

농축 사과주스를 이용한 식초 발효조건의 최적화

서지형 · 이기동[†] · 정용진*

경북과학대학 첨단발효식품과

*계명대학교 식품가공학과

Optimization of the Vinegar Fermentation Using Concentrated Apple Juice

Ji-Hyung Seo, Gee-Dong Lee[†] and Yong-Jin Jeong*

Dept. of Fermented Food, Kyongbuk College of Science, Chilkok 718-850, Korea

*Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

Abstract

To prepare vinegar using concentrated apple juice, response surface methodology (RSM) was applied to optimize and monitor the vinegar fermentation properties by two stage fermentation. In the first stage, the optimum conditions for maximum alcohol contents were 18.56 °Brix of initial sugar concentration, 61.96 rpm of agitation rate and 67.32 hr of fermentation time. The optimum condition for maximum acidity in the second stage (vinegar fermentation) were 201.53 rpm of agitation rate and 179.42 hr of fermentation time. Malic acid content was the highest and its content little changed during acetic acid fermentation. Lactic acid content increased a little during alcohol fermentation. Acetic acid content apparently increased during acetic acid fermentation.

Key words: apple vinegar, concentrated apple juice, response surface, alcohol, acetic acid

서 론

WTO체제가 구축됨에 따라 외국 농산물의 국내 범람으로 우리 농산물의 국제 경쟁력이 약화되고 있다. 사과는 1990년대 이후 가격상승 및 농산물 수입자유화에 따른 대체 작목으로 선정되면서 채배면적이 증가하여 1999년 국내 사과 총 생산량은 490,152톤으로 다른 과실에 비해서 높은 생산량을 나타내고 있다(1). 사과는 85% 정도가 생과로 소비되고 있으나 최근 오렌지, 키위 등 수입과실의 영향으로 사과 수요가 감소되고 있다. 특히 상품성이 없는 10~15% 정도의 가공용 원료 사과는 사과주스 시장의 침체로 농축되어 활용되지 못하고 있는 실정으로, 이의 효율적 활용 방안이 절실히 요구되고 있다(2). 국내 식초시장은 1970년대 빙초산을 회석하여 만든 합성식초가 주류를 이루었으나, 1980년대부터 주정을 회석하여 과즙, 무기염을 일부 첨가하여 생산되고 있는 양조식초의 소비가 급격히 증가하여 현재 주로 소비되고 있다(3). 또한 1990년대부터 감식초를 시작으로 식초시장은 고급화 다양화되는 추세이며, 향후 합성식초의 사용금지 및 100% 과실 식초의 대량생산에 따른 무한한 시장 잠재력이 있을 것으로 추정된다(3,4). 따라서 과잉생산, 가격폭락, 불량과의 발생으로 경쟁력이 약화되고 있는 사과의 부가가치 향상을 위한 대량소비 방안으로 농축과즙을 이용한 사과식초의 개발은 실질적인 활용 방안으로 기대된다. 또한 현재 시판되고 있는 사

과식초는 주정을 회석하여 초산발효 후 30% 정도의 사과과즙을 첨가하여 제조되고 있는 실정으로, 사과과즙 함량에 따른 품질 규격화를 통한 기존 제품과의 차별화가 수반될 경우 상당한 경쟁력이 있을 것으로 기대된다(5-7). Hwang 등(6)과 Kim 등(7)은 소규모 농가의 간이 사과식초의 제조 및 발효법에 대해서 보고하였으나 사과식초의 산업화를 위한 제조방법 확립에 관한 보고는 미흡한 실정이다. 한편 Jeong 등(8,9)은 반응표면분석으로 뛰은감과 단감의 식초제조방법을 모니터링하여 최적화함으로써 2단계 발효에 의하여 10일 이내에 산도 5.5% 이상의 감식초를 일정한 품질로 대량생산할 수 있다고 보고하였으며, Jeong 등(2)은 알콜발효 및 초산발효에 의한 사과식초와 시판 사과식초의 품질 비교에서 과즙의 함량이 높은 사과식초가 품질이 우수하였다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서는 농축상태로 저장되고 있는 사과과즙의 효율적 활용방안으로 반응표면분석에 의해 사과식초 발효조건을 모니터링하고, 발효과정에서 알콜, 유기산 등의 주요 성분 변화를 조사하여 농축 사과주스를 이용한 식초제조방법을 최적화 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 사과농축액은 1999년 생산된 Fuji 품종

