 2차 다항식으로 나타낸 결과 Table 2와 같았으며, 산도에 대한 R<sup>2</sup>는 0.8048이었다. 산도가 가장 낮게 나타난 조건은 초기당도가 13.18°Brix, 발효시간이 50.99 hr 및 발효온도가 24.69°C일 때 가장 낮은 0.49%를 나타내었다. 딸기의 알콜발효시 산도는 알콜함량과 동일하게 발효시간과 발효온도보다는 초기당도에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 4). 이러한 결과는 초기당도가 높을수록 알콜발효가 빨리 일어나고 그와 동시에 초산발효가 일부 진행이 된 것으로 여겨진다. 이는 Jeong 등(10)은 감식초의 제조를 위한 1차 알콜발효에서 산도는 교반속도와 원료당도의 영향을 주로 받았으며, 발효시간의 영향은 거의 받지 않았다고 결과를 보고하였는데, 본 딸기식초의 제조실험에서도 딸기의 초기농도가 발효시간과 발효온도보다 더 많은 영향을 주는 요인으로 나타났다. 초기당도, 발효시간 및 발효온도를 달리하면서 딸기과즙을 발효시킨 결과 딸기 wine의 잔당함량은 Table 1에서와 같이 4.0~5.8%의 값을 나타내었다. 잔당함량에 대한 2차 다항식은 Table 2에 나타내었으며, 잔당함량에 대한 R<sup>2</sup>는 0.8307로서 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 잔당함량이 가장 낮게 나타난 조건은 초기당도가 15.00°Brix일 때, 발효시간이 52.00 hr일 때, 발효온도가 26.00°C일 때 가장 낮은 3.97°Brix로 나타났다(Table 3). 딸기 wine의 잔당함량은 Lee 등(9)의 참외 알콜발효 때보다 더 낮은 초기당도, 더 짧은 발효시간에서 더 낮은 값을 나타내었다. 잔당함량의 경우 산도와 동일하게 발효시간과 발효온도 보다는 초기당도에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 4). 딸기과즙의 초기당도, 발효시간 및 발효온도에 따른 4차원 반응표면을 Fig. 1~3에 나타내었다. 알콜함량은 발효온도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며, 발효시간 초기에는 발효시간이 증가할수록 알콜함량은 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 1). 이는 Lee 등(8)이 감자의 알콜발효조건에서 발효시간 초기에 발효시간이 증가할수록 알콜함량이 증가한다는 결과와 다소 일치하는 경향을 나타내었으며, Lee 등(9)의 참외의 알콜발효조건 모니터링에서의 결과와도 유사한 경향을 나타내었다. 산도는 초기당도가 낮을수록 낮아지며, 발효온도가 낮아질수록 산도가 낮아지는 경향을 나타내었다(Fig. 2). 잔당함량은 초기당함량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 3). 이는 Lee 등(9)이 참외의 알콜발효 특성 모니터링에

**Table 3. Analysis of variables for regression model of alcohol content, acidity and residual sugar concentration in alcohol fermentation of strawberry**

Response	F-Ratio		
	Alcohol content (%)	Acidity (%)	Residual sugar conc. (°Brix)
Initial sugar conc. (°Brix)	22.240***	2.558	4.155°
Fermentation time (hr)	11.155	1.706	1.097*
Fermentation temp. (°C)	5.898**	1.547	1.276

\*Significant 10% level, \*\*Significant 5% level, \*\*\*Significant 1% level.