*Corresponding author. E-mail: kdlee@create.kbcs.ac.kr

Phone: 82-54-972-9583. Fax: 82-54-972-9585

의 사과를 72 °Brix로 감압농축하여 시판되고 있는 농축액을 구입하여 사용하였다.

주모 및 종초

Jeong 등(2)의 방법에 준하여 주모 및 종초를 사용하였다. 즉, 경북과학대학 전통식품연구소에서 보관 중인 *Saccharomyces cerevisiae* R12를 접종하여 25°C, 150 rpm으로 38시간 배양한 후 % (w/v)를 주모로 사용하였으며, 종초는 알콜발효 후 *Acetobacter* sp. PA97을 접종하고 30°C, 200 rpm으로 72시간 배양하여 10% (v/v)를 종초로 사용하였다.

실험계획 및 사과식초의 제조

사과식초 발효조건은 Jeong 등(8,9)의 방법에 따라 알콜발효와 초산발효 2단계로 나누어 중심합성실험계획에 따라 실험을 실시하였으며, 반응표면분석을 위해서 SAS(statistical analysis system) program을 이용하였다(10-12). 알콜발효는 농축주스를 각각의 조건으로 희석하여 1L 삼각플라스크에 500 mL씩 넣고 배양된 주모 25 mL를 접종하여, 요인변수로 설정된 초기당도(X_1), 교반속도(X_2) 및 발효시간(X_3)을 각각 5수준(-2, -1, 0, 1, 2)으로 부호화하여 중심합성계획을 수립하고 16개의 설정된 조건으로 실험을 행하였다(Table 1). 이때 알콜발효의 품질 특성에 관련된 반응변수(Y_n)로는 알콜함량(Y_1) 및 산도(Y_2)로 하였다.

초산발효는 500 mL 삼각플라스크에 각각 알콜발효여외 200 mL와 종초 20 mL를 넣은 다음, 요인변수로 설정된 교반속도(X_1) 및 발효시간(X_2)을 5수준으로 부호화하여 10개의 설정된 조건으로 실험을 실시하였으며, 초산발효의 품질특성에 관련된 반응변수(Y_n)는 산도(Y_1)로 하였다(Table 2). 이때 초기산도 및 배양온도는 초산균의 특성을 고려하여 미리 배양된 밀초로 초기 산도를 1.0%로 조절하여 30°C 전탕배양기에서 설정된 각각의 조건으로 발효시킨 후 원심분리하여 상등액을 분석시료로 사용하였다.

알콜함량 측정

발효조건별 알콜함량 측정은 배양액을 원심분리한 후 상등액을 중류하여 alcohol hydrometer로 측정한 값을 Gay Lussac

Table 1. Levels of alcohol fermentation conditions in experimental design

X_i	Fermentation conditions	Levels				
		-2	-1	0	1	2
X_1	Initial sugar conc. (°Brix)	9	12	15	18	21
X_2	Agitation rate (rpm)	0	50	100	150	200
X_3	Fermentation time (hr)	48	72	96	120	144

Table 2. Levels of acetic acid fermentation conditions in experimental design

X_i	Fermentation conditions	Levels				
		-2	-1	0	1	2
X_1	Agitation rate (rpm)	50	100	150	200	250
X_2	Fermentation time (hr)	96	120	144	168	192

table로 환산하여 계산하였다(13).

총산

알콜 및 초산발효의 품질특성으로서 총산은 0.1 N NaOH 용액으로 중화적정하여 초산으로 환산하였다(13).

유기산 분석

유기산 분석은 Jeong 등(2)의 방법에 따라 사과식초 원액을 hexane으로 지질성분을 제거하고 0.45 μm membrane filter 와 Sep-pak C₁₈로 색소와 단백질 성분을 제거하여 HPLC (Shimadzu 10A, Japan)로 분석하였다. 이때 분석조건은 μ-Bondapak C₁₈ column과 0.2 M KH₂PO₄를 이동상(flow rate 0.8 mL/min)으로 UV detector를 이용하였으며, 동일한 분석 조건으로 표준품의 검량곡선을 작성하여 각 유기산을 정량하였다.

당도 및 pH 측정

당도는 hand refractometer(model 507-1, Brix 0~32%, Nippon optical works Co., Japan)를 이용하여 측정하였으며, pH는 pH meter(Methrom, model 691, Swiss)을 이용하여 측정하였다.

결과 및 고찰

알콜 발효조건 모니터링

농축 사과주스를 이용하여 품질이 우수한 사과식초를 제조하고자 중심합성 실험계획에 의한 반응표면분석으로 알콜발효 및 초산발효에 따른 알콜함량과 총산의 변화를 분석한 결과는 Table 3, 4와 같다. 중심합성계획에 의해 설계된 실험조건에서 알콜발효과정의 알콜함량 변화에 대한 반응표

Table 3. Experimental data for alcohol contents and acidity under different conditions of sugar concentration, agitation rate and fermentation time of apple juice

Exp no.	Fermentation conditions			Alcohol content (%)	Acidity (%)
	Initial sugar conc. (°Brix)	Agitation rate (rpm)	Fermentation time (hr)		
1	12 (-1)	50 (-1)	72 (-1)	2.8	0.24
2	12 (-1)	50 (-1)	120 (1)	5.8	0.30
3	12 (-1)	150 (1)	72 (-1)	3.7	0.28
4	12 (-1)	150 (1)	120 (1)	5.5	0.30
5	18 (1)	50 (-1)	72 (-1)	4.6	0.42
6	18 (1)	50 (-1)	120 (1)	8.0	0.48
7	18 (1)	150 (1)	72 (-1)	3.8	0.44
8	18 (1)	150 (1)	120 (1)	9.6	0.48
9	15 (0)	100 (0)	96 (0)	4.8	0.40
10	15 (0)	100 (0)	96 (0)	4.7	0.38
11	21 (2)	100 (0)	96 (0)	5.6	0.52
12	9 (-2)	100 (0)	96 (0)	4.0	0.30
13	15 (0)	200 (2)	96 (0)	4.7	0.38
14	15 (0)	0 (-2)	96 (0)	5.2	0.38
15	15 (0)	100 (0)	144 (2)	7.3	0.42
16	15 (0)	100 (0)	48 (-2)	2.6	0.36

Table 4. Experimental data for acidity under different conditions of agitation rate and fermentation time of apple wine

Exp no.	Fermentation conditions		Acidity (%)
	Agitation rate (rpm)	Fermentation time (hr)	
1	200 (1)	120 (-1)	6.22
2	200 (1)	168 (1)	7.18
3	100 (-1)	120 (-1)	5.32
4	100 (-1)	168 (1)	5.98
5	150 (0)	144 (0)	7.44
6	150 (0)	144 (0)	7.30
7	250 (2)	144 (0)	7.12
8	50 (-2)	144 (0)	4.40
9	150 (0)	192 (2)	7.46
10	150 (0)	96 (-2)	5.44

면은 Fig. 1에 나타내었다. 알콜발효에서 가장 중요한 변수인 농축 사과주스의 초기당도(9~21 °Brix), 교반속도(0~200 rpm) 및 발효시간(48~144 hr)에 대한 알콜함량의 변화를 회귀분석한 결과 회귀식의 R^2 는 0.8757로 5% 수준에서 유의성이 인정되었다(Table 5). 알콜함량에 대한 발효조건의 영향은 주로 발효시간의 영향을 받고 있었으며, 초기 당함량과 교반속도는 거의 영향을 미치지 않았다. 따라서 발효과정에서 알콜함량의 변화는 발효시간에 비례하여 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이러한 결과는 Jeong 등(8)이 맑은감의 알콜발효에서 감의 당도가 높아질에 비례하여 알콜함량이 증가한다는 보고와 상치되는 결과였으며, Jeong 등(9)이 단감의 알콜발효에서는 원료감의 당도, 교반속도 및 발효시간이 증가할수록 알콜함량이 증가한다는 보고와는 다소 다른 경향이었다. 한편 Hwang 등(6)은 농가의 간이 사과식초 제조법에 관한 보고에서 사과과즙에 설탕으로 보당한 상태에서 알콜함량 4%에 도달하는데 14일 이상이 소요된다고 하였다.