**Table 4. Predicted levels of optimum conditions for alcohol fermentation of strawberry by the ridge analysis**

Chemical properties	Fermentation conditions								Morphology
	Initial sugar conc. (°Brix)		Fermentation time (hr)		Fermentation temp. (°C)		Estimated responses		
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	
Alcohol content (%)	16.32	13.47	53.03	49.44	28.83	26.29	9.22	6.31	Maximum
Acidity (%)	15.55	13.18	55.50	50.99	27.61	24.69	0.78	0.49	Saddle point
Residual sugar conc. (°Brix)	13.71	15.00	49.12	52.00	24.97	26.00	5.88	3.97	Saddle point

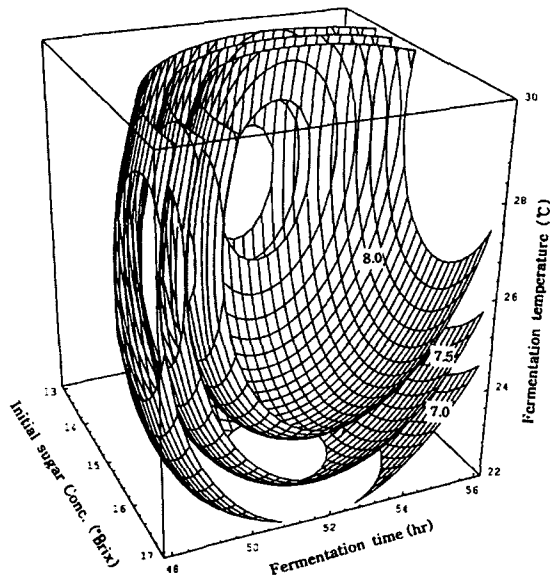


Fig. 1. Response surface on alcohol content in alcohol fermentation using strawberry at constant values (alcohol content: 7.0-7.5-8.0%) as a function of initial sugar concentration, fermentation time and temperature.

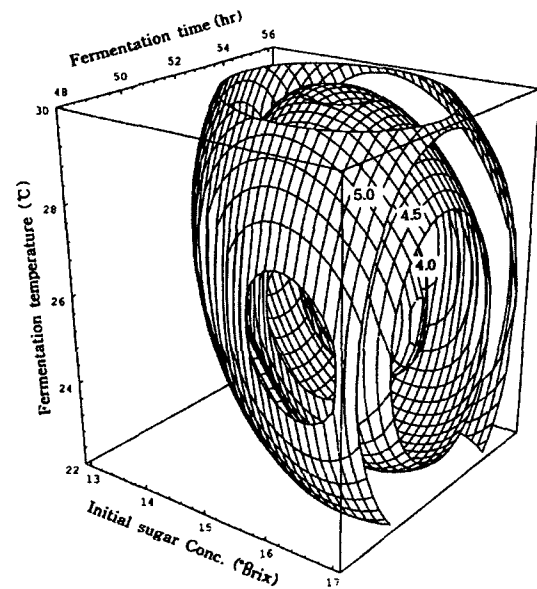


Fig. 3. Response surface on residual sugar content in alcohol fermentation using strawberry at constant values (residual sugar content: 4.0-4.5-5.0°Brix) as a function of initial sugar concentration, fermentation time and temperature.

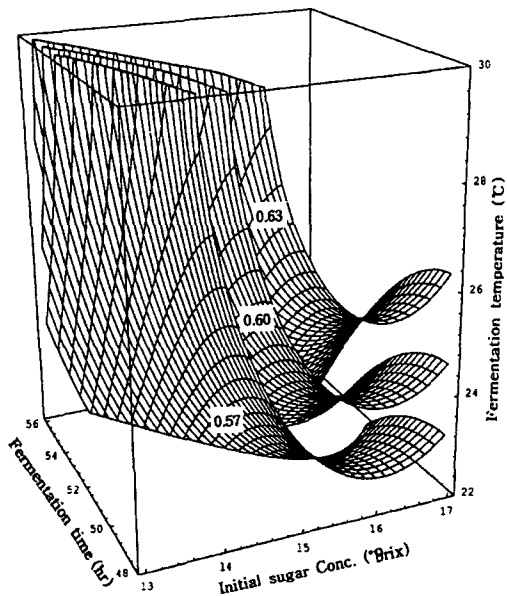


Fig. 2. Response surface on acidity in alcohol fermentation using strawberry at constant values (acidity: 0.57-0.60-0.63%) as a function of initial sugar concentration, fermentation time and temperature.

서 참외식초 제조를 위한 1차 알콜발효에서 잔당함량은 초기 당도가 높을수록 높은 함량을 나타내었다고 보고와 일치하는 경향을 나타내었다.