알콜발효 효모에 의한 농축 사과주스의 발효 중 산패의 기준이 되는 총산 변화에 대한 반응표면은 Fig. 2에 나타내었으며, 알콜 발효조건에 따른 총산의 변화에 대한 반응표면 회귀식의 R^2 는 0.9227로 유의성이 1% 이내의 유의수준에서 인정되었다(Table 5). 알콜발효 중 총산의 변화는 사과농축과즙 당도의 영향을 주로 받고 있었으며, 교반속도의 영향은 다소 있었으나 발효시간의 영향은 거의 없었다. 총산에 대한

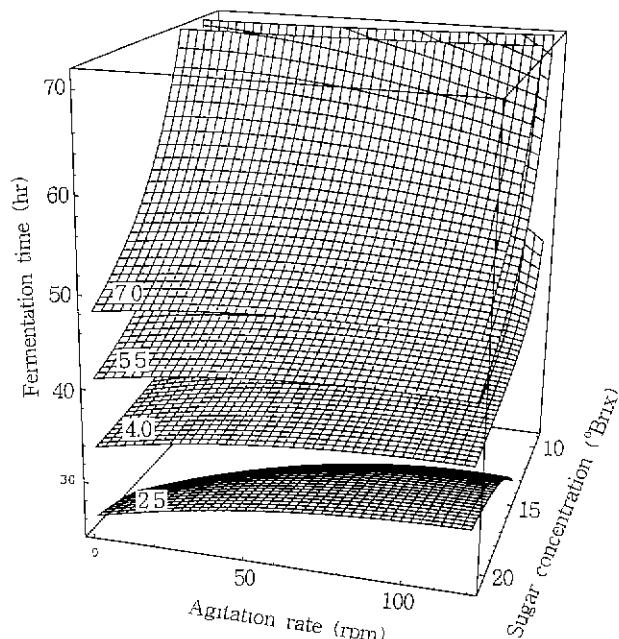


Fig. 1. Response surface on alcohol content in alcohol fermentation of apple juice at constant values (alcohol content (%): 2.5-4.0-5.5-7.0) as a function of sugar concentration, agitation rate and fermentation time.

반응표면은 농축 사과주스의 당 농도에 비례하여 증가하였으며, 발효초기에는 교반속도의 증가에 따라서 다소 증가하는 경향을 나타내었다. Jeong 등(9)이 단감의 알콜발효에서 총산의 변화는 초기 당의 농도에 비례하여 증가하였으며, 맑은감의 알콜발효에서 총산은 초기 당도와 교반속도의 증가에 따라 증가한다고 보고하여, 사과과즙을 이용한 알콜발효와 유사한 경향을 나타내었다.

농축 사과주스를 이용하여 알콜함량 및 총산 변화에 준하여 각각의 최적조건을 구하고자 능선분석을 행하여 본 결과, Table 6과 같이 알콜함량에 대한 최대치는 농축 사과주스의 당도 18.56 °Brix, 교반속도 61.96 rpm 및 발효시간 67.32 hr로 나타났으며, 총산에 대한 최소치는 사과농축과즙의 당도 9.54 °Brix, 교반속도 43.75 rpm 및 발효시간 40.45 hr로 나타

Table 5. Polynomial equations calculated by RSM program for alcohol and acetic acid fermentation conditions for the fermentation of apple vinegar

Responses	Polynomial equations ¹⁾	R^2	Significance
Alcohol content in alcohol fermentation	$Y_1 = 9.293750 - 0.585417X_1 - 0.012292X_2 - 0.178646X_3 + 0.001389X_1^2 - 0.000417X_1X_2 + 0.00005555X_2^2 + 0.017014X_1X_3 + 0.000243X_2X_3 - 0.000347X_3^2$	0.8757	0.0367
Acidity in alcohol fermentation	$Y_2 = 0.018750 + 0.005417X_1 + 0.001875X_2 + 0.001771X_3 + 0.000556X_1^2 - 0.000027778X_1X_2 - 0.000002778X_2^2 + 0.000069444X_1X_3 - 0.000020833X_2X_3$	0.9227	0.0100
Acidity in acetic acid fermentation	$Y_3 = -4.410893 + 0.047045X_2 + 0.105188X_3 - 0.000145X_2^2 + 0.0000625X_2X_3 - 0.00033X_3^2$	0.9211	0.0251

¹⁾X₁: initial sugar concentration (°Brix), X₂: agitation rate (rpm), X₃: fermentation time (hr).

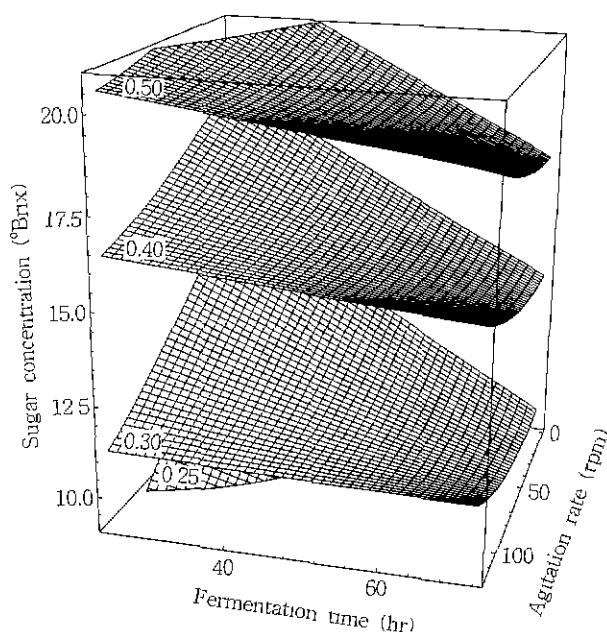


Fig. 2. Response surface on acidity in alcohol fermentation of apple juice at constant values (acidity (%): 0.25-0.30-0.40-0.50) as a function of sugar concentration, agitation rate and fermentation time.

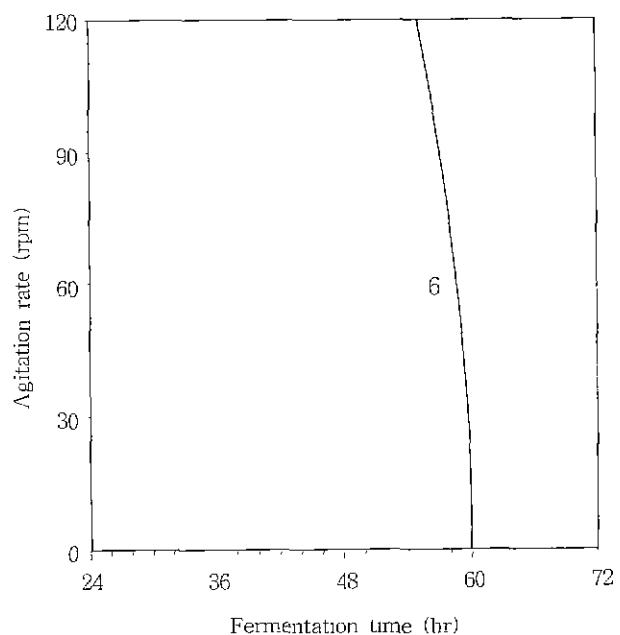


Fig. 3. Contour map on alcohol content in alcohol fermentation of apple juice at constant values (alcohol content (%): 6) as a function of agitation rate and fermentation time in sugar concentration of 14 °Brix.