따라서 알콜 발효조건(초기당도, 발효시간 및 발효온도)에 따라 딸기과즙에 *Saccharomyces kluyveri* DJ97을 첨가하여 알콜발효시켜 품질특성을 살펴본 결과 딸기과즙을 14°Brix의 초기당도에서 28°C 및 50 hr 동안 발효시킬 때 딸기 wine 제조가 가능함을 알 수 있었다. 이는 Kim 등(11)은 유자과즙

을 이용하여 식초를 제조한 연구보고에서 2차 식초 발효를 위한 1차 알콜발효에서 알콜함량이 7~8%일 때, 초기발효시간을 단축할 수 있다고 보고하였는데, 이러한 결과를 토대로 해 볼 때 제조된 딸기 wine은 딸기식초 제조용으로서의 활용할 수 있는 충분한 알콜(알콜함량 7% 이상)을 함유함을 알 수 있었다.

### 요 약

저장성이 낮은 딸기의 효율적인 이용 및 고부가가치 가공 제품 개발을 위해 딸기식초 발효의 1단계인 딸기과즙의 알콜 발효조건을 모니터링하였다. 딸기를 이용한 알콜발효에서 알콜함량이 가장 높게 나타나는 조건은 초기당도가 16.32°Brix, 발효시간이 53.03 hr 및 발효온도가 28.83°C일 때 가장 높은 9.22%를 나타내었으며, 산도가 가장 낮게 나타난 조건은 초기당도가 13.18°Brix, 발효시간이 50.99 hr 및 발효온도가 24.69°C일 때 가장 낮은 0.49%를 나타내었으며, 잔당함량이 가장 낮게 나타난 조건은 초기당도가 15.00°Brix, 발효시간이 52.00 hr 및 발효온도가 26.00°C일 때 가장 높은 3.97°Brix를 나타내었다. 알콜 발효조건에 따른 품질검사 결과 딸기식초 발효용 딸기 wine 제조를 위한 최적 알콜 발효조건은 초기당도가 14°Brix, 발효온도가 28°C 및 발효시간이 50 hr일 때였다.

### 감사의 글

본 연구는 고령군청 “지역 특산물(딸기) 가공식품개발”의 연구비 지원에 의해 수행된 결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

문헌

1. Kim JG, Hong SS, Jeong ST, Kim YB, Jang HS. 1998. Quality changes of Yeobong strawberry with CA storage conditions. *Korean J Food Sci Technol* 30: 871-876.
2. Kim MY, Chun SS. 2001. Effect of onions on the quality characteristics of strawberry jam. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 17: 316-322.
3. Park SJ, Lee JH, Rhim JH, Kwon KS, Jang HG, Yu MY. 1994. The change of anthocyanin and spreadmeter value of strawberry jam by heating and preservation. *Korean J Food Sci Technol* 26: 365-369.
4. Byun MW, Yook HS, Ahn HJ, Lee KH, Lee HJ. 2000. Quality evaluation of strawberry jams prepared with refined dietary fiber from Ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1068-1072.
5. Kim MY, Chun SS. 2001. Effect of onions on the quality characteristics of strawberry jam. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 17: 316-322.
6. Lee KH, Lee CW. 1983. Comparison of the flavor components of apple and strawberry fine distillates aged with Korean oak varieties. *J Korean Agric Chem Soc* 26: 183-190.
7. Jeong YJ, Seo JH, Lee GD, Park NY, Choi TH. 1999. The quality comparison of apple vinegar by two stages fermentation with commercial apple vinegar. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 28: 353-358.
8. Lee GD, Jeong YJ, Seo JH, Lee JM. 2000. Monitoring on alcohol and acetic acid fermentation of potatoes using response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 1062-1067.
9. Lee GD, 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.
10. Jeong YJ, Lee GD, Kim KS. 1998. Optimization for the fermentation condition of persimmon vinegar using response surface methodology. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1203-1208.
11. 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.

(2003년 3월 28일 접수; 2003년 7월 4일 채택)