Table 6. Predicted levels of optimum conditions for fermentation of apple vinegar by the ridge analysis

Fermentation conditions	Optimum condition of alcohol fermentation		Optimum condition of acetic acid fermentation ¹⁾
	Alcohol contents	Acidity	
Initial sugar concentration (°Brix)	18.56	9.54	-
Agitation rate (rpm)	61.96	43.75	201.53
Fermentation time (hr)	67.32	40.45	179.42
Estimated responses (%) in optimum conditions	9.70 (max.)	0.25 (min.)	7.70 (max.)
Morphology	Saddle point	Saddle point	Maximum

¹⁾The given alcohol fermentation conditions in initial sugar concentration of 14 °Brix were 45 rpm and 64 hr.

났다.

이상의 결과로 볼 때 알콜함량이 높고 산화의 위험이 적은 조건 즉, 원료 사과주스의 당도 14 °Brix, 교반속도 60 rpm 이하 및 발효시간 60 hr 이상에서 알콜함량 6% 이상이 생성되고, 농축사과주스의 발효 중 불필요한 산화를 최소화하는 알콜발효조건으로 설정할 수 있었다(Fig. 3).

초산 발효조건 모니터링

알콜발효에서 반응표면분석에 의해 설정된 최적발효조건(농축 사과주스 당도 14 °Brix, 발효시간 64 hr 및 교반속도 45 rpm)으로 1단계 알콜발효를 시킨 후 착즙된 여액을 초기

산도 10%로 조절하여 중심합성계획에 의해 설정된 조건으로 초산발효를 행하였다. 중심합성 실험계획에 의하여 두 가지 요인변수인 교반속도(50~250 rpm) 및 발효시간(96~192 hr)에 따른 여러 조건에서 얻은 사과식초의 총산을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 식초의 총산에 대한 반응표면회귀식은 Table 5에 나타내었으며, 총산에 대한 R^2 는 0.9211로 높게 나타났으며, 유의성은 0.0251로 5% 이내의 유의수준에서 인정되었다. 총산에 대한 초산발효조건의 영향은 Fig. 4에서와 같이 교반속도와 발효시간 모두 초산발효에 크게 영향을 미쳤으며, 교반속도와 발효시간이 증가할수록 비례하여 증가하였다. 이러한 경향은 Jeong 등(8)이 뼈온감의 초산발효와 같은 경향이었으나 단감의 초산발효시 교반속도의 영향을 주로 받았다는 보고(9)와는 다소 차이가 있어, 초산발효에 미치는 영향은 원료의 종류와 사용 균주에 따라 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다. 초산발효의 최적 조건은 교반속도 201.53 rpm 및 발효시간 179.42 hr 이상에서 발효하였을 때에 총산이 가장 높게 나타났다. 능선분석에 의한 최적 조건은 201.53 rpm과 179.42 hr로써 예측된 총산이 7.7%이었으며, 최적 조건에서 예측된 총산은 실제실험을 행한 결과(총산 7.8%)와 유사하게 나타났다. 이와 같이 반응표면분석을 이용함으로써 사과식초의 제조조건을 알콜발효와 초산발효 2단계로 구분하여 발효조건을 최적화할 수 있었고, 발효조건에 따른 주요 성분의 변화를 모니터링 할 수 있었다. 또한 초산발효에서 주된 기질인 알콜 및 미량성분의 부족으로 인한 발효의 억제 또는 정지 현상은 나타나지 않았다. 이상의 결과에서 볼 때 첨가물을 사용하지 않은 농축 사과주스를

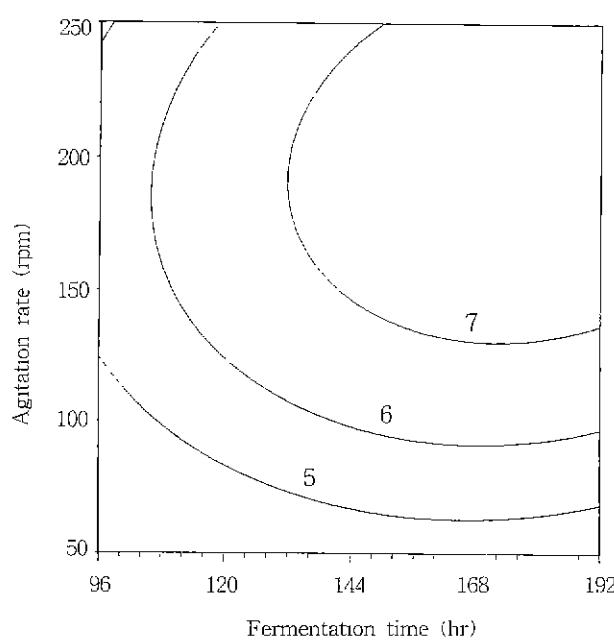


Fig. 4. Contour map on acidity in acetic acid fermentation of apple vinegar at constant values (acidity (%): 5-6-7) as a function of agitation rate and fermentation time.

이용하여 알콜발효 및 초산발효에 의한 식초 생산이 가능한 것으로 나타났다.

최적 발효조건에 따른 성분의 변화

농축 사과주스를 이용한 알콜발효에서 당의 소비와 알콜의 생성은 서로 반비례 관계(Table 7)에 있으며, 초산발효에 따른 총산의 변화는 총산 6% 이하에서 pH의 변화와 비례관계에 있었으나 총산 6% 이상에서는 총산의 증가에 따른 pH의 감소는 거의 나타나지 않아서 총산과 pH의 변화는 일치하지 않았다(Table 8). 알콜발효 과정에서는 사과의 주요 유기산인 malic acid 함량이 가장 높았으며, 발효시간이 경과됨에 따라 malic acid 및 lactic acid 함량은 증가하는 경향을 나타내었다(Table 9). 그러나 초산발효가 진행되면서 acetic acid 함량이 급격히 증가하였으며, malic acid는 거의 변화가 없었다(Table 10). 또한 최적조건에서 제조된 사과식초의 유기산 조성은 Kim 등(7)의 보고와 유사하였다며, 시판 사과식초에 대한 Moon 등(14)의 보고와 비교할 때 산도가 높은 것으로 확인되었다. 이상의 결과는 Jeong 등(2)이 초산발효 과정에 malic acid의 변화가 없었다는 결과와 유사한 경향으로, 사

Table 7. Changes in sugar and alcohol contents during alcohol fermentation of apple juice

Components	Fermentation period (day)				
	0	1	2	3	4
Sugar content (^o Brix)	14.00	10.00	8.10	5.60	5.50
Alcohol content (%)	-	2.30	5.40	7.90	7.80

Table 8. Changes in pH and acidity during acetic acid fermentation of apple wine

Components	Fermentation period (day)							
	0	1	2	3	4	5	6	7
pH	3.60	3.66	3.50	3.32	3.25	3.15	3.10	3.09
Acidity (%)	1.10	1.65	3.00	4.17	5.52	6.25	6.90	7.79

Table 9. Changes in organic acid content during alcohol fermentation of apple juice (mg%)

Organic acid	Fermentation period (day)				
	0	1	2	3	4
Oxalic acid	15.17	18.00	22.93	27.24	29.11
Malic acid	319.18	320.05	336.49	362.12	363.18
Lactic acid	50.12	113.62	190.08	262.76	328.00
Acetic acid	16.18	20.52	23.60	39.17	43.62
Citric acid	5.16	5.30	6.09	6.23	6.20
Succinic acid	6.72	9.33	12.17	13.14	15.00

파식초의 품질규격은 사과과즙의 malic acid를 기준물질로 하여, 원료 과즙의 malic acid 함량과의 오차 범위내에서 확인 가능한 것으로 나타났다.

요 약

농축사과주스의 효율적 활용을 위하여 반응표면분석으로 사과식초 발효조건을 알콜발효 및 초산발효 2단계로 구분하여 최적화 및 모니터링하였다. 알콜발효에서 최대 알콜함량을 나타내는 조건은 초기당도 18.56 ^oBrix, 교반속도 61.96 rpm 및 발효시간 67.32 hr으로 나타났으며, 초산발효에서 총산이 최대치를 나타내는 조건은 교반속도 201.53 rpm, 발효시간 179.42 hr으로 나타났다. 예측된 알콜발효 및 초산발효 최적 조건으로 발효를 행한 결과 총산 7.8%의 사과식초를 생산할 수 있었다. 알콜발효 과정에서 malic acid 함량이 가장 높았으며, 시간이 경과됨에 따라 lactic acid가 증가하였다. 초산발효 과정에서는 acetic acid가 급격히 증가하였으며, malic acid 함량은 거의 변화가 없었다.

Table 10. Changes in organic acid content during acetic acid fermentation of apple wine

Organic acid	Fermentation period (day)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Oxalic acid	30.12	33.23	38.02	42.16	49.72	50.02	52.19	55.40	55.72
Malic acid	363.16	363.23	370.10	375.85	376.11	376.25	378.12	381.10	380.08
Lactic acid	316.28	452.18	493.17	526.28	559.10	568.10	571.10	572.58	575.19
Acetic acid	497.17	887.13	1906.31	3037.45	4226.48	5021.62	5760.03	6528.27	6517.66
Citric acid	6.58	7.93	8.03	8.06	8.10	8.12	8.13	9.08	9.12
Succinic acid	15.02	19.03	20.13	20.15	22.16	23.72	25.43	25.92	25.80

문 헌

1. The Minister of Agriculture and Forestry . The main statistics related agriculture (2000)
2. Jeong, Y.J., Seo, J.H., Lee, G.D., Park, N.Y. and Choi, T.H. : The quality comparison of apple vinegar by two stage fermentation with commercial apple vinegar *Korean J. Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 353-358 (1999)
3. Jeong, Y.J. and Lee, M.H. A view and prospect of vinegar industry. *Food Industry and Nutrition*, **5**, 7-12 (2000)
4. Kwon, S.H., Jeong, E.J., Lee, G.D. and Jeong, Y.J. Preparation method of fruit vinegars by two stage fermentation and beverages including vinegar. *Food Industry and Nutrition*, **5**, 18-24 (2000)
5. Kim, Y.T., Seo, K.I., Jeung, Y.J., Lee, Y.S. and Shim, K.H. : The production of vinegar using citron (*Citrus junos* Sieb.) juice *J. East Asian Soc. Dietary Life*, **7**, 301-307 (1997)
6. Hwang, O.S., Park, H.J., Chun, H.K. and Chang, C.M. : A study on the manufacturing of vinegar from fallen apples. *Res. Rept. RDA*, **32**, 40-47 (1990)
7. Kim, S.D., Jang, K.S. and Kim, M.K. : Fermentation of apple vinegar in the farmhouse. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, **4**, 75-86 (1994)
8. Jeong, Y.J., Lee, G.D. and Kim, K.S. Optimization for the fermentation condition of persimmon vinegar using response surface methodology. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**, 1203-1208 (1998)
9. Jeong, Y.J., Seo, K.I., Lee, G.D., Youn, K.S., Kang, M.J. and Kim, K.S. Monitoring for the fermentation conditions of sweet persimmon vinegar using response surface methodology *J. East Asian Soc. Dietary Life*, **8**, 57-65 (1998)
10. Lee, G.D., Kim, J.S. and Kwon, J.H. Monitoring of dynamic changes in maillard reaction substrates by response surface methodology *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 212-219 (1996)
11. Floros, J.S. and Chinnan, M.S. Optimization of pimento pepper lyepeeling process using response surface methodology. *Trans of ASAE*, **30**, 560-566 (1987)
12. SAS . SAS/STAT : User's guide version 6. 4th ed., SAS institute Inc., Vol 2, p 1457 (1990)
13. Jeong, Y.J., Seo, K.I. and Kim, K.S. : Physicochemical properties of marketing and intensive persimmon vinegars. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, **6**, 355-363 (1996)
14. Moon, W.Y., Chung, H.C. and Yoon, H.N. Comparative analysis of commercial vinegars in physicochemical properties, minor components and organoleptic tastes. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 663-670 (1997)

(2001년 2월 5일 접수